APJ. 4(2):50-59, Summer 2023

Arman Process Journal (APJ)

Homepage: armanprocessjournal.ir

Investigation of Target Based Routing Approaches in Wireless Sensor Networks

M. Taheri*[*,1], M.Sadeghi

[1] Department of educational management, faculty of management and economy, Shiraz Islamic Azad University, Shiraz, Iran

[2] Department of educational management, faculty of management and economy, Shiraz Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Received: 22 June 2023
Accepted: 28 August 2023

KEYWORDS:
Target Tracking,
Ranking Algorithms,
Wireless Sensor Network,
Cyber Physical Systems,

[1] Corresponding author
m.taheri2009@yahoo.com

ABSTRACT

Nowadays, wireless networks can be used in interaction with many novel applications such as, traffic monitoring, battlefield survey, monitoring based on sensors and distribution networks. Wireless sensor networks are one of the important applications of cyber-physical systems in which information is collected from the surrounding environment by using a large number of sensor nodes in a wide environment. A wireless network can be a community of sensor networks with computing and information devices. These systems can intelligently monitor the state of the surrounding environment and react with an intelligent response to the events of the surrounding environment. Due to the technological limitations and environmental influences, the sensor data collected by these systems are inherently noisy and may have may issues and false alarms, and it is highly desirable to sift meaningful information from a large set of noisy data. Target tracking in these systems is a critical problem that has occupied many researches and in recent years, with the realization of the possibility of building wireless sensor networks, the use of these networks in different environments for tracking moving targets has also been proposed, and one of the most important issues in this Networks are considered. In this research, we investigate the approaches of tracking targets on wireless sensor network. We present the issues and problems of tracking, then we continue to review the common tracking methods in these networks and related qualitative parameters.

NUMBER OF REFERENCES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF TABLES
16	1	0

نشریه تخصصی آرمان پردازش، دوره ۴، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

فصلنامه تخصصی آرمان پردازش

(APJ)

Homepage: www.armanprocessjournal.ir

بررسی رویکردهای مسیریابی هدفمند در شبکه های حسگر بی سیم

محمد طاهری*[۱]، معصومه صادقی*[۲]

۱ گروه مدیریت آموزشی، دانشکده اقتصاد و مدیریت واحد شیراز، شیراز، ایران

۲ گروه مدیریت آموزشی، دانشکده اقتصاد و مدیریت واحد شیراز، شیراز، ایران

چکیده

امروزه شبکه های بی سیم می‌توانند در تعامل با بسیاری از کاربردهای نوین مانند مانیتورینگ ترافیک، بررسی میدان جنگ و مانیتورینگ بر مبنای حسگر و شبکه های توزیعی بکار روند. شبکه های حسگر بی‌سیم یکی از کاربردهای مهم سیستم‌های سایبر فیزیکی به شمار می‌آیند که در آنها با استفاده کردن از تعداد زیادی گره حسگر در یک محیط وسیع جمع‌آوری اطلاعات از محیط پیرامون صورت می پذیرد. یک شبکه بی سیم می تواند اجتماعی از شبکه‌های حسگر با دستگاه‌های محاسباتی و اطلاعاتی باشد. این سیستم‌ها می توانند وضعیت محیط اطراف را به‌صورت هوشمندانه نظارت و پایش نموده و با پاسخی هوشمندانه به رخدادهای محیط اطراف، واکنش نشان دهند. به دلیل محدودیت‌های تکنولوژیکی و تأثیرات زیست محیطی، داده‌های حسگر جمع‌آوری‌شده توسط این سیستم‌ها ذاتاً نویزی بوده و ممکن است هشدارهای بسیاری اشتباه صادر کنند و این بسیار مطلوب است که اطلاعات معنی‌دار از یک مجموعه‌ی بزرگ داده‌های نویز دار غربال شوند. رهگیری اهداف در این سیستم ها مسئله‌ای است که تحقیقات بسیاری را به خود مشغول کرده و در سال‌های اخیر با محقق شدن امکان ساخت شبکه‌های حسگر بی‌سیم، استفاده از این شبکه‌ها در محیط‌های مختلف برای رهگیری هدف‌های متحرک نیز مطرح‌شده است و یکی از مهم‌ترین موضوعات در این شبکه ها بشمار می‌آید. در این پژوهش به بررسی رویکردهای رهگیری اهداف بر روی شبکه حسگر بی‌سیم پرداخته، مسائل و مشکلات رهگیری را مطرح می‌کنیم، سپس در ادامه به بررسی روش‌های رهگیری رایج در این شبکه ها و پارامترهای کیفی مرتبط می پردازیم.

واژگان کلیدی:

رهگیری هدف،

الگوریتم های رتبه‌بندی،

شبکه حسگر بی‌سیم،

سیستم‌های سایبر فیزیکی،

تعداد جداول	تعداد شکل ها	تعداد مراجع
۰	۱	۱۶

مقدمه

یک سیستم سایبری-فیزیکی اساسا دستگاه‌های فیزیکی مانند حسگرها و دوربین‌ها را با مؤلفه‌های سایبری و یا اطلاعاتی برای ساختن یک سیستم تحلیلی سناریویی-یکپارچه که ممکن است به‌صورت معقولانه به تغییرات دینامیکی موقعیت‌های جهان واقعی پاسخ دهد، یکپارچه می‌کند. این امر به‌صورت عادی به‌عنوان یک شبکه‌ی حسگر از اجزای برهمکنش دار با یک حجم عظیم داده، توسعه داده می‌شود. سیستم سایبر فیزیکی فرایندهای فیزیکی پویا و ارتباطات تجرید و مدل‌سازی و تکنیک‌های تحلیل و طراحی را برای منسجم سازی بر روی همه اجزای سیستم پیاده‌سازی می‌کند. در این میان‌بر روی کامپیوترهای پویا، شبکه‌های حسگر و سیستم‌های فیزیکی بسیار اثرگذار است و اساساً نیاز به طراحی فناوری‌های جدید دارد [۱]. این سیستم داده‌های حسگر را به کاربردهای اطلاعاتی مختلف برای تحلیل زمان واقعی مرتبط می‌کند. سیستم‌های سایبر فیزیکی به‌صورت گسترده‌ای برای مانیتورینگ کردن ترافیک بزرگراه، پیش‌بینی آب‌وهوا، سیستم‌های بهداشتی و بررسی میدان جنگ بکار می‌روند. تحقیق در مورد سیستم‌های سایبر فیزیکی یک اولویت بالا در لیست سرمایه‌گذاری تحقیقات فدرال هیئت ایالات‌متحده بر روی علوم و تکنولوژی است. این فناوری یکپارچه کننده دستگاه‌های فیزیکی با محاسباتی به شمار می‌آید و به‌صورتی باید عمل کند که بر روی رخدادهای دینامیک در جهان واقعی پاسخی هوشمندانه و مناسب پیدا کنند. شبکه حسگر بی‌سیم نمونه‌ای از سیستم‌های سایبر فیزیکی است. پیشرفت‌های اخیر در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم توانایی طراحی و ساخت حسگرهایی را با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربری‌های گوناگون را داده است. این حسگرهای کوچک که توانایی انجام اعمالی چون دریافت اطلاعات مختلف محیطی (بر اساس نوع حسگر، پردازش و ارسال آن اطلاعات) را دارند، موجب پیدایش ایده‌ای برای ایجاد و گسترش شبکه‌های موسوم به شبکه‌های بی‌سیم حسگر شده‌اند [۲].

