**کاهش مصرف انرژی در شبکه های اینترنت اشیا با استفاده از مسیریابی مبتنی بر خوشه بندی**

احمد ناصری1 ، مهدی جوانمرد2،

1- دانشکده برق و الکترونیک- دانشگاه پیام نور - تهران - ایران

– naseri.ah@gmail.com

2- استادیار، دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات- دانشگاه پیام نور - تهران - ایران

– javanmard@pnu.ac.ir

**چکیده:**

ارتباطات در دنیای امروزی فقط معطوف به ما انسان ها نیست. اغلب ما اینگونه تصور می کردیم که تنها انسان ها قادر هستند با ابزارهایی که در اختیار دارند توسط شبکه اینترنت به هم متصل شوند و شخصا از قابلیت های آن بهره ببرند. بیش از یک دهه است که مفاهیم جدیدی  در دنیای فناوری شکل گرفته و در سال های اخیر، در قالب یک سری محصولات هوشمند به بازار راه پیدا کرده، که بر اساس آن هر شیء فیزیکی می تواند با اتصال به اینترنت یا به کمک سایر ابزارهای ارتباطی، با سایر اشیا تعامل داشته باشد. قابلیت ارسال داده در این نوع فناوری از طریق شبکه‌های پایه‌ای در اینترنت اشیاء است که یک حوزه محبوب تحقیقاتی اعم از مانیتورینگ، کنترل محیط، مراقبت بدن و کاربردهای نظامی می باشد. یکی از چالش های مهم این شبکه مصرف انرژی زیاد در هنگام مسیریابی برای ارسال و دریافت داده می باشد که این چالش با ارائه الگوریتم های مسیریابی مناسب تا حدودی باعث کاهش مصرف انرژی در شبکه می باشد. در این مقاله یک الگوریتم مسریابی مبتنی خوشه بندی بهینه شبکه اینرنت اشیا ارائه شده است که نتایج شبیه سازی نشان ی دهد که این الگوریتم باعث کاهش مصرف انرژی و افزایش کیفیت سرویس نسبت به الگوریتم پایه (Leach) در شبکه شده است.

**کلمات کليدي:** شبکه اینترنت اشیا، مصرف انرژی، مسیریابی، خوشه بندی، شبیه سازی، انرژی باقیمانده

**1. مقدمه**

انسانها در ارتباط مستقیم با یکدیگر قادرند به اطلاعات پیرامونی یکدیگر دست یابند و از آن برای گسترش ارتباطات استفاده نمایند. چنین تبادلاتی در ارتباط از طریق کامپیوتر و دستگاههای کوچک الکترونیکی روزبهروز در حال افزایش است. در حال حاضر کاربران میتوانند از مکانیزم های گوناگونی برای وارد نمودن اطلاعات مختلف به کامپیوتر استفاده می کنند و تلاش برای آنکه کامپیوترها و دستگاههای کوچک الکترونیکی و توکار هم بتوانند از اطلاعات محیط اطراف بهتر استفاده نمایند و برنامه های خود را مطابق با آن تغییر دهند ادامه دارد که بستر جدیدی به نام اینترنت اشیا ایجاد شده است. اینترنت اشیا مفهومی جدید در دنیای فناوری اطلاعات و ارتباطات بوده و به طور خلاصه فناوری مدرنی است که در آن برای هر موجودی )انسان، حیوان و یا اشیاء ( قابلیت ارسال و دریافت داده از طریق شبکههای ارتباطی، اعم از اینترنت یا اینترانت، فراهم میشود[1].. روشهای مختلفی برای برقراری ارتباط این دستگاهها با یکدیگر همراه با کمترین مصرف انرژی توسط محققین معرفی شده اند ولی همچنان این راه جای بررسی بیشتر دارد. نحوه انتقال دادهها بین این دستگاهها و مسیریابی درون شبکه ارتباطی بین دستگاه ها یکی از چالشهای موجود در این زمینه است که منجر به کاهش مصرف انرژی دستگاهها گشته و از اهمیت ویژهای برخوردار است. بنابراین ارائه راهکارهای نوین که بتواند با ابزارهای جدید عمل مسیریابی را به نحو مناسب انجام دهد ضروری به نظر میرسد به گونه ای که مسیریابی بتواند در شرایط ناخواسته خود را حفظ کرده و تطبیق دهد.

