سال چهاردهم، شماره‌های ۵۱ و ۵۲ ، بهار و تابستان ۱۴۰۱

صص: ۲۵۵_۲۷۰

دو فصلنامه علمی

فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران

مسیریابی بهبودیافته برای توازن بار در شبکه حسگر بی‌سیم در بستر اینترنت اشیا بر پایه الگوریتم کلونی مورچگان چندگانه

فرهنگ پدیداران مقدم* حمید مقصودی**

*استادیار گروه کامپیوتر ، مجتمع فنی مهندسی اسفراین

**دانش آموخته کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی اشراق

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

یکی از مسائل مهم در شبکه‌های کامپیوتری پویا از قبیل شبکه‌های اینترنت اشیاء که در آن هزینه اتصالات به‌طور پی‌درپی تغییر می‌کند، ایجاد توازن بار ترافیکی و افزایش سرعت انتقال بسته‌ها در شبکه است. بطوری‌که بسته‌های داده از مسیرهایی با حداقل تراکم به مقصد برسند؛ درنتیجه یکی از روش‌های اصلی برای حل مسائل مسیریابی و توازن بار استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر مورچه است.با استفاده از روشی جدید مبتنی بر بهینه‌سازی کلونی مورچه چندگانه [۱] ، هدف این پژوهش ارائه یک الگوریتم مسیریابی مناسب در جهت کوتاه کردن و بهبود بخشیدن مسیر با توجه به پارامترهای تأخیر انتها به انتها[۲]، نرخ اتلاف بسته[۳]،پهنای باند[۴] و نرخ مصرف انرژی است تا داده‌ی حس شده در سیستم‌های اینترنت اشیاء به مقصد برسد. این روش در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده است . نتایج حاصل از آزمایش‌ها، بهبود در پارامترهای مذکور را نشان میدهد.

واژگان کلیدی: مسیریابی، توازن بار، اینترنت اشیا و الگوریتم کلونی مورچه چندگانه

۱. مقدمه

با ظهور اینترنت انسان‌ها توانایی ایجاد برقراری ارتباط در سراسر مرزهای جغرافیایی را پیداکرده است. اینترنت اشیاء فناوری نوظهوری است که در آن حس‌گرها و دستگاه‌های کوچک تعبیه‌شده در اشیاء قرار می‌گیرند و باعث ایجاد ارتباط اشیاء با یکدیگر و انسان می‌شود اشیاء قادر به دریافت و تبدیل اطلاعات از محیط اطراف خود هستند. پیشرفت در سنجش، محاسبات و ارتباطات بهبود قابل‌توجهی در

نویسنده مسئول: فرهنگ پدیداران مقدم padidaran@esfarayen.ac.ir

[۱] Multiple Ant Colony Optimization

[۲] End to End delay

[۳] Packet lost

[۴] Bandwidth

ارتباط بلادرنگ و تصمیم‌گیری به ارمغان آورده است. ازاین‌رو اینترنت اشیاء قصد دارد تا اینترنت را در همه‌جا حاضر و فراگیر کند.

در طول دهه اخیر شبکه حسگر بی‌سیم در بستر اینترنت اشیا به‌عنوان یک‌راه حل مناسب برای مجموعه گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی اعم از نظارت بر محیط‌زیست، اتوماسیون منزل و امنیت شبکه هوشمند به‌کاررفته است[۱]. ازآنجاکه تهدیدهای امنیتی زیادی بر روی شبکه حسگر بی‌سیم وجود دارد، تحقیقات و اقدامات متقابل مختلفی بر روی مسئله امنیت انجام‌شده است[۲].

یکی از مسائل مهم در شبکه‌های کامپیوتری پویا از قبیل شبکه‌های اینترنت اشیاء که در آن هزینه اتصالات به‌طور پی‌درپی تغییر می‌کند، ایجاد توازن بار ترافیکی و سرعت زیاد انتقال بسته‌ها در شبکه است، بطوریکه بسته‌های داده از مسیرهایی با حداقل تراکم به مقصد برسند، با توجه به مطالعات انجام شده، یکی از روش‌های اصلی برای حل مسائل مسیریابی و توازن بار استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر مورچه است. با استفاده از روش جدیدی مبتنی بر بهینه‌سازی کلونی مورچگان چندگانه ، می‌توان قابلیت متعادل کردن بار ترافیک به‌طور کارآمد را در شبکه ایجاد نمود، بطوری‌که ترافیک داده‌ها در هر گام زمانی مسیر بهبودیافته را برای رسیدن به مقصد در نظر بگیرند. در ادامه، نتایج شبیه سازی موید این مهم خواهد بود.

در سیستم های مبتنی اینترنت اشیاء جهت بهبود درروند مسیریابی اخیراً از الگوریتم بهبود مسیر کلونی مورچگان[۴ و۳] استفاده شده است تا کوتاه‌ترین و بهترین مسیر را حتی در نواحی همپوشانی بیابد[۵] ارتباط این مورچه‌ها با یکدیگر از طریق ماده شیمیایی فرومون است. زمانی که مورچه از یک مسیر حرکت می‌کند بر روی زمین فرومون ترشح می‌کند و باعث می‌شود که مورچه‌های بعدی به دنبال او حرکت کنند. فرومون ها دارای غلظت هستند که طی واحد زمان تبخیر می‌شوند، پس هر چه غلظت فرومون بیشتر باشد مورچه می‌فهمد که این مسیر جدیدتر است. در الگوریتم کلونی مورچگان ایجاد مسیرها توسط مجموعه‌ای از مورچه‌های مصنوعی انجام می‌گردد. درواقع هدف یکپارچگی در سیستم های اینترنت اشیاء ارتباط چندین شئ با یکدیگر تحت نظارت یک سیستم خودمختار واحد است. این سیستم شامل مانیتورینگ و پایش از راه دور، نگهداری و عملیات مدیریتی نیز هست که داده‌ها را جمع‌آوری کرده و از طریق شبکه ارسال کند. درنتیجه چالش مسیریابی در این نوع از شبکه‌ها مشهود است و محققان همواره در تلاش هستند که مسیر انتقال دیتا را بهبود بخشیده و بیان کنند که چگونه ویژگی‌های سیستم های مختلف ممکن است مانع انتقال دیتا مابین نودها گردد. هدف اولیه مسیریابی کلونی مورچگان بهبود مسیر با توجه به پارامترهای سرویس است که دیتا را تحت چندین مسیر از شبکه توزیع کرده و در حقیقت ترافیک را یکنواخت می‌نماید. یکنواخت کردن بار ترافیک شبکه باعث می‌شود که کل پهنای باند موردنیاز از کل ظرفیت شبکه تجاوز نکند و درواقع هدف، مسیریابی بسته‌های داده است، بطوریکه تابع هزینه را حداقل کند. انتخاب مناسب‌ترین الگوریتم کلونی مورچگان عملی بسیار سخت و پیچیده‌ای است، لذا در این مقاله الگوریتمی ارائه خواهد شد که میزان استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان را کنترل کرده و راه‌حلی را مابین نواحی همپوشانی تعیین نماید. در کلونی مورچگان چندگانه ، بسته‌های داده با حداقل تأخیر و کیفیت سرویس بالاتر در شبکه انتقال پیداکرده و میانگین زمان تأخیر برای اندازه‌گیری کارایی الگوریتم به کار گرفته می‌شود.