شبکه حسگر بی‌سیم نوعی خاص از شبکه بی‌سیم ادهاک[1] می‌باشد. شبکه حسگر بی‌سیم تمام ویژگی‌هایی شبکه ادهاک مانند خودسازمان‌دهی ، خود بازسازی و تمام تطابقات بر روی اجزای بی‌سیم را دارا می‌باشد. شبکه حسگر بی‌سیم از تعداد بسیار زیادی گره تشکیل‌شده است. این گره‌ها در یک محیط فیزیکی استقرار یافته‌اند به‌صورت که قادر به شناسایی رویداد های پیرامون خود هستند. هر گره توانایی ارتباط برقرار کردن با گره‌های همسایه را دارد و اطلاعات را ردوبدل می‌کند، همچنین آن‌ها مجموعه‌ای از محاسبات را انجام می‌دهند و قابلیت ذخیره‌سازی داده‌ها را نیز دارند. هر گره بسیار کوچک است و با این کوچکی بخشی جدا ناپذیر شبکه حسگر بی‌سیم است. این گره‌های کوچک هزینه اندکی برای ساخت آن‌ها صرف می‌شود ولی باید توان محاسباتی بالایی داشته باشند و همچنین از انرژی موجود در گره‌ها به بهینگی استفاده کنند. همچنین عموما از این گره‌ها به‌صورت چندمنظوره استفاده می‌شود. شبکه‌های حسگر معمولاً در مکان‌هایی استقرار می‌یابند که دورافتاده هستند مانند مناطق جنگی ، به چنین مناطقی که در آن‌ها هدف نیز وجود دارد را مناطق تحت نظارت بیان می‌شود. این گره‌ها به‌عنوان وسایلی که قادر به پوشش مناطق بزرگ ارائه‌دهنده اطلاعات می‌باشند. این گره‌ها به یکدیگر اتصال دارند و هر گره به‌صورت مجزا گزارشی از محیط پیرامون خود ایجاد می‌کند[۴-۳].

رهگیری اهداف در شبکه های بی سیم

رهگیری اهداف متحرک مسئله‌ای است که از دیرباز ذهن بشر را به خود مشغول کرده و در سال‌های اخیر با محقق شدن امکان ساخت شبکه‌های حسگر بی‌سیم، استفاده از این شبکه‌ها در محیط‌های مختلف برای رهگیری هدف‌های متحرک نیز مطرح‌شده است و یکی از مهم‌ترین موضوعات در این شبکه بشمار می‌آید. الگوریتم‌های ردیابی اهداف برنامه‌های کاربردی هستند که باید از منابع موجود در یک گره حسگری به‌خوبی استفاده کنند. به‌طور معمول الگوریتم‌های ردیابی اهداف بر پایه محاسبات سنگین و پیچیده بر روی پردازش سیگنال هستند که این الگوریتم‌های ردیابی اهداف سیگنال مرکزی توسعه می‌یابند. بر همین اساس به‌طورمعمول الگوریتم‌های ردیابی اهداف نمی‌توانند در داخل شبکه حسگر بر روی حسگرها قرار گیرند و اگر این‌طور شود به منابع زیادی احتیاج دارد و همچنین انرژی هر حس‌گر نیز بسیار محدود است. بر همین اساس الگوریتم‌های ردیابی اهداف باید طوری طراحی شوند که برای مصرف انرژی بهینه‌شده باشند همچنین از پهنای باند مصرفی در ارتباطات با دیگر گره‌ها به‌خوبی استفاده کند و در ارسال داده‌ها کمترین انباشتگی وجود داشته باشد [۵].

اساسا یک شبکه حسگر متشکل از تعداد زیادی گره‌های حسگری است که در یک محیط به‌طور گسترده پخش‌شده و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط می‌پردازند. لزوماً مکان قرار گرفتن گره‌های حسگری، از قبل تعیین‌شده و مشخص نیست. چنین خصوصیتی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوانیم آن‌ها را در مکان‌های خطرناک و یا غیرقابل‌دسترس رها کنیم. بااینکه هر حسگر به‌تنهایی توانایی ناچیزی دارد، اما ترکیب صدها حسگر کوچک امکانات جدیدی را عرضه می‌کند. درواقع قدرت شبکه‌های بی‌سیم حسگر در توانایی به‌کارگیری تعداد زیادی گره کوچک است که خود قادرند سرهم و سازمان‌دهی شوند و در موارد متعددی چون مسیریابی هم‌زمان، نظارت بر شرایط محیطی، نظارت بر محیط‌های نظامی و یا در رهگیری اهداف به کار گرفته شوند. در سال‌های اخیر با محقق شدن امکان ساخت شبکه‌های حسگر بی‌سیم، استفاده از این شبکه‌ها در محیط‌های مختلف برای رهگیری هدف‌های متحرک نیز مطرح‌شده است. شناسایی هدف به این مفهوم است که شبکه باید قادر به شناسایی و تشخیص حضور هدف در محدوده شبکه باشد و رده‌بندی هدف به این مفهوم است که هدف شناسایی‌شده مشخص شود که به کدام دسته از اهداف تعلق دارد. در این زمینه انتخاب نوع نودهای

[1] Adhoc Wireless Networks

حسگری به‌عنوان یک اصل مهم در کاربردهای ردیابی اهداف در شبکه‌های حسگری مطرح است. زیرا انتخاب صحیح نوع نودهای حسگری تأثیر بسزایی در افزایش کارایی ردیابی هدف ایفا می‌کند. معمولاً با توجه به نوع اهداف، نودهای حسگری انتخاب می‌شوند ازجمله آن‌ها می‌توان به نودهای حسگری مانند حسگر صدا، درجه حرارت، مغناطیسی و... را نام برد [۷-۶].

