|  |
| --- |
| 1- عنوان پايان نامه |
| **فارسي:** | **ارائه روشی کارامد جهت کاهش تاخیر و انرژی مصرفی در مسیریابی اینترنت اشیاء مبتنی بر پروتکل RPL** |
| **لاتين:** | **Deploying a method to reduce delay and energy cunsumption in IoT RPL-based IoT routing** |
| واژگان كليدي | فارسي: مسیریابی، انرژی، تاخیر، اینترنت اشیاء |
| لاتين: Routing, Energy, Delay, Internet of Things |
| نوع تحقيق\* | بنیادی **[ ]**  نظری**[ ]**  | عملی**[ ]**  کاربردی**[x]**  |  |
| تعداد واحد پايان نامه: 6 | مدت اجراء: 6 ماه |

|  |
| --- |
| **5****5- اطلاعات پايان نامه** |
| 5-1 تعريف مساله و بيان سؤالهاي اصلي تحقيقاینترنت اشیاء، مفهومی جدید در دنیای فناوری و ارتباطات است. به این ‌صورت که در آن برای هر موجودی مانند (انسان، حیوان و یا اشیاء) می‌توان قابلیت ارسال داده از طریق شبکه‌های ارتباطی، اعم از اینترنت یا اینترانت فراهم کرد. شبکه‌های حسگر بی‌سیم به‌عنوان یکی از بخش‌های پایه‌ای در اینترنت اشیاء یک حوزه محبوب تحقیقاتی در حوزه مانیتورینگ، کنترل محیط، مراقبت بدن و کاربردهای نظامی به شمار می‌روند. این شبکه به دلیل ابعاد کوچک و توان عملیاتی سخت‌افزاری و ارتباطی چالش‌های بسیاری دارد. بدیهی است که چالش‌های ذاتی این نوع شبکه موجب ایجاد محدودیت در عملکردهای تجمیع، انتقال و ارتباطات بین گره‌ها و مسیریابی آن‌ها نیز می‌شود[1]. گروه IETF[[1]](#footnote-1) یک مدل مسیریابی برای شبکه‌های کم‌توان و پر اتلاف ارائه داده که موجب توسعه پروتکل IPv6 مبتنی بر RPL[[2]](#footnote-2) گشته است[2]، RPL یک پروتکل مبتنی بر بردار فاصله توسعه‌یافته برای اینترنت اشیاء است. محدودیت‌ها و چالش‌های مسیریابی شبکه حسگر به‌عنوان مهم‌ترین زیرمجموعه اینترنت اشیاء، آن را از سایر سیستم‌های توزیع‌شده متمایز می‌نماید[3]. این محدودیت‌ها تأثیراتی در طراحی شبکه حسگر بی‌سیم شامل پروتکل‌ها و الگوریتم‌های مختلف از سایر دسته‌بندی‌های اینترنت اشیاء نیز دارد[4] ازاین‌رو حوزه تحقیقاتی این پژوهش بر روی مسیریابی اینترنت اشیاء معطوف شده است. پروتکل RPL از یک گراف بدون دور با یک ریشه به ازای هر DODAG[[3]](#footnote-3) تشکیل‌شده است. در این گراف هر گره در صورت نیاز به‌صورت والد بوده و در غیر این صورت فرزند گره والدی در دسترس خواهد شد. استفاده از رویکرد چند نقطه به یک نقطه از دیگر ویژگی‌های این روش است که با کاربردهای شبکه حسگر سازگاری دارد. بنابراین زیرساخت استاندارد ارائه‌شده و مقبول جامعه علمی برای اینترنت اشیاء و شبکه حسگر پروتکل RPL است؛ اما این پروتکل نیز از برخی جهات دارای نواقصی است. در صورت بروز خطای یک گره والد اعضای آن تا زمان همگرایی و پیکربندی دوره‌ای بدون والد مانده و بسته‌های آن به دلیل گذشت زمان منقضی خواهند شد. این نقیصه وقتی بحرانی است که این گره والد در رتبه‌های پایین شبکه و به گره ریشه نزدیک باشد. روش RPL و یا توزیع‌های جدید آن بسته به نوع کاربرد تا حدی توانسته‌اند مشکلات مسیریابی را مرتفع سازند اما هر یک برخی از معیارهای کیفیت خدمات را در شبکه نادیده گرفته و حتی نقض نموده‌اند. این دید کلی که دستیابی به تمام معیارهای کیفیت خدمات در شبکه بدون صرف هزینه یا فدا نمودن معیار یا معیاری در شبکه غیرممکن به نظر می‌رسد کاملاً صحیح است[5]. اما رسیدن به حداکثر کیفیت مطلوب خدمات در همین ساختار درختی مدنظر ماست. این رویکرد یک مسئلهNP-complete است[6]چراکه دید کلی از وضعیت شبکه وجود نداشته و به دلیل متغیر بودن وضعیت شبکه، همچنین وابسته بودن QoS[[4]](#footnote-4) در شبکه به چندین پارامتر پویا که در برخی موارد یکدیگر را نقض می‌کنند برای این مسئله یک جواب قطعی یا فرموله را نمی‌توان پیشنهاد داد.