۱. پیشینه پژوهش

در سیستم‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء جهت انتقال داده بین وسایل ناهمگن، به پروتکل مسیریابی نیاز است که دیتای حس شده از دستگاه‌ها را با کوتاه‌ترین مسیر و حداقل مصرف انرژی به مقصد برساند. در [۲] ، جهت بهبود درروند مسیریابی، از پروتکل مسیریابی برای شبکه های با انرژی محدود و نویزآلود (RPL[۵]) (مانند شبکه متشکل از اشیاء متصل به هم در IoT) استفاده‌شده است که ازنظر پارامترهای مختلف کیفیت سرویس از قبیل تأخیر، مصرف انرژی، کاهش بیت‌های سرآیند و پهنای باند مورد تست و بررسی قرارگرفته و با تحلیل نتایج شبیه‌سازی ثابت نموده است که الگوریتم پیشنهادی کیفیت سرویس را بهبود داده است. در [۶] یک پروتکل مسیریابی تحت عنوان تحلیل و شبیه‌سازی الگوریتم مسیریابی بر پایه کلونی مورچگان جهت بهبود کیفیت سرویس‌ها و مسیریابی معرفی شده است و در آن انواع پارامترهای کیفیت سرویس اعم از تأخیر انتها به انتها، نرخ اتلاف بسته، پهنای باند، کاهش بیت‌های سرآیند بسته، مصرف انرژی و توان عملیاتی را مورد تحلیل و ارزیابی قرارگرفته است. پس از شبیه‌سازی بر روی آن و کسب نتایج حاصل از شبیه‌سازی، کلیه مؤلفه‌ها را با الگوریتم‌های پیشین مقایسه کرده و در تحلیل یافته ها به این نتیجه رسیدند که در عملکرد کلیه مؤلفه‌های کیفیت سرویس کارایی بهتری صورت گرفته است و

[۵] Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks

الگوریتم پیشنهادی توانسته است به هدف ارائه روندی در جهت بهبود در فرایند مسیریابی در محیط پویا و داینامیک اینترنت اشیاء نائل گردد. در [۷] یک پروتکل مسیریابی برای مسافت‌های طولانی در راستای بهبود کارایی الگوریتم مسیریابی ارائه شده است که در این طرح پیشنهادی مسیر مورد نظر به دو بخش فعال داخلی با مسافت زیاد و بخش واکنش‌پذیر داخلی با مسافت کوتاه، تقسیم می-گردد. در این روش از پروتکل AODV[۶] بهره گرفته شده است که پروتکل مسیریابی در مسیرهای داخلی است و از خرابی و شکست بسته ها جلوگیری میکند. محیط تست این پروتکل، محدود بوده و قادر به تولید نتایج صحیح نبوده است. همچنین این پروتکل مسیریابی، مشکلاتی با سیستم‌های داینامیک و پویا و ناهمگون از قبیل سیستم‌های اینترنت اشیاء دارد. یکی از ضعفهای پروتکل مسیریابی AODV این است که در فرایند کشف مسیر تعداد زیادی پیامهای کنترلی در شبکه همه‌پخشی میشود و این فرایند باعث میشود مسیرهای غیرقابل استفاده بسیاری بین گره منبع و مقصد پیدا شود؛ همچنین باعث افزایش سربار عملیاتی و پهنای باند مصرفی میشود.

در [۸] الگوریتمی در رابطه با عوامل چندگانه[۷] از قبیل عامل سراسری[۸]، عامل محلی[۹]، عامل مانیتورینگ و پایش و عامل دوجانبه[۱۰] باهدف بهبود در الگوریتم‌های مسیریابی با استفاده از کلونی مورچگان در نواحی همپوشانی معرفی شده است. در این الگوریتم ناحیه تحت پوشش اینترنت اشیاء، بسته به نوع شبکه، به نواحی مختلفی تقسیم‌بندی گردید و هر زیر شبکه الگوریتم کلونی مربوط به خود را اجرا می نماید. در [۹] الگوریتمی با محوریت توپولوژی بی‌قاعده اینترنت اشیاء باهدف کاهش سیگنال‌های طوفان فرا پخشی[۱۱] و درنهایت بهبود درروند مسیریابی با روشRPL و جستجوی مسیر و کاهش تعداد نودها در شبکه تحت کنترل ارائه شده است. در این روش با ویژگی‌های ارسال تصادفی و کوتاه بودن چرخه حیات بر مشکل تعداد زیاد نودهای شبکه غلبه کرده است. نتایج شبیه‌سازی نشان میدهد که زمان ایجاد مسیر با افزایش نودها در مسیر جستجو به طرز قابل‌توجهی کاهش پیدا کرده است. در [۱۰] متدی با عنوان الگوریتم جستجوی بر اساس مدل RPL معرفی شده است. این تکنیک جهت تعیین مسیر بهبودیافته در سیستم‌های اینترنت اشیاء و مدل تصمیم‌گیری مسیریابی جهت ارزیابی نودهای اینترنت اشیاء، از توازن پارامترهای چندگانه استفاده می‌کند. سیستم‌های اینترنت اشیاء از شبکه‌های مختلف تشکیل‌شده است که میتوان برای مسیریابی در آنها از RPL استفاده نمود. از طرفی تفکیک نودها، بسته های بیشتری را در شبکه ایجاد می‌کند که باعث سربار در شبکه می‌شود. Gaddour و همکاران در [۱۱]، از الگوریتم مورچگان برای انتقال داده بین پردازنده‌های مختلف در سیستم اینترنت اشیا استفاده شده است. کارها توسط مورچه‌ها بین گره‌های یک گراف که پردازنده‌های سیستم می‌باشند جابه‌جا می‌شوند. قاعده‌ی این جابجایی بر مبنای این الگوریتم است: ابتدا هر مورچه متوسط بار خود را محاسبه کرده و سپس خطای محلی را نیز بر اساس متوسط بار خود و مورچه‌های قبلی تعیین می‌کند. با استفاده از فاکتور تحمل‌پذیری خطا و میزان ردپاهای به جاگذاشته شده توسط سایر مورچه‌ها، احتمال ماندن یا ترک نمودن آن پردازنده را به دست آورده و اقدام به مهاجرت می‌کند. در جدول ۱ الگوریتم‌های توازن بار با یکدیگر مقایسه شده‌اند. با توجه به مطالعات انجام شده تاکنون روش هایی برای مدیریت تحرک گره ها ارائه شده است اما به لحاظ گم شدن بسته ها، نرخ خوبی ندارند. لذا در این پژوهش روشی برای مدیریت مناسب تر تحرک گره ها از نظر پارامترهای قابلیت اطمینان، زمان پاسخ، تاخیر ، توان عملیاتی و دسترسی پذیری با الگوریتم کلونی مورچه چندگانه ارایه شده است.

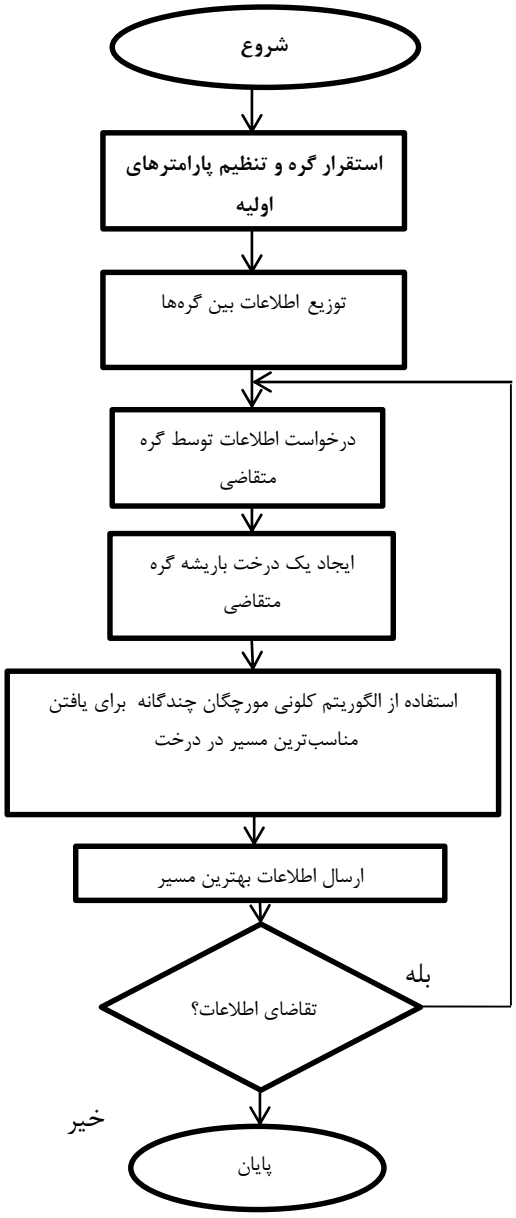
[۶] Ad hoc on Demand Distance Vector
[۷] Multi Agent
[۸] Global Agent
[۹] Local Agent
[۱۰] Dual Agent
[۱۱] Broadcast Storm