در این شبکه ها بمنظور پردازش گره‌ها داده‌ها را از محیط اطراف به‌وسیله حسگرها دریافت کرده و با توجه به اینکه این گره‌ها در داخل خود پردازنده دارند، برای کم شدن حجم انتقال اطلاعات، گره‌ها فقط داده موردنیاز را پس از پردازش داده‌های اولیه ارسال می‌کنند. زمانی که بر روی‌داده‌ها پیش‌پردازش انجام شود، درصورتی‌که قدرت سیگنال دریافتی بیش از حد آستانه باشد آن را برای برنامه کاربردی ناظر ارسال می‌کند و در برنامه کاربردی ناظر نیز بر روی‌داده‌هایی که غیرقابل‌اعتماد و غیر دقیق هستند پردازش نهایی صورت گرفته و مکان اهداف مشخص می‌شود. ما در این پژوهش به بررسی و شناسایی رویکردهای مسیریابی هدفمند در شبکه های حسگر بی‌سیم می‌پردازیم. الگوریتم‌های کاربردی که برای شبکه حسگر توسعه می‌یابند و در مأموریت‌های حساس و کلیدی از آن‌ها استفاده می‌شوند و از موارد بسیار مهم کارکرد در این‌گونه سیستم‌ها امنیت آن‌هاست. در مأموریت‌های حساس در برنامه‌های کاربردی حساس گره‌های حسگر به‌راحتی در محیط‌های جنگی و در میان دشمنان توسعه می‌یابند و به‌راحتی توسط آن‌ها شناسایی می‌شوند. درنتیجه گره‌های حسگری درخطر می‌افتند و می‌تواند مورداستفاده قرار بگیرند. لذا، به دلیل اهمیت موضوع در این پژوهش سعی داریم ابعاد مسئله رهگیری اهداف در شبکه حسگر بی‌سیم را بررسی نمائیم.

سیستم های سایبر فیزیکی و رویکردهای مسیریابی هدفمند

سیستم‌های سایبر فیزیکی مشخصاً برای یکپارچه‌سازی میان فرایندهای فیزیکی و محاسباتی به کار می‌روند. نظریه و کاربردهای سیستم سایبر فیزیکی بسیار چالش‌برانگیزند. دانستن این فرایند فهم بهتری را از متدولوژی در حال ظهور چند رشته‌ای منظم پدیدار می‌کند. سیستم سایبر فیزیکی فرایندهای فیزیکی پویا، ارتباطات تجرید، مدل‌سازی، تکنیک‌های تحلیل و طراحی را برای منسجم سازی بر روی همه اجزا یک سیستم پیاده‌سازی می‌کند. سیستم‌های سایبر فیزیکی در میان کامپیوترهای پویا، شبکه‌ها و سیستم‌های فیزیکی اثرگذار است و اساساً نیاز به طراحی فناوری‌های نوین دارد. این فناوری بستگی به دیسیپلین و نظم مانند سیستم‌های تعبیه‌شده، محاسبات، ارتباطات و نرم‌افزار تعبیه‌شده در دستگاه‌های فیزیکی دارد. برای انجام مأموریت‌ها تنها نمی‌توان به محاسبه اکتفا کرد و باید طراحی فیزیکی را نیز مد نظر قرارداد مانند ماشین‌ها، سیستم‌های پزشکی، ابزارهای علمی و سیستم‌های انتقال هوشمند. اکنون سیستم‌های سایبر فیزیکی در بسیاری از پروژه‌ها کاربرد دارند [۸و۶و۲].

اگر چه تحقیقات در زمینه سیستم‌های سایبر فیزیکی پیشرفت‌هایی را در مدل‌سازی، کنترل انرژی و امنیت در روش‌های طراحی نرم‌افزار را ایجاد کرده است؛ اما سیستم سایبر فیزیکی جای گام‌های بیشتری دارد و تحقیقات در این زمینه نوظهور است. هر سیستم‌های سایبر فیزیکی دارای برخی از ویژگی‌های زیر است [۱۰-۹]:

دقت در انسجام

سیستم سایبر فیزیکی فرایندهای فیزیکی و محاسبات را به دقت منسجم می‌کند.

ظرفیت محدود در هر یک اجزای فیزیکی

نرم‌افزارهای تعبیه‌شده در سیستم‌های سایبر فیزیکی محدودیت‌هایی در استفاده از منابع، اجزای فیزیکی، ارتباط شبکه‌ای (پهنای باند) و ... دارند.

شبکه‌بندی چندتایی و مقیاس‌های بزرگ آن‌ها

سیستم‌های سایبر فیزیکی شامل شبکه‌های سیمی و یا بدون سیم هستند، مانند WLAN، بلوتوث، GSM و غیره به‌صورت سیستم‌های توزیع‌شده می‌باشند. علاوه بر این محدوده سیستم و تنوع ابزارشان بسیار گوناگون است.

پیچیدگی در مقیاس زمانی و مکانی

در سیستم‌های سایبر فیزیکی از اجزای متنوع و مختلف و با پیچیدگی‌های متفاوتی استفاده می‌شود و آن اجزا باید بتوانند به‌صورت بلادرنگ عمل کنند.

تنظیم و سازمان‌دهی مجدد به‌صورت پویا

سیستم‌های سایبر فیزیکی خیلی سیستم‌های پیچیده‌ای هستند و باید ظرفیت‌های سازگار با محیط را داشته باشند و بتوانند به‌صورت پویا خود را در محیط‌های گوناگون وقف بدهند.

درجه بالای اتوماسیون

سیستم‌های سایبر فیزیکی مورد توجه در تعامل میان انسان با ماشین و فناوری‌های گوناگون و پیشرفته هستند و تا جای امکان سیستم‌های سایبر فیزیکی باید بتوانند خود ساماندهی داشته باشند. عملیات باید قابل‌اعتماد و در بعضی موارد تصدیق شده باشد. در سیستم‌های خیلی بزرگ، اطمینان و امنیت بسیار لازم است و باید سیستم‌های سایبر فیزیکی بتوانند از عهده آن برآیند.

