

بهینه‌سازی خوشه‌بندی و مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با مدل‌های EECHS-ISSADE، IMD-EACBR و ABC-ACO

فائزه قیاسی، رانیا کارگر و ملیکا ملکی
دانشجویان کارشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان
مهندسی کامپیوتر

چکیده

شبکه‌های حسگر بی‌سیم و اینترنت اشیا به دلیل کاربردهای گسترده در حوزه‌هایی همچون نظارت بر محیط، حمل‌ونقل هوشمند و مراقبت‌های بهداشتی، توجه بسیاری را به خود جلب کرده‌اند. یکی از چالش‌های اساسی این شبکه‌ها، محدودیت انرژی گره‌های حسگر و تأثیر آن بر طول عمر شبکه است. در این راستا، استفاده از تکنیک‌های مسیریابی براساس خوشه‌بندی به همراه الگوریتم‌های فراابتکاری برای انتخاب سرخوشه‌ها و طراحی مسیرهای بهینه‌ی انتقال داده‌ها به عنوان راهکاری مناسب مطرح شده است. ما در این مقاله سه مدل پیشرفته برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و بهبود عملکرد شبکه ارائه می‌دهیم. IMD-EACBR که از الگوریتم ارشمیدس بهبودیافته برای انتخاب سرخوشه‌ها و از الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری اصلاح‌شده‌ی دورگه برای مسیریابی چندپرسی استفاده می‌کند، مدل EECHS-ISSADE که ترکیبی از الگوریتم‌های جست‌وجوی گنجشک و تکامل تفاضلی را برای خوشه‌بندی مسیریابی پیشنهاد می‌دهد و مدل ترکیبی ABC-ACO که از الگوریتم زنبور عسل مصنوعی و کلونی مورچه‌ها برای کاهش تأخیر و توازن مصرف انرژی بهره می‌گیرد. براساس نتایج شبیه‌سازی‌ها مدل‌های پیشنهادی ما در مقایسه با روش‌های پیشین، منجر به افزایش طول عمر شبکه، کاهش مصرف انرژی و بهبود نرخ انتقال داده‌ها می‌شوند. این تحقیق گامی مؤثر در راستای بهینه‌سازی شبکه‌های حسگر بی‌سیم و اینترنت اشیا است.

مقدمه

در سال‌های اخیر، اینترنت اشیا¹ و شبکه‌های حسگر بی‌سیم² به عنوان دو فناوری نوین و کلیدی، نقش مهمی در زمینه‌های مختلفی از جمله نظارت بر محیط، مراقبت‌های بهداشتی هوشمند، حمل و نقل هوشمند و اتوماسیون صنعتی ایفا کرده‌اند [۱، ۲، ۳]. در این شبکه‌ها، گره‌های حسگر³ به صورت گسترده در مناطق جغرافیایی پراکنده می‌شوند. این گره‌ها اطلاعات محیطی را جمع‌آوری کرده و به ایستگاه پایه⁴ ارسال می‌کنند. یکی از چالش‌های اصلی این شبکه‌ها، محدودیت انرژی گره‌های حسگر است، چرا که این گره‌ها به طور معمول وابسته به باتری‌های محدود هستند. مصرف سریع انرژی در گره‌ها می‌تواند باعث کاهش طول عمر شبکه⁵ و اختلال در انتقال داده‌ها شود. به همین دلیل، بهینه‌سازی مصرف انرژی و طراحی راهکارهایی برای افزایش طول عمر شبکه از مهم‌ترین اولویت‌ها در این حوزه به شمار می‌روند.

تکنیک‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی

یکی از راهکارهای موثر برای مقابله با محدودیت‌های انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، استفاده از تکنیک‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه‌بندی است. در این روش، شبکه به چندین خوشه تقسیم می‌شود و برای هر خوشه یک سرخوشه تعیین می‌گردد. سرخوشه‌ها وظیفه جمع‌آوری داده‌ها از گره‌های عضو خوشه و انتقال آن‌ها به ایستگاه پایه را بر عهده دارند. انتخاب بهینه سرخوشه‌ها و مسیریابی داده‌ها به منظور کاهش مصرف انرژی، افزایش طول عمر شبکه و بهبود کارایی به‌ویژه در شبکه‌های بزرگ و پیچیده اهمیت زیادی دارند.

الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای انتخاب سرخوشه‌ها

برای انتخاب بهینه سرخوشه‌ها⁶، الگوریتم‌های فراابتکاری⁷ متعددی ارائه شده‌اند. این الگوریتم‌ها با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته و تحلیل پارامترهای مرتبط، نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه ایفا می‌کنند. برخی از الگوریتم‌های موثر در این زمینه عبارتند از:

● الگوریتم بهینه‌سازی ارشمیدس بهبود یافته⁸

این الگوریتم با بهره‌گیری از یک تابع تناسب⁹ که پارامترهایی نظیر فاصله، بهره‌وری انرژی و درجه‌ی گره را در نظر می‌گیرد، سرخوشه‌های بهینه را انتخاب می‌کند.

● الگوریتم جست‌وجوی گنجشک¹⁰

این الگوریتم از رفتار اجتماعی گنجشک‌ها در یافتن منابع غذایی الهام گرفته و با تحلیل انرژی باقی‌مانده‌ی گره‌ها و فاصله‌ی آن‌ها از ایستگاه پایه، سرخوشه‌های بهینه را تعیین می‌کند.

