



استفاده از مسیریابی شبکه های رادیو شناختی جهت کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم به کمک الگوریتم دایجکسترا

افسانه ابراهیمی^{۱*}، سید عبید پوردانش^۲

۱- کارشناسی ارشد کامپیوتر، نرم افزار، دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد واحد سپیدان

۲- دیپلم تجربی

* یاسوج، ۷۵۹۱۷۳۵۵۸۴، afsaneh_600@yahoo.com

چکیده

مسئله بهبود مصرف انرژی در گره های حسگر با استفاده از مسیریابی شبکه رادیو شناختی به کمک الگوریتم دایجکسترا، می تواند کمک زیادی در افزایش طول عمر گره ها کرده و مشکل کمبود طیف را بهبود بخشد بدون اینکه سرعت تبادل اطلاعات کاسته شود. با اعمال یک حد آستانه، حفره های حاوی انرژی در کانال را تشخیص داده و در نهایت طیف به کاربران ثانویه تخصیص داده می شود. از نتایج شبیه سازی شده از مسیریابی شبکه رادیو شناختی مبتنی بر الگوریتم دایجکسترا مشاهده می شود، گره های حسگر در ارسال اطلاعات از گره مبدا به گره نهایی از کوتاهترین و بهترین مسیر استفاده می کنند. مصرف انرژی در گره های حسگر با الگوریتم دایجکسترا به میزان ۸۰ درصد کمتر از الگوریتم های همچون LEACH, DASC, EEUC می باشد که این عامل سبب افزایش طول عمر گره ها در شبکه می شود. کلیدواژگان: شبکه های رادیو شناختی، حفره طیفی، شبکه های حسگر بی سیم، انرژی، الگوریتم دایجکسترا

The use of cognitive radio networks routing to reduce energy consumption in wireless sensor networks Dayjkstra Algorithm

Afsaneh Ebrahimi¹, Sayyed Obaid Poordanesh²

1- Department of computer Engineering, Software, Islamic Azad University, Sepidan, Iran

*P.O.B. 7591735584, yasuj, afsaneh_600@yahoo.com

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.

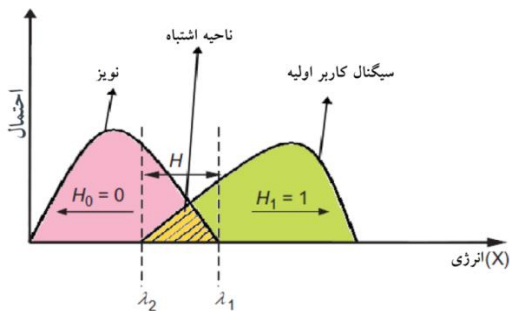
Keywords : Cognitive Radio Networks, Spectral Hole, Wireless Sensor Networks, Energy, The Algorithm Dayjkstra

