

مروری بر روش های مسیریابی در شبکه حسگر بی سیم

سمیه میرزاوند^{۱*}، محسن چکین^۲

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، گروه مهندسی کامپیوتر، دزفول، ایران،

Mirzavand.somayeh@yahoo.com

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، گروه مهندسی کامپیوتر، دزفول، ایران،

mcheghin@gmail.com

چکیده

شبکه های حسگر بی سیم مجموعه ای از گره های مجهز به فرستنده و گیرنده به منظور برقراری ارتباطات بی سیم می باشند. گره ها به دلیل وجود محدودیت هایی در فرستنده و گیرنده های بی سیم خود نمی توانند با تمام گره ها ارتباط مستقیم برقرار نمایند. به همین دلیل لازم است در مواردی که امکان برقراری چنین ارتباط مستقیمی وجود ندارد، اطلاعات از طریق بقیه گره ها که در این حالت نقش مسیریاب را ایفا می نمایند، ارسال گردند. امروزه، تحقیق در مورد شبکه های حسگر بی سیم به عنوان یکی از مباحث مهم علمی مطرح است. شبکه های حسگر بی سیم به دلیل خصوصیات ویژه ای که دارند از سایر شبکه ها متمایز می شوند. از آنجایی که این شبکه ها از لحاظ میزان انرژی قابل دسترسی و منابع پردازشی موجود، محدودیت دارند، نمی توان از روش های مطرح شده برای سایر شبکه ها استفاده کرد. از جمله مباحث مهم در شبکه های حسگر بی سیم چگونگی انتقال اطلاعات از گره های داخل شبکه به ایستگاه پایه و انتخاب بهترین مسیر ممکن برای انتقال این اطلاعات می باشد که تحت عنوان مسیریابی مطرح می شود. تکنیک ها و شیوه های مورد استفاده در مسیریابی در شبکه های حسگر بی سیم بستگی زیادی به ماهیت کاربرد شبکه دارد. لذا در این مقاله به بررسی چند روش مسیریابی بسته به ساختار و ماهیت شبکه پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: شبکه حسگر بی سیم، مسیریابی، الگوریتم های مسیریابی، خوشه بندی

۱- مقدمه

در چند سال اخیر، شبکه حسگر بی سیم به دلیل پیشرفت های زیاد در زمینه کوچک سازی و طراحی مدارهایی با توان پایین که از نظر قابلیت حمل اطلاعات حساس در مخابرات بی سیم کارایی لازم را دارند، توجه زیادی را به خود جلب نموده است. شبکه های حسگر بی سیم در کاربردهای بسیاری نظیر نظارت بر سلامت، اهداف نظامی و خودکار سازی خانگی مورد استفاده قرار می گیرند. به دلیل اینکه شبکه حسگر بی سیم با چالش های زیادی از قبیل توان پایین پردازش، عمر پایین باتری، حافظه کوچک و کانال ارتباطی بی سیم روبرو می باشد، مسئله امنیت به اصلی ترین نگرانی جهت مقابله با این نوع شبکه ها تبدیل شده است [۱]. از چالش های مهم که باید در طراحی شبکه های حسگر بی سیم مد نظر قرار گیرد، به حداقل رساندن مصرف انرژی می باشد. مسیریابی مقدار زیادی از انرژی را در ارتباطات مصرف می نماید تا توابع متفاوتی از جمله خوشه بندی و کشف همسایه را انجام دهد؛ در نتیجه کاهش تعداد ارتباطات از اهداف طراحی پروتکل های انرژی-کارآمد می باشد [۲].

۲- شبکه حسگر بی سیم

پیشرفت فناوری در عرصه ارتباطات بی سیم و تمایل به استفاده از محصولات کم قیمت با کارایی بالا موجب پیدایش یکی از پرکاربردترین شبکه ها به نام شبکه های حسگر بی سیم گردیده است. این شبکه ها مجموعه ای از گره های حسگر با حافظه