**2.کارهای پیشین**

در (Debroy et al., 2018) ، به منظور پوشش نیازهای رو بهرشد ارتباطات و مسیریابی با مقیاس بالا، مقرون به صرفه و انرژی گرا برای ترکیب ارتباطات دستگاه به دستگاه با اینترنت اشیا روشهای دسترسی پویای طیف و پروتکل های به اشتراک گذاری دادهای با توجه محدودیت های ذاتی انرژی در دستگاه های IoT ارائه شده است. در این تحقیق یک نقشه محیط رادیویی از طریق حسگرهای اختصاصی طیفی و در طیف فضایی زمانی بهدست می آید[2].

در (Shah et al., 2018) ، به منظور افزایش طول عمر باتری به ارائه مسیریابی اگاه از انرژی با کاهش پخش بسته ها همراه با کاهش محاسبات در سطح گره با به حداقل رساندن سربار بسته ای پرداخته شده است. با توجه به آنکه گره های حسگری از باتری استفاده می کنند و در بسیاری از موارد شارژ مجدد باتری ها به خصوص برای محیط های با دسترسی سخت و بدون نظارت غیرممکن است. هدف از این تحقیق، قرار دادن فازهای مولد انرژی مبتنی بر خوشه بندی برای به حداکثر رساندن توان کاری همراه با کاهش تاخیر انتها به انتها، کاهش گمشدن بسته و افزایش طول عمر شبکه است. برای این منظور از راهکارهای مسیریابی سفارشی، پیشگیرانه، راهبردهای رفتاری محلی و پردازش در شبکه استفاده شده است [3].

در (Anamalamudi et al., 2018) ، پروتکل مسیریابی در لایه شبکه به نام RPL به منظور کشف مسیر انتقال دادهای بهینه بین گره های برگ و مسیریاب های لبه ای در شبکه های بیسیم ارائه شده است. شبکه های رادیویی شناختی برای انتقال اطلاعات محدود گره های اینترنت اشیا در کانال های رایگان مجاز به شبکه های بدون محدودیت بهکار میروند [4].

در (Elappila et al., 2018) ، یک تکنیک مسیریابی کارآمد اگاه از انرژی برای شبکه های حسگر بیسیم بهنام مسیریابی قابل تحمل ارائه شده است. این پروتکل برای عملکرد در شبکه هایی با حجم ترافیکی بالا پیشنهاد شده است که در آنها منابع مختلف سعی دارند بسته های خود را در یک زمان مشخص به یک مقصد واحد ارسال کنند. برای انتخاب ارسال بعدی، الگوریتم از معیار عملکری با سه عامل برای انتخاب مسیر بهینه استفاده میکند [5].

در (Li et al., 2018) ، یک طرح پیشنهادی برای کاهش تداخلات با توجه به معیارهای مسیریابی متعادل کننده مبتنی بر خوشه بندی گره ها برای گره های اینترنت اشیا در شبکه های بیسیم مبتنی بر شبکه های مش بیسیم ارائه شده است. در این تحقیق طرح پیشنهادی به منظور کاهش تاخیر انتها به انتها وافزایش کیفیت هر مسیر در کل مسیر و توجه به گره های دارای محدودیت های ترافیکی ارائه شده است [6].

در (Hamrioui et al., 2017) ، بیان شده است که اینترنت اشیا در ادغام و اتصال با اشیا دادهای دارای معماری های پیچیده و منابع محدود عمل می نمایند. به همین دلیل، معماری ها و پروتکل های معماری ارتباطی که برای شبکه های موجود بیسیم طراحی شده اند، نمی توانند برای کاربردهای اینترنت اشیا به خوبی عمل نمایند و باید پارامترهای ارتباطات اینترنت اشیا و محدودیتها توسط مراحل مهم ارتباطات همانند مسیریابی مورد توجه قرار گیرند. در این مقاله، چندین الگوریتم مسیریابی پیشنهادی برای ارتباطات کارآمد در شبکه های بیسیم و اینترنت اشیا مورد بررسی قرار گرفته و یک الگوریتم جدید به نام EICAntS بر اساس الگوریتم کلونی مورچگان برای بهبود مکانیزم انتخاب مسیر ارائه شده است و نتایج ارزیابی نشان دهنده بهبود در تاخیر، کارایی، طول عمر و کاهش مصرف انرژی می باشد[7].