در[5]یک روش جدید برای مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیشنهادشده است. این روش مبتنی بر الگوریتم‌های الهام گرفته‌شده از کلونی مورچه بوده و بر اساس توانایی ساده‌ مورچه‌ها جهت حل مشکلات پیچیده استفاده‌شده است. درواقع هوش جمعی در زندگی اجتماعی حشرات پیدایش رفتار جمعی هوشمند در طول تعاملات ساده میکروسکوپی را نتیجه می‌دهد. عملکرد کلونی‌های مورچه بهترین مثال برای این مدعاست که رفتار مورچه یک رفتار جمعی و همکاری کننده بوده و هر مورچه یک اولویت برای سامان دادن به ارتباط دارد. هر فرد در کلونی مستقل بوده و تحت نظارت نیست (سیستم توزیع‌شده‌ی کامل)؛ ازاین‌رو این کلونی با توجه به نمونه‌های مطالعه شده یک مکانیسم کنترل خودکار خواهد بود. به‌وسیله‌ی طراحی رفتار این حشرات بر روی دسته‌بندی‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم، نویسندگان مقاله در‌یافتند که رفتار مورچه‌ها برای این نوع از شبکه‌ها، بالأخص هنگام محاسبه مسیرها مناسب است. آنان یک پروتکل مبتنی بر کلونی مورچه به‌منظور محاسبه پویای مسیرها و یک مکانیسم همکاری که مدیریت کیفیت سرویس بهتری را در LLN[[5]](#footnote-5) ها نتیجه می‌دهد ارائه داده‌اند. ایده آن‌ها طراحی یک الگوریتم مبتنی روی عملکرد غیرمتمرکز مورچه‌ها، با استفاده از توانایی طبیعی آن‌ها به‌منظور پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر بین منبع و مقصد به‌وسیله‌ی حرکت در شبکه است. ضمناً یک تابع هدف بهینه‌شده‌ خاص را برای RPL ارائه داده‌اند که اجازه می‌دهد تا باقیمانده انرژی و تأخیر انتقال را به‌عنوان متریک‌های مسیریابی گره‌ها در فرایند انتخاب والد ارجح به‌منظور ایجاد ساختار DODAG استفاده نمایند. در این روش پس از دریافت یک DIO[[6]](#footnote-6) از یک همسایه، هر یک از گره‌های بدون ریشه ارزش مسیر را از طریق این همسایه محاسبه می‌کنند. تابع هدف پیشنهادشده در این کار، پیدا کردن یک مسیر از منبع به مقصد را از طریق یک والد با بالاترین احتمال انتقال در نظر گرفته است. هنگام انتقالات در شبکه، پیام DIO تأخیر انتقال هر لینک و باقیمانده انرژی هر گره را جمع‌آوری می‌کند. سپس یک گره ارزش مسیر همسایگانش را محاسبه و بهترین والد را با توجه به متریک‌های انتخابی مرتبط، انتخاب می‌کند. گره متریک‌های آن‌ها را به‌روزرسانی کرده و شروع به ارسال DIO های خودش می‌کند. برای افزایش طول عمر شبکه، مطلوب است که از انتخاب یک گره باانرژی پایین اجتناب شود، زیرا توان و انرژی به‌عنوان منابع حیاتی در اکثر LLN ها در نظر گرفته‌شده‌اند. زمانی که انتقال اطلاعات آغاز می‌شود، مسیرهای مناسب دارای کیفیت بالاتر مسلماً برای انتخابات آتی مطلوب‌تر خواهند بود. تابع هدف پیشنهادی برای رسیدن به اهداف موردنظر از یک سیستم فراموشی (تبخیر) راه‌حل‌های نامناسب استفاده می‌کند که برای تحقق این اهداف از یک نرخ کاهش ضمنی برای فرومون بر طبق تأخیر انتها به انتها و میزان انرژی باقیمانده کمک می‌گیرد. رتبه یک گره درواقع یک بازنشانی عددی است که بر اساس موقعیت آن گره در یک DODAG به وی اعطا می‌گردد؛ لذا محاسبه رتبه گره در معادلات تابع هدف نقش اساسی بازی می‌کند و وابسته به عواملی ازجمله تمامی والدها، متریک لینک‌ها و پیکربندی گره‌ها در شبکه است. رتبه یک گره به‌صورت یکنواخت بافاصله گرفتن از ریشه افزایش می‌یابد. همچنین از معیار رتبه برای جلوگیری و تشخیص حلقه در مسیریابی‌ها استفاده‌شده است. بعلاوه اینکه رتبه محاسبه‌شده توسط یک گره برگ می‌بایست و به‌طور حتم بزرگ‌تر از رتبه والد خود باشد تا خطر ایجاد حلقه در شبکه به صفر برسد. یک شبکه با رتبه‌های مشابه با خطر حلقه روبه‌رو خواهد شد پس هنگامی‌که یک گره i که غیر ریشه است گره j را با احتمال بالا به‌عنوان والد ارجح انتخاب کرد، گره فرزند رتبه خود را بر اساس رتبه والد خود محاسبه می‌کند. |
| 5-2 سابقه و ضرورت انجام تحقيقدر سال 2014، مارکز و ریکاردو [7] از ADWSN[[7]](#footnote-7) به‌عنوان یک‌راه حل بین لایه‌ای باهدف دست‌یابی به کاهش مصرف انرژی توسط یک شبکه حسگر با کاربردهای مختلف استفاده کرده‌اند. در این شبکه هر DODAG به‌منظور کاربرد خاصی برپاشده و شبکه خود را ایجاد می‌کند. اطلاعات ردوبدل شده در گره‌های حسگر، وابسته و محدود به نوع نرم‌افزار طراحی‌شده در آن‌ها است. گره‌ها اطلاعات نوع کاربرد و چرخه کاری خودشان را که توسط نرم‌افزار ایجادشده است را به اشتراک می‌گذارند. پیشنهاد این روش RPL-BMARQ برای RPL، مبتنی بر درخواست چند کاربردی است. در این الگوریتم سعی بر این است تا بسته به نوع کاربرد بتواند پرس‌وجوهای صورت گرفته از جانب گره چاهک را مدیریت نماید و به‌نوعی با استفاده از تعاریف خاص بتواند تمایزی بین بسته‌های مسیریابی شبکه ایجاد کند. مراحل تشکیل DAG در این