محدود، نیروی پردازش، منبع انرژی، واحد فرستنده و گیرنده هستند. شبکه‌های حسگر نظامی در دوران جنگ سرد مورد استفاده قرار گرفت. در دوران جنگ سرد سیستم ارزیابی صوتی، مجموعه‌ای تشکیل شده از گره‌های صوتی در زیر اقیانوس‌ها جهت آشکارسازی و ردیابی زیردریایی‌های کشور شوروی به کار گرفته شد. پس از آن برای سال‌های زیادی از شبکه‌های پیچیده صوتی، جهت کنترل و ردیابی زیردریایی‌ها استفاده گردید. از این شبکه‌ها جهت کنترل زمین‌لرزه در داخل اقیانوس‌ها و یا بررسی رفتار موجودات داخل آن‌ها، برای سازمان‌هایی که در زمینه اقیانوس‌شناسی و مدیریت هوایی فعالیت دارند، استفاده می‌شود. گام دوم در ارتباط با ابتکارات مرکز پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی معرفی می‌گردد. در اوایل دهه میلادی، انگیزه اصلی برای تحقیق پیشرفته بر روی شبکه‌های حسگر بی‌سیم، توسط برنامه‌هایی که به واسطه مرکز پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی، حمایت می‌گردید، به وجود آمد. ایده اصلی در آن زمان توسعه اینترنت نسل اول فعلی بر روی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بود. در آن زمان از برنامه‌های مرکز پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی، به کار گرفتن شبکه‌های حسگر به صورت گره‌های توزیع شده بود که بسیار کم‌هزینه بوده و می‌توانستند در یک حالت اشتراکی و به صورت خودسازمان‌ده، انجام وظیفه نمایند. در حقیقت این اهداف شامل همان مفاهیمی است که امروزه از شبکه‌های حسگر بی‌سیم انتظار می‌رود. در سال ۱۹۷۸، تجهیزاتی شامل حسگرهای صوتی، تصویری، ارتباطات بی‌سیم پیشرفته و پردازش سریع برای شبکه‌های حسگر معرفی گردید که موجب افزایش قابلیت‌های شبکه‌های حسگر شدند [۳].

۳- روش‌های ارائه شده جهت خوشه‌بندی در شبکه حسگر بی‌سیم

در پژوهش تیرانی^۱ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، روشی به نام روش آگاه از انرژی مبتنی بر جمع‌آوری داده‌ها ارائه شده است که این روش به‌طور مشترک مسیریابی مبتنی بر دسته و تئوری فشار سنجش، تعادل بار و تعیین محل گره چاهک را در نظر می‌گیرد. برای الگوریتم ارائه شده با گره چاهک متحرک، تأثیر تعیین مکان گره چاهک روی عملکرد شبکه مطالعه شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان داده است که روش ارائه شده با گره چاهک متحرک، طول عمر شبکه را در مقایسه با الگوریتم خوشه‌بندی متمرکز و روش ارائه شده با گره چاهک ثابت (۰،۰) و روش ارائه شده با گره چاهک ثابت در مرکز افزایش می‌دهد. در هر دو مورد گره چاهک ثابت و گره چاهک متحرک، الگوریتم روش ارائه شده گره چاهک را به عنوان یک سرخوشه در نظر می‌گیرد. این مسئله هم تعداد ارسال را کاهش می‌دهد و هم کارایی را در تعادل بار اطراف گره چاهک افزایش می‌دهد که می‌تواند مزیت اصلی روش ارائه شده باشد [۴].

در پژوهش الشراوی^۲ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، یک روش کارا برای بهبود روش‌های مسیریابی در پروتکل خوشه‌بندی سلسله مراتبی تطبیقی برای شبکه حسگر بی‌سیم مطرح شد. دو روش جدید مطرح شدند. هدف اولین روش، انتخاب گره سردسته مناسب برای هر دسته در هر دوره‌ای از اجرا بود. روش دوم، برای اجتناب از برخی فرایندها در بعضی از گره‌های حسگر که بسته‌های داده بیشتری نسبت به سایر گره‌ها در کل شبکه می‌فرستادند؛ هدفمند شده بود [۵].