جدول ۱. مقایسه الگوریتم‌های توازن بار

ردیف	نام الگوریتم	روش کار	مزایا	معایب
۱	الگوریتم توازن بار خوشه‌بندی فعال	بر اساس گروه‌بندی گره‌های شبیه به هم	با افزایش منابع ناهمگون کارایی وتوان عملیاتی بالا می‌رود	برای منابع محدود کارایی ندارد
۲	الگوریتم توازن بار Min-Min	بر اساس زمان اتمام حداقل برای تمام وظایف	برآورده کردن معیار بهره‌برداری از منابع، سربار، توان عملیاتی، زمان پاسخ و کارایی	بار یک منبع درنظرگرفته نمی‌شود.
۳	الگوریتم توازن بار Min-Max	بر اساس min-minکارمی‌کند با این تفاوت که کارهای با مدت‌زمان اجرای طولانی انتخاب می‌شوند	کاهش زمان اجرای کلی برنامه	کارهای کوچک برای مدت طولانی منتظر می‌مانند.
۴	الگوریتم توازن بار دومرحله‌ای OLB + LBMM	بر پایه تقسیم وظایف به زیر وظایف و تخصیص زیر وظایف	افزایش استفاده موثر از منابع و بهره وری منابع	برای یک کار پیچیده نیاز به انجام محاسبات فراوان است
۵	توازن باربر پایه الگوریتم زمان‌بندی ترکیبیDCBT	بر پایه تقسیم وظایف	کاهش مدت‌زمان اجرای وظایف در ابر، افزایش کارایی استفاده از منابع	برای منابع ناهمگون کارنمی‌کند
۶	الگوریتم توازن بار VM-assign	تخصیص کارها به منبعی که بار آن کم است صورت می‌گیرد	توازن بار بدون سربار اضافی و کم	زمان کلی را کاهش نمی‌دهد
۷	الگوریتم توازن بار Queue-Idle-Join	تخصیص کارها به پردازنده‌های بیکار برای کاهش طول صف	به‌طور مؤثر بار سیستم را کاهش می‌دهد، هیچ سربار ارتباطی هنگام ورود کارها رخ نمی‌دهد و زمان پاسخ واقعی را افزایش نمی‌دهد.	مصرف زیاد انرژی
۸	الگوریتم کلونی مورچه‌ها	استفاده از رد و پای مورچه برای انتقال وظایف بین پردازنده‌ها	برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی استفاده می‌شود	در برخی شرایط، زمان پاسخ طولانی است
۹	الگوریتم توازن بار(ژنتیک)JLGA	انتخاب حریصانه وظایف و زمان‌بندی و توازن آن‌ها بر روی منابع	توازن بار را با کاهش مدت‌زمان اجرا انجام می‌دهد	اولویت کاربر را در نظر نمی گیرد
۱۱	توازن باربر پایه الگوریتم ژنتیک	انتخاب کارها بر پایه شایستگی	توازن بار و کاهش مدت‌زمان اجرای کارها	اولویت کاربر را در نظر نمی گیرد
۱۲	توازن بار مرکزی اینترنت اشیا	توازن باربر پایه جدول اطلاعات ماشین‌های مجازی	کارایی و زمان پاسخ، توان عملیاتی و بهره‌برداری از منابع	تحمل‌پذیری خطا را در نظر نمی گیرد

۲. مراحل انجام طرح پیشنهادی

در طرح پیشنهادی از الگوریتم کلونی مورچگان چندگانه برای یافتن مناسب‌ترین مسیر در درخت شبکه اینترنت اشیا استفاده می‌شود. هدف از این پروژه، کاهش نرخ اتلاف بسته و تأخیر و بهبود قابلیت اطمینان و توازن بار در سیستم‌های اینترنت اشیا است. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ابتدا نحوه استقرار گره ها در شبکه اینترنت اشیا، موقعیت آنها و تنظیم پارامترهای اولیه الگوریتم پیشنهادی مانند تعداد تکرار، تعداد گره ها و... انجام می شود[۱۲]. سپس توزیع اطلاعات و داده ها بین گره ها در شبکه اینترنت اشیا صورت می گیرد. در ادامه، اطلاعات توسط گره متقاضی در شبکه اینترنت اشیا درخواست می شود و درخت بر اساس گره ها تشکیل می شود.



شکل۱. فلوچارت گام‌های طرح پیشنهادی

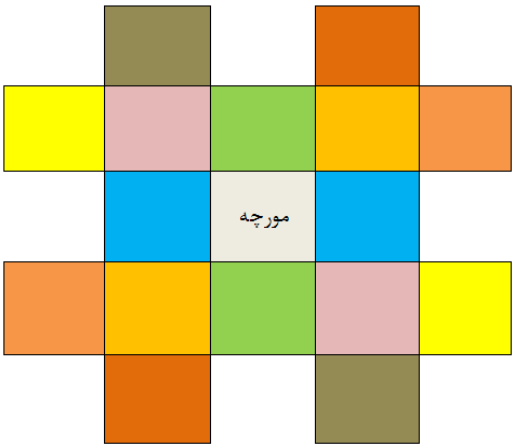
انتقال دیتا برای ارتباطات در تعامل انسان با انسان، انسان با ماشین و یا ماشین با ماشین و همینطور زمان که نقش بسیار مهمی را در انتقال دیتا ایفا می کند، حایز اهمیت است ، لذا دیتای مورد نظر می بایست بگونه ای مسیر یابی گردد که کمترین و یا کوتاهترین مسیر را برای رسیدن به مقصد داشته باشد. از اینرو پروتکلهای مسیر یابی مختلفی جهت انتقال دیتا به کار گماشته شده اند.

در الگوریتم کلونی مورچگان ایجاد مسیرها توسط مجموعه ای از مورچه های مصنوعی انجام می گردد. در واقع هدف یکپارچگی در سیستم های اینترنت اشیاء، ارتباط چندین شئ با یکدیگر تحت نظارت یک سیستم خود مختار واحد است. این سیستمها شامل مانیتورینگ و پایش از راه دور، نگهداری و عملیات مدیریتی نیز می-باشند که داده ها را جمع آوری کرده و از طریق شبکه ارسال می-نماید.

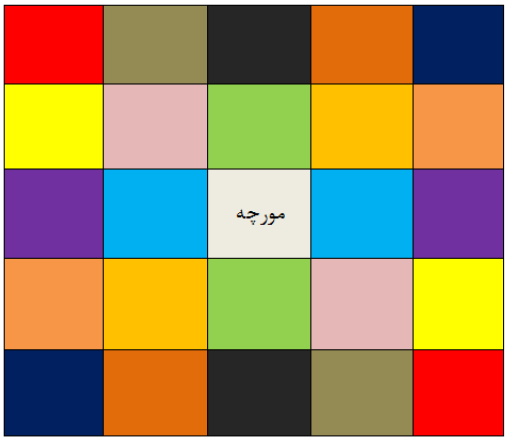
در این مقاله از الگوریتم کلونی مورچگان چندگانه برای یافتن مناسب‌ترین مسیر در درخت بر اساس توابع تعریف شده استفاده می‌شود [۱۳] و درنهایت، بهترین مسیر(راه حل یافته شده توسط الگوریتم کلونی مورچگان چندگانه) برای ارسال اطلاعات در بستر اینترنت اشیا به عنوان جواب بهینه نمایش داده می شود.