کنترل انرژی

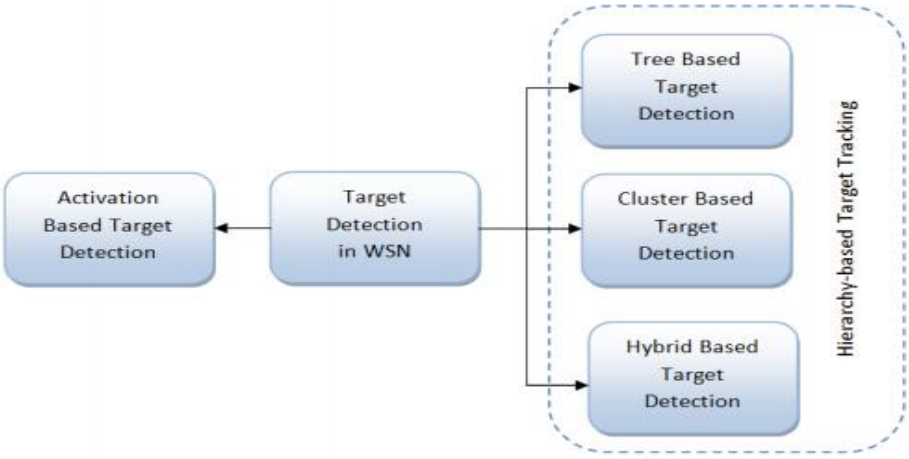
یکی از کاربردهای سیستم سایبر فیزیکی، در سیستم‌های توزیع‌شده است. اگر چه اکثر دستگاه‌های سیستم سایبر فیزیکی نیاز به انرژی کمی

دارند اما انرژی یک چالش بزرگ است زیرا برطرف کردن انرژی کار راحتی نیست.

کنترل امنیت

اخیرا تحقیقات مختلفی برای کنترل امنیت شامل مدیریت کلیدها، احراز هویت و مانند این‌ها صورت می‌پذیرد.

تخلف در وجود یکی از ویژگی ها، موارد کنترلی و امنیتی بالا می‌تواند منجر به فاجعه‌ای بزرگ در شبکه حسگر بی‌سیم شود و کل سیستم را ناکارآمد کند. برای مثال می‌توان گفت الگوریتم تشخیص هدف را فریب داد و با درج کردن اطلاعات و داده‌های غلط در داخل شبکه آن را فریب داده، همچنین مجموعه داده‌ها و ارسال اطلاعات غلط از طرق گره‌های حسگر که به‌صورت غیرمجاز ارسال‌شده است. از این بابت در هر الگوریتم تشخیص اهداف که آورده می‌شود نیاز به آدرس‌دهی امنیت آن است. مهم ترین رده های رویکردهای رهگیری هدف عبارتند از:



شکل ۱. رده بندی روش های رهگیری هدف

رهگیری اهداف براساس فعال‌سازی

الگوریتم‌های رهگیری اهداف بر پایه فعال‌سازی، عموما براساس فعالسازی نودهای حسگر خاص و بمنظور حفظ انرژی در شبکه بکار گرفته می شوند. اگرچه بکارگیری مداوم الگوریتم‌ها باعث می‌شوند کیفیت عملکرد و میزان دقت درمسیریابی کاهش‌یابد. بر این اساس در این الگوریتم ها حسگرهای فعال در شبکه هر چه بیشتر باشد باعث می‌شود کیفیت و دقت الگوریتم‌ها بالا برود و رهگیری بهتر باشد. اما در این موارد احتیاج بیشتر به انرژی در شبکه، بزرگ‌ترین مشکل موجود است و بالانس بودن میان تعداد حس‌گرهای فعال و تأثیر انرژی میان آن‌ها بسیار مهم است. در فعال‌سازی ضعیف تمام گره‌ها در شبکه فعال هستند در همه زمان‌ها بر همین اساس، گره‌ها در رهگیری هستند و تا زمانی که انرژی آن‌ها به پایان برسد. در روش فعال‌سازی تصادفی گره‌ها در شبکه حسگر، هر گره ای فعال است بر اساس برخی از احتمالات گره‌هایی که استفاده می‌شود برای رهگیری اهداف به‌صورت تعریف‌شده‌اند که به‌صورت تصادفی این کار را انجام دهند. این نوع از فعال‌سازی بسیار آسیب‌پذیر است. اگر یکی از حسگرها اگر به‌صورت کار کند که به مانند جاسوسی باشد و باعث می‌شود دیگر گره‌ها را درگیر اطلاعات نادرست ارسال کند. در این‌گونه موارد گره حسگری که سازش کرده است می‌توانند اطلاعات نادرست را به مرکز داده ارسال کند. فعال‌سازی انتخابی بر پایه پیش‌بینی بر پایه الگوریتم فعال‌سازی است و هر گره بر اساس احتمال اینکه هدف در شرکت بعدش در کجا خواهد بود انتخاب می شود. پیش‌بینی حرکت بعدی هدف و همچنین گروه بعدی را که باید هدف را دنبال کنند پیدا می‌کند. این استراتژی مشابه با استراتژی تصادفی است. گره‌ها ممکن است که شبکه حسگر بی‌سیم را به‌اشتباه بیندازند، به‌گونه‌ای که با ارسال اطلاعات غلط بتوانند شبکه را مختل کنند. فعال‌سازی به‌صورت یک وظیفه چرخش بدین گونه عمل می‌کند که کل شبکه را به حالت روشن و یا خاموش تبدیل می‌کند و این کار را در دوره‌های زمانی خاص و متناوب انجام می‌دهد. این امر می‌تواند مورداستفاده قرار بگیرد و با روش‌های فعال ادغام شود. بهبودهای امنیتی که در الگوریتم‌های فعال‌سازی بدین‌صورت مورداستفاده قرار می‌گیرد که از روشن و یا خاموش کردن کلی گره‌ها جلوگیری می‌کند و این دستور دیگر در شبکه حسگر بی‌سیم عمل نمی‌کند. در این مورد شبکه حسگر بی‌سیم می‌تواند در این حالت (به‌طورکلی و جزئی) مزاحمان در شبکه حسگر را شناسایی کند و مزاحمان می‌توانند در این شرایط از مناطق استفاده کنند که شبکه در آنجا خاموش است [۱۱].