این مسئله به وسیله برنامه‌ریزی مجدد زمان‌بند دسترسی چندگانه تقسیم زمانی برای هر گره حسگر، به وسیله سردسته‌اش، برای متعادل کردن همه گره‌ها برای فرستادن مقدار تقریباً یکسان از داده‌ها حل شده است. این دو روش ارائه شده، مصرف انرژی را در گره‌های حسگر بی‌سیم بهبود می‌بخشید؛ بنابراین طول عمر شبکه بی‌سیم در مقایسه با پروتکل خوشه‌بندی سلسله مراتبی تطبیقی افزایش یافته است. نتایج به‌کارگیری راهکار پیشنهادی، با استفاده از شبیه‌ساز متلب ۲۰۱۵ تأیید شده است. روش ارائه شده، با پروتکل خوشه‌بندی سلسله مراتبی تطبیقی و دیگر پروتکل‌ها برای بهبود شبکه، برحسب طول عمر شبکه و تعداد سردسته‌ها و مصرف انرژی و تعداد بسته‌های ارسال شده برای ایستگاه مبنا که منجر به نتایج بهتر نسبت به سایر فرایندها می‌شود، مقایسه شد. نقطه‌ضعف روش ارائه شده، این است که باید برای شبکه‌های ناهمگن به کار رود [۵].

¹ Tirani

² Elshrkawey

در پژوهش دروکرشنا^۱ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، سیستمی ارائه شده است که سرخوشه و خوشه را شناسایی می کند. انتخاب رأس خوشه مبتنی بر گره های متصل همسان و حداکثر تعداد گره ها و انرژی باقی مانده است. روش ارائه شده، برای شناسایی کوتاه ترین مسیر بین گره منبع و مقصد مورد استفاده می باشد. دو الگوریتم در شبکه های ویژه متحرک و شبکه ویژه وسایل نقلیه و شبکه های حسگر بی سیم مورد استفاده هستند و برای افزایش طول عمر شبکه های حسگر هم مورد استفاده قرار می گیرند. زمانی که گره مقصد یا واسط، حاوی اطلاعات فعلی در مورد مقصد باشد، بسته درخواست مسیر را دریافت کرده و یک پاسخ مسیر ایجاد می کند. این بسته یک توالی از گام های داده شده از منبع را برای این گره دارد. این پردازش، مزیت روش ارائه شده است که برای محدود کردن تعداد منتشر شده از درخواست های مسیر انجام می شود. اثربخشی یا کارایی انرژی، از طریق انتشار قابل اطمینان انرژی در شبکه های حسگر و تعادل کیفی داده به وسیله کیفیت پروتکل خدماتی، محقق می شود [۶].

۴- روش های ارائه شده جهت مسیریابی در شبکه حسگر بی سیم

در پژوهش یاهوی^۲ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، ارتباط حسگر فعال کننده بررسی شده است و پروتکل ارتباطی داده مبتنی بر مسیریابی مورد تقاضا مطرح شده است که رسیدن گره محرک را با حداقل تأخیر و کاهش در مصرف انرژی محقق می سازد. نتایج شبیه سازی، عملکرد راهکار ارائه شده را نشان داده است. این که یک گره حسگر رویدادی را کشف کند به تأخیرهایی که در مسیر ایجاد می شوند، بستگی دارد. سیستم کنترل نظارتی و به دست آوردن داده، نوع دیگری از این نوع کاربرد است که می تواند برای چهارچوب ارائه شده به کار گرفته شود. سیستم کنترل نظارتی و به دست آوردن داده به سیستم های کامپیوتری اشاره می کند که فرایندهای صنعتی را نظارت و کنترل می کنند و در سیستم های محرک و حسگرها برای مدیریت موجودی و خودکارسازی کارخانه و شناسایی مخزن های گاز و مایعات مورد استفاده هستند. همچنین چهارچوب ارائه شده می تواند در دیگر کاربردهای حساس به تأخیر مورد استفاده باشد که در آن ها تأخیر زیاد می تواند تضمین سود و زمان منقضی شده بین شناسایی یک وضعیت غیرعادی و مداخله اپراتور، حل مسئله یا رویداد را امکان پذیر می سازد. یکی از مزیت های روش ارائه شده این است که انرژی گره های حسگر و محرک به شکل اثربخشی با تأخیر ارتباطی سبک وزن مورد استفاده بوده که منجر به افزایش طول عمر شبکه شده است. همچنین چهارچوب ارائه شده، برای تجهیز برنامه های کاربردی مناسب می باشد [۷].