الگوریتم وابسته به نوع کاربرد است که ساخت آن توسط گره‌های اصلی با کاربردهای مشابه انجام می‌گیرد. در ابتدا هیچ گره‌ای دید کاملی از نوع کاربرد در مراحل ساخت DAG ندارد. مراحل ساخت DAG همانند RPL پایه بوده، بدین ترتیب که گره‌ها، رتبه محاسبه‌شده را به همراه نوع برنامه کاربردی در حال اجرا و چرخه کاری خود، در قالب پیام DIO برای سایر گره‌های مجموعه خود ارسال می‌کنند. این اطلاعات جهت به‌روزرسانی رکوردهای داخل جدول مسیریابی گره‌های شبکه ذخیره و با نسخه قبلی جایگزین می‌شوند. سپس همه گره‌ها شناسه آدرس تمام همسایگان خود را در داخل جداولشان ذخیره کرده و بر اساس برنامه کاربردی و چرخه کاری خود شروع به فعالیت می‌نمایند. این اطلاعات درزمینه کمک به گره برای پیوستن به DAG است، البته ممکن است در این الگوریتم انتخاب والد با مشکل مواجه شده و یک گره برگ یک گره والد را با حداکثر فاصله دربرد رادیویی خودش را انتخاب کند. این امر ممکن است ازنظر یک گره برگ زیاد اهمیت نداشته باشد اما در گره والد که حداکثر انرژی را در زمان دریافت بسته هزینه می‌کند مهم است. نقص این روش بسیار واضح است، بنابراین در زمان تعریف کاربرد می‌بایست در گره ریشه بسته به موقعیت گره‌های شبکه کاربردها را اعطا کند تا شبکه دچار شکست نشده و بتواند از حداکثر توان خود استفاده کند. این روش می‌تواند در قالب پیام DAO که در ریشه تجمیع می‌شود محاسبه گشته و شکل بگیرد.بروز خطا در درخت شبکه پدیده‌ای غیرقابل‌پیش‌بینی است و اصولاً سه رویکرد را در شبکه باید لحاظ کرد که شامل پیش‌بینی و جلوگیری از خطا، تشخیص مکان و زمان بروز خطا و درنهایت مقابله و ترمیم خطاست. در سال 2014، لی و همکاران [8] مهم‌ترین ضعف پروتکل پایه RPL را تک مسیره بودن آن بیان کرده‌اند. مدیریت و نوع همبندی گره‌ها در شبکه بر روی تشکیل مسیرها اثر مستقیم داشته و محدودیت‌های IPv6 باعث شده است تا قابلیت اطمینان نیز با روش RPL ارضاء نشود. به‌منظور غلبه بر این مسئله، بسیاری از پژوهش‌های اخیر راه‌حل چندمسیره را برای پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر RPL پیشنهاد کرده‌اند. در این پژوهش سه نوع الگوریتم پیشنهادشده است که هر یک در حالت خاصی از شبکه راندمان خوبی را خواهد داشت. روش‌های بار انرژی متعادل ELB[[8]](#footnote-8)، ترمیم محلی سریع FLR[[9]](#footnote-9) و حالت ترکیبی آن‌ها ELB-FLR که در قالب یک پشته پروتکل ارتباطی مبتنی بر IPv6 جهت فعالیت در مسیریابی اینترنت اشیاء پیشنهادشده است. همچنین برای غلبه بر چالش‌ها و نقصان‌های RPL در پایداری شبکه یک مکانیسم افزایش تعداد مسیر در دسترس برای گره‌های فرزند در نظر گرفته‌شده تا بین والدهای مختلف و البته در دسترس سوئیچ نمایند. در پروتکل RPL پایه تعداد بسیاری معیار، برای تخمین گام بعدی مناسب وجود دارد و همه گره‌ها به‌صورت همگرا به گره ریشه با کمترین رتبه ختم می‌گردند. درروش پیشنهادی گره فرزند می‌تواند گام بعدی را از میان گره‌های والد در دسترس با مقدار رتبه یکسان انتخاب نماید. همچنین استفاده از یک مکانیسم رقابتی برای جلوگیری از بروز دور در شبکه پیشنهادشده است. در صورت شکست یک مسیر این الگوریتم نسبت به ترمیم محلی این رخداد با استفاده از گره‌هایی با رتبه مشابه اقدام می‌کند. این رویکرد هزینه ‌ترمیم محلی درخت شبکه را نیز کاهش می‌دهد. استفاده از گره‌های والد هم‌ردیف با مسیرهای ذخیره‌شده و جایگزین می‌تواند پشتیبان بهتری برای انتقالات تا گره ریشه باشد. برای توازن بار انرژی مصرفی شبکه، الگوریتم پیشنهادی در میان والدهایی با سطوح انرژی مشابه یکدیگر، سوئیچ می‌کند. در توسعه‌های دیگر RPL معمولاً از معیار رتبه یا تعداد انتقال مورد انتظار برای انتخاب گام بعدی در شبکه استفاده‌شده است. در این روش از ترکیب تعداد گام و مقدار انرژی باقی‌مانده در قالب یک عدد صحیح معتبر استفاده‌شده است. در این پژوهش نیز صرفاً به مسئله انرژی و تعداد گام تا ریشه توجه شده است. والدهای بهینه ممکن است یا با مسئله گلوگاه مواجه شوند و یا شبکه تحت تأثیر تغییرات مداوم والد قرار گیرد. نکته‌ای که در این پژوهش پنهان است، نرخ و نحوه به‌روزرسانی همبندی شبکه است.