ردیابی اهداف بر پایه درختی (شاخه‌ای)

متدهای سازمان‌دهی شده بر پایه درخت در شبکه حسگر، توپولوژی درختی درواقع بدین‌صورت است که نودها قادرند داده‌ها را به‌صورت

درختی جمع‌آوری نمایند. در این الگوریتم‌ها، گره‌ها اهداف را با استفاده از رابطه و ارتباط بین خودشان تشخیص می‌دهند و گره ای را به‌صورت گره ریشه مشخص می‌کند و تمام داده‌ها را به آن ارسال می نمایند. گره ای گره ریشه است که نزدیک‌ترین گره به هدف باشد و وظیفه این گره این است که اطلاعات را جمع‌آوری می‌کنند و از طریق تمام گره‌هایی که دارند هدف را دنبال می‌کنند و عموما به‌صورت درخت پوشای توزیع‌شده در شبکه هستند. گره ریشه به‌صورت متناوب و نسبتاً زیاد در حال تغییر است و هرلحظه با جابه‌جایی هدف در شبکه آن نیز تغییر می‌کند. زمانی که گره هدف تغییر مکان می‌دهد تعدادی گره به درخت اضافه می‌شود و بعضی دیگر از گره‌ها نیز حذف می‌شود. چندین روش بسیار مهم بر پایه درخت وجود دارد که در ردیابی اهداف به کار می‌روند. این روش های عمومی عبارتند از: روش رهگیری مقیاس‌پذیر با استفاده از شبکه حسگر (STUN)، کاروان پویا مبتنی بر همکاری درخت (DCTC)، بهینه‌سازی ارتباطات و سازمان‌دهی به آن‌ها (OCO) و پرهیز از اجتناب در درخت (DAT) [۹و۱۲]. درروش STUN رهگیری اهداف با استفاده از محاسبه اختلاف میان دو لینک که با روش اقلیدس به دست می‌آید می باشد. گره چاهک داده را از گره‌های میانی می‌گیرد و همچنین سابقه داده‌ها را ذخیره می‌کند. در این الگوریتم‌ها داده‌ها توسط گره‌های برگ دسته‌بندی می‌شوند، اما می‌توان کار را بسیار آسان‌تر کرد، به‌طوری‌که گره‌های برگ و گره‌های میانی به‌درستی انتخاب‌شده باشند. ازلحاظ STUN در مورد دیدگاه امنیت، این الگوریتم بسیار آسیب‌پذیر است و به‌گونه‌ای است که اگر حمله‌ای بر روی گره‌های برگ و یا گره‌های میانی صورت گیرد به‌راحتی می‌تواند داده‌ها را در شبکه تزریق کند. قاعده اصلی روش DCTC بر پایه و اساس کاروان‌های درختی می‌باشد. زمانی که گره هدف وارد محیط شبکه حسگر شده گره‌های حسگری شروع به فعال شدن می‌کنند تا هدف را رهگیری کنند. گره‌هایی که توسط هدف فعال‌شده باشند یک درخت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند. ریشه این درخت گره ای می‌شود که اطلاعات کامل‌تر و دقیق‌تری از هدف داشته باشد و این اطلاعات به‌صورت طبقه‌بندی‌شده به دست می‌آیند. دیگر گره‌ها نیز به‌صورت پویا انتخاب می‌شوند و آن‌ها باید به هدف نزدیک باشند. بدین‌صورت درخت ایجادشده می‌تواند حرکت هدف را دنبال و رهگیری کند. نکته منفی این روش در این است که انرژی بالایی از شبکه می‌گیرد تا هدف را دوباره پیکربندی می‌کند. روش OCO یکی دیگر از روش‌هایی است که بر پایه درخت عمل می‌کند و به‌گونه‌ای است که قادر به رهگیری تک هدفی در شبکه است. با خودسازمان‌دهی که این روش دارد، این قابلیت را فراهم می نمایدکه از سربار شبکه کاسته شود (محاسبات در داده‌های اضافی به حداقل برسد) این روش از مراحل مهمی کانند جمع‌آوری موقعیت، پردازش، رهگیری و بازنگری بهره می گیرد. در مرحله اول ایستگاه پایه موقعیت تمام گره‌ها در شبکه را جمع‌آوری می‌کند. در مرحله دوم گره‌های مرزی (کناری در شبکه) تشخیص داده‌شده و تعریف می‌شوند. در مرحله رهگیری، تمام اشیاءی که از خارج از شبکه به آن وارد می‌شوند شناسایی‌شده و این کار برای حفظ انرژی موجود در شبکه تنها توسط گره‌های مرزی انجام می‌گیرد و پس از شناسایی هدف آن را به اطلاع ایستگاه پایه می‌آورند. زمانی که هدف از گره‌های مرزی دور می‌شود آن‌ها به تمام گره‌های همسایه راه پیدا می‌کنند. با این روش هدف تا مادامی‌که در شبکه باشد رهگیری می‌شود و این روش کمترین هزینه انرژی را برای رهگیری هدف پرداخت می‌کند. در بین تمام الگوریتم‌ها این روش عموما کمترین هزینه در مصرف انرژی را دارد. روش DAT الگوریتمی را ارائه داده است که مانند دیگر روش‌های رهگیری هدف بر موضوع رهگیری غلبه کرده است (مانند روش‌های دیگر موضوع رهگیری اهداف را حل کرده) و همچنین نواقصی که الگوریتم‌های گذشته داشتند را حل کرده است. مشکلی که الگوریتم‌های قبلی داشتند در این بود که هزینه انرژی بسیار زیادی لازم بود برای بروز رسانی محل موردنظر هدف، مخصوصاً در شبکه‌هایی با مقیاسی بزرگ، روش DAT یک الگوریتم دومرحله‌ای ارائه کرده است. در مرحله اول آن هزینه بروز رسانی را کاهش می‌دهد و در مرحله دوم هزینه پرس‌وجو را کاهش می‌دهند. بروزرسانی زمانی انجام می‌شود که یک هدف از مکانی به مکان دیگری رفته باشد (حرکت کند) و پرس‌وجو به‌صورت انجام می‌شود که برای کل شبکه ارسال می‌شود. روش DAT هزینه‌های بروز رسانی را کاهش داده و هزینه پرس‌وجو را با استفاده از هر گره به‌عنوان‌مثال زیر درخت کم می‌کند و درنهایت تمام گره‌ها را تبدیل به یک درخت می‌کند [۱۳-۱۴].

رهگیری اهداف بر پایه خوشه‌بندی

این روش به‌منظور رهگیری اهداف در شبکه به‌گونه‌ای است که محیط ردیابی شامل خوشه می‌باشند و هر خوشه شامل یک سر خوشه است و گره‌های حسگری نیز اعضای این خوشه می‌باشند. گره ای که برای اولین بار بتواند یک هدف را تشخیص دهد به‌عنوان سرخوشه انتخاب می‌شود. الگوریتم‌های رهگیری اهداف بر پایه خوشه‌بندی می‌توانند به دو نوع کلاسترینگ ثابت (استاتیک) و کلاسترینگ پویا تقسیم شوند. در خوشه‌بندی استاتیک (ثابت)، تعداد گره‌های شبکه، رأس خوشه و منطقه تحت نظارت شبکه ثابت است و می توان آن را به‌صورت یک معماری ساده در نظر گرفت، به این صورت که از قبل همه‌چیز مشخص است ولی در واقعیت نمی‌توان به این سادگی در نظر گرفت و این‌یک نکته منفی برای این روش‌ها است. ازیک‌طرف در خوشه‌بندی استاتیک اگر سرخوشه توان نداشته باشد (انرژی آن تمام شود) دیگر گره‌های در آن خوشه نیز بی‌استفاده خواهند بود زیرا تمام گره‌ها برای ارتباط با سرخوشه رابطه برقرار می‌کنند. دو گره از دو خوشه متفاوت با یکدیگر داده و اطلاعاتی را مبادله نمی‌کنند و این‌گونه هیچ خوشه‌ای با خوشه دیگر ارتباط ندارد. خوشه‌بندی پویا چندین مزیت مهم نسبت به خوشه‌بندی استاتیک دارد. رأس خوشه گره ای انتخاب می‌شود که دارای انرژی بالایی باشد و همچنین از قابلیت محاسباتی بالا برخوردار باشد و همچنین از دامنه ارتباطی بالایی نیز برخوردار باشد. در خوشه‌بندی پویا