به مجموعه ای از گره های حسگر بی سیم که بطور تصادفی در محیط پراکنده شده اند، شبکه حسگر بی سیم گفته می شود. عملکرد شبکه های حسگر بی سیم شناسایی محیط یا اهداف خاص می باشد که در نهایت این اطلاعات مورد نظر را دریافت، ذخیره، پردازش و ارسال نمایند. به دلیل کم هزینه بودن میکروسنسورها در این شبکه ها، واکنش بسیار خوبی برای نظارت بر محیط های فیزیکی از خود نشان می دهند و در شرایط مختلف از جمله رطوبت، روشنایی، صدا، حرکت، فشار و در هر درجه ای از هوا نیز کارایی بسیار بالایی دارند. گره های حسگر بعد از دریافت اطلاعات و پردازش، اطلاعات بدست آمده را به کاربر نهایی ارسال می کنند [۱]. فاصله تا گره مرکزی و نیز انرژی باقی مانده در گره، دو پارامتر مهم در طول عمر گره های شبکه حسگر بی سیم هستند و تاثیر بسزایی در آن دارند. طبیعتاً هر چه فاصله تا گره مرکزی بیشتر باشد انرژی بیشتری برای ارسال داده مصرف می شود. بنابراین باید از الگوریتم های در این راستا استفاده گردد که بتواند فاصله گره تا گره مرکزی را بهبود بخشد و کمتر نماید [۲]. بنابراین، مهم ترین چالش در شبکه های حسگر بی سیم، محدود بودن منابع انرژی گره های حسگر است که انرژی موجود در هر گره باید به عنوان یک اولویت اصلی در طراحی پروتکل های مسیریابی در نظر گرفته شود [۱]. شبکه حسگر بی سیم رادیو شناختی در رفع مشکلاتی نظیر کمبود طیف، تداخلات یا اتصالات قابل اعتماد می تواند مفید باشد [۳]. در حال حاضر در بسیاری کشورها از سیاست تخصیص به صورت استاتیک استفاده می شود که سبب بهره وری نامناسب از طیف شده است. به همین علت برای دسترسی به طیف دو روش مدیریت به نام های تخصیص طیف به صورت استاتیک و تخصیص طیف به صورت پویا معرفی شد [۴]. در تحقیقات انجام شده، 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 نمی گردد [۵]. در شبکه رادیو شناختی به کاربران بدون مجوز این فرصت داده می شود که از کانال بی سیم اشتراک گذاشته شده استفاده کنند [۶]. در شبکه های رادیو شناختی دو دسته 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 حفره های طیفی را شناسایی کرده و با توجه به حضور یا عدم حضور کاربران اولیه، از کانالی به کانال دیگری جابه جا می شوند [۷]. شبکه های حسگر بی سیم (WSN)، هر گره در سه حالت قرار دارد که شامل ارسال کردن و دریافت کردن اطلاعات و یا بیکار می باشد. 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 می باشد [۸]. عدم حضور کاربر اولیه و عدم استفاده به صورت 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 نمی کند و به عنوان طیف استفاده نشده محسوب می گردد [۹]. در نظریه ها و مقالات مختلفی که تاکنون برای بهبود مصرف انرژی شبکه های حسگر بی سیم با مسیریابی شبکه رادیو شناختی ارائه شده است اما در هیچ تئوری از مبحث گراف و الگوریتم های درختی

استفاده نشده است. به کمک الگوریتم دایجکسترا می توان بهترین و کوتاهترین مسیر از گره حسگر به ایستگاه مبنا، برای انتقال داده انتخاب نمود که این موضوع مسئله مهمی در افزایش طول عمر شبکه های حسگر بی سیم دارد. الگوریتم دایجکسترا از روش ماتریس مجاورت گراف برای پیدا کردن کوتاهترین مسیر با وزن $W_{ij} \geq 0$ استفاده می کند [۱۰]. در این الگوریتم به ترتیب اطلاعات گره ها ثبت می شود و طبق معیار مشخصی در هر مرتبه، بهترین گره را انتخاب می کند و گره های گزینش شده قبلی یا حتی گره های که در آینده خواهد دید، تاثیری بر انتخاب کنونی نخواهد داشت. پیشینه فناوری شبکه های حسگر بی سیم، به سال ۱۹۷۰ بر می گردد و کاربرد آن در تمام زمینه های مختلف در حال گسترش است. مهم ترین مسئله گره های حسگر، باتری محدود آنها می باشد که با تمام شدن شارژ باتری، عمر گره تمام می شود. در این زمینه پروتکل های زیادی ارائه شده است: در سال ۲۰۰۴، یونیز و فهمی، پروتکل خوشه بندی توزیع شده با انرژی ترکیبی را مطرح کردند که بر طبق آن بهترین معیار برای افزایش طول عمر شبکه می تواند براساس انرژی باقی مانده در هر خوشه و هزینه ارتباطات برای انتخاب سرخوشه جدید باشد [۱۱]. در سال ۲۰۱۱، رحمانی و همکارانش، جهت بهبود مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم، الگوریتم ژنتیک را ارائه کردند [۱۲]. در سال ۲۰۱۵، الهابیان و همکارانش، پروتکلی به نام بهینه سازی ازدحام ذرات دو لایه ای برای خوشه بندی و مسیریابی در شبکه های حسگر بی سیم را مطرح کردند. در این مدل، دو لایه با N گره حسگر و K سرخوشه و یک ایستگاه مبنا در شبکه نظر گرفته می شود [۱۳]. در سالهای اخیر برای بررسی چالش شبکه های حسگر بی سیم، شبکه رادیو شناختی به عنوان 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 گره های حسگر با سطح انرژی های اولیه مختلف تشکیل می شود [۱۴]. در سال ۲۰۱۵، تایگان و همکارانش، برای مسیریابی گره ها، روش مسیریابی و خوشه بندی بر فاصله مبتنی در چندهاب پیشنهاد داده اند. در این روش گره ها به دو سطح پیشرفته و فوق پیشرفته متناسب با انرژی باقی مانده تقسیم می شوند. در حقیقت، هدف آن بررسی فاصله گره های حسگر و همچنین بهینه سازی موثر در انتخاب سرخوشه های که بیش ترین 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 گره ها را با فرض کردن N گره در نقاط متفاوت یک محیط به دست آورد [۱۶]. در این الگوریتم، رئوس در یک صف اولویت قرار می گیرند و راسی که هزینه مسافت کمترین داشته باشد از صف انتخاب می شود و به یک مجموعه منتقل می گردد. برای همه یالهای که از رئوس خارج می شوند عمل مسیریابی انجام می شود.