جهت حفظ پایداری شبکه در مواجهه با خطای گره، نویسندگان در سال 2014 [9] یک تابع هدف مبتنی بر آگاهی از محتوای پیام پیشنهاد داده‌اند که با در نظر گرفتن محدودیت منابع هر گره حسگر در برابر تغییرات آنی شبکه و پشتیبانی از خدمات آن اقدام می‌کند. روش پیشنهادی بانام COAF رویکردی را برای بهره‌برداری انرژی گره‌های شبکه در غالب تصمیمات مسیریابی ارائه داده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش COAF طول عمر شبکه را تا 44 درصد نسبت به پروتکل RPL ای که از منابع هدف پایه استفاده می‌کند افزایش داده است. به‌عبارت‌دیگر روش COAF عدالت بیشتری در بهره‌برداری از انرژی گره‌های حسگر در مقابل RPL دارد. علاوه بر اینکه روش COAF نرخ بالاتری از تحویل بسته را درزمانی که از تابع هدف مختص خود استفاده می‌کند نشان می‌دهد؛ اما الگوریتم COAF برگرفته از دو روش پایه CAR [10] و SCAR است که پیش از آن مطرح‌شده بود. این ترکیب باعث پدید آمدن یک تابع هدف جدید بود که به گره اجازه می‌دهد تا والد خود را بر اساس قابلیت‌ها، منابع در دسترس و ارتباط مکانی با مکان چاهک انتخاب کند. درنهایت پس از جمع‌بندی به این نتیجه می‌رسیم که این روش هیچ‌گونه تمهیدی برای افزایش کارایی و راندمان چرخه کاری شبکه نداشته و بنا به گفته نویسندگان آن به‌عنوان کار آتی لحاظ شده است.روشی که در مسیریابی RPL در سال 2014 پیشنهادشده است، الگوریتم ORPL [11] نام دارد که یک الگوی فرصت طلبانه بر روی پروتکل RPL در شبکه‌های بی‌سیم است. در این پروتکل از گره‌های رله برای بهبود قابلیت اطمینان در شبکه استفاده‌شده است. مراحل تشکیل DODAG در این روش نیز برگرفته از روش پایه RPL بوده و هر گره یک والد منتخب دارد که از بین بهترین پیام‌های تبلیغ دریافتی انتخاب‌شده است. والدها نیز بر اساس فاصله تا همسایگان بالادستی برای خود والد انتخاب کرده و درواقع نقش رله را بین فرزندان و والد خود ایفا می‌کند، چراکه نقش واسط بودن انرژی بسیاری از آن‌ها تلف خواهد کرد. سپس گره‌ بسته‌های خود را به‌سوی والدهای کاندید ارسال می‌کنند که این والد نیز بسته را به سمت والد خود جلو می‌راند تا به مقصد (گره ریشه) برسد. این الگوریتم علی‌رغم کارایی در موارد خاص اما از برخی مشکلات عدیده نیز رنج می‌برد که در ادامه به برخی از موارد مهم آن اشاره می‌کنیم. در این روش معیار تأخیر انتها به انتها به‌عنوان پارامتر اصلی در محاسبات در نظر گرفته نشده است.در سال 2015، پژوهش دیگری که بر روی الگوریتم ORPL انجام‌شده و بانام CRPL [12] معروف است. از والد خوشه برای انجام تنظیمات ساختار بالا به پایین درخت شبکه برای به حداقل رسانی هزینه انتها به انتها استفاده‌شده است. این عملیات سنجش به‌صورت توزیع‌شده و در داخل هر گره اتفاق می‌افتد. از سوی دیگر ORPL همانند RPL از مکانیسم انتخاب والد بهره برده و به‌صورت ثابت توسط گره‌های زیرمجموعه انتخاب خواهند شد که درروش CRPL این رویکرد پویا با توجه به تابع هزینه است. بااین‌حال در ORPL رویکرد جدید برای مقابله با بی‌ثباتی مسیر پیشنهاد کرده است که با قرار دادن محدودیت در تعداد فرزندان می‌توان موجب ایجاد درخت بهینه گردد. در این روش الگوریتم فاقد مکانیسم به‌روزرسانی پایین‌رونده در درخت است تا از سربار ناشی از این کنترل مازاد جلوگیری کند؛ نکته جالب درباره BD-RPL این است که وابسته به کیفیت لینک رادیویی نبوده و هرگونه توسعه مناسب در این حوزه می‌تواند بر روی آن نیز کارآمد باشد. روش BD-RPL یک آستانه تعداد عضو گره برگ برای هر والد در نظر گرفته تا سربار کنترلی را به حداقل رساند. در الگوریتم RPL یک به‌روزرسانی مستمر از ریشه به سایر گره‌های درخت به‌صورت پایین‌رونده انجام می‌شود. در طی این روند مسیرها از حافظه گره‌ها پاک‌شده و نیاز است تا مجدداً مسیرها به‌روزرسانی شوند. درروش پیشنهادی این رویکرد حذف‌شده و مسیرها در حافظه گره‌ها باقی خواهند ماند؛ اما برای حذف مسیرهای ناکارآمد درروش BD-RPL الگوی تبادل پیامی پیشنهادشده است تا مسیرهای پایین‌رونده‌ای که فاقد کیفیت هستند و همچنین اگر گره برگ والد مناسبی را انتخاب نکرد حذف گردند.