یک گره می‌تواند در چندین خوشه قرار بگیرد و نه‌فقط در یک خوشه بنابراین هیچ گره بی‌استفاده‌ای دیگر وجود ندارد (در خوشه‌بندی استاتیک این رخداد امکان داشت). این نوع خوشه‌بندی زمانی در حفظ انرژی بسیار مفید خواهد بود که شبکه حسگر بی‌سیم بزرگ باشد تا بتواند یک منطقه نسبتاً بزرگ را پوشش دهد. اگرچه خوشه‌بندی پویا مبتنی بر ردیابی اهداف به‌وسیله صدا (حسگر صوتی) یک برنده در این شبکه به‌حساب می‌آید بدین گونه که انرژی بسیار کمی صرف می‌کند. از مشکلات این روش‌ها می‌توان به از دست دادن (گم‌شدن) هدف می‌انجامد. از لحاظ امنیتی برای حمله به چنین الگوریتم‌هایی تنها می‌توانند به سرخوشه حمله کنند و یا ارتباط میان سرخوشه و دیگر گره‌ها را مختل کنند [۱۵].

رهگیری اهداف بر اساس رویکرد ترکیبی

در این رویکرد رهگیری باید بدین گونه باشد که بتواند بیش از یک نوع هدف را شناسایی کند که در این صورت از روش‌های ترکیبی استفاده می‌کنیم. خوشه‌بندی ترکیبی شامل روش‌هایی از قبیل DPT (پیش‌بینی حرکت توزیع‌شده) ، DCAT (خوشه‌بندی پویا برای رهگیری اکونستیک) و استراتژی پیش‌بینی سلسله مراتبی HPS می باشد. پروتکل DPT از رویکرد مبتنی بر خوشه‌بندی استفاده می‌کند و از دو مکانیزه متفاوت برای رهگیری هدف استفاده می‌کند و می‌توان مقیاس‌پذیری را نیز در این روش استفاده کرد و این در حالی است که مکانیزه پیش‌بینی هدف و به‌صورت توزیع‌شده عمل می‌کند و ازلحاظ انرژی نیز مناسب است. با استفاده از این دو مکانیزه این روش قادر به پیش‌بینی‌شده است و همچنین بسیار انعطاف‌پذیر است. DCAT پروتکلی برای رهگیری اهداف اکونستیک است که از خوشه‌بندی پویا در آن استفاده‌شده است و بر روی اهداف غیرمتمرکز استفاده می‌شود. بر اساس نموداری که در این روش استفاده می‌شود یک خوشه تشکیل‌شده و رأس خوشه فعال می‌شود و زمانی که قدرت سیگنال دریافتی بیش‌ازحد آستانه باشد، آنگاه هدف را شناسایی‌شده در نظر می‌گیریم. پس‌ازاینکه سیگنال دریافت شده رأس خوشه یک داده را در خوشه پخش می‌کند. فاصله گره‌ها بر رأس خوشه محاسبه‌شده و آن‌ها به خوشه می‌پیوندند. روش HPS نیز با استفاده از تقسیم Voronoi مدل بعدی هدف را پیش‌بینی می‌کند [۱۶].

لازم به ذکر است، رهگیری اهداف در شبکه های حسگر بی سیم دارای چالش ها و معضلاتی می باشد که در بخش بعدی مقاله حاضر به اهم این چالش ها می پردازیم.

چالش ها و مسائل باز در رهگیری اهداف

درحال حاضر، مسائل باز بسیار زیادی در حوزه رهگیری اهداف در شبکه حسگر بی‌سیم مطرح هستند. بیشتر مسائل مربوط به اهداف متحرک و همچنین سناریو حالات مختلف حرکت آن‌ها می‌باشد. برای مثال می‌توان به زمانی که تعداد زیادی هدف در شبکه باشند و همچنین هدفی که سرعتش را کم‌وزیاد می‌کند و یا جهت حرکت عوض شود که این موارد باعث می‌شود در کارکرد الگوریتم‌ها تغییرات کارائی ایجاد گردد. بنابراین می‌توان درمواقعی به ارائه الگوریتم‌هایی پرداخت که تعداد اهداف در آن مهم نیست، همچنین چارچوب عملیاتی در برابر تغییرات سرعت و جهت حرکت هدف انعطاف‌پذیر باشد. تعادل میان دقت الگوریتم‌ها در رهگیری هدف و همچنین مصرف انرژی آن‌ها یکی دیگر از مشکلات شبکه حسگر است. بسته به نوع کاربرد شبکه، انرژی مصرفی و یا دقت ردیابی ممکن است تغییر کند. این کار طراح شبکه است که هرکدام از آن‌ها را بنا به کاربرد تعیین نماید. به‌هرحال شبکه‌ای موفق است که بتواند هر دو معیار را به حداکثر برساند (انرژی مصرفی و دقت رهگیری)، بنابراین نیاز به پروتکل‌های پویایی داریم تا بتواند بر اساس الزامات میان مصرف انرژی و دقت رهگیری را برقرار کند. امنیت در شبکه حسگر بی‌سیم مسئله‌ای بسیار مهم است، ازاین‌رو امنیت و رهگیری هدف نشان‌دهنده مسائل مهم و پیچیده در رهگیری اهداف هستند و در تحقیقات اخیر موردبررسی قرار می‌گیرند. بسیاری از الگوریتم‌های موجود برای رهگیری هدف هیچ مسئله‌ای برای امنیت در آن روش پیش‌بینی نکرده‌اند و این باعث می‌شود که الگوریتم‌ها بیش‌ازپیش آسیب‌پذیر شوند. اساسا باید پس طراحی یک الگوریتم رهگیری هدف به فکر امنیت در آن نیز باشیم و مکانیزه‌های امنیتی را باید برای آن الگوریتم در نظر بگیریم. بهترین کار برای امنیت در الگوریتم‌ها این است که از ابتدا به فکر امنیت در آن الگوریتم باشیم و برای همین از نقطه آغازین طراحی شبکه و الگوریتم رهگیری به فکر امنیت در آن نیز باید باشیم. یکی دیگر از مهمترین مسائل قابل بحث در شبکه‌های حسگر بیسیم، چگونگی انتقال اطلاعات از گره‌های داخل شبکه به ایستگاه پایه و انتخاب بهترین مسیر ممکن برای انتقال این اطلاعات می‌باشد .انتخاب بهترین مسیر میتواند بر اساس فاکتورهای مختلفی مانند انرژی مصرفی، سرعت در پاسخگویی و میزان تاخیر، دقت در انتقال داده و .... تحت تاثیر قرار بگیرد.