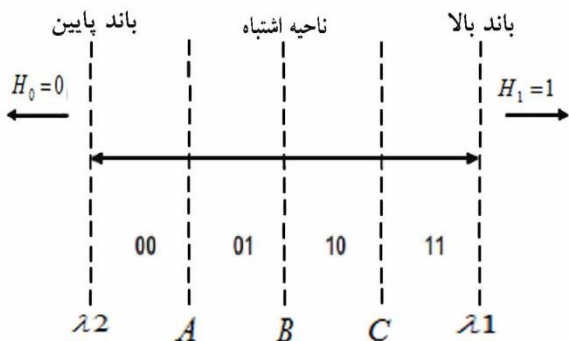
در ادامه این مقاله، در بخش سوم، به شرح مسئله پرداخته شده است که در واقع به بررسی راهکارها و فرمول های انتخاب شده در زمینه کاهش مصرف انرژی برای شبیه سازی استفاده شده است. بخش چهارم مقاله، معرفی طرح پیشنهادی بهبود مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم با استفاده از مسیریابی شبکه های رادیو شناختی به کمک الگوریتم دایجکسترا بوده و در مصرف انرژی گره های حسگر در ارتباطات بی سیم تاثیرگذار باشد. بخش پنجم به مقایسه الگوریتم دایجکسترا با سایر

سازی از یک منحنی عامل دریافت کننده مشخصه انرژی، برای تشخیص انرژی استفاده شده است. سیگنال اولیه را یک تابع سیگنال گوسی واقعی تعیین کرده و نویز را به عنوان طیف سفید گوسی واقعی در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین حد آستانه از یک روش موثر به نام آستانه تطبیقی دوتایی استفاده می‌شود و در این روش دو آستانه λ_1 و λ_2 در نظر گرفته شده است که با آن می‌توان بهترین تصمیم را اتخاذ نمود [۲۰]. در شکل ۱، ناحیه بینابینی به عنوان ناحیه ای گنج کننده 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.



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

مقدار اعشاری که بدست می‌آید برای مقایسه با مقدار آستانه جهت بدست آوردن یک تصمیم محلی در خارج از ناحیه گنج کننده (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. در شکل ۲، دو بیت تدریجی به چهار ناحیه تصمیم گیری تقسیم شده اند که زیر آستانه تعیین می‌شود [۲۰].



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

۳- شبیه سازی با استفاده از الگوریتم دایجکسترا

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

- ۱- تخصیص کاربران اولیه به فضای موجود
- ۲- تشخیص فضای استفاده نشده در شبکه رادیو شناختی
- ۲-۱- تشخیص انرژی در حفره های بوجود آمده

الگوریتم های انجام شده در زمینه افزایش طول عمر گره های حسگر می- باشد. بخش شش و هفت، نتیجه گیری و منابع هستند.