استفاده از الگوریتم‌های اکتشافی نظیر کلونی مورچه‌ها و موارد مشابه آن نیز توجه محققان را برای بهبود فرایند مسیریابی RPL به خود جلب کرده تا جایی که در سال 2015، بلقاچی و همکاران [5] یک روش مسیریابی بر روی RPL با تابع هدفی که برگرفته از دو معیار انرژی باقی‌مانده و تأخیر مسیر است پیشنهاد داده‌اند. در این روش صرفاً مبحث اصلی انتخاب والد از بین والدهای در دسترس یک گره برگ انجام‌شده و برخی از معیارهای مهم کیفیت خدمات مسیریابی ازقلم‌افتاده است. حساسیت روی این موضوع ازنظر ما به دلیل انتخاب عنوان پژوهش نویسنده است. چراکه هر زمان بحث کیفیت خدمات در شبکه مطرح می‌شود خواننده توقع دارد معیارهای کیفیت خدمات در آن موضوع خاص بیان شود ولو اینکه روش پیشنهادی بهبودی در همه آن‌ها حاصل نکرده و یا برخی را فدای دستیابی به معیارهای مهم‌تر کند. روش معرفی‌شده در این پژوهش بسته به نیاز می‌تواند برخی معیارهای کیفیت خدمات را در شبکه ارضاء نماید. همچنین صرف کیفیت خدمات در شبکه مبتنی بر RPL را معطوف به انرژی و تأخیر انتها به انتها در نظر گرفته است. ازاین‌رو شاید با افزایش تعداد پارامترهای مؤثر در تعیین فرومون و همچنین تغییراتی در نرخ اثرگذاری و ضرایب هر پارامتر و متریک بتوان این روش را بهبود بخشید. البته فرایند پیچیدگی زمانی بالای ترکیب‌ها و همچنین افزایش سربار محاسباتی و سیگنال شبکه نیز از مخاطرات کار خواهد بود. |
| 5-3 هدف ها1. افزایش کارایی شبکه به لحاظ استفاده بهینه از انرژی
2. افزایش کارایی شبکه با حداقل تاخیر ممکن
 |
| 5-5 چه كاربردهايي از انجام اين تحقيق متصور است؟رویکرد پیشنهادی می تواند در تمامی کاربردهای مسیریابی اینترنت اشیاء کارآمد باشد.  |
| 5-6 استفاده كنندگان از نتايج پايان نامهطرح هایی چون خانه هوشمند، مانیتورینگ های صنعتی و کشاورزی و کلیه طرح های مسیریابی در شبکه اینترنت اشیاء قابلیت استفاده از این رویکرد را دارند. |
| 5-7 نوآوري طرح در چيست؟تلاش جهت افزایش پایداری مسیرهای انتخاب‌شده در شبکه‌های پر اتلاف و کم‌توان با انتخاب بهتر گره‌های والد در فرآیند مسیریابی با افزایش تعداد پارامترهای مؤثر در انتخاب. |
| 5-8 روش انجام تحقيقدر سال 2015، بلقاچی و همکاران [5] یک پروتکل مبتنی بر کلونی مورچه به‌منظور محاسبه مسیر به‌صورت پویا ارائه داده‌اند. ایده آن‌ها طراحی یک الگوریتم مبتنی بر عملکرد غیرمتمرکز مورچه‌ها، با استفاده از توانایی طبیعی آن‌ها به‌منظور پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر بین منبع و مقصد در شبکه است. همچنین یک تابع هدف بهینه‌شده‌ خاص را برای پروتکل RPL معرفی کرده‌اند که اجازه می‌دهد باقیمانده انرژی و تأخیر انتقال را به‌عنوان متریک‌های مسیریابی گره‌ها در فرایند انتخاب والد ارجح به‌منظور ایجاد ساختار DODAG استفاده نمایند. روند کار پروتکل پایه به این صورت است که پس از دریافت یک DIO از یک همسایه، هر یک از گره‌های بدون ریشه ارزش مسیر را از طریق این همسایه محاسبه می‌کنند. تابع هدف پیشنهادشده، پیدا کردن یک مسیر از منبع به مقصد را از طریق یک والد با بالاترین احتمال انتقال در نظر گرفته است. پیغام $DIO$ هنگام حرکت در شبکه، تأخیر انتقال هریک از لینک‌ها و انرژی باقیمانده در هریک از گره‌ها را جمع‌آوری می‌کند. پس‌ازآنکه یک گره هزینه مسیر به ازای همه همسایه‌هایش را محاسبه نمود، بهترین والد را با توجه به متریک‌های مرتبط، انتخاب می‌کند. گره متریک‌های آن‌ها را به‌روزرسانی کرده و شروع به ارسال DIO های خودش می‌کند.درروش پایه صرفاً مبحث اصلی انتخاب والد از بین والدهای در دسترس یک گره برگ در نظر گرفته‌شده و برخی از معیارهای مهم کیفیت خدمات مسیریابی ازقلم‌افتاده است و این رویکرد کیفیت خدمات را به‌طور کامل در نظر نگرفته، چراکه هر زمان بحث کیفیت خدمات در شبکه مطرح می‌شود خواننده توقع دارد معیارهای کیفیت خدمات در آن موضوع خاص بیان شود ولو اینکه روش پایه بهبودی در آن‌ها حاصل نکرده و یا برخی را فدای دستیابی به معیارهای مهم‌تر کند. همچنین پروتکل پایه کیفیت خدمات در شبکه مبتنی بر RPL را معطوف به انرژی و تأخیر انتها به انتها کرده است. نکته قابل‌توجه این است که به دلیل ماهیت شبکه (کم‌توان و پر اتلاف بودن) در بعضی مواقع برخی از گره‌های موجود ارتباط خود را ازدست‌داده اما بعد از مدت کوتاهی به شبکه (والد قبلی) متصل می‌شوند. در پروتکل پایه این چالش در نظر گرفته نشده است و به‌محض قطع شدن ارتباط گره، گره‌های برگ والد جدیدی برای خود انتخاب می‌کنند، این موضوع باعث می‌شود یک مسیر جدید به گره ریشه