۳_۱ استقرار و تولید جمعیت

شکل ۲ جستجوی محلی مورچه‌ها و نحوه حرکت آن‌ها را نشان می-دهد. درروش پیشنهادی، ساختار محاسبه مقادیر اطلاعات اکتشافی به‌صورت شکل ۲-ب در نظر گرفته‌شده است. در روشهای مرسوم مانند شکل ۲-الف، جستجو در چهار جهت برای گره‌ای که مورچه در آن قرار دارد انجام می‌پذیرد . در روش پیشنهادی، در هشت جهت (افقی ، عمودی و قطری) برای گره‌ی حاوی مورچه محاسبه می‌گردد. گسترش محدوده جستجو باعث کشف بیشترین نوسان ظرفیت مابین گره‌های در سیستم اینترنت اشیا می‌گردد و جزو نوآوری های تحقیق است که تاکنون اجرا نشده است.



(الف)



(ب)

شکل ۲. حرکت مورچه (الف) ساختار الگوریتم‌های قبلی (ب) ساختار پیشنهادی در این تحقیق

اطلاعات مربوط به جستجو در مورد گره (i,j) توسط رابطه (۱) محاسبه می شود [۱۳]

$$\text{?}_{ij} = \frac{V_m(P_{i,j})}{V_{max}} \qquad (۱)$$

در این رابطه، P_{ij} ظرفیت منابع گره (i,j)ام‌است. به عبارتی می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که P تابعی است که بر تجمع محلی گره‌ها اعمال می‌شود. V_{max} بیشترین نوسان ظرفیت مابین گره‌های در سیستم اینترنت اشیا است و در هشت جهت برای گره که مورچه در آن قرار دارد، محاسبه می‌شود[۱۳].

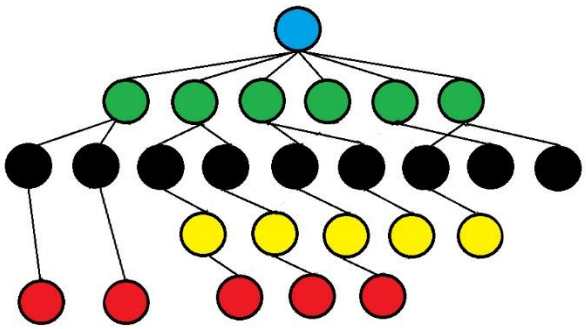
$$V_m(P_{i,j}) = |P_{i-1,j} - P_{i+1,j+1}| + |P_{i-1,j} - P_{i+1,j}| + |P_{i-1,j+1} - P_{i+1,j-1}| + |P_{i,j-1} - P_{i,j+1}| \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، $V_m(P_{i,j})$ حاصل جمع اختلاف ظرفیت گره‌های دوبه‌دو متقابل است جریان اطلاعات در اینترنت اشیا میتواند شامل فایل‌ها با حجم بسیار زیاد باشد. برای انتقال حجم زیاد از این فایل‌ها، آن‌ها را به بخش‌های کوچکی به نام سگمنت تقسیم می‌کنند. به دلیل نظیر به نظیر بودن شبکه، فایل داده در تمام گره‌های شبکه قرار دارد.

۳_۲ ارسال اطلاعات با ایجاد ساختار درختی

برای ارسال اطلاعات خواسته‌شده توسط گره‌ی متقاضی، گرافی $G=<V,E>$ تشکیل می‌شود که در آن V مجموعه‌ی رئوس شامل گره‌ها و E مجموعه‌ی یال شامل پیوندهای بین هر دو جفت گره است. با حذف یال‌های تکراری به‌راحتی به یک ساختمان داده‌ی درخت می‌رسیم. شکل (۳) درخت تشکیل‌شده را نشان می‌دهد.

در شکل (۳)، ریشه‌ی درخت، گره متقاضی و سایر رئوس درخت، گره‌های موجود در محیط هستند. گره‌ی متقاضی بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از هر رأس، مناسب‌ترین آن را انتخاب مینماید . سپس از آن می‌خواهد داده‌های درخواستی خود را ارسال کند. مسیر تبادل داده بر روی درخت است.



شکل ۳. درخت تشکیل‌شده در طرح پیشنهادی

۳_۳ مسیریابی در درخت به کمک کلونی مورچگان چندگانه

روند ارسال اطلاعات از گره‌ی مقصد به گره ی متقاضی با مسیریابی بین سایر گره‌ها در چندین گام طبق مراحل ذیل انجام می‌شود:

- ✓ یک مورچه در بازه‌های زمانی معین در هر گره قرار می‌گیرد تا مسیری را به گره‌ی مقصد پایه پیدا کند.
- ✓ سپس هر مورچه گره‌ی گام بعدی را بر طبق فرمول زیر تعیین می‌کند[۱۲].

در فرآیند کشف مسیر، انتخاب اشیا با بیشترین مدت‌زمان پایداری پیوند و انتخاب مسیر با بالاترین طول عمر نسبت به مسیرهای دیگر دارای بالاترین قابلیت اطمینان در انتقال داده بوده است. مدت‌زمان پایداری پیوند بین دو نظیر مطابق فرمول محاسبه می‌گردد:

$$LET = \frac{R + \alpha * d}{|V1 + \beta * V2|} \qquad (۳)$$

در معادله (۳) ضرایب α و β مقادیر ۱ و ۱- را در جهت و سرعت از دو گره در نظر می‌گیرد. R شعاع محدوده فرکانسی فرض گرفته‌شده است. V_1 و V_2 سرعت دو گره یک و دو میباشد و d فاصله بین دو گره است.

$$p_{ij}^{k} = \frac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha}[LET_{ij}]^{\beta}}{\sum_{s\in N_i}[\tau_{is}(t)]^{\alpha}[LET_{is}]^{\beta}}, \qquad (۴)$$

در معادله‌ی (۴) p_{ij}^{k} احتمالی است که مورچه‌ی k حرکت از گره‌ی i به گره‌ی j را انتخاب کند و ما آن را مصالحه ای بین قابلیت دید (که می‌گوید گره‌ها با LET بیشتر باید انتخاب شوند) و شدت دنباله-ی واقعی (که می‌گوید اگر بر روی اتصال (V_i,V_j) مورچه‌های زیادی عبور کنند آنگاه این اتصال برای استفاده شدن بسیار مناسب‌تر است) است.

$\tau_{ij}^{(t)}$ میزان دنباله‌ی فرومون یال (V_i,V_j) و LET_{ij} تابع قابلیت دید گره ی V_i به V_j است. این تابع گره‌هایی با LET بیشتر را انتخاب می‌نماید.

α و β پارامترهایی هستند که نسبت اهمیت دنباله در برابر قابلیت دید را کنترل می‌کنند. N_i مجموعه‌ی همسایگان گره ی V_i در درخت تشکیل‌شده است که گره در گام بعدی می‌تواند توسط k مورچه انتخاب شود.

- ✓ اطلاعات مسیر توسط مورچه‌های عبوری جمع‌آوری می-شود و گره ریشه بعد از رسیدن مورچه‌ی k ام شروع به تحلیل داده می‌کند. اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط مورچه‌ها این‌گونه تعریف می‌شوند[۱۲].

$$\{(V_0, d_{(V_0,V_1)}), (V_1, d_{(V_1,V_2)}), (V_2, d_{(V_2,V_3)}), \ldots, (V_{l-1}, d_{(V_{k-1},V_k)})\}$$

که V_0 گره ی ریشه و S_k گره ی مقصد است. دنباله‌ی گسسته‌ی گره‌ها $\{V_0,V_1,V_2,\ldots,V_k\}$ مسیر را تشکیل می‌دهند. ضمناً برای ارزیابی مسیر که در بالا اشاره شد، مقدار RET را به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

پس از محاسبه LET، می‌توان از روش مدت‌زمان پایداری مسیر (RET) برای یافتن بیشترین طول عمر نسبت به مسیرهای دیگر با بالاترین قابلیت اطمینان در انتقال داده استفاده کرد. مدت‌زمان پایداری مسیر (RET) بر اساس حداقل LET، بیان می‌شود[۱۶].