در پژوهش لاوید^۳ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، یک الگوریتم مسیریابی عامل انرژی، برای تعادل در مصرف انرژی در سطوح هر حسگر و کل شبکه مطرح شده است. جهت استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان برای دسته بندی مسیرهای کشف شده به هر نقطه مقداری داده می شود که دسترسی به غذا را نشان می دهد. برای تأیید عملکرد، الگوریتم مسیریابی ارائه شده با الگوریتم های کوتاه ترین مسیر مقایسه شده است. اساس الگوریتم کوتاه ترین مسیر، انتخاب کوتاه ترین مسیر یا انتخاب گره می باشد که دارای بیشترین مقدار انرژی باقیمانده در زمانی است که گره فعلی چندین مسیر کوتاه دارد. الگوریتم ارائه شده، ساده است و هر گره در شبکه هر پیام دریافتی را درج می کند و فقط به محض این که بهترین پاسخ پس از مدت زمان از پیش تعریف شده، محقق شد، آن را انتشار خواهد داد. از جمله مزیت های الگوریتم ارائه شده، چگال بودن و مقیاس پذیری شبکه و دقت آن برای انتخاب بهترین مسیر، با افزایش طول و چگالی مسیر می باشد. یک الگوریتم مسیریابی برای کاهش مصرف انرژی در شبکه حسگر بی سیم ارائه شده است. هر گره در شبکه حسگر بی سیم در این پژوهش، دو مقدار میانگین و انحراف استاندارد را برای هر مسیر شناسایی شده به منظور تعریف کیفیت آن قبل از درج در جدول مسیریابی، محاسبه نموده است. فاکتور انرژی F ترکیبی از مقادیر میانگین و انحراف استاندارد است که به صورت پویا موزون شدند. نتایج به طور واضح نشان می دهد که مقادیر انرژی به وسیله اجتناب از مسیرهایی که انرژی پایین دارند یا تنزل مسیر بالایی دارند، بهبود یافته

¹ Thirukrishna

² Yahiaoui

³ Laouid

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

است. مزیت اصلی روش ارائه شده این است که چگالی و مقیاس پذیری شبکه‌ها را تضمین می‌کند و دقتش برای انتخاب بهترین مسیر، با افزایش طول مسیر و چگالی شبکه افزایش می‌یابد [۸].

در پژوهش یارینه‌زاد^۱ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر گره چاهک متحرک و زیرساخت مجازی مطرح گردید. هدف از زیرساخت مجازی، این است که گره‌های مشخص شده در نقاط خاص، موقعیت گره چاهک متحرک را ذخیره کنند و گره‌های دیگر بتوانند آخرین موقعیت گره چاهک را با این گره‌های مشخص شده، بیابند. هر گره حسگر آخرین موقعیت گره چاهک را با گره‌های متقاطع و آگاهی از موقعیت گره‌های مجاور به وسیله پیام‌های راهنما، شناسایی می‌کند؛ بنابراین آن داده‌ها را برای گره چاهک در کوتاه‌ترین زمان مورد نظر به وسیله الگوریتم مسیریابی جغرافیایی ارسال می‌کند. مزیت روش ارائه شده، این است که از گره چاهک‌های چندگانه در شبکه حمایت می‌کند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد الگوریتم ارائه شده عملکرد بهتری نسبت به روش‌های مشابه دارد [۹].

در پژوهش احمد و همکارانش در سال ۲۰۱۸، روشی به نام پروتکل مسیریابی امن و آگاه از انرژی ارائه شده است. روش ارائه شده، از تابع مسیریابی ترکیبی که وزن‌های برابری برای اطمینان و انرژی و شماره جهش تعیین می‌کند، استفاده می‌نماید که به انتخاب گره‌ها با قابلیت اطمینان بالا و دارای اثربخشی انرژی و دارای کوتاه‌ترین مسیر برای رسیدن به مقصد کمک می‌کند. فراهم کردن مسیریابی مطمئن و با انرژی کارا و اثربخش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با منابع محدود، یک وظیفه چالشی است. نتایج شبیه‌سازی، بهبود عملکرد را برای پروتکل مسیریابی امن و آگاه از انرژی تحت بارهای سنگین و شبکه‌های بزرگ و کوچک در مقایسه با طرح‌های موجود نشان می‌دهد. عیب روش مطرح شده، این است که حملات خودخواهانه و ساییل را در نظر نگرفته است. طرح پروتکل مسیریابی امن و آگاه از انرژی، راه‌حل با وزن پایین را برای گره‌های حسگر با منابع محدود ارائه می‌کند و باید تأثیر آن روی نیازهای پلتفرم سخت‌افزار واقعی تأیید شود. همچنین هدف روش ارائه شده، توسعه صفحه آزمایش کوچکی برای استفاده واقعی از طرح پروتکل مسیریابی امن و آگاه از انرژی می‌باشد [۱۰].