ایجاد شود که این مسیر ممکن است QoS کمتری نسبت به مسیر قبل داشته باشد و کیفیت خدمات در شبکه را با چالش مواجه ‌کند. ما درروش پیشنهادی در نظر داریم تا با استفاده از مکانیسم NUD[[10]](#footnote-10) [14]از تغییر والد غیرضروری گره‌های فرزند جلوگیری کنیم و به یک پایداری در شبکه دست‌یابیم. در این مکانیسم بعدازاینکه یک والد از دسترس خارج شد با یک سری پیام‌های کنترلی از جانب برگ، از مرگ والد مطمئن شده و سپس نسبت به عضو شدن به والد جدید اقدام می‌کند در غیر این صورت دوباره به والد قبلی متصل شده که این باعث پایداری و حفظ کیفیت خدمات در شبکه خواهد شد. همچنین ما در نظر داریم با افزایش تعداد پارامترهای مؤثر در تعیین فرومون و همچنین تغییراتی در نرخ اثرگذاری و ضرایب هر پارامتر (بسته به نوع کاربرد) این روش را بهبود بخشیده و به کیفیت خدمات مطلوب‌تری دست‌یابیم. در ادامه به تعریف هر پارامتر مؤثر جهت استفاده درروش پیشنهادی خواهیم پرداخت.پارامترهای موردنظر برای گره:**وضعیت و مشخصات گره:** این معیار در مورد وضعیت و صفات گره اطلاعاتی را فراهم می‌کند، مانند اضافه‌بار CPU و حافظه در دسترس.**تعداد گام:** این پارامتر به تعداد گام‌های بین گره والد و ریشه شبکه اشاره دارد. برای برنامه‌های کاربردی بلادرنگ، رسیدن به مقصد با کمترین تعداد گام ممکن مؤثر و کارا است. اگرچه، ممکن است برخی از کوتاه‌ترین مسیرها تأخیر زیاد و اتلاف انرژی بیشتری را به دلیل ازدحام یا سربار تحمل کنند؛ بنابراین، برای کاربردهای بلادرنگ ترکیب این پارامتر با پارامتر تأخیر به‌واسطه بهینه‌سازی فرایند انتخاب مسیرها مؤثرتر و کاراتر خواهد بود.**انرژی گره:** این پارامتر نشان‌دهنده میزان انرژی باقی‌مانده در یک مسیریاب RPL است. با استفاده از این پارامتر، جلوگیری از انتخاب مسیریاب باانرژی پایین امکان‌پذیر است و درنتیجه منجر به افزایش طول عمر شبکه خواهد شد. در نظر گرفتن این پارامتر برای برنامه‌های کاربردی که بهره‌وری انرژی در آن‌ها مهم است ضروری خواهد بود.**نسبت ظرفیت خروجی گره:** اطلاعاتی راجع به بار ارسالی فعلی گره فراهم می‌کند که وابسته به بافر هر گره و لینک ارسالی است.پارامترهای موردنظر برای لینک:**گذردهی:** این معیار محدوده گذردهی یک لینک که می‌تواند پشتیبانی کند را به همراه گذردهی فعلی لینک گزارش می‌دهد.**تأخیر:** این متریک برای گزارش دادن تأخیر مسیر بکار می‌رود. تأخیر مسیر از جمع همه تأخیرها به دست می‌آید یا می‌تواند از طریق ماکزیمم / مینیمم تأخیر در طول مسیر به دست آید.**قابلیت اطمینان لینک:** این معیار میزان اطمینان‌پذیری لینک را مشخص می‌کند که می‌تواند به صورت‌های مختلفی بیان شود، به‌عنوان‌مثال نسبت پذیرش بسته، نرخ خطای بیت، میانگین زمان بین خطاها. در ادامه دو معیار برای اطمینان‌پذیری لینک مطرح‌شده است:1) پارامتر سطح کیفیت لینک (LQL) که اطمینان‌پذیری لینک را به‌صورت عددهای گسسته از صفر تا هفت بیان می‌کند که صفر نشان می‌دهد که کیفیت لینک نامشخص است و یک نشان‌دهنده بالاترین سطح کیفیت لینک است. مکانیسم‌هایی که مشخص می‌کند LQL را چگونه مشخص کنیم هنوز تعریف‌نشده‌اند و وابسته به پیاده‌سازی می‌باشند.2) معیار تعداد ارسال مورد انتظار (ETX) که تخمین می‌زند یک گره چه تعداد ارسالات باید در طول مسیرش به سمت مقصد برای تحویل بسته انجام دهد.**رنگ لینک:** این شرط اجازه می‌دهد که 10 بیت کد شده بارنگ به لینک‌ها اختصاص دهیم که معنی هر رنگ بستگی به پیاده‌سازی دارد. این شرط ثابت مدیریتی برای اجتناب یا جذب کردن یک سری لینک‌های خاص برای انواع خاصی از ترافیک است. برای مثال، می‌توان رنگ آبی را به لینک‌هایی که از رمزنگاری پشتیبانی می‌کنند اختصاص داد. این پارامتر رنگ می‌تواند برای تعریف تابع شی‌ءگرای خاص استفاده شود. مثلاً زمانی که معیار رمزنگاری در سیاست مسیریابی اهمیت دارد مسیرهای آبی یا مسیرهایی که بیشترین لینک‌های آبی رادارند انتخاب کنیم.ویژگی‌های یک مسیر خوب که در تابع هدف پیشنهادی لحاظ خواهد شد:* **بلادرنگ بودن:** یک مسیر خوب باید قادر به ارائه تأخیر انتها به انتهای پایین، به‌ویژه برای جریان‌های داده بلادرنگ باشد. ویژگی بلادرنگ می‌تواند از طریق تأخیر انتها به انتها از یک منبع به یک مقصد به‌واسطه یک مسیر خاص اندازه‌گیری شود.
* **قابلیت اطمینان:** یک مسیر قابل‌اعتماد است اگر نرخ تحویل بالایی را فراهم کند. این ویژگی به کیفیت لینک‌های تشکیل‌دهنده مسیر مرتبط و وابسته است؛ بنابراین، ویژگی‌ قابلیت اطمینان می‌تواند از طریق ارزیاب‌های کیفیت لینک، مثل نرخ پذیرش بسته (PRR)، قدرت سیگنال دریافتی (RSS)، تعداد ارسال مجدد مورد انتظار (ETX) و دیگر ارزیاب‌ها، تعیین شود.
* **انرژی کارآمد:** یک مسیر انرژی کارآمد است اگر آن مسیر از گره‌هایی که انرژی بیشتری نسبت به بقیه دارند استفاده کند. درنتیجه، در انتخاب مسیر کارآمد بایستی سطوح باتری گره‌ها در نظر گرفته شود تا طول عمر شبکه افزایش یابد. گره‌های با سطح باتری پایین باید تا آنجا که ممکن است در فرایند مسیریابی شرکت نکنند. بهره‌وری انرژی می‌تواند به‌وسیله کل انرژی مصرفی یا طول عمر شبکه یا انرژی باقی‌مانده و غیره اندازه‌گیری شود.

نظر به اینکه دستیابی به‌تمامی موارد ذکرشده در بالا به دلیل تناقض پارامترهای با یکدیگر امکان‌پذیر نیست لذا برحسب کاربرد می‌خواهیم تعریف قابل قبولی را در خصوص دستیابی به کیفیت خدمات در پروتکل مسیریابی RPL ارائه دهیم که خود یک کشمکش[[11]](#footnote-11) تلقی می‌شود. |
| 5-9 روش و ابزار گردآوري اطلاعاتاين تحقيق بر پايه روش ها و پروتکل هايی است که تاکنون در حوزه شبکه های حسگر بی سيم ارائه گرديده است. ازاين رو مطالعه و بررسی روش های پيشين می تواند کمک شايانی در ارائه ايده، نحوه تعريف سناريوها و مدل سازی روش پيشنهادی گردد. بنابراين تنها مراجع معتبر جهت دسترسی به منابع، پايگاه های اطلاعاتی چون مقالات معتبر مرتبط با موضوع شبکه های حسگر بی سيم که برخی سايت ها مانند http://ieeexplore.ieee.org و يا http://elsivier.com در اختيار می گذارند. |
| 5-10 جامعه آماري و تعداد نمونه (درصورت لزوم)براساس مقاله پایه شرایط شبیه سازی در نظر گرفته خواهد شد. |
| 5-11 روش نمونه گيري (درصورت لزوم)ابزار گردآوری اطلاعات در اين پروژه مطالعه کارهای پيشينيان در حوزه استفاده از چاهک متحرک در شبکه حسگر بی سيم و مشاوره با اساتيد مشاور و راهنما است. دستيابی به اطلاعات فوق الذکر از طريق اينترنت و پايگاه های اطلاعاتی و کتابخانه ديجيتال امکانپذير است. |
| 5-12 روش تجزيه و تحليل اطلاعاتدرباره اهداف و رسيدن به پارامترهای کمی و کيفی در بحث تخمين، کشف و تحمل پذيری خطا در شبکه های حسگر بی سيم بدين صورت می توان بحث کرد که بهبود پارامترهای شبکه ای می تواند جز لاينفک روش پيشنهادی باشد. در اين قبيل شبکه ها بهبود ميزان مصرف انرژی، حفظ پوشش، ترميم و جايگزينی گره های حسگر با گره های معيوب در نظر گرفته می شوند. برای انجام تجزيه و تحليل در اين پژوهش از ابزار شبيه سازی استفاده می شود در واقع روش پيشنهادی به همراه يک يا چند روش همسان ديگر در محيط نرم افزار شبيه ساز NS2 يا Cooja پياده سازی می شود. سپس نتايج حاصله مورد بررسی و مقايسه قرار می گيرند، و بر اساس اين مقايسه و بررسی نتيجه گيری خواهد شد. |
| 5-13 طول مدت انجام تحقيق (از زمان تصويب تا دفاع نهايي)6 ماه |

|  |
| --- |
| **6- هزينه هاي پايان نامه** (هزينه هاي مواد و وسايلي كه از محل اعتبار طرح تحقيق بايد خريداري شود) |
| رديف | نام مواد و وسايل | مقدار يا تعداد موردنياز | مصرفي | غير مصرفي | ساخت داخل يا خارج | شركت سازنده | قيمت واحد (ريال) | قيمت كل (ريال) |
| 1 |       |       | [ ]  | [ ]  |       |       |       |       |
| 2 |       |       | [ ]  | [ ]  |       |       |       |       |
| 3 |       |       | [ ]  | [ ]  |       |       |       |       |
| 4 |       |       | [ ]  | [ ]  |       |       |       |       |
| 5 |       |       | [ ]  | [ ]  |       |       |       |       |
| 6 |       |       | [ ]  | [ ]  |       |       |       |       |
| جمع كل (ريال) |       |       |

|  |
| --- |
| **7- فهرست منابع و مآخذ**  |
| كتاب: نام خانوادگي، نام. (سال نشر). عنوان كتاب، مترجم، محل انتشار، ناشرمقاله: نام خانوادگي، نام. (سال نشر). عنوان مقاله، عنوان نشريه، دوره، شماره، سال  |
| [1] H.-M. Xin and K. Yang, “Routing Protocols Analysis for Internet of Things,” in *Information Science and Control Engineering (ICISCE), 2015 2nd International Conference on*, 2015, pp. 447–450.[2] Z. Sheng, S. Yang, Y. Yu, A. Vasilakos, J. McCann, and K. Leung, “A survey on the ietf protocol suite for the internet of things: Standards, challenges, and opportunities,” *Wirel. Commun. IEEE*, vol. 20, no. 6, pp. 91–98, 2013.[3] T. Zhang and X. Li, “Evaluating and analyzing the performance of RPL in contiki,” in *Proceedings of the first international workshop on Mobile sensing, computing and communication*, 2014, pp. 19–24.[4] X. Vilajosana, P. Tuset, T. Watteyne, and K. Pister, “OpenMote: Open-Source Prototyping Platform for the Industrial IoT,” in *Ad Hoc Networks*, no. SEPTEMBER, Springer, 2015, pp. 211–222.[5] B. Mohamed and F. Mohamed, “QoS Routing RPL for Low Power and Lossy Networks,” *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 2015, pp. 1–10, 2015.[6] T. Winter, “RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks,” 2012.[7] B. F. Marques and M. P. Ricardo, “Improving the energy efficiency of WSN by using application-layer topologies to constrain RPL-defined routing trees,” in *Ad Hoc Networking Workshop (MED-HOC-NET), 2014 13th Annual Mediterranean*, 2014, pp. 126–133.[8] Q. Le, T. Ngo-Quynh, and T. Magedanz, “RPL-based multipath Routing Protocols for Internet of Things on Wireless Sensor Networks,” in *Advanced Technologies for Communications (ATC), 2014 International Conference on*, 2014, pp. 424–429.[9] B. Sharkawy, A. Khattab, and K. M. F. Elsayed, “Fault-tolerant RPL through context awareness,” in *Internet of Things (WF-IoT), 2014 IEEE World Forum on*, 2014, pp. 437–441.[10] M. Musolesi and C. Mascolo, “CAR: Context-aware adaptive routing for delay-tolerant mobile networks,” *Mob. Comput. IEEE Trans.*, vol. 8, no. 2, pp. 246–260, 2009.[11] S. Gormus, F. Tosato, Z. Fan, Z. Bocus, and P. Kulkarni, “Opportunistic RPL for reliable AMI mesh networks,” *Wirel. Networks*, vol. 20, no. 8, pp. 2147–2164, 2014.[12] M. Zhao, H. Y. Shwe, and P. H. J. Chong, “Cluster-parent based RPL for Low-Power and Lossy Networks in building environment,” in *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2015 12th Annual IEEE*, 2015, pp. 779–784.[13] F. Boubekeur, L. Blin, R. Leone, and P. Medagliani, “Bounding Degrees on RPL,” in *Proceedings of the 11th ACM Symposium on QoS and Security for Wireless and Mobile Networks*, 2015, pp. 123–130.[14] I. Gashinsky and E. Nordmark, “Neighbor Unreachability Detection Is Too Impatient,” 2014. |

1. *Internet Engineering Task Force* [↑](#footnote-ref-1)
2. *Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks* [↑](#footnote-ref-2)
3. *Destination-Oriented DAGs*  [↑](#footnote-ref-3)
4. *Quality of Service* [↑](#footnote-ref-4)
5. *Low-Power and Lossy Networks*  [↑](#footnote-ref-5)
6. *DODAG Information Object* [↑](#footnote-ref-6)
7. *Application-Driven WSN* [↑](#footnote-ref-7)
8. *Energy awareness Load Balancing* [↑](#footnote-ref-8)
9. *Fast Local Repair* [↑](#footnote-ref-9)
10. Neighbor Unreachability Detection [↑](#footnote-ref-10)
11. Trade-Off [↑](#footnote-ref-11)