

تجمیع داده تطبیقی و بهره‌وری انرژی با استفاده از کدگذاری شبکه در شبکه‌های حسگر بی‌سیم خوشه‌بندی شده

عابد سلدوزیان

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، گرایش نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، شبستر، ایران

سعید تقوی افشرد

عضو هیات علمی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، شبستر، ایران

چکیده

شبکه‌های حسگر بی‌سیم به دلیل هزینه پایین گره‌های حسگر، در کاربردهای متنوعی مانند کنترل ترافیک، ردیابی هدف و هوشمندسازی ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. انرژی، قابلیت اطمینان و امنیت از چالش‌های اصلی این شبکه‌ها هستند که توجه محققان را به خود جلب کرده است. در این مقاله، یک راهکار جدید مبتنی بر کدگذاری شبکه‌های بی‌سیم خوشه‌بندی شده ارائه می‌شود که با بهره‌گیری از مکانیزم تجمیع داده، منجر به بهینه‌سازی مصرف انرژی در این شبکه‌ها می‌گردد. این راهکار با در نظر گرفتن بهره‌وری انرژی به عنوان یک معیار کلیدی در طراحی پروتکل‌های مسیریابی، از کدگذاری بسته‌های داده‌ای استفاده می‌کند تا تعداد ارسال‌های تکراری به ایستگاه پایه کاهش یابد و در نتیجه طول عمر شبکه افزایش یابد. همچنین، این راهکار از یک مکانیزم چند چاهکی بهره می‌برد تا با کاهش فاصله موجود در مسیرهای ارسال بسته‌ها، انرژی مصرفی گره‌ها را پایین بیاورد. با توجه به اهمیت انرژی به عنوان یک منبع حیاتی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، تکنیک‌های کدگذاری و تجمیع داده به عنوان ابزارهای مؤثر در افزایش بهره‌وری انرژی این شبکه‌ها شناخته می‌شوند. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند که روش پیشنهادی، کارایی بهتری در پارامترهای نرخ تحویل بسته، میانگین انرژی باقیمانده شبکه و تعداد گره‌های زنده نسبت به روش‌های پیشین دارد و می‌تواند به‌طور قابل توجهی مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم را بهبود بخشد.

واژگان کلیدی: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، کدگذاری شبکه، تجمیع داده، طول عمر شبکه، تحویل داده.

مقدمه

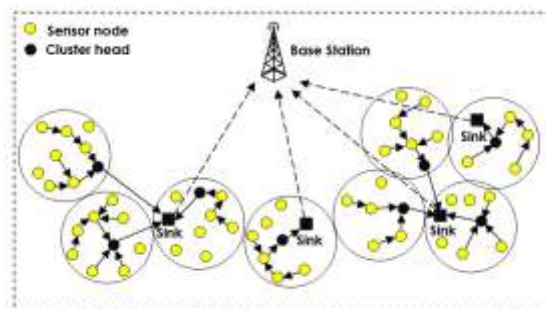
شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSNs) شامل مجموعه‌ای از گره‌های کوچک و ارزان‌قیمت هستند که قابلیت حس، پردازش و تبادل اطلاعات با یکدیگر را دارا می‌باشند. این گره‌ها به‌طور معمول در محیط‌های متنوعی به کار می‌روند، از جمله کاربردهای نظامی برای تشخیص حرکت دشمن، نظارت بر آمادگی نیروها و تجهیزات و همچنین در بخش‌های پزشکی و علمی برای جمع‌آوری داده‌ها از مناطق غیرقابل دسترسی و خطرناک (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۸).