$$RET=\min\{LET_1,LET_2,LET_3,\ldots\ldots\ldots,LET_n\} \quad (۵)$$

برای محاسبه RET، نیازمند ثبت اطلاعاتی از قبیل سرعت و جهت در پیام پاسخ مسیر هستیم. در فاز کشف مسیر پیام درخواست مسیر، به همسایگان ارسال می‌شود. پیام توسط همسایگان که در نقش اشیای واسط هستند، گام‌به‌گام ارسال‌شده تا اینکه به نظیر منبع موردنظر تحویل داده شود. پس از یافتن نظیر منبع، پیام (پاسخ مسیر) به نظیر مقصد از مسیر تحویلی (برعکس) ارسال می‌گردد. موقعیت و جهت در پیام پاسخ اضافه‌شده تا بتوان به محاسبه مدت‌زمان پایداری پیوند بین دو نظیر پرداخته شود. در ابتدا مقدار (LET=0) است؛ و هر نظیر بر اساس اطلاعات موقعیت و جهت ثبت‌شده در پیام، به محاسبه LET با نظیر بعدی (همسایه) می‌پردازد و مقدار LET را ثبت می‌گردد؛ و در ثبت مقدارLET، کمترین مقدار در هر گام در نظر گرفته می‌شود و این امر باعث به‌روز شدن مقدارLET می‌گردد.

باید توجه داشت که در هر گام اطلاعات LET در جدول مسیریابی هر نظیر ثبت می‌شود. این امر باعث می‌گردد تا اگر نظیر منبع (مشابه) در آینده جستجو گردد اشیای واسط، پیام پاسخ و اطلاعات LET را از جدول مسیریابی خود تولید کنند. سرانجام این فرآیند تا زمانی ادامه دارد تا پیام پاسخ که حاوی حداقل LET محاسبه‌شده از کل مسیر است به نظیر مقصد برسد؛ و درنهایت مسیری را با بیشترین مقدار RET، انتخاب گردد.

- ✓ مطابق با تابع ارزیابی، بهترین مسیر از بین تمام مورچه‌ها در تکرار اول توسط ایستگاه پایه به دست می‌آید. سپس ایستگاه پایه پیامی را برای اطلاع گره‌ها در بهترین مسیر جهت به‌روزرسانی فرومون مطابق با معادلات زیر پخش می‌کند[۱۶].

$$\tau_{ij}(t+n)=(1-\rho)\tau_{ij}(t)+p\tau_{best} \quad (۶)$$

نماد ρ در معادله‌ی (۶) ضریب تبخیر است به‌گونه‌ای که (1-ρ) نمایانگر رزرو تمرکز فرومون تا آخرین زمان به‌روزرسانی است. بعد از اتمام این فرآیند مناسب‌ترین مسیر در درخت مشخص‌شده و ارسال پیام آغاز می‌شود.

۳. شبیه‌سازی روش پیشنهادی

در ادامه نحوه شبیه‌سازی روش پیشنهادی و همچنین نحوه انجام آزمایش‌ها مختلف برای ارزیابی شبکه‌های اینترنت اشیاء ارائه می‌گردد. برای انجام تمامی آزمایش‌ها از یک کامپیوتر Dell با پردازنده Core i7 2.0 GHz و ۴ گیگابایت حافظه اصلی استفاده‌شده است. برای ارزیابی روش پیشنهادی با روش‌های مشابه محیط و شرایط ارزیابی شبکه‌های اینترنت اشیاء در جدول ۲ آورده شده است. تعداد گره‌ها ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۴ حسگر و ۶ مسیریاب است.

برای شبیه‌سازی و ارزیابی الگوریتم کلونی مورچه چندگانه از نرم‌افزار MATLAB استفاده‌شده است. با در نظر گرفتن این نکته که روش پیشنهادی از یک الگوریتم مکاشفه‌ای استفاده کرده است، ازنظر همگرایی، نتایج حاصله ارزیابی‌شده است که در ادامه ارائه خواهد شد. همچنین نتایج حاصل از روش پیشنهادی با نتایج الگوریتم‌های مشابه مقایسه شده است.

جدول ۲. پارامترهای شبیه‌سازی

پارامتر	مقدار
ابعاد شبکه	1000 × 1000 m
حداکثر تعداد بسته‌ها	60
تعداد گره‌ها	20-40-60-80-100
استانداردIEEE	802.11bit
حجم ترافیک شبکه	10000bit
دامنه رادیویی انتقال بسته‌ها	250 m
حداکثر سرعت سرویس‌گیرنده شبکه	20 m/s
فاکتور هموار کردن بسته‌ها	0.4%
مدت‌زمان شبیه‌سازی	500s

پارامترها و مقادیر آنها به‌شدت به همگرایی بهتر بستگی دارند. پارامترهای الگوریتم کلونی مورچه بهبودیافته در جدول (۳) نشان داده‌شده است. این پارامترها اساسا بر طبق [۱۴] در نظر گرفته شده اند.

جدول ۳. پارامتر الگوریتم کلونی مورچه‌ها

پارامتر	مقدار
تعداد مورچه	۳۱
α	۱
β	۲
□	۰/۱
حداکثر تکرار	۲۰۰

کلونی مورچگان چندگانه، بسته های داده با حداقل تأخیر و کیفیت سرویس بالاتر در شبکه انتقال پیداکرده و میانگین زمان تأخیر برای اندازه‌گیری کارایی الگوریتم به کار گرفته می‌شود. هدف اولیه مسیریابی کلونی مورچگان بهبود مسیر با توجه به پارامترهای سرویس است که دیتا را تحت چندین مسیر از شبکه توزیع کرده و در حقیقت ترافیک را یکنواخت می‌نماید. یکنواخت کردن بار ترافیک شبکه باعث می‌شود که کل پهنای باند موردنیاز از کل ظرفیت شبکه تجاوز نکند و هدف مسیریابی بسته‌های داده است. بطوریکه تابع هزینه را حداقل کند[۱۵]. تنظیم پارامترهای شبیه‌سازی الگوریتم کلونی مورچگان چندگانه بر اساس آزمون خطا مشخص‌شده‌اند. تعداد مورچه‌ها ۳۱ و تعداد تکرار الگوریتم ۲۰۰ در نظر گرفته‌شده است. همان‌طور که می‌دانیم این تعداد قراردادی هستند و هر چه تعداد مورچگان کمتر باشد نسل سریعتر طی می‌گردد و محاسبات کمتری صورت می‌گیرید و در صورت افزایش بی‌رویه تعداد مورچگان نیز نسل طولانی تر شد و در مجموع از جواب بهنیه فاصله خواهیم گرفت. در مورد تعداد تکرار نیز بهم ترتیب است و الگوریتم تا جایی تکرار میگردد که با واگرایی مواجه شویم.

۴_۱ آزمایش همگرایی

برای آزمایش همگرایی در یافتن توازن بار مناسب، روش کلونی مورچگان چندگانه و همچنین الگوریتم‌های بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO[۱۲] [۲] و الگوریتم جستجوی ممنوعه در اینترنت اشیا [۶] TSM[۱۳] اجراشده در شکل‌های ۴ تا ۶ به ترتیب نحوه همگرایی به جواب نهایی را نشان می‌دهند. در نمودارهای مذکور محور افقی مرتبه تکرار الگوریتم و محور عمودی نیز بهترین شایستگی هر تکرار (توازن بار) را نشان می‌دهد.