علاوه بر چالش های قبلی، استفاده از توابع رمزگذاری شده تأخیر در ارتباطات شبکه را افزایش می‌دهد و استفاده از الگوریتم‌های امنیتی سنتی نیز تأثیر منفی بر عملکرد الگوریتم می‌گذارد. الگوریتم‌های رهگیری در زمان تأخیر بسیار حساس هستند و توابع امنیتی که باید کار کند بر روی داده‌های کوچک به‌طوری‌که سرعت را کاهش ندهند (داده‌هایی که مربوط به هماهنگی و اطلاعاتی می‌باشند) و تمام این موارد برای رهگیری هدف موردنیاز هستند. اساسا وظیفه اصلی و کلیدی این سیستم‌ها در این است تا بر روی‌داده‌های غیرقابل‌اعتماد کاوش کنند و بتوانند اهداف واقعی را شناسایی کنند. علاوه بر موارد فوق، در این سیستم‌ها چند مورد چالش‌برانگیز به شرح زیر وجود دارد.

داده‌های غیرقابل‌اعتماد

جمع‌آوری داده‌ها به خاطر غیرقابل‌اعتماد بودنشان بسیار مشکل است و ارتباط بین آن‌ها با یکدیگر بسیار محدود است. تجارب بسیاری از توسعه‌دهندگان این سیستم‌ها نشان می‌دهد که داده‌های غیرقابل‌اعتماد

بیش‌ترین مشکل را بر روی کارایی سیستم می‌گذارند. جدا کردن داده‌های سالم را از داده‌های غیرقابل‌اعتماد بسیار مشکل است و باید به این نکته توجه داشت که مقادیر داده‌های ناسالم بسیار شبیه به داده‌های سالم هستند.

نیازمندی‌های پیچیده

بسیاری از الگوریتم‌هایی که تاکنون نوشته شده است به داده‌های قبلی‌شان برای شناسایی صحیح اهداف موردنظر احتیاج دارند، مانند تعداد اهداف، سرعت آن‌ها و یا انرژی که آن‌ها تولید می‌کنند. به هر حال نمی‌توان تمام خصوصیات اهداف را در یک برنامه واقعی لحاظ نمود. برای حل این مشکل نیاز به سیستمی داریم که این اطلاعات را به‌صورت خودکار تولید کند.

آموزش بدون سرپرستی

چندین نمونه از سیستم‌ها به‌وسیله متدهایی مدل شده‌اند که پایه آن بر اساس کلاس‌بندی‌ها و آموزش بر اساس داده‌های آن است. به هر حال از آنجا که آموزش بر اساس داده مشکلات بسیاری را در دنیای واقعی ایجاد می‌کند و این روش‌ها بسیار پرهزینه و مستعد به بروز خطا هستند. علاوه بر این مکانی که برای قرار دادن حسگرها وجود دارد بسیار متفاوت است و باعث می‌شود که نتوان آن‌ها را به مانند هم در نظر گرفت. برای اینکه امکان پیاده‌سازی سیستم وجود داشته باشد و از ریسک خطاها کاسته شود از الگوریتم‌های کاوش برای شناسایی اهداف استفاده می‌شود و با استفاده از آموزش بدون سرپرستی دیگر به داده‌های زیادی برای آموزش نیاز نداریم.

مقیاس بسیار وسیع

یک سیستم سایبر فیزیکی شامل صدها و یا هزاران حس‌گر است. هر حس‌گر در هر لحظه دارد داده‌ها را از محیط اطرافش می‌خواند و این محیطی بسیار وسیع است. علاوه بر این بسیاری از برنامه‌های کاربردی که برای سیستم سایبر فیزیکی نوشته می‌شود نیاز دارد که اقدامی فوری در هر لحظه انجام دهد. کاوش بر روی‌داده‌ها باید به‌صورت بلادرنگ انجام گیرد تا بتواند اهداف را شناسایی کند.

سیستم‌های ترکیبی و کنترلی

یک نظریه محاسباتی جدید، باید سیستم‌ها را بر پایه رویداد و بر پایه زمان ترکیب کند و سپس آن‌ها را کنترل نماید. این نظریه همچنین باید مناسب برای سلسله مراتبی شامل پویایی غیر همزمان در مقیاس‌های زمانی متفاوت و دامنه‌های جغرافیایی متفاوت، باشد.

شبکه‌های موبایل و حسگر

در کاربردهای مرتبط با شبکه بی‌سیم به افزایش نیازمندی‌های خودکار و همچنین سیستم‌های خودسازمانده در این شبکه‌ها نیاز داریم و گردآوری داده‌های مفید از داده‌های خام در این سیستم‌ها برجسته است.

استحکام، اطمینان، ایمنی و امنیت

یک چالش حساس در محیط‌هایی پر خطر که حمله‌های امنیتی و خطا در سیستم‌های فیزیکی وجود دارد، مقاومت سیستم و امنیت و ایمنی سیستم را کاهش می‌دهد. رفتارهای طبیعی فیزیکی سیستم سایبر فیزیکی با سازوکارهای نفوذ بر پایه مکان، بر پایه زمان، بر پایه رمز است که باعث می‌شود امنیت در این سیستم‌ها افزایش یابد.

تجرید

این جنبه شامل تجرید سیستم‌های تعبیه‌شده و تجرید محاسبات می‌شود که نیازمند الگوی تخصیص منابع جدید برای اطمینان از تلورانس خطا، مقیاس‌پذیری، بهینه‌سازی و غیره است. همچنین نیازمند روش‌های ارتباطی بلادرنگ و محاسبات توزیع‌شده بلادرنگ هستیم. به‌علاوه جزئیات فیزیکی با تجدید برنامه‌نویسی باید بهبود داده شوند.