یکی از چالش‌های اساسی در این شبکه‌ها، مدیریت انرژی است. گره‌ها به‌دلیل منابع محدود انرژی، نیاز به بهینه‌سازی مصرف انرژی دارند. یکی از روش‌های مؤثر در این راستا، کاهش تعداد بسته‌هایی است که در شبکه منتقل می‌شوند. تکنیک تجمیع داده، با ترکیب اطلاعات مرتبط از گره‌ها و ارسال بسته‌های بهینه، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی کمک کند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹). در این شبکه‌ها، معمولاً یک گره مرکزی با نام چاهک، مقصد نهایی تمام بسته‌های اطلاعاتی است و گره‌ها با ارتباط با همسایگان خود، داده‌ها را به چاهک ارسال می‌کنند. انتخاب همسایه مناسب برای ارسال داده‌ها، می‌تواند تأثیر زیادی بر طول عمر شبکه داشته باشد (رضایی و همکاران، ۱۴۰۰).

جلوگیری از ارسال داده‌های تکراری و کاهش افزونگی اطلاعات به‌عنوان یک اصل اساسی در طراحی پروتکل‌های مسیریابی و تجمیع داده در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اهمیت این موضوع، تحقیق در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی و افزایش کارایی شبکه‌های حسگر بی‌سیم، ضروری به‌نظر می‌رسد.

۱-۱- روش تحقیق

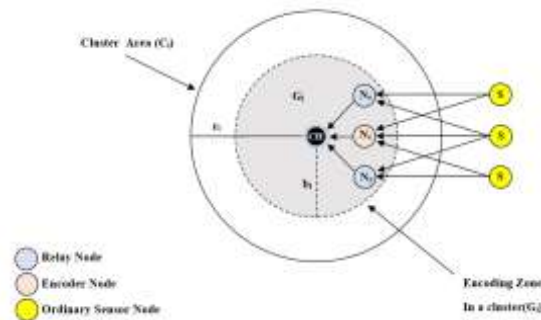
در این مطالعه، برای بررسی و بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، یک راهکار مبتنی بر تجمیع داده و کدگذاری ارائه شده است. در ابتدا، با استفاده از روش‌های تحلیلی و شبیه‌سازی، ساختار شبکه‌ها با در نظر گرفتن پارامترهای مهمی مانند مصرف انرژی، صف گره‌ها و فاصله بین گره‌ها طراحی شده است. سپس، مدل‌های ریاضی و الگوریتم‌های خوشه‌بندی به منظور تقسیم گره‌ها به سرخوشه‌ها و گره‌های غیرسرخوشه توسعه داده شده است همچنین برای انتخاب مناسب‌ترین گره‌های میانی و سرخوشه، انتخاب متناسب با انرژی مصرفی و نزدیکی فیزیکی در نظر گرفته شده است. از روش تک‌مسیری برای ارسال بسته‌ها از گره‌های غیرسرخوشه به سرخوشه استفاده شده است تا مصرف انرژی کاهش یابد. در نهایت، تأثیر تغییرات دینامیک در موقعیت چاهک‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در روش پیشنهادی، یک شبکه حسگر بی‌سیم در یک محدود جغرافیای بسیار وسیع به چندین خوشه بزرگ تقسیم شده‌اند. هر ناحیه خوشه‌بندی شده ناحیه بزرگی را پوشش می‌دهند و هر خوشه یک سرخوشه دارد که گره‌های حسگر غیر سرخوشه از گره‌های میانی جهت ارسال داده‌ها با سرخوشه‌ها استفاده می‌کنند. و سرخوشه‌ها اطلاعات دریافتی از سایر گره‌ها را به نزدیکترین چاهک موردنظر می‌فرستد و در نهایت چاهک‌ها اطلاعات را به ایستگاه پایه می‌فرستند. در شکل ۱-۱ مدلی از نحوه تحویل داده به چاهک در روش پیشنهادی آمده است.



شکل ۱-۱) نحوه تحویل داده‌های به چاهک در روش پیشنهادی

۱-۱-۱ گره‌های کدگذار و رله

در روش پیشنهادی ما که در آن گره‌ها به صورت یکنواخت در یک محیط به صورت همگن مستقر شده‌اند. شامل K عدد خوشه C_i با شعاع خوشه‌ای r_i هست. گره‌های منبع، در C_i ، داده‌ها را حس کرده و به سرخوشه‌ها (C_{hi}) انتقال می‌دهند. یک گره رله (N_r) داده‌های دریافتی را مجدداً ارسال می‌کند و گره N_c داده‌ها را درون ناحیه کدگذاری G_i (با شعاع b_i) بر روی مسیر چندگانه از حسگرها به C_{hi} قبل از ارسال تجمیع یا کدگذاری می‌کند. همان‌طور که در شکل ۲-۳ مشاهده می‌کنیم گره N_c و N_r بر اساس نقش‌هایشان تعیین شده‌اند که ممکن است به صورت پویا تغییر یابند.