الگوریتم PSO یک الگوریتم جستجوی جمعی است که از روی رفتار اجتماعی دسته‌های پرندگان مدل شده‌است. اساس کار PSO بر این اصل استوار است که در هر لحظه هر ذره مکان خود را در فضای جستجو با توجه به بهترین مکانی که تاکنون در آن قرار گرفته‌است و بهترین مکانی که در کل همسایگی‌اش وجود دارد، تنظیم می‌کند. روش TSM جواب های نزدیکی به میزان پیچیدگی مساله بدست می آورد.این روش معمولا با یک جواب شدنی شروع می شود و در هر تکرار بهبود می یابد اما با این تفاوت که مشکل عبور از بهینه محلی و رسیدن به بهینه کلی را ندارد. این الگوریتم یک لیست از حرکات یا نقاطِ ممنوعه درست می‌کند تا در جستجوهای بعدی، دیگر آن حرکات را انجام ندهد. با این کار این الگوریتم امید دارد که

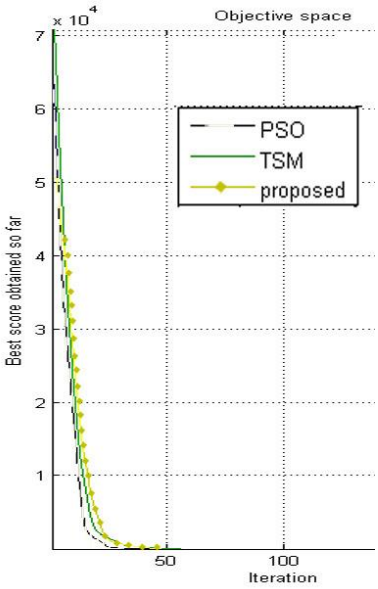
[۱۲] Particle Swarm Optimization

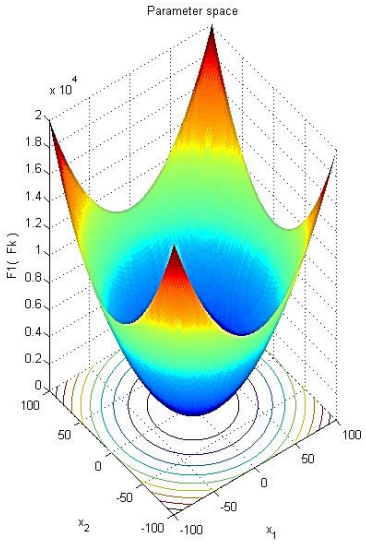
[۱۳] Tabu Searching -Memetic-based Algorithm

از بهینه‌ی محلی خارج شده و بتواند به سمت بهینه‌ی سراسری حرکت کند. فلوچارت این الگوریتم به این صورت است که ابتدا با یک جواب تصادفی که نشان دهنده یک مسیر است شروع می شود سپس بعد از ایجاد فهرستی از عملگر های مجاز شمارنده تمامی آنها برابر صفر قرار داده می شوند. این شمارنده تعداد دفعاتی که از یک عملگر استفاده شده است را نشان می دهد و چون در ابتدا از هیچ کدام از آن ها استفاده نشده است شمارنده تمامی آن ها را برابر صفر قرار می دهد. سپس تمامی و یا بخشی از عملگرهای مجاز و غیر تابو را انجام می دهیم و شمارنده دیگر عملگری که بهترین جواب را تولید کرده است برابر طول لیست تابو قرار می دهیم.

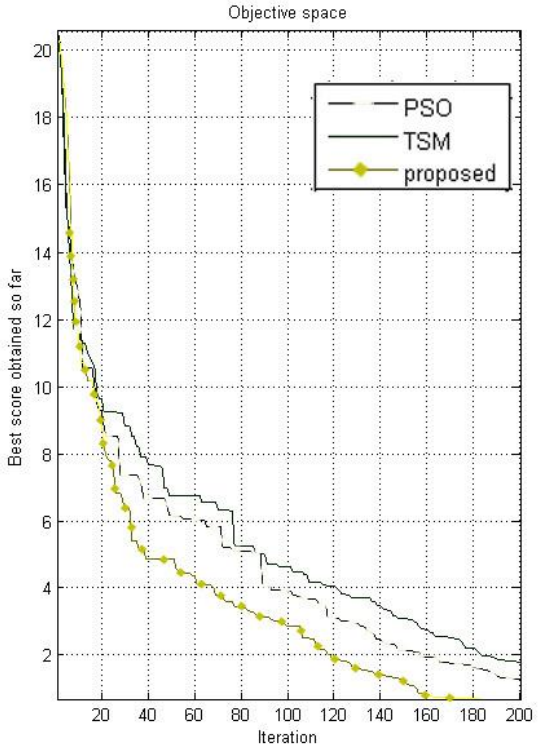
منظور از همگرایی زمان پاسخ الگوریتم دررسیدن به جواب بهینه(مورد نظر) است. در نمودار همگرایی، خط افقی مستقیم و راست می‌شود به معنای رسیدن به جواب اصلی است و خروجی به دست‌آمده است.

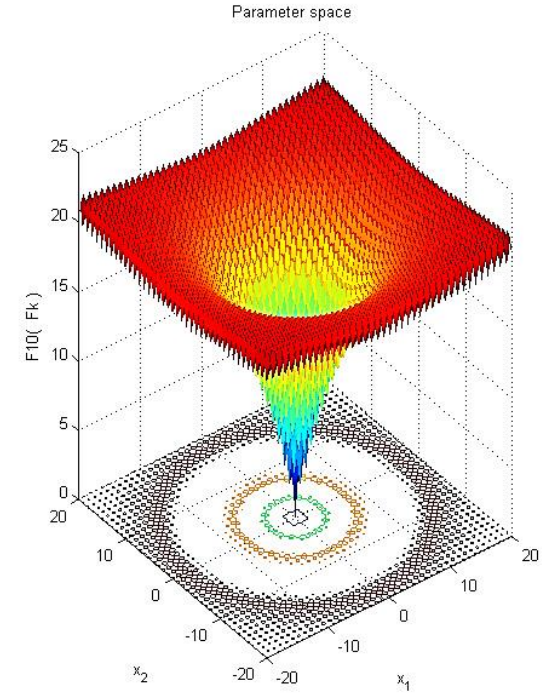
هدف این آزمایش این است که چون جمعیت اولیه کلونی مورچه چندگانه به‌صورت تصادفی تولید میگردد طبیعتاً در هر بار اجرا، مقدار خروجی متفاوت از یکدیگر خواهند بود اگر خروجی‌ها به هم نزدیک باشند و انحراف معیار کمتری داشته باشند یعنی الگوریتم پایدار است و بالعکس.





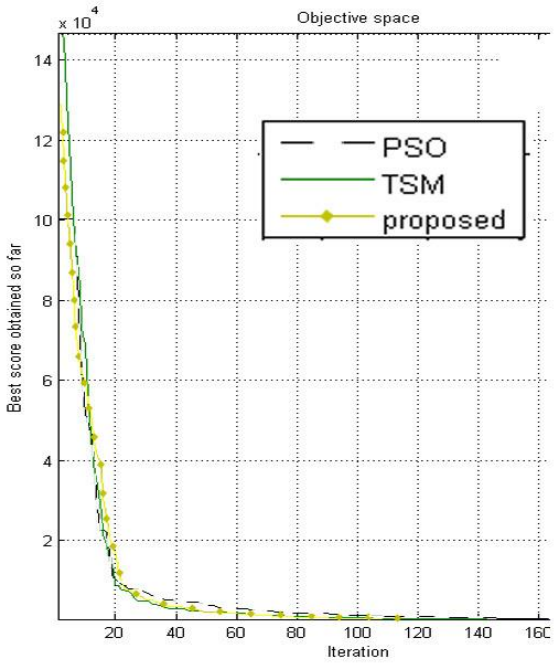
شکل ۴. مقایسه همگرایی روش‌ها در Nseed_set= 10

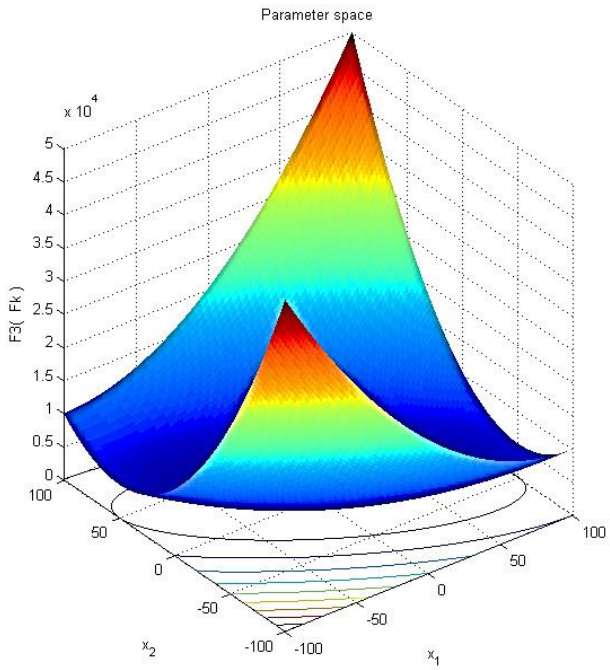




شکل ۵. مقایسه همگرایی روشها در Nseed_set= 5

نتایج شکل ۵ نشان می‌دهد که الگوریتم کلونی مورچه چندگانه ازنظر همگرا شدن به پاسخ خوب عمل می‌کند حتی در مورد شبکه‌های تحت اینترنت اشیاء که بزرگ‌ترین سرویس را پیدا نمی-کند تعداد میانگین بهترین است و حاکی از این است که این الگوریتم همگرایی به پاسخ خوبی دارد.