**3.روش پیشنهادی**

**1-3 ایجاد سرخوشه برای کاهش مصرف انرژی**

در خوشه بندی هر گره می تواند در انتخاب سرخوشه شرکت کندکه فرآیند تشکیل سرخوشه بر اساس میزان مصرف باتری استفاده شده(میزان انرژی) انجام میشود یعنی میزان انرژی هر گرهی که زیاد باشد به عنوان سرخوشه انتخاب می شود، این فرایند در تمام مراحل اجرای شبکه با شرایط زیر انجام میشود البته در صورت نیاز.

در اولین بخش سرخوشه ها تشکیل شده و تمامی گره های موجود داده ها را به سرخوشه خودشان منتقل کرده و سرخوشه ها تمامی داده ها را در خود جمع می کنند

در دومین بخش سرخوشه های بزرگ تشکیل میشوند یعنی تعدادی از خوشه ها را در یک خوشه جای داده و یک خوشه بزرگ تشکیل می شود با یک سرخوشه که بر اساس میزان انرژی انتخاب می شود.

بعد از تشکیل خوشه بزرگ و تعیین سرخوشه بزرگ میزان فاصله تمامی سرخوشه های موجود در داخل خوشه بندی بزرگ بررسی می شود و نزدیکترین سرخوشه به سرخوشه بزرگ کلیه داده ها را از سایر سرخوشه ها دریافت کرده و در خود جمع اوری می کند.

بعد از دریافت کردن همه داده ها توسط نزدیکترین سرخوشه ، همه انها را به سرخوشه بزرگ منتقل می کند و سرخوشه بزرگ نیز همه انها را جمع کرده و به ایستگاه مرکزی ارسال میکند.

**2-3 جلو گیری از ازدحام با تقسیم کردن ترافیک در مسیرها**

با فزایش ترافیک در سرتاسر شبکه ازدحام بوجود می اید که با مراحل زیر نیز میتوان از ازدحام جلو گیری کرد ، در این فرایند هر گره میانی با استفاده از روش دسترسی چندگانه بخش زمانی (TDMA) برای ارسال داده در زمان تعیین شده برای خود؛ در فاز حالت پایدار ترافیک را تقسیم و کنترل می کند که این عملیات شامل دو مرحله می باشد.

ابتدا برای انتخاب مسیر از تمامی اطلاعات جمع اوری شده در مورد هر گره مستقل ( وزن گره و میزان انرژی گره...) استفاده می شود. در این روش ما مسیری را که برای فرستادن داده از طرف گره ارسال کننده به سمت گره دریافت کننده میشود، انتخاب میکنیم که این انتخاب در جدول مسیریابی اولیه موجود می باشد که کوتاهترین مسیر از نظر فاصله را انتخاب می شود.

روش تقسیم بار، انتخاب مسیر ویژه برای داده های پویای منحصر بفرد در زمان های واقعی می باشد که این تقسیم بار باعث کاهش بار هر گره ارسال کننده به سایر گره ها می باشد همچنین این تقسیم بار، بهترین استفاده از توانایی گره ها را تضمین می کند.

این روش پیشنهادی از بوجود امدن ترافیک بیش از حد(ازدحام) در مسیر های موجود درشبکه جلو گیری میکند و همچنین انتقال داده را به نحو احسن و میزان استفاده از منابع را تضمین می کند. روش پیشنهادی ذکر شده با استفاده از خوشه بندی مناسب باعث کاهش مصرف انرژی و کاهش ازدحام نیز می باشد.

Description: Fig. 7: TL-LEACH protocol process. 
                

شکل 1- ایجاد سرخوشه و ارسال داده به ایستگاه مرکری با استفاده از روش پیشنهادی

**4. شبیه سازی**

در این بخش روش پیشنهادی را با استفاده از شبیه­ساز NS-2 ارزیابی می­کنیم. ابتدا تغییرات لازم را که در بخش­های قبلی بیان شده بروی پروتکل LEACH(خوشه بندی پایه) اعمال می­کنیم که حاصل این اعمال تغییر ارائه پروتکل جدید به نام Method می­باشد سپس برای نشان دادن کارایی روش خود از معیار­های ارزیابی زیر استفاده می­کنیم.