توسعه بر پایه مدل

اگر چه، چندین روش برای توسعه بر پایه مدل وجود دارد ولی آن‌ها از نیازمندی‌های سیستم سایبر فیزیکی به دور هستند و محاسبات و ارتباطات باید در سطوح قیاسی مختلف مدل شده باشند.

معتبر سازی، تصدیق

باید مدل‌های سیستم‌های سایبر فیزیکی را به‌وسیله آزمون‌های مختلف چه بر روی سخت‌افزار و چه بر روی نرم‌افزار آن‌ها را معتبر سازی کنیم. به‌طور کلی، می‌توان گفت رهگیری هدف‌های متحرک در شبکه‌های حسگر بی‌سیم هنوز در ابتدای مسیر پیشرفت است و نیازمند بررسی و تحقیقات فراوان خصوصاً از طریق مدل‌سازی‌های دقیق ریاضی است. خیلی از مسائل می‌توانند در آینده درجهت توسعه تحلیل و بررسی بشوند، مانند پیش‌بینی حرکت اهداف، سرعت و مسیر اهداف، همچنین می‌توان تاریخچه داده‌های هر گره حسگر را در محاسبات دخیل کرد.

نتیجه گیری

در سال‌های اخیر سیستم های سایبر فیزیکی دارای دامنه‌های در حال ظهور بسیاری هستند و در سال‌های آینده نیز این فرایند بیش از پیش ادامه داده می‌یابد. در این تحول و انقلاب سریع چالش‌ها و مشکلات زیادی در حوزه مسیریابی در این سیستم‌ها وجود دارد. شبکه های حسگر بی‌سیم یکی از کاربردهای مهم سیستم‌های سایبر فیزیکی به شمار می‌آیند که در آنها با استفاده کردن از تعداد زیادی گره حسگر در

یک محیط وسیع جمع‌آوری اطلاعات از محیط پیرامون صورت می پذیرد. این سیستم‌ها می توانند وضعیت محیط اطراف را به‌صورت هوشمندانه نظارت و پایش نموده و با پاسخی هوشمندانه به رخدادهای محیط اطراف، واکنش نشان دهند. در این پژوهش ما نتایج تحقیقات مهم در زمینه مسیریابی هدفمند در شبکه های حسگر بی سیم را بررسی و جمع بندی نمودیم. همچنین بعضی کاربردهای کلاسیک این حوزه که بصورت وسیع که مورد استفاده قرارگرفته‌اند بیان‌شده است. به‌طور کلی، می‌توان گفت رهگیری هدف‌های متحرک در شبکه‌های حسگر بی‌سیم هنوز در ابتدای مسیر پیشرفت است و نیازمند بررسی و تحقیقات فراوان خصوصاً از طریق مدل‌سازی‌های دقیق ریاضی است. خیلی از مسائل می‌تواند در آینده و براساس راهکارهای آتی پژوهشی بیان بشوند، مانند پیش‌بینی حرکت اهداف، سرعت و مسیر اهداف، همچنین می‌توان تاریخچه داده‌های هر گره حسگر را در محاسبات دخیل کرد تا کارائی مسیریابی افزایش یابد.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع و مآخذ

[1] Kumar DP, Amgoth T, Annavarapu CS. Machine learning algorithms for wireless sensor networks: A survey. Information Fusion. 2019 Sep 1;49:1-25.

[2] Liu J, Liu H, Chen Y, Wang Y, Wang C. Wireless sensing for human activity: A survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2019 Aug 12;22(3):1629-45.

[3] Patel, H., Singh Rajput, D., Thippa Reddy, G., Iwendi, C., Kashif Bashir, A. and Jo, O., 2020. A review on classification of imbalanced data for wireless sensor networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, *16*(4), p.1550147720916404.

[4] Majid M, Habib S, Javed AR, Rizwan M, Srivastava G, Gadekallu TR, Lin JC. Applications of wireless sensor networks and internet of things frameworks in the industry revolution 4.0: A systematic literature review. Sensors. 2022 Mar 8;22(6):2087.

[5] Jouhari M, Ibrahimi K, Tembine H, Ben-Othman J. Underwater wireless sensor networks: A survey on enabling technologies, localization protocols, and internet of underwater things. IEEE Access. 2019 Jul 15;7:96879-99.

[6] Harizan S, Kuila P. Coverage and connectivity aware energy efficient scheduling in target based wireless sensor networks: An improved genetic algorithm based approach. Wireless Networks. 2019 May 1;25(4):1995-2011.

[7] Numan M, Subhan F, Khan WZ, Hakak S, Haider S, Reddy GT, Jolfaei A, Alazab M. A systematic review on clone node detection in static wireless sensor networks. IEEE Access. 2020 Mar 24;8:65450-61.

[8] Elhabyan R, Shi W, St-Hilaire M. Coverage protocols for wireless sensor networks: Review and future directions. Journal of Communications and Networks. 2019 Feb;21(1):45-60.

[9] Sah DK, Amgoth T. Renewable energy harvesting schemes in wireless sensor networks: A survey. Information Fusion. 2020 Nov 1;63:223-47.

[10] Kandris D, Nakas C, Vomvas D, Koulouras G. Applications of wireless sensor networks: an up-to-date survey. Applied system innovation. 2020 Feb 25;3(1):14.

[11] Abdulkarem, M., Samsudin, K., Rokhani, F.Z. and A Rasid, M.F., 2020. Wireless sensor network for structural health monitoring: A contemporary review of technologies, challenges, and future direction. *Structural Health Monitoring*, *19*(3), pp.693-735.

[12] Veeraiah V, Anand R, Mishra KN, Dhabliya D, Ajagekar SS, Kanse R. Investigating scope of energy efficient routing in adhoc network. In2022 Seventh International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC) 2022 Nov 25 (pp. 681-686). IEEE.

[13] Ren H, Meng MQ, Chen X. Investigating network optimization approaches in wireless sensor networks. In2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems 2006 Oct 9 (pp. 2015-2021). IEEE.

[14] Ramya K, Kumar KP, Rao VS. A survey on target tracking techniques in wireless sensor networks. International Journal of Computer Science and Engineering Survey. 2012 Aug 1;3(4):93.

[15] Hosseini R, Mirvaziri H. A new clustering-based approach for target tracking to optimize energy consumption in wireless sensor networks. Wireless Personal Communications. 2020 Oct;114:3337-49.

[16] Mansur P, Sreedharan S. Survey of prediction algorithms for object tracking in wireless sensor networks. In2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research 2014 Dec 18 (pp. 1-4). IEEE.

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.