شکل ۲-۳ نحوه آرایش گره‌های کدگذار، رله و معمولی در مدل پیشنهادی

۲-۱-۲ روش مصرف انرژی در شبکه حسگر بی‌سیم

یکی از پارامترهای بسیار مهم در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، انرژی هست. زیرا انرژی گره‌های حسگر از طریق باتری تأمین گردیده و طول عمر باتری محدود هست. بنابراین، در ارائه پروتکل‌های مسیریابی انرژی مصرفی و در نتیجه طول عمر شبکه باید مورد توجه اساسی قرار گیرند.

شبکه حسگر بی‌سیم مبتنی بر چرخه کار به دو گروه اصلی تقسیم می‌شود: WSN چرخه کار تصادفی و WSN چرخه کار هماهنگ. یک گره حسگر معمولاً انرژی را در حالت‌های حس کردن، انتقال و دریافت و خواب مصرف می‌کند. انرژی مصرفی در حالت خواب خیلی کمتر از سایر حالت‌هاست.

انرژی مصرفی در زمان t توسط گره منبع از رابطه ۱-۳ بدست می‌آید [۲۵].

$$E_{S_c}^{\square} = t[\mu(g\lambda e_s + E_{tx}) + (1 - \mu)E_{Sleep}] \quad (3-1)$$

که انرژی مصرفی به ازای هر بیت از رابطه ۲-۳ بدست می‌آید.

$$E_{tx} = R_d(\alpha_{11} + \alpha_r d^n) \quad (3-2)$$

R_d نرخ ارسال داده است، n توان از دست دادن مسیر، α_{11} انرژی مصرفی به ازای هر بیت در الکترونیک فرستنده است و α_r انرژی مصرفی به ازای هر بیت در انتقال عملیات آمپر. E_{Sleep} انرژی مصرفی به ازای هر ثانیه توسط یک حسگر، g متوسط تولید یک بیت

در هر رخداد برای هر حسگر می باشد. λ میانگین نرخ وقوع رخداد می باشد. e_s انرژی مورد نیاز برای حس کردن یک بیت برای یک گره و μ چرخه کار است. یک گره با احتمال $(1 - \mu)$ تا زمان t در حالت فعال می ماند. انرژی مصرفی گره های رله چرخه کار در زمان t برابر با رابطه ۳-۳ است.

$$E_R = t[\mu(g\lambda e_s + E_{txr}) + (1 - \mu)E_{sleep}] \quad (3-3)$$

که انرژی مصرفی فرستنده و گیرنده $E_{txr} = R_d(\alpha_1 + \alpha_r d^n + \alpha_2) = R_d(\alpha_1 + \alpha_r d^n)$ و α_2 انرژی مورد نیاز برای دریافت یک بیت می باشد.

۳-۱- مسئله انتخاب چاهک

با توجه به اینکه در روش پیشنهادی خود از چندین گره چاهک و یک ایستگاه پایه بهره برده ایم گره های حسگر فرصت بهتری برای دستیابی به گره های چاهک و در نهایت به ایستگاه پایه دارند و همچنین تعداد کمی برای گره های حسگری که در فاصله دورتری از گره چاهک انتخابی قرار گرفته اند و همچنین انرژی موجود بیشتری دارند، زیاد است. با این روش، ما به طور مؤثر توسط خوشه بندی گره ها هر دو افزونگی پیغام داده، زمانی که آن ها به دوراز یکدیگر هستند جلوگیری خواهیم نمود. همچنین باعث مصرف بهینه انرژی، جلوگیری از ایجاد حفره در شبکه، افزایش طول عمر شبکه، کاهش سربار انتقال و کاهش تأخیر داده می گردد.