نرخ تحویل بسته[[1]](#footnote-1): نرخ تحویل بسته در شبکه های بیسیم از اهمیت بالایی برخوردار است. در این شبکه‌ها معمولا ارسال بسته به صورت گام به گام یا از طریق چندین پرش انجام می­شود. نسبت تحویل بسته در این نوع شبکه ها از فرمول 1محاسبه می­شود.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (1) |  | PDR=(Number of Received Packet/Number of sent Packet)\*100 |

دررابطه (1) PDR نسبت تحویل بسته می­باشد که از حاصل تقسیم تعداد بسته­های فرستاده شده به تعداد بسته­های دریافت شده بدست می­آید.

متوسط تاخیر انتها به انتها: مقدار زمانی که به طور متوسط طول می­کشد تایک بسته از مبدا به مقصد برود، تاخیر بسته را مشخص می­کند. این مکانیزم­ها در هر دو انتهای یک ارتباط عمل میکنند و قادرند رفتار یک ارتبـاط مشخص را کنتـرل یا تطبیق نمایند. بعلاوه این مکانیزم­ها قادرند کیفیت یک ارتباط را کنترل کنند. چرا که این مکانیزم، جامعیت ترافیک موجود در شبکه را با جلوگیری از پذیرش سایر ترافیک­ها حفظ می­نماید. مکانیزم­های انطباقی رفتار یک جریان را بر اساس پارامترهای خاصی تطبیق می­کنند.

متوسط انرژی مصرفی: میزان انرژی مصرف شده درشبکه را متوسط انرژی مصرف شده می نامند که با فرمول (2) محاسبه می شود.

Average Energy consumed =(Total initial energy of the network - Total remaining network energy)

**5.** [**محیط شبیه­سازی**](#_Toc350040356)

در این مقاله با توجه به تحقیقات لازم و بررسی مقالات متعدد در مورد نرم ‌افزارهای شبیه‌سازی به این نتیجه رسیدیم که بهترین شبیه‌ساز برای شبکه­های بیسیم از جهت انعطاف ‌پذیری و کارایی نرم­افزار NS-2 می­باشد که يک شبيه­ساز بسيار قوي براي شبکه­های سیار به شمار می­رود. این شبیه­ساز براي شبيه­سازي از کدهاي C++ استفاده مي­کند. با استفاده از این نوع شبیه ساز می­توان انواع حملات را پیاده­سازی و شبیه­سازی کرد و عملکرد شبکه را مشاهد نمود. ما هم از شبیه‌ساز NS-2 برای شبیه‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی خود استفاده کرده­ایم

**6.** [**سناریوی شبیه­سازی**](#_Toc350040356)

برای تحلیل دقیق­تر نتایج، باید تنظیمات پایه­ای شبیه­ سازی را به منظور ارزیابی دقیق­تر بر پایه محیط واقعی انجام دهیم. در هر بار از شبیه سازی می­توان تعدادی از پارمترها از جمله زمان شبیه سازی گره­ها را تغییر داد و نتایج حاصل از شبیه سازی را ارزیابی کرد. ما در این مقاله روش پیشنهادی خود را در یک سناریو که شامل سناریو زمان شبیه سازی متغییر می­باشد با پروتکل LEACH مقایسه و ارزیابی کردیم.

**7. سناریوی زمان شبیه سازی متغیر**

در این سناریو، زمان شبیه سازی متغیردر نظر گرفته شده است به این منظور که بتوان کارآیی پروتکل را در وضعیت­های مختلف پویایی شبکه سنجید. پارامترهای تنظیم شده در این سناریو در جدول 1 نشان داده شده است و نتایج حاصل از شبیه­سازی در شکل­های 2 تا 4 نشان داده شده است.

**جدول1- پارامترهایی شبیه سازی**

|  |  |
| --- | --- |
| **مقادیر پارامترها** | **پارامترها** |
| 2000\*2000 | محیط |
| 250 | تعداد گره ها |
| (leach) | پروتکل مسیر یابی |
| 250m | محدوده انتقال |
| 300,500,800,1000,1200s | زمان های شبیه سازی |
| 802.11 | لایه MAC |
| CBR | نوع ترافیک |
| 50 Pakets | اندازه بافر |
| 0.2J | انرژی اولیه گره |
| Random | موقعیت قرار گیری گره ها |

**شکل 2- نرخ تحویل بسته به ازای زمان شبیه سازی**

با توجه به شکل4-5 نرخ تحویل بسته به ازای زمان شبیه سازی نشان می­دهد کهLeach به دلیل استفاده از روش پیشنهادی نسبت به methdo افزایش پیدا کرده است.این پارامتر کیفیت سرویس نشان می دهد که شبکه عملکر بهتری نسبت به حالت استاندارد دارد.