در پژوهش کولشرسدا^۲ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، یک طرح رقابتی دریافت‌کننده، مورد استفاده است که سعی می‌کند برخی از مسائل روش‌های موجود قبلی را حل کند و طول عمر شبکه را که در معرض برخی تأخیرهاست، افزایش دهد. در این پژوهش، گره‌ها به صورت تصادفی با شدت کافی و مورد نیاز توزیع می‌شوند، به طوری که حداقل یک گره در برش قبلی (به سمت گره چاهک) و در محدوده ارتباطی فرستنده وجود دارد. سناریوی به کار گرفته شده برای برنامه‌های نظارت مانند مشاهده آتش جنگل و مشاهده سکونت‌گاه یا محیط مناسب می‌باشد. در روش ارائه شده، فرض شده است که همه موارد پروتکل کنترل دسترسی به رسانه در این لایه به وسیله پروتکل اصلی یعنی پروتکل کنترل دسترسی به رسانه اداره می‌شوند. در این پژوهش، مصرف انرژی به فاصله بین گره‌های شرکت‌کننده حتی در ارسال گام‌به‌گام بستگی دارد. در روش ارائه شده شبکه به برش‌هایی با وسعت یکسان، بر اساس فاصله گره‌ها از گره چاهک تقسیم می‌شود. روش ارائه شده به جای انتخاب منبع گره بعدی، طرح رقابت دریافت‌کننده را پیگیری می‌کند. زمانی که گره، داده‌ای برای فرستادن داشته باشد، یک بسته را منتشر می‌کند. همه گره‌ها در برش قبلی که بسته را دریافت کردند و انرژی کل که بیشتر یا مساوی با انرژی گره حسگر است، یک زمان را تنظیم می‌کنند. از نرم‌افزار متلب برای شبیه‌سازی استفاده شده است. از جمله مزیت‌های روش ارائه شده، می‌توان به این نکته اشاره نمود که مصرف انرژی در پروتکل کنترل دسترسی به رسانه، مورد توجه نبوده است. به این دلیل که مقادیر یکسان از انرژی، اگر فاصله ارسال یکسان باشد، در لایه پروتکل کنترل دسترسی به رسانه و در همه روش‌ها مصرف می‌شود. از طرفی، بسته‌های پروتکل کنترل دسترسی به رسانه، در مقایسه با بسته‌های داده بسیار کوچک هستند، بنابراین اثر نسبتاً کمتری در مقایسه با بسته‌های داده دارند [۱۱].

¹ Yarinezhad

² Kulshrestha

در پژوهش نگوینان^۱ و همکارانش در سال ۲۰۱۸، روش جدیدی برای کسب دانش و شناخت در مورد حفره‌های مسیریابی، جهت افزایش کارایی یا اثربخشی انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، مطرح شده است. آزمایش‌های شبیه‌سازی گسترده‌ای برای ارزیابی طرح ارائه شده و طرح‌های موجود انجام شده است. به‌طور خاص، طرح ارائه شده می‌تواند تا ۱۶ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی کند و طول عمر شبکه را در مقایسه با الگوریتم‌های مسیریابی موجود تا هفت درصد افزایش دهد که مزیت بزرگ این پژوهش می‌باشد. طول متوسط مسیرها در مسیریابی در روش ارائه شده، ۶۰ درصد کمتر از سایر طرح‌های مسیریابی است. به وسیله نتایج عددی مشخص شد که این روش از مسیرهای فرار، بسیار محدود است [۱۲].