۲- شرح مسئله

برای جایگزین نمودن شبکه رادیو شناختی در بستر ارتباطی بین گره های حسگر نیاز به مدیریت طیف می‌باشد که شبکه های 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 سیگنال های 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 ویژگی های طیف و تغییر پارامترهای انتقال به صورت پویا می‌باشد [۳].

۲. **تصمیم گیری 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 تعیین شده، میزان خطای کانال و غیره طیف مناسب را انتخاب می‌کند [۱۹]. این زمانبندی و برنامه ریزی برای دسترسی به طیف توسط اطلاعات جمع آوری شده از طریق حس کردن طیف برای نقل مکان 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].

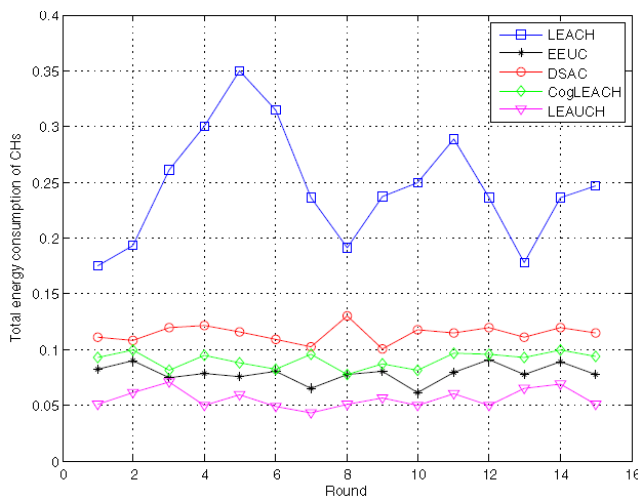
۴. **تحرك طیفی و تغییر کانال مورد استفاده:** حضور کاربر مجوز دار سبب می‌شود که کاربر بدون مجوز در هر وضعیت باند فرکانس را رها کند و عملیات تحرك طیفی رخ می‌دهد [۱۷]. در حقیقت، تعویض باند فرکانسی کاربران رادیو شناختی را تحرك طیفی می‌گویند [۱۸]. از طریق تعریف یک میزان آستانه معین می‌توان تداخل بین کاربران را تحت نظر گرفت. البته باند فرکانس را می‌توان به صورت اشتراکی مورد استفاده قرار داد و زمانی که کاربر اولیه در طیف حضور دارد و فعالیت انجام می‌دهد کاربر ثانویه می‌تواند بدون ایجاد تداخلی به صورت هماهنگ و هم زمان 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. به طور کلی 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 بود که انرژی موجود در فضاهای خالی را بدست 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 بدست آمده از حد آستانه بیشتر باشد به عنوان یک طیف سفید تشخیص داده خواهد شد و به عنوان یک باند فرکانس در اختیار کاربر ثانویه قرار خواهد گرفت. اگر میزان انرژی بدست آمده از حد آستانه پائین تر باشد، نمی‌توان این فضا را در اختیار کاربران ثانویه قرار داد. برای شبیه سازی و شناسایی انرژی از نرم افزار متلب استفاده شده است. در این شبیه

Primary user	5
Available channel	5
Initial energy of	
Cognitive sensor node	0.5 J
E_{elec}	50 nJ/bit
$\epsilon \int s$	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

همان گونه که در شکل ۴، مشاهده می شود کمترین مصرف انرژی مربوط به الگوریتم LEACH می باشد. البته یک صحبت کلی وجود دارد که می گوید هر چه وظایف گره ها بیشتر شود، مصرف انرژی به نسبت وظایف افزایش می یابد ولی هنوز نسبت دقیقی در این رابطه وجود ندارد. در صورتی که مسیر انتخاب شده برای عملیات مسیریابی تا مدتی ثابت باشد قطعاً گره های که عملیات مسیریابی انجام می دهند عمرشان زودتر به اتمام می رسد نسبت به گره های که تنها عملیات پردازش انجام می دهند و به عنوان مبدا و مقصد شبکه هستند.



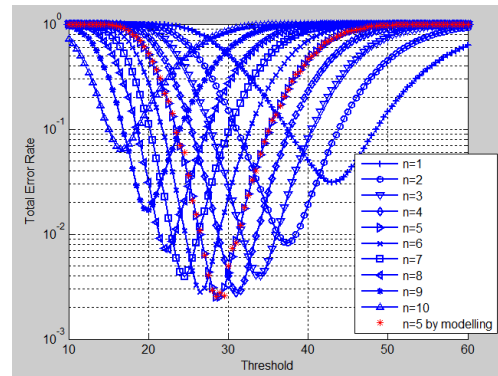
شکل ۴: کل مصرف انرژی در الگوریتم های کاهش مصرف انرژی.

بعد از مسیریابی با الگوریتم دایجکسترا، در شکل ۵، مشاهده می شود الگوریتم دایجکسترا در ابتدا زمان زیادی را صرف می کند تا بتواند سرشاخه مسیر بهینه را بدست بیاورد. یعنی در ابتدای شروع به پیدا کردن کوتاهترین گره ها 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 کم کم با پشت سر گذاشتن 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.

۲-۲- اعمال یک حد آستانه بر روی انرژی حفره های بدست آمده

۳-۲- تخصیص حفره های بدست آمده به کاربران ثانویه

۳- بدست آوردن بهترین مسیر برای ارسال داده در شبکه رادیو شناختی بعد از پیاده سازی می توان بهترین حد آستانه را بدست آورد. بهترین حد آستانه با استفاده از الگوریتم مذکور محاسبه شده و شبیه سازی شده است. نمونه ی شبیه سازی شده در شکل ۳، مشخص شده است:



شکل ۳: نمودار بدست آمده از انتخاب بهترین کانال و تاثیر حد آستانه.

در شکل (۳) تعداد کانال و میزان خطای بدست 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 می باشد که این مقدار با توجه به تعداد نمونه ها و کانال های بدست آمده، متغیر می باشد. بنابراین در این شکل، به خوبی مشخص شده است که انتخاب بهترین کانال سبب می شود میزان خطای کانال کاهش یافته و با حد آستانه مد نظر، حفره های طیفی برای تخصیص به کاربران ثانویه بدست آید. برای بدست آوردن احتمال هشدارهای اشتباه از تابع گاما استفاده شده است که فرمول تابع گاما ناقص به صورت زیر است:

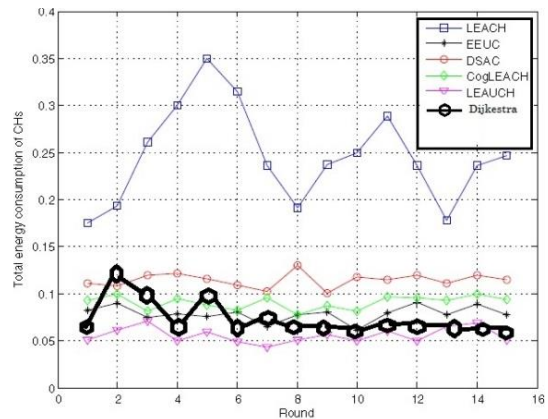
$$p(a, x) = \frac{1}{r(a)} \int_0^x e^{-t} t^{a-1} dt \quad (1)$$

در رابطه (۱)، X محدوده ی انتگرال در هر گره در محیط برای پیدا کردن احتمال هشدارهای اشتباه می باشد. برای آزمایش و اعتبارسنجی استفاده از الگوریتم دایجکسترا در شبیه سازی شبکه های حسگر رادیو شناختی، از یک سری پارامترهای تعریف شده به عنوان ورودی استفاده می شود. این پارامترهای تنظیم شده در جدول ۱ مشخص شده اند که عبارتند از تعیین تعداد گره ها در محیط کار، اندازه بسته اطلاعاتی و موقعیت گره ها و غیره می باشند و برای هر گره ثبت می شود. در واقع، با اطلاعات موجود در جدول ۱، برای به دست آوردن نتایج مطلوب در محیط متلب پیاده سازی می شود.

جدول ۱: تنظیم پارامترهای شبیه سازی

Parameter	Value
Parameter scene range	200m x 200m
Position of sink	(250, 100)
CRSN node number	200

بدست آورد. یکی از مشکلات اساسی الگوریتم دایجکسترا، افزایش زمان کارایی و کاهش کارآمدی این الگوریتم در هنگام انتقال اطلاعات به گره های ابتدایی می باشد. بنابراین این افزایش زمان باعث افزایش مصرف انرژی در شبکه حسگر بی سیم خواهد شد. برای بهبود کارایی در چنین مواقعی کافی است بتواند از تلفیق روشهای جستجوی مسیر هوشمند و روشهای نوبت دهی که در سیستم عامل مورد استفاده قرار می گرفتند، استفاده نماید. به نظر می رسد کارکردن بر روی این موضوعات می تواند مصرف انرژی را بهبود بخشد.



شکل ۵: مقایسه مصرف انرژی دایجکسترا با سایر الگوریتم ها

با شبیه سازی هایی که در ۱۵ دور انجام گرفته، الگوریتم دایجکسترا ابتدا نوسانات بالایی را در مصرف انرژی دارد و این مهم به دلیل زمان طولانی که در ابتدای کار دایجکسترا لازم دارد تا بتواند گره های ابتدایی را پیدا نماید. همچنین مشاهده می شود در دوره های میانی تقریباً الگوریتم به یک ثبات مصرف انرژی رسیده است که ناشی از پشت سر گذاشتن سردرگمی اولیه در ارسال اطلاعات به گره ها می باشد. در این ثبات مصرف انرژی که میزان خوبی می باشد تا آخر کار ادامه دارد و هر چه به پایان دوره های شبیه سازی نزدیک می شود نتیجه نشان می دهد که مصرف کاهش پیدا کرده و نوسانات بسیار کمتر از حالات اولیه و بقیه الگوریتم ها می باشد چون در سایر الگوریتم ها در هر دور مسیریابی انجام می شود که مسیر بهینه پیدا گردد و این مسئله انرژی زیادی صرف می کند. پارامترهای در نظر گرفته شده برای همه الگوریتم ها یکسان است. در مقایسه الگوریتم دایجکسترا با LEACH, DSAC, Cog LEACH, EEUC مشاهده می گردد که در لحظات شروع حرکت کرده و با پیدا کردن گره های اولیه، نوسانات مصرف انرژی بیشتری دارد ولی رفته رفته نه تنها ثبات مصرف انرژی را بدست می آورد که در ۸۰ درصد مواقع کاهش مصرف انرژی را به نسبت بقیه نیز دارد.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار متلب، نشان داده است که با توجه به نتایج شبیه سازی و نمودارهایی را که در قسمت های قبلی بدست آمده، الگوریتم دایجکسترا می تواند انتخاب مناسبی برای کاهش مصرف انرژی گره های حسگر در شبکه های حسگر بی سیم رادیو شناختی باشد. در واقع برای مشکل کمبود پهنای باند و کاهش انرژی گره های حسگر، شبکه رادیو شناختی برای بستر ارتباطی در تبادل اطلاعات بین گره های حسگر معرفی شد. به این علت، الگوریتم دایجکسترا نتایج بهتری را به نسبت الگوریتم LEACH, DSAC, EEUC در حالت کلی بدست 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 سیستم هایی بلادرنگ نیستند و زمان شروع اولیه خیلی مهم نیست می توان استفاده از این الگوریتم در کاهش مصرف انرژی انتخاب خوبی باشد. در تحقیقات آینده می توان با ایجاد تغییراتی در مدل مطرح شده برای مسیریابی، عملکردی بهتر در جهت بهبود مصرف انرژی گره های حسگر

۶- 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-1392. (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 -1392. (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 Selected Topics in Signal Processing*, IEEE Journal Of5, no-1, pp.3073-3077, 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, 1391. (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 UniversityKazeroon, 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, Apr-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*,

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

[12] A. Rahmadian, 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*, Int. J. Inf. Technol. Commun. Converg. 1 (2), pp.662-667, 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, 1388. (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 -1391. (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, June 21 - 1393. (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, pp.25-32, 4 Apr-2013.