**شکل 3 میانگین تاخیر انتها به انتها به ازای زمان شبیه سازی**

با توجه به شکل4-6 تاخیر انتها به انتها به ازای افزایش فضای شبیه سازی نشان می دهد که Method نسبت به Leach در تمامی شرایط شبیه سازی کاهش چشم گیری داشته است و علت این کار را میتوان استفاده از روش پیشنهادی در انتخاب سرخوشه برای کنترل ازدحام ترافیک دانست.

شکل4میانگین انرژی مصرفی به ازای زمان شبیه سازی

با توجه به شکل4میانگین انرزی مصرف شده به ازای زمان شبیه شازی نشان می­دهد که Leach نسبت به Methodافزایش داشته است.

با توجه به شبیه­سازی­های که تحت سناریو زمان شبیه سازی انجام شده است و نتایج شبیه­سازی که در شکل 2 ت 4 نشان داده شده است می­توان نتیجه گرفت که روش پیشنهادی کارایی بهتری نسبت پروتکل پایه استاندارد دارد. این کارایی بهتر به این دلیل است در هنگام کشف مسیر، مسیرهایی با ترافیک و ازدحام کم کشف می­شوند و در هنگام ارسال داده، داده از مسیرهایی فرستاده می­شود که نسبت به بقیه مسیرها کشف شده بهتر باشد.

**نتیجه گیری**

با توجه به اهمیت بسیار بالای مصرف انرژی در شبکه­های اینترنت اشیا، در این مقاله یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر خوشه بندی با اعمال تغییراتی روی پروتکل مسیریابیLeach ارائه کردیم. پروتکل ارائه شده در انتخاب سرخوه و مسیر یابی، سرخوهش مناسب و همچنین مسیر مناسب را انتخاب می کند. جهت ارزیابی کارایی روش پیشنهادی شبیه­سازی را در محیط شبیه­ساز NS-2 انجام دادیم و پروتکل ارائه شده بنام Method را با پروتکل پایه یعنی Leach مقایسه کردیم. نتایج شبیه­سازی نشان می­دهد که پروتکل ارائه شده عملکرد بهتری نسبت به پروتکل ارائه شده دارد. برای ادامه کار در این زمینه می­توان چنین مکانیزیم­هایی را بر روی سایر پروتکل­های پایه ارائه کرد و روش­های مسیریابی جدیدی برای استفاده در شبکه­های اینرنت اشیا جهت کاهش مصرف انرژی ارائه کرد.

**منابع**

1. Weber, R. H., & Weber, R. (2010). *Internet of things* (Vol. 12). New York, NY, USA:: Springer.
2. Debroy, S., Samanta, P., Bashir, A., & Chatterjee, M. (2018). SpEED-IoT: Spectrum aware energy efficient routing for device-to-device IoT communication. *Future Generation Computer Systems*.
3. Shah, S. B., Chen, Z., Yin, F., Khan, I. U., & Ahmad, N. (2018). Energy and interoperable aware routing for throughput optimization in clustered IoT-wireless sensor networks. *Future Generation Computer Systems*, *81*, 372-381.
4. Anamalamudi, S., Sangi, A. R., Alkatheiri, M., & Ahmed, A. M. (2018). AODV routing protocol for Cognitive radio access based Internet of Things (IoT). *Future Generation Computer Systems*.
5. Elappila, M., Chinara, S., & Parhi, D. R. (2018). Survivable Path Routing in WSN for IoT applications. *Pervasive and Mobile Computing*, *43*, 49-63.
6. Li, J., Silva, B. N., Diyan, M., Cao, Z., & Han, K. (2018). A Clustering Based Routing Algorithm in IoT Aware Wireless Mesh Networks. *Sustainable Cities and Society*.
7. Hamrioui, S., & Lorenz, P. (2017). Bio Inspired Routing Algorithm and Efficient Communications within IoT. *IEEE Network*, *31*(5), 74-79.

1. Packet Delivery Ratio [↑](#footnote-ref-1)