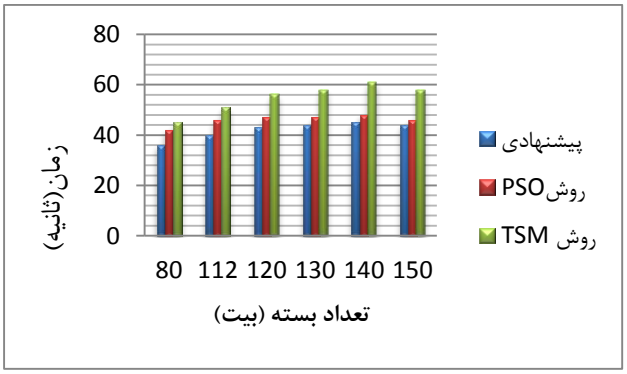
شکل ۶. مقایسه همگرایی روش‌ها در Nseed_set= 20.

با بررسی نتایج حاصل از این آزمایش مشخص می‌گردد که روش پیشنهادی برای مسیریابی در اینترنت اشیاء با توازن بار از درجه همگرایی خوبی برخوردار است و میزان توازن بار نزدیک بهینه را پیدا می‌کند. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد که زمان پاسخ دریافتن

مسیریابی در اینترنت اشیاء با توازن بار توسط روش پیشنهادی کلونی مورچه چندگانه بهتر از الگوریتم‌های PSO [۲]، TSM [۶] است.

۴_۲ معیار زمان اجرا

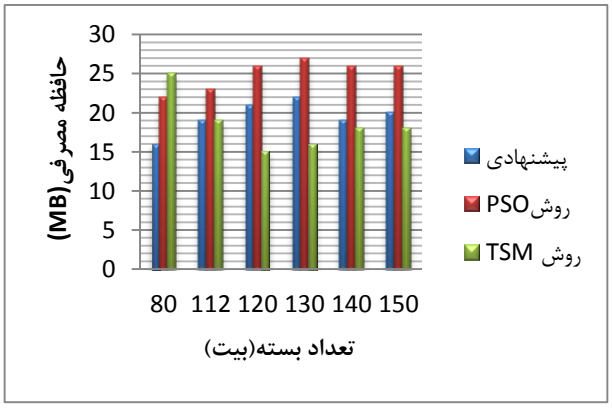
در این معیار مدت‌زمان انجام کامل درخواست‌های مسیریابی و توازن بار در اینترنت اشیاء مورد مقایسه قرارگرفته است. همانطور که در شکل ۷ قابل‌مشاهده است ، در هر مرحله تعداد بسته‌ها در اینترنت اشیاء بیشتر شده است



شکل ۷. مقایسه زمان اجرا در روشهای مختلف

۴_۳ معیار حافظه مصرفی

همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده، در این معیار میزان حافظه مصرفی (برحسب مگابایت) بررسی‌شده است و درخواست‌های مسیریابی در اینترنت اشیاء بر اساس تعداد بسته‌ها ارسالی مورد مقایسه قرارگرفته است. نتایج نشان می‌دهد که روش ازدحام ذرات به ازای بسته‌های بیشتر، کمترین میزان مصرف حافظه را دارد و روش پیشنهادی به ازای تعداد زیاد بسته‌ها ، حافظه مصرفی را افزایش نمی‌دهد.



شکل ۸. مقایسه حافظه مصرفی در روشهای مختلف

۴،۴ معیار انرژی مصرفی

در این معیار مقدار انرژی مصرفی برای انتقال اطلاعات از مبدأ به مقصد شبکه‌های اینترنت اشیاء تا انجام کامل درخواست‌های مسیریابی، مورد مقایسه قرارگرفته است. همچنین در هر مرحله تعداد بسته‌های مربوط به داده‌ها بیشتر شده است. در این مدل انرژی ، مقدار انرژی لازم برای انتقال k-بیت روی مسافت d با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود[۱۶]:

$$E_{Tx}(k,d)=\begin{cases} kE_{elec}+k\varepsilon_{fs}d^2 & d<d_0 \\ kE_{elec}+k\varepsilon_{mp}d^4 & d\geq d_0 \end{cases} \quad (۷)$$

انرژی مصرفی برای دریافت این پیام به‌صورت رابطه (۸) محاسبه می‌شود [۱۶]:

$$E_{Rx}(k)=kE_{elec} \quad (۸)$$

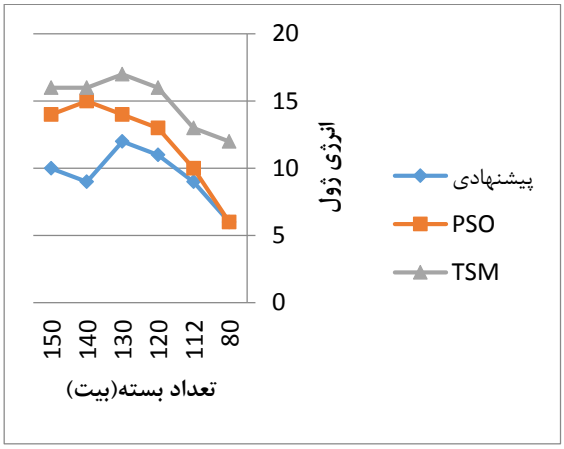
و انرژی مصرفی برای انتقال و دریافت یک پیام درمجموع با رابطه (۹) محاسبه می‌شود[۱۶]:

$$E_{Fr}=E_{Tx}+E_{Rx} \quad (۹)$$

که در این روابط، d_0 یک مقدار آستانه، E_{elec} انرژی الکترون‌ها، ε_{fs} و ε_{mp} نشان‌دهنده‌ی انرژی تقویت‌کننده است. مقدار آستانه‌ی d_0 با رابطه (۱۰) به دست می‌آید [۱۶]:

$$d_0=\sqrt{\varepsilon_{fs}/\varepsilon_{mp}} \quad (۱۰)$$

همان‌طور که در شکل ۹ قابل مشاهده است روش کلونی مورچگان چندگانه میزان انرژی مصرفی کمتری نسبت به روش‌های مشابه را به خود اختصاص داده است.