۵- نتیجه‌گیری

شبکه‌های حسگر بی‌سیم در زمره‌ی مهم‌ترین فن‌آوری‌های قرن ۲۱ شناخته شده‌اند. با توجه به پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌های مدارهای با توان پایین، تکنولوژی‌های رادیویی و سیستم‌های الکترومکانیکی، این شبکه‌ها براساس یکی از نمونه‌های جمع‌آوری اطلاعات که بر پایه استفاده از تعداد زیادی گره‌های حسگر است، مورد توجه قرار گرفت. حسگرهای بی‌سیم نسبت به حسگرهای سیمی مرسوم از مزایای قابل توجهی برخوردارند. زیرا نه تنها موجب کاهش هزینه و تأخیر در چیدمان می‌شوند، بلکه برای هر محیطی خصوصاً محیط‌هایی که استفاده از شبکه‌های حسگر مرسوم در آن‌ها غیرممکن است؛ مانند زمین‌های غیرقابل سکونت، مناطق جنگلی، فضای خارج از جو زمین و یا اقیانوس‌های عمیق به کار می‌روند. دستاوردها و تکنولوژی جدید در زمینه الکترونیک و مخابرات بی‌سیم، توانایی طراحی و ساخت حسگرهایی را با توان مصرفی پایین، اندازه کوچک، قیمت مناسب و کاربری‌های گوناگون داده است. این حسگرهای کوچک، توانایی انجام فرآیندهایی چون دریافت و پردازش اطلاعات مختلف محیطی را دارند که موجب پیدایش ایده‌ای برای ایجاد و گسترش شبکه‌های موسوم به شبکه‌های حسگر بی‌سیم یا شبکه‌های حسگر بی‌سیم شده‌اند. یک شبکه حسگر، متشکل از تعداد زیادی گره است که در یک محیط به طور گسترده پخش شده و به جمع‌آوری و پردازش اطلاعات می‌پردازند. لزوماً موقعیت فیزیکی گره‌های حسگر از قبل مشخص نیست. چنین خصوصیتی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوانیم آن‌ها را در مکان‌های خطرناک و یا غیرقابل دسترس رها کرده از اطلاعات جمع‌آوری شده، بهره‌برداری لازم را ببریم. در این مقاله به بررسی انواع روش‌های مسیریابی در شبکه حسگر بی‌سیم پرداخته شده است.

۶- مراجع

- [1]. Sharma, G., Bala, S. and Verma, A.K., 2013. Security frameworks for wireless sensor networks-review. *Procedia Technology*, 6, pp.978-987.
- [2]. Al-Nuaimi, R. and Al-Yasiri, A., 2016, October. A new energy-efficient clustering protocol for wireless sensor networks based on Network Function Virtualisation (NFV). In *Information Communication and Management (ICICM), International Conference on* (pp. 167-172). IEEE.
- [3]. Khan, I., Belqasmi, F., Glitho, R., Crespi, N., Morrow, M. And Polakos, P., 2016. Wireless Sensor Network Virtualization: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(1), Pp.553-576.
- [4]. Tirani, S.P. and Avokh, A., 2018, On the performance of sink placement in WSNs considering energy-balanced compressive sensing-based data aggregation. *Journal of Network and Computer Applications*.
- [5]. Elshrkawey, M., Elsherif, S.M. and Wahed, M.E., 2018, An enhancement approach for reducing the energy consumption in wireless sensor networks. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
- [6]. Thirukrishna, J.T., Karthik, S. and Arunachalam, V.P., 2018, Revamp energy efficiency in Homogeneous Wireless Sensor Networks using Optimized Radio Energy Algorithm (OREA) and Power-Aware Distance Source Routing protocol. *Future Generation Computer Systems*, Vol. 81, pp.331-339.

¹ Nguyen

- [7]. Yahiaoui, S., Omar, M., Bouabdallah, A., Natalizio, E. and Challal, Y., 2018, An energy efficient and QoS aware routing protocol for wireless sensor and actuator networks. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 83, pp.193-203.
- [8]. Laouid, A., Dahmani, A., Bounceur, A., Euler, R., Lalem, F. and Tari, A., 2018, A distributed multi-path routing algorithm to balance energy consumption in wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, Vol. 64, pp.53-64.
- [9]. Yarinezhad, R. and Sarabi, A., 2018, Reducing delay and energy consumption in wireless sensor networks by making virtual grid infrastructure and using mobile sink. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 84, pp.144-152.
- [10]. Ahmed, A., Bakar, K.A., Channa, M.I. and Khan, A.W., 2018, A secure routing protocol with trust and energy awareness for wireless sensor network. *Mobile Networks and Applications*, Vol. 21, No. 2, pp.272-285.
- [11]. Kulshrestha, J. and Mishra, M.K., 2018, An adaptive energy balanced and energy efficient approach for data gathering in wireless sensor networks. *Ad Hoc Networks*, Vol. 54, pp.130-146.
- [12]. Nguyen, K.V., Le Nguyen, P., Vu, Q.H. and Van Do, T., 2018, An energy efficient and load balanced distributed routing scheme for wireless sensor networks with holes. *Journal of Systems and Software*, Vol. 123, pp.92-105.