در روش پیشنهادی ابتدا هر سرخوشه بعد از جمع آوری اطلاعات از گره های حسگر عضو آن خوشه، فاصله خود را با گره های چاهک شبکه و همچنین فاصله چاهک با ایستگاه پایه را با استفاده از یک تابع هزینه با ۲ پارامتر $(dist_1, dist_2)$ برای تعیین چاهک مناسب و فرستادن به ایستگاه پایه محاسبه می کند و نزدیک ترین گره چاهک به خود را برای ارسال داده انتخاب می کند. سپس به صورت پویا تعداد کمی هر پیغام داده را بر اساس فاصله بین گره سرخوشه تولیدکننده پیغام و گره چاهک انتخابی و همچنین انرژی گره موردنظر به دست می آورد. از طرفی دیگر روش پیشنهادی، احتمال تحویل داده هر چاهک را محاسبه می کند و هر گره متحرک پیغام داده ها را به گره های همسایه ای که احتمال تحویل بالاتر دارند، می فرستد. در رابطه ۳-۴ $dist_1$ فاصله سرخوشه تا چاهک و $dist_2$ فاصله چاهک تا ایستگاه پایه و α_1 میزان تأثیر پارامتر فاصله سرخوشه تا چاهک و β_1 میزان تأثیر پارامتر فاصله چاهک تا ایستگاه پایه می باشد.

$$CF = \alpha_1 * \frac{1}{dist_1} + \beta_1 * \frac{1}{dist_2} \quad (4-3)$$

وقتی سرخوشه تصمیم به انتخاب چاهک موردنظر جهت ارسال داده ای می کند ابتدا با توجه به تابع هزینه نسبت به محاسبه هزینه هر یک از چاهک ها می کند و مقدار هر کدام بزرگ تر بود به آن چاهک ارسال خواهد کرد.

۴-۱- ارسال تک مسیری در خارج از ناحیه کدگذاری

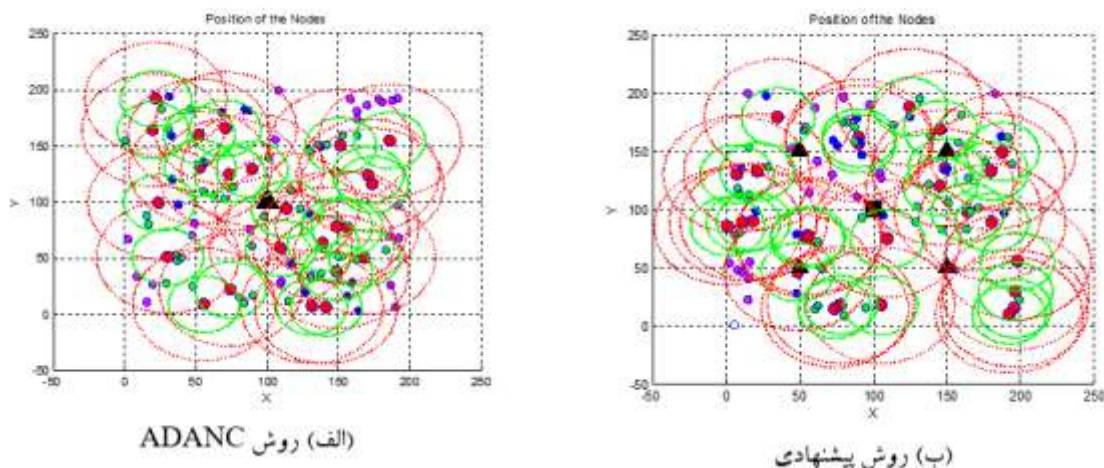
با توجه به اینکه گره های حسگر معمولی هنگام استفاده از روش چندمسیری هنگام ورود به ناحیه کدگذار برای ارسال داده به گره های رله و کدگذار مستعد گم شدن و خرابی هستند ما در روش پیشنهادی از روش تک مسیری استفاده می کنیم تا احتمال تحویل داده ها زیاد گردