مجله علمی مطالعات پژوهشی
در علوم کامپیوتر آینده
www.journalhi.com/com/

بهبود مصرف انرژی در اینترنت اشیا با استفاده از الگوریتم فراابتکاری

حمیدرضا دلقندی[1]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه ایوان کی.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل
دریافت: ۲۷ اسفند ۱۴۰۱
پذیرش: ۱۰ اردیبهشت ۱۴۰۲
ارائه در سایت: ۱۲ خرداد ۱۴۰۲

کلید واژگان:
اینترنت اشیا
کاهش مصرف انرژی
الگوریتم فراابتکاری
کلونی زنبور عسل با راه‌اندازی مجدد

چکیده

اینترنت اشیا امکانی است که از طریق آن می‌توان اشیا را از طریق بستر اینترنت به یکدیگر متصل کرد. متصل کردن اشیا فارغ از زمان و مکان در روی اشیا مطرح است لذا، مبحث مصرف انرژی اهمیت بالایی را در این نوع شبکه‌ها به دست می‌آورد. هنگام انتقال داده در محیط اینترنت اشیا، توزیع ترافیک شبکه به طور مکرر نوسان می‌کند. اگر پیوندهای شبکه یا گره‌ها به طور تصادفی خراب شوند، به طور خودکار گره‌های جدید مرتباً اضافه می‌شوند. ترافیک سنگین شبکه بر زمان پاسخگویی همه سیستم تأثیر می‌گذارد و به طور مداوم انرژی بیشتری مصرف می‌کند. به حداقل رساندن ترافیک شبکه / با یافتن کوتاهترین مسیر از مبدا به مقصد، زمان پاسخ دهی تمام سیستم را به حداقل می‌رساند و همچنین باعث کاهش هزینه مصرف انرژی می‌شود. در این مقاله الگوریتمی برای کاهش مصرف انرژی مطرح می‌شود که بر اساس خوشه‌بندی و ارسال اطلاعات از طریق یافتن کوتاه‌ترین مسیر است. در تمامی مقالات مطرح خوشه‌بندی یکی از روش‌هایی است که کمک شایانی را به کاهش مصرف انرژی می‌کند. همچنین الگوریتم‌های فراابتکاری نیز روشی بسیار ایده‌آل برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر است. پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر در این مقاله بر اساس الگوریتم راه‌اندازی مجدد کلونی زنبور است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این روش مصرف انرژی را به نسبت روش‌های مطرح دیگر بهبود می‌بخشد.

Improving energy consumption in Internet of Things using meta-heuristic algorithm

Hamidreza Dalghandi [1]

1- Master's student of information technology engineering at Ivan K. University.

Article Information

Original Research Paper
Received 18 March 2023
Accepted 02 October 2023
Available Online 04 October 2023

Keywords:
Internet of Things
Reducing energy consumption
Meta-heuristic algorithm
Bee colony with restart

Abstract

The Internet of Things is a possibility through which things can be connected to each other through the Internet platform. Connecting objects regardless of time and place is important in objects, therefore, the topic of energy consumption gains great importance in this type of networks. When transmitting data in the Internet of Things environment, network traffic distribution fluctuates frequently. If network links or nodes are randomly broken, new nodes are automatically added regularly. Heavy network traffic affects the response time of the entire system and continuously consumes more energy. Minimizing network traffic / By finding the shortest path from the source to the destination, it minimizes the response time of the entire system and also reduces the cost of energy consumption. In this article, an algorithm to reduce energy consumption is proposed, which is based on clustering and sending information by finding the shortest path. In all relevant articles, clustering is one of the methods that helps to reduce energy consumption. Also, meta-heuristic algorithms are a very ideal way to find the shortest path. Finding the shortest path in this paper is based on the bee colony restart algorithm. The simulation results show that this method improves energy consumption compared to other methods.

۱- مقدمه

در ارتباط با اینترنت اشیا دو تفکر سنتی و جدید وجود دارد. در تفکر سنتی کلیه زیرساخت¬ها اعم از زیرساخت¬های فیزیکی از زیرساخت¬های مربوط به فناوری اطلاعات جدا در نظر گرفته می¬شود ولی در تفکر جدید و امروزی تمامی زیرساخت¬ها برای ارائه خدمات به صورت یکپارچه در نظر گرفته می¬شوند. اینترنت اشیاء یک شبکه پیچیده از اشیاء و افراد است که بطور یکپارچه از طریق اینترنت به یکدیگر متصل می¬شوند. هر چیزی که دارای پتانسیل اتصال باشد را می¬توان به شبکه متصل کرد تا از طریق حسگرهای بدون سیم و تگ¬های اقدام به مبادله داده نماید. فناوری که تراشه¬ها را برای ارتباط بی¬سیم در داده¬ها آماده می¬کند و در شناسایی خودکار وسایل فیزیکی در شبکه کمک می¬کند فناوری شناسایی از طریق امواج رادیویی می¬باشد. پس از اتصال اشیاء به RFID شبکه، امکان ارسال داده و تعامل با سایر اشیاء و افراد فراهم می¬گردد. تمامی این اتفاقات به صورت داده، بلادرنگ انجام خواهد شد. حسگرها قادر به تولید حجم بالایی از داده می¬باشند. تحلیل و بهره برداری در یک حلقه، سازماندهی¬های غیرساختیافته¬ای که می¬توان با گروه¬بندی بازخوردی خیلی سریع از

آنها در جهت حمایت از تصمیم گیری صحیح و خودکار و همچنین واکنش مناسب استفاده کرد[۴].

تمامی عناصر اصلی در اینترنت اشیا عبارتند از[۴]:

۱-سخت¬افزار شامل حسگر و عملگرها

۲-میان¬افزار شامل ابزارهای پردازشی و ذخیره¬سازی داده¬ها

۳-ابزارهای تفسیر و تحلیل داده¬ها

توسعه اینترنت اشیا نیاز به اتصال انواع حسگرهای سیمی یا بی¬سیم و سایر دستگاه¬ها دارد. سنسورهای بی¬سیم معمولاً مجهز به باتری¬های با ظرفیت محدود هستند که این موضوع توان انتقال اطلاعات را در اینترنت اشیا محدود می¬کند. از این رو، یافتن یک روش کارآمد انرژی برای ارتقا و توسعه اینترنت اشیا اجتناب ناپذیر است. در این مقاله سعی شده است یک سناریو اینترنت اشیا با حسگرهای بی¬سیم و ایستگاه پایه (BS) بررسی شود. سنسورهای بی¬سیم داده تولید می¬کنند و از طریق BS انتقال می¬یابند. دو نوع ایستگاه پایه وجود دارد: ایستگاه پایه میکرو و ایستگاه پایه ماکرو.. در ابتدا داده¬ها از حسگرهای بی¬سیم دریافت شده و سپس به ایستگاه پایه ماکرو ارسال می¬شوند. سپس ایستگاه پایه ماکرو داده¬ها را به پایگاه داده یا سیستم پردازش ابری ارسال می¬کند. با توجه به ظرفیت محدود باتری، روش انتقال بی¬سیم (WPT) برای شارژ باتری مناسب است. فرض بر این است که یک وسیله نقلیه مجهز به یک باتری با ظرفیت بزرگ وظیفه شارژ باتری سنسورها را دارد[۹].

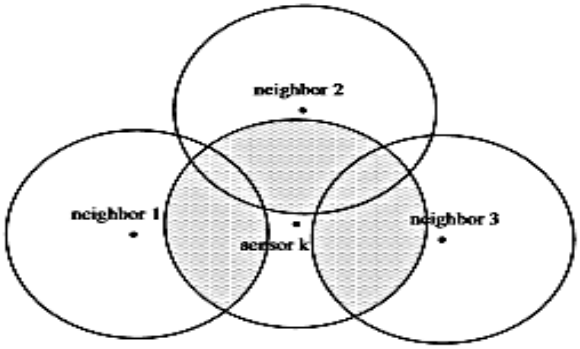
در این مقاله یک روش جدید برای حل مشکل انتقال داده ارائه شده است. روش¬های مورد استفاده در این مقاله به شرح زیر است: (۱) سناریوی اینترنت اشیا به عنوان یک مسئله بهینه¬سازی مدل¬سازی شده است. در این مدل، کل هزینه انرژی حسگرهای بی¬سیم در اینترنت اشیا به حداقل می¬رسد. از این رو، مصرف انرژی شبکه نیز به حداقل می¬رسد. (۲) یک روش سه مرحله¬ای برای این مشکل پیشنهاد شده است. مراحل یافتن کوتاهترین مسیر انتقال، کاهش تداخل متقابل و تعیین مسیر بهینه پیوند است. (۳) روش راه اندازی مجدد کلونی زنبور عسل (RABC) پیشنهاد می¬شود تا مسیر کوتاه را برای انتقال انتخاب کند. همگرایی نیز در این روش RABC به اثبات رسیده است. روش RABC می¬تواند مجموعه¬ای از راه¬حل¬های امیدوار کننده برای مسئله را ارائه دهد.

سایر قسمت¬های این مقاله به شرح زیر می¬باشد. در ابتدا و در قسمت دوم به بیان مرور پیشینه پرداخته می¬شود و برخی کارهای مهم و برجسته در این زمینه بررسی می¬شوند. در بخش سوم به معرفی روش راه¬اندازی مجدد کلونی زنبور پرداخته می¬شود. در بخش چهارم روش پیشنهادی معرفی می¬شود و جزییات معرفی می¬گردند. نتایج شبیه¬سازی در بخش پنج بیان خواهد شد و نتیجه¬گیری را نیز در بخش ۶ خواهید دید.

۲- مرور پیشینه

پنج فناوری در اینترنت اشیا وجود دارد[۴]: شناسایی فرکانس رادیویی (RFID)، شبکه¬های حسگر بی¬سیم (WSN)، میان افزار، رایانش ابری و نرم افزار کاربردی اینترنت اشیا. در این میان، WSN فناوری مهمی در اینترنت اشیا است. یک شبکه حسگر بی¬سیم یک سیستم شبکه رایانه¬ای است که از دستگاه¬های خودکار توزیع شده برای کنترل وضعیت فیزیکی یا محیطی موقعیت¬های مختلف استفاده می¬کند، زیرا دما، صدا، ارتعاشات، فشار و غیره وجود دارد. اخیراً، فناوری WSN ها به طور گسترده¬ای در کنترل صنعتی، خانه¬های هوشمند، امنیت، ایمنی نظامی، کشاورزی هوشمند، آگاهی از محیط زیست و نظارت بر بهداشت استفاده شده است[۵]. همگام سازی و / یا محلی سازی یک WSN می¬تواند به عنوان مشکلات بهینه سازی مدل سازی شود، که می¬تواند با استفاده از روش¬های برنامه¬ریزی غیرخطی مدل شود[۶]. به دلیل حجم کم گره¬های سنسور، انرژی باتری آنها بسیار محدود است و این باعث محدودیت در استفاده از WSN می¬شود. در زمینه کاهش مصرف انرژی در اینترنت اشیا روش¬های زیادی معرفی شده است و در این بخش برخی از این روش¬ها بررسی خواهند شد:

در سال ۲۰۰۹ تکنیک خوشه بندی پوشش آگاه ارائه شد که بر اساس گروهبندی سنسورهایی در شبکه که بیشتر فعالیت داشتند و مسیریابی بین این سنسورها عمل می¬کرد ولی این روش نیز محدودیت هایی را داشت که از جمله این محدودیت ها می¬توان به جابجایی تعداد زیادی پیام در شبکه اشاره کرد[۷].



شکل ۱: روی هم افتادگی مناطق خوشه¬ها

هر سنسور در ناحیه همپوشان خود سنسورهای فعال را پیدا کرده و از آنها استفاده می¬کند و سپس خود به خواب می¬رود. با توجه به اینکه یک سنسور می¬توانند به خواب برود پس انرژی خود را ذخیره کرده و طول عمر شبکه را افزایش می-دهد[۷].

الگوریتم دیگری در این زمینه بیان می¬دارد که ابتدا نودها به صورت تصادفی خوشه بندی می¬شوند و سپس اطلاعات ارسالی هر نود بررسی می¬شود. در این روش از دروازه ها و روش PSO برای مسیریابی استفاده می¬شود. نام این روش مسیریابی مبتنی بر PSO می¬باشد. چنانچه نودهایی وجود داشتند که از لحاظ پوشش دارای شباهت بودند یکی از نودها فعال باقی می¬ماند و بقیه نودهای مشابه به خواب فرو می¬روند. با این روش به دلیل کاهش مصرف انرژی و افزایش پوشش در شبکه طول عمر شبکه افزایش می¬یابد. روش کار به شرح زیر است[۵]:

۱-در ابتدا خوشه ها به صورت تصادفی تشکیل می¬شوند.

۲-توسط ایستگاه پایه به همه نودها و دروازه ها یک ID منحصر بفرد نسبت داده می¬شود.

۳-سپس نودها توسط دروازه ها اطلاعات خود را از طریق لایه MAC منتشر می¬کنند.

۴-سپس بایستی اطلاعات جمع آوری شده به BS ارسال شود که این کار از طریق الگوریتم PSO انجام می¬شود.

مزیت این الگوریتم در این است که این الگوریتم دارای تحمل خطا است. یعنی اگر در حین ارسال یک دروازه از شبکه بنا به دلایلی خارج شده باشد قابل شناسایی است و از یک دروازه دیگر برای این کار استفاده می¬شود.

دراین پروتکل برای داده¬ها و درخواست¬ها مشخصاتی تعریف می¬شود و به جای فرستادن داده¬های خام، این مشخصات فرستاده می¬شوند. پروتکل طوری طراحی شده است که هر وقت تقاضای جدیدی

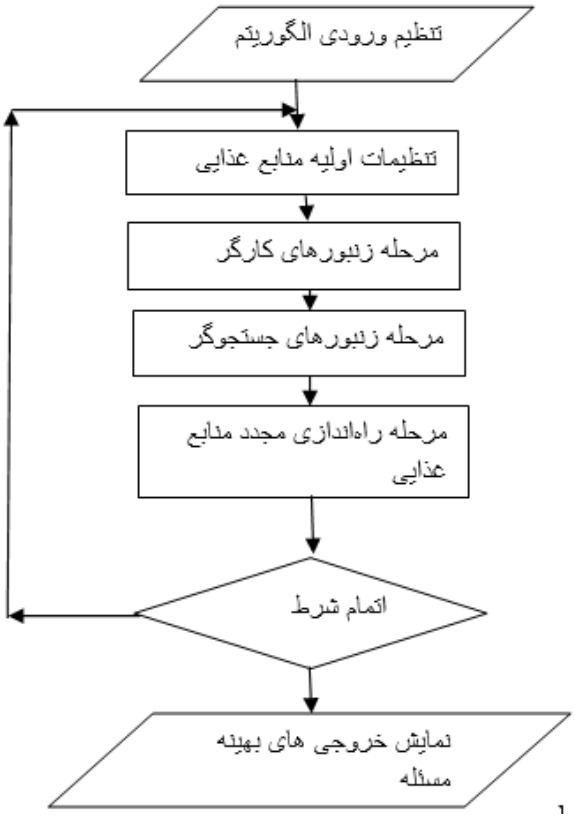
ایجاد شد، برمبنای آن مسیریابی شروع می-شود مشخصات مورد نظر برای یک درخواست مثلا می¬تواند نام پارامترهای مورد نظربرای اندازه گیری، پریود ارسال داده¬ها، مدت زمان ارسال، منطقه جغرافیایی و.. . باشد. هر حسگری که درخواست را دریافت می¬کند آنرا در حافظه خود برای استفاده¬ی بعدی نگه می¬دارد. حسگرها به طور محلی کار ترکیب داده ها را انجام می¬دهند و بدین صورت از حجم اطلاعات ارسالی می¬کاهند. هر حسگر که یک درخواست را دریافت می¬کند آن را به همسایه های خود می¬فرستد و بدین صورت بین آنها گرادیان تشکیل می¬شود. گردایان ها در واقع مسیرهای برگشتی هستند که حسگرهای همسایه بواسطه آن درخواست را دریافت کرده اند. با ایجاد گرادیان ها، بین فرستنده وگیرنده مسیرهای مختلفی ایجاد می¬شوند. بین این مسیرها، تنها یک مسیر به عنوان مسیر مناسب انتخاب می¬شود این انتخاب بر مبنای نرخ دریافت اطلاعات از مسیرهای مختلف است. در واقع مسیری انتخاب می¬شود که نرخ اطلاعات برگشتی بالاتری داشته باشد [۹].

اگر مسیر انتخاب شده به هر دلیلی قادر به ادامه فعالیت خود نباشد، باید مسیر جدیدی انتخاب شود . در واقع عملیات جستجو برای یافتن بهترین مسیر دوباره انجام می¬شود و بین مسیرهای باقیمانده، مسیری که اطلاعات از آن با بالاترین نرخ دریافت می¬شوند، برگزیده شده و به عنوان مسیر جایگزین در نظر گرفته می¬شود[۹].

خصوصیات الگوریتم¬های خوشه¬بندی بهینه سازی کلونی مورچه (ACO) و K-Means مطابق با مکانیزم پاسخ فعال کننده خودکار و کوتاهترین مسیر جستجو از مبدا تا مقصد است. در این منبع، الگوریتم¬های خوشه بندی ACO و K-Means برای جستجو در کوتاهترین مسیر مسیر از مبدا به مقصد با بهینه سازی محدودیت¬های کیفیت خدمات (QoS) مورد مطالعه قرار گرفته¬اندین کار شامل مطالعه و مقایسه بین الگوریتم¬های بهینه سازی کلونی مورچه¬ها (ACO) و الگوریتم¬های K-Means برای برنامه ریزی یک مدل زمان بندی آگاه از زمان پاسخ برای IoT است. پیشنهاد می¬شود بسته به انواع شبکه¬ها، محیط اینترنت اشیا به مناطق مختلف و تعداد زیادی خوشه تقسیم شود. توجه شده است که این مدل از نظر زمان پاسخ، تأخیر نقطه به نقطه، توان عملیاتی و سربار بیت¬های کنترل برای الگوریتم مسیریابی پیشنهادی کارآمدتر است[۱۰].

۳- الگوریتم راه‌اندازی مجدد کلونی زنبور RABC

برای ارزیابی مشکلات بهینه سازی جهانی، روش راه¬اندازی مجدد کلونی زنبور عسل مصنوعی (RABC) در این بخش پیشنهاد شده است. در این بخش ابتدا روش RABC و به دنبال آن تجزیه و تحلیل همگرایی ارائه می¬شود. جریان کار روش RABC در شکل ۱ نشان داده شده است. این کار با مجموعه¬ای از منابع غذایی آغاز می¬شود (راه¬حل¬های بالقوه برای مسئله). به طور کلی، مجموعه اولیه منبع غذایی بر اساس توزیع یکنواخت ایجاد می¬شود. کلونی زنبورها از زنبورهای کارگر و زنبورهای تماشاگر تشکیل شده است. نیمی از زنبورهای عسل مشغول به کار هستند و نیمی نیز زنبورهایی هستند که تماشا می¬کنند. بر این اساس، کد شبه روش RABC در الگوریتم ۲ نشان داده شده است[۵]:



شکل ۲: فلوچارت روش راه اندازی مجدد کلونی زنبور عسل[۵]

زنبورهای شاغل در یک منطقه بزرگ جستجو می¬کنند و مسئولیت رسیدن به همسایگان بهینه جهانی را ندارند. برای مشکلات بهینه سازی مداوم، از فرمول زیر برای تولید یک راه حل کاندید استفاده می¬شود[۵]:

$$Vij = xij + rij\,(xij - xkj) \quad (۱)$$

که در آن xi و xk دو راه حل هستند و (i = k)، شاخص j به پارامتر jام یک راه¬حل اشاره دارد، و یک عدد تصادفی بین ۱- و ۱ را جمع می¬کند. برای مشکلات بهینه سازی گسسته، مانند کوتاهترین مسئله چرخه همیلتون، همه گره¬ها توسط اعداد صحیح رمزگذاری می¬شوند تا یک راه¬حل را تشکیل دهند و سپس راه¬حل کاندید یا با استفاده از یک عمل معکوس یا با یک عملیات مبادله تولید می-شود[۵]:

$$V_i = \begin{cases} reverse\ operation & if\ r_i < p_{rew} \\ exchange\ operation & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

که در آن prev احتمال انجام عمل معکوس است. عمل معکوس به معکوس کردن ترتیب کسری از راه¬حل اشاره دارد. این عمل ممکن است منجر به یک راه¬حل جدید شود که بسیار متفاوت از راه¬حل قدیمی است. احتمال پیش فرض در این مقاله به ۱/۰ تنظیم شده است. عملیات تبادل به تعویض موقعیت دو پارامتر راه¬حل اشاره دارد. زنبورهای تماشاگر جستجوی خود را در یک منطقه کوچک انجام می¬دهند و مسئول تولید راه¬حل¬های با تناسب بالا هستند. مشکلات بهینه سازی مداوم، یک منبع غذایی xt بر اساس تناسب و برازندگی آن انتخاب می¬شود و سپس از فرمول زیر برای تولید راه¬حل کاندید vi استفاده می¬شود[۵]:

$$Vtj = xtj + rtj\,(tij - xkj) \quad (۳)$$

که در آن xt و xk دو راه¬حل هستند. برای کوتاه¬ترین مشکل چرخه همیلتون، از عملیات مبادله برای تولید vi استفاده می¬شود. در روش RABC ، مرحله راه اندازی مجدد جایگزین مرحله زنبور عسل پیشاهنگی روش استاندارد کلونی زنبور عسل مصنوعی (ABC) می¬شود. مزیت روش

راه¬اندازی مجدد این است که اطمینان می¬یابد که همگرایی روش به مطلوب جهانی نزدیک است. تکنیک راه اندازی مجدد به بخشی از منابع غذایی با برازندگی کم اشاره دارد که با منابع غذایی جدید به شرح زیر جایگزین می¬شوند[۵]:

$$Xinew = xmin + ri\ (xmax - xmin) \quad (۴)$$

که در آن xmin و xmax مرزهای پایینی و بالایی یک راه¬حل هستند ، و ri بردار اعداد تصادفی بین ۰ تا ۱ است. pro را به عنوان نسبت منابع غذایی که باید جایگزین شود، درنظر بگیرید. در این مقاله این مقدار روی ۵٪ تنظیم شده است[۵].

Algorithm 1 Pseudocode of the RABC Algorithm

```
Input        N_b, range of variables
Output       The best solution found by the algorithm
1   Randomly create a set of N_b solutions;
2   Evaluate the solutions by model
3   Repeat
4       Send out employed bees by (1) and ( 2);
5       Evaluate the solutions by model
6       Do greedy selection to attain good solutions;
7       Send out onlooker bees by ( 3 );
8       Evaluate the solutions by model
9       Do greedy selection to attain good solutions;
10      Send out restart scout bees by ( 4);
11      Evaluate the solutions by model
12      Do greedy selection to attain good solutions;
13  Until termination criteria are met
```

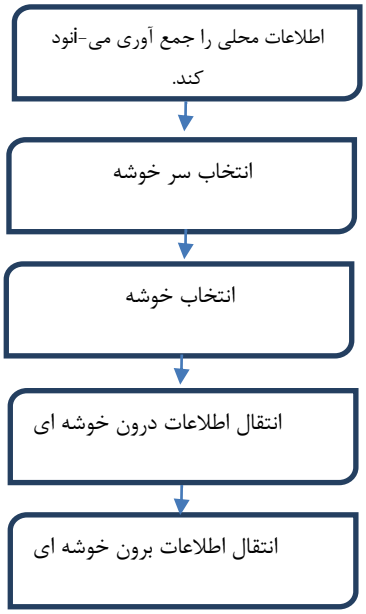
شکل۳:شبه کد الگوریتم راه‌اندازی مجدد کلونی زنبور[۵]

۴- روش پیشنهادی

این الگوریتم دو مرحله اساسی دارد:

- مرحله خوشه بندی
- مرحله انتقال داده

روش پیشنهادی در این مقاله بر طبق الگوریتم زیر می‌باشد:



شکل۴:مراحل الگوریتم پیشنهادی

در این فاز و در ابتدای کار تمام نودها در حالت ساده هستند. در این فاز هر نود پیغام NODE_MSG را ارسال می‌کند. این پیغام حاوی موارد زیر است[۱۲]:

- Id نود
- Idنودهای مورد علاقه که قبلا ذکر شد بهمراه انرژی باقیمانده این نودها
- شعاع انتقال یا rc

پس از اینکه این پیغام توسط نودهای دیگر دریافت شد آنگاه نود دریافت کننده دو مورد را باید محاسبه کند:

در ابتدا هر نود دریافت کننده محدوده پوششی خود را توسط فرمول زیر محاسبه خواهد کرد[۱۲]:

$$CI_P(s_i)=\frac{|C(Si)|-|O(Si)|}{|\cup_{i=1}^{n} C(Si)|} \quad (۵)$$

و سپس میانگین انرژی باقیمانده همسایگانش را بر طبق فرمول زیر محاسبه خواهد کرد[۱۲]:

$$Eave(si)=\frac{1}{|ND(Si)|}\sum_{j=1}^{|ND(Si)|} Ecur(Sj) \quad (۶)$$

در این مرحله همسایگان با یک گام فاصله از هر نود شناسایی می‌شوند. پس از شناسایی و اتمام این مرحله نودها پیغام 2_Node_Msgs را ارسال می-کنند تا همسایگان با دو گام اختلاف فاصله خود را شناسایی کنند[۱۲].

$$Eave(si)=\frac{1}{|ND2(Si)|}\sum_{j=1}^{|ND2(Si)|} Ecur(Sj) \quad (۷)$$

در انتهای این فاز و پس از جمع آوری اطلاعات در مورد همسایگان ،هر نود بایستی زمان انتظار برای انتشار پیغام سرخوشه شدن را طبق فرمول زیر محاسبه کند[۱۲]:

$$t_i=\begin{cases}\left[\alpha\frac{Eave(Si)}{Eave(Si)}+(1-\alpha)CI\right]T2Vr1 & Eavr(Si)\geq Eave(Si)\\ T2Vr1 & Eavr(Si)<Eave(Si)\end{cases} \quad (۸)$$

در فرمول بالا Vr عددی تصادفی و حقیقی در بازه [0.9,1] است که بیانگر میزان احتمالی است که دو نود در یک زمان پیغام سرخوشه شدن را ارسال نمایند. کل این فاز در زمان T1 انجام می‌شود[۱۲].

۵- تحلیل و ارزیابی

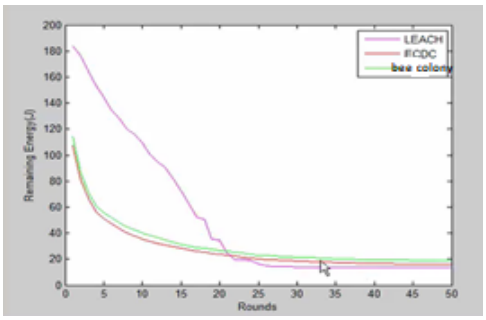
برای شبیه سازی ابتدا بایستی پارامترهای مورد نظر در این روش را تنظیم کرد. این پارامترها عبارتند از:

جدول ۱:پارامترهای شبیه سازی

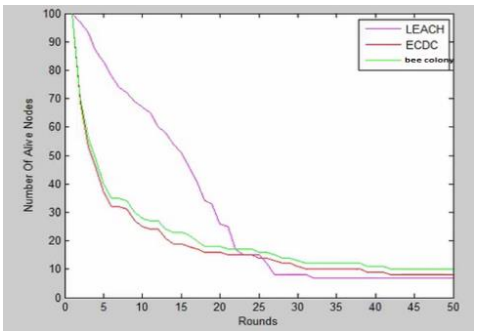
پارامتر	مقدار
Sensor field	200m*200m
Base station	([24]0,100)
Number of nodes	100
Initial energy of node	1-3j
Packet size	500 bytes
Packet header size	[۲٤] bytes
Control message size	[۲٤] bytes

r_i	20m
R_i	10-200 m
E_{elec}	50 nj/bit
e_{fs}	10 pj(bit m^2)
e_{mp}	0.0013pj(bit m^4)
E_{com}	5 nj (bit signal)
E_{sen}	0.5nj (bit signal)

پس از اجرای روش فوق خروجی های بدست آمده مانند شکل زیر است:



a)



b)

شکل ۴: مقایسه میزان مصرف انرژی a) و تعداد نود زنده در شبکه b)

این نمودار بر حسب تعداد دفعات اجرای برنامه و انرژی باقیمانده نودها رسم شده است. همانطور که مشاهده می¬شود در ابتدای کار میزان انرژی باقیمانده در نودها در الگوریتم LEACH [۲]بهتر است زیرا به صورت تصادفی کار می¬کند. اما با تعداد دفعات اجرای بیشتر مشاهده می¬شود که میزان انرژی باقیمانده در نودها در روش کلونی راه اندازی مجدد زنبور بسیار بهتر از سایر روش ها است. در حالت کلی اگر بخواهیم مقایسه ای بین این سه الگوریتم داشته باشیم میزان انرژی باقیمانده در روش راه¬اندازی مجدد کلونی زنبور از همه بهتر و بعد الگوریتم ECDC[۱] است و بعد الگوریتم LECH.

دلیل کارکرد بهتر این روش نسبت به سایر روش ها در این است که در روش های دیگر در زمان انتقال اطلاعات از نود سرخوشه به ایستگاه پایه ممکن است فاصله نود تا ایستگاه پایه زیاد باشد و برای انتقال انرژی بیشتری را از نود بگیرد ولی در روش پیشنهادی چه فاصله نود از ایستگاه پایه کم باشد و چه زیاد باشد با استفاده از راه¬اندازی مجدد کلونی زنبور کوتاهترین و بهینه ترین مسیر پیدا می¬شود و لذا انرژی زیادی از نود گرفته نخواهد شد.

۶- نتیجه گیری

برای بهبود مصرف انرژی در اینترنت اشیاء، از روش راه‌اندازی مجدد کلونی زنبور استفاده شده است که به دلیل پیدا کردن مسیر بهینه مصرف انرژی آن کمتر است. در این روش پس از اینکه نود سرخوشه اطلاعات را از نودهای خوشه خود دریافت کرد، بین نود سرخوشه جاری و ایستگاه پایه مسیری بهینه را با استفاده از راه‌اندازی مجدد کلونی زنبور یافته و سپس با استفاده از نودهای واسط این اطلاعات را انتقال می‌دهد. برای بیان موفقیت آمیز بودن این روش از دو پارامتر استفاده شده است. پارامتر اول پس از انتقال و اتمام کار، میزان انرژی باقیمانده در نودها محاسبه شده است و پارامتر دیگر نیز محاسبه تعداد نودهای زنده پس از اتمام کار شبکه می‌باشد. این دو پارامتر به هم وابسته هستند زیرا اگر نودهای شبکه مقدار انرژی بیشتری در خود داشته باشند به مدت بیشتری زنده می‌مانند و از دور خارج نمی‌شوند. پس از شبیه سازی این روش در محیط نرم افزاری متلب و مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج به دست آمده از روش های دیگر اثبات این موضوع بیان شده است.

مراجع

1. Aggarwal, Kartik, and Nihar Ranjan Roy. "Energy Conservation in IOT: A Survey." International Conference on Futuristic Trends in Networks and Computing Technologies. Springer, Singapore, 2020.
2. Behera, Trupti Mayee, Umesh Chandra Samal, and Sushanta Kumar Mohapatra. "Energy-efficient modified LEACH protocol for IoT application." IET Wireless Sensor Systems 8.5 (2018): 223-228.
3. Dohare, Indu, and Karan Singh. "PSO-DEC: PSO based deterministic energy efficient clustering protocol for IoT." Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography 22.8 (2019): 1463-1475.
4. Georgiou, Kyriakos, Samuel Xavier-de-Souza, and Kerstin Eder. "The IoT energy challenge: A software perspective." IEEE Embedded Systems Letters 10.3 (2017): 53-56.
5. Hao, X. C., Wang, M. Q., Hou, S., Gong, Q. Q., & Liu, B. . Distributed topology control and channel allocation algorithm for energy efficiency in wireless sensor network: From a game perspective. Wireless Personal Communications, 2015,80(4), 1557–1577
6. Javed, Abbas, Hadi Larijani, and Andrew Wixted. "Improving energy consumption of a commercial building with iot and machine learning." IT Professional 20.5 (2018): 30-38.
7. Kumar, Sumit, et al. "Comparative Study on Ant Colony Optimization (ACO) and K-Means Clustering Approaches for Jobs Scheduling and Energy Optimization Model in Internet of Things (IoT)." International Journal of Interactive Multimedia & Artificial Intelligence 6.1 (2020).
8. Martinez, Borja, et al. "The power of models: Modeling power consumption for IoT devices." IEEE Sensors Journal 15.10 (2015): 5777-5789.
9. Mocnej, Jozef, et al. "Impact of edge computing paradigm on energy consumption in IoT." IFAC-PapersOnLine 51.6 (2018): 162-167.
10. Moreno, M., et al. "How can we tackle energy efficiency in iot basedsmart buildings?." Sensors 14.6 (2014): 9582-9614.
11. Ventura, Daniela, et al. "ARIIMA: a real IoT implementation of a machine-learning architecture for reducing energy consumption." International conference on ubiquitous computing and ambient intelligence. Springer, Cham, 2014.

12. Zhang, Xiu, Xin Zhang, and Liang Han. "An energy efficient Internet of Things network using restart artificial bee colony and wireless power transfer." IEEE Access 7 (2019): 12686-12695.

13. Shah, Abdul Salam, et al. "A review on energy consumption optimization techniques in IoT based smart building environments." Information 10.3 (2019): 108.