¹ Things Of Internet

² Networks Sensor Wireless

³ Nodes Sensor

⁴ Station Base

⁵ Lifetime Network

⁶ Head Cluster

⁷ Algorithms Metaheuristic

⁸ Algorithm Optimization Archimedes Improved

⁹ Function Fitness

¹⁰ Algorithm Search Sparrow

● الگوریتم تکامل تفاضلی¹¹

این الگوریتم با بهره‌گیری از روش‌های بهینه‌سازی با پیچیدگی کم و پایدار، فرآیند انتخاب سرخوشه‌ها را تسهیل می‌کند.

● الگوریتم زنبور عسل بهبودیافته¹²

این الگوریتم با الهام از رفتار زنبورها در یافتن منابع غذایی، گره‌هایی با بیشترین بهره‌وری انرژی و مناسب‌ترین موقعیت مکانی را به عنوان سرخوشه انتخاب می‌کند.

الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیریابی

برای انتخاب بهینه سرخوشه‌ها، الگوریتم‌های فراابتکاری علاوه بر انتخاب سرخوشه‌ها، طراحی الگوریتم‌های بهینه برای مسیریابی داده‌ها¹³ از دیگر چالش‌های اساسی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم است. این الگوریتم‌ها با هدف کاهش مصرف انرژی، بهبود تاخیر در انتقال داده‌ها و افزایش کارایی طراحی می‌شوند. برخی از الگوریتم‌های برجسته در این زمینه شامل موارد زیر است:

● الگوریتم مسیریابی چندپرسی مبتنی بر بهینه‌سازی آموزش و یادگیری-اصلاح شدهی ترکیبی¹⁴

این الگوریتم از روش‌های بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری برای یافتن مسیرهای بهینه بین گره‌ها استفاده می‌کند.

● الگوریتم کلونی مورچه بهبودیافته¹⁵

این الگوریتم با ایجاد مسیرهای چندپرسی بهینه از سرخوشه‌ها به ایستگاه پایه، به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند.

مدل‌های پیشنهادی

برای دستیابی به بیشترین بهره‌وری انرژی و افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مدل‌های ترکیبی مبتنی بر الگوریتم‌های بهینه‌سازی طراحی شده‌اند. از جمله مدل‌های پیشنهادی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

● مدل IMD-EACBR [۴]

این مدل از ترکیب دو الگوریتم قدرتمند ارشمیدس بهبودیافته و بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری-اصلاح شدهی ترکیبی برای انتخاب بهینهی سرخوشه‌ها و مسیریاب چندپرسی استفاده می‌کند. هدف این مدل کاهش تاخیر، متوازن‌سازی مصرف انرژی و بهبود کارایی شبکه است.

¹¹ Evolution Differential

¹² Colony Bee Artificial Improved

¹³ Routing Data

¹⁴ Routing Multi-Hop for Optimization Teaching-learning-Based

¹⁵ Optimization Colony Ant Improved

● مدل EECHS-ISSADE [۵]

در این مدل، الگوریتم‌های جست‌وجوی گنجشک و تکامل تفاضلی برای انتخاب سرخوشه‌ها و بهبود فرآیند مسیریابی استفاده می‌شوند. هدف اصلی این مدل کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه از طریق انتخاب بهینه سرخوشه‌ها است.

● مدل ترکیبی ABC-ACO [۶]

این مدل، از الگوریتم زنبور عسل مصنوعی برای انتخاب سرخوشه‌ها و از الگوریتم کلونی مورچه‌ها برای مسیریابی بهینه داده‌ها استفاده می‌کند. مکانیزم کنترل درون‌خوشه‌ای نیز برای کاهش مصرف انرژی در گره‌های غیرفعال به این مدل اضافه شده است. این مقاله تلاش دارد تا با طراحی و بررسی مدل‌های پیشنهادی، گام‌های موثری در راستای کاهش مصرف انرژی، افزایش طول عمر شبکه و بهبود عملکرد اینترنت اشیا و شبکه‌های حسگر بی‌سیم بردارد.

مراجع

- [۱] Sharma, Deepak, and Amol P. Bhondekar. "Traffic and energy aware routing for heterogeneous wireless sensor networks." *IEEE Communications Letters* 22.8 (2018): 1608-1611.
- [۲] Farsi, Mohammed, et al. "A congestion-aware clustering and routing (CCR) protocol for mitigating congestion in WSN." *IEEE Access* 7 (2019): 105402-105419.
- [۳] Satpathy, Sambit, et al. "Design a FPGA, fuzzy based, insolent method for prediction of multi-diseases in rural area." *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 37.5 (2019): 7039-7046.
- [۴] Kathirolu, Panimalar, and Kanmani Selvadurai. "Energy efficient cluster head selection using improved Sparrow Search Algorithm in Wireless Sensor Networks." *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences* 34.10 (2022): 8564-8575.
- [۵] Lakshmana, Kuruva, et al. "Improved metaheuristic-driven energy-aware cluster-based routing scheme for IoT-assisted wireless sensor networks." *Sustainability* 14.13 (2022): 7712.
- [۶] Wang, Zongshan, et al. "An energy efficient routing protocol based on improved artificial bee colony algorithm for wireless sensor networks." *IEEE Access* 8 (2020): 133577-133596.