شکل ۹. مقایسه انرژی لازم برای انتقال درخواست

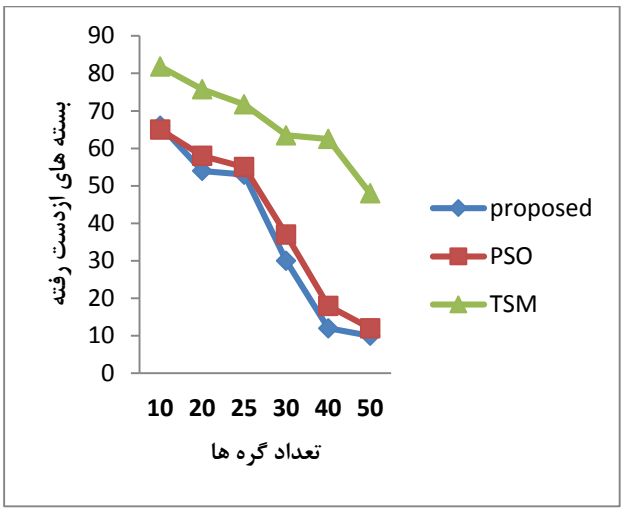
۴,۵ آزمایش کیفیت

دلیل اصلی انجام این آزمایش بررسی و مقایسه کیفیت مسیرهای ایجادشده شبکه‌های تحت اینترنت اشیاء توسط روش کلونی مورچه چندگانه و الگوریتم‌های مشابه است. برای انجام این آزمایش برای ۲۰ درخواست مختلف با تعداد مسیرهای ۵، ۱۰ و ۲۰ روش‌های فوق اجراشده و میانگین توان عملیاتی به‌دست‌آمده از اجرای آن‌ها در جدول ۴ آمده است. با دقت در نتایج جدول ۴ می‌توان به این نکته پی برد که کیفیت مسیرهای تولیدشده توسط روش کلونی مورچگان چندگانه از الگوریتم‌های [۲] و [۶] با توجه به معیارهای کیفیت مسیر بهتر است.

جدول ۴. مقایسه کیفیت مسیرهای تولیدشده در اینترنت اشیا

روش	n = 5	n = 10	n = 20
PSO	۱۰/۹۸۵۶۲	۱/۶۷۵۲	۰/۲۸۹۵۲
TSM	۱۳/۲۲۳۴	۳/۵۹۶۸	۰/۳۶۹۶۱
روش پیشنهادی	۱۵/۶۸۵۹۴	۴/۸۹۸۵۴	۰/۴۲۶۵۸

همچنین در شکل (۱۰) میزان بسته‌های ازدست‌رفته در سه پروتکل PSO، TSM و روش پیشنهادی با افزایش تعداد گره‌ها از ۱۰ گره به ۵۰ گره مقایسه شده است.



شکل ۱۰. مقایسه میزان بسته‌های ازدست‌رفته در اثر افزایش تعداد گره‌ها

۴. نتیجه گیری

در این مقاله یک چارچوب جدید برای مسیریابی در اینترنت اشیاء با آگاهی از کیفیت در شبکه‌های تنیده[۱۴] ارائه شده است. تلاش روش پیشنهادی بر این بود تا یک ترکیب مسیر بهینه را پیدا کند که از میزان شایستگی خوبی برخوردار باشد.. استفاده از الگوریتم کلونی مورچه چندگانه زمان لازم برای مسیریابی در اینترنت اشیاء را کاهش می‌دهد. با مقایسه الگوریتم‌های هم‌راستا ، به این نتیجه رسیدیم که زمان پاسخ الگوریتم کلونی مورچه چندگانه در مقایسه با الگوریتم‌های ازدحام ذرات و جستجوی ممنوعه کمتر است. همچنین با توجه به نمودارهای همگرایی، برای الگوریتم کلونی مورچگان چندگانه به ازای تعداد مختلف مسیرها ، آزمایش جواب واحدی به دست داده است. بنابراین همگرایی الگوریتم کلونی مورچگان چندگانه خوب بوده و می‌توان نتیجه گرفت که جواب به‌دست‌آمده از الگوریتم پیشنهادی، نزدیک جواب بهینه می‌تواند باشد.

مراجع

[۱] صادق سبزی، روش جدید مسیریابی با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ذرات در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، اولین همایش

[۱۴] Mesh Network

داخلی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، بروجن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجن، ۱۳۹۳.

[۲] میثم پناهی, و علی یاراحمدی، شبکه‌ی حسگر به یسیم در اینترنت اشیاء و عصر رایانش ابری، سومین همایش ملی مهندسی رایانه و مدیریت فناوری اطلاعات، تهران، شرکت علم و طلوع فرزین، ۱۳۹۵.

[3] N. Kushalnagar, G. Montenegro, & C. Schumacher, IPv6 over low-power wireless personal area networks (6LoWPANs): overview, assumptions, problem statement, and goals, 2007.

[4] J. V. Sobral, J. J. Rodrigues, R. A. Rabêlo, J. Al-Muhtadi, & V. Korotaev, Routing protocols for low power and lossy networks in *internet of things applications. Sensors*, 19(9), 2144, 2019.

[5] O. Said, Analysis, design and simulation of Internet of Things routing algorithm based on ant colony optimization. *International Journal of Communication Systems*, 30(8), e3174, 2017.

[۶] سید مهدی دادگر ، علی برومند نیا و سمیه فرهنگ ادیب، چالش های موجود در اینترنت اشیاء و راه‌های مقابله با آن دررسیدن به یک شهر هوشمند، کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، بابل، موسسه علمی تحقیقاتی کومه علم آوران دانش، ۱۳۹۵.

[7] S. Randhawa, & S. Jain, Data aggregation in wireless sensor networks: Previous research, current status and future directions. *Wireless Personal Communications*, 97(3), 3355-3425, 2017.

[8] T. Baker, M. Asim, H. Tawfik, B. Aldawsari, & R. Buyya, An energy-aware service composition algorithm for multiple cloud-based IoT applications. Journal of Network and Computer Applications, 89, 96-108, 2017.

[9] S. B. Shah, Z. Chen, F. Yin, I. U. Khan, & N. Ahmad, Energy and interoperable aware routing for throughput optimization in clustered IoT-wireless sensor networks. Future Generation Computer Systems, 81, 372-381, 2018.

[10] F. Al-Turjman, Cognitive routing protocol for disaster-inspired internet of things. *Future Generation Computer Systems*, 92, 1103-1115, 2019.

[11] O. Gaddour, & A. Koubâa, RPL in a nutshell: A survey. *Computer Networks*, 56(14), 3163-3178, 2012.

[12] H. S. Kim, H. Kim, J. Paek, & S. Bahk, Load balancing under heavy traffic in RPL routing protocol for low power and lossy networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 16(4), 964-979, 2016.

[13] S. Hamrioui, C. A. M. Hamrioui, J. Lioret, P. & Lorenz, Smart and self-organised routing algorithm for efficient IoT communications in smart cities. *IET Wireless Sensor Systems*, 8(6), 305-312, 2018.

[14] S. Banerjee , D. Wu , X. Lin , X. Zhang , T. Abdelzaher , S. Avestimehr , V. Bahl, S. Basagni , D. Blough , R.B. R , M. Buddhikot , Final report from the NSF Work- shop on *Future Directions in Wireless Networking*, pp. 1025-1037, 2014.

[15] D. Thomas, O. Deblecker, & C. S. Ioakimidis, Optimal operation of an energy management system for a grid-connected smart building considering photovoltaics' uncertainty and stochastic electric vehicles' driving schedule. *Applied Energy*, 210, 1188-1206, 2018.

[16] V. C. Gungor, D. Sahin, T. Kocak, S. Ergut, C. Buccella, C. Cecati, & G. P. Hancke, G. P. A survey on smart grid potential applications and communication requirements. *IEEE Transactions on industrial informatics*, 9(1), 28-42, 2012.

Improved routing for load balancing in wireless sensor networks on the Internet of things, based on multiple ant colony algorithm

***Abstract*:**
An important issue in dynamic computer networks such as Internet networks, where the cost of connections varies continuously, is to create a traffic load balancing and increase the transmission speed of packets in the network, so that data packets are using paths with minimal congestion, as a result, one of the main approaches to solve routing problems and load balancing algorithms is based on ant - based algorithms using a novel approach based on optimization of multiple ant colony optimization, the purpose of this research is to present an appropriate routing algorithm in order to shorten and improve the path due to end - to - end delay parameters, packet loss rate, bandwidth and energy consumption rate, to reach a sense of data on the Internet systems. this method has been implemented in MATLAB software and shows the results of the improvement experiments in the mentioned parameters.

***Keywords*:** Routing, load balancing, Internet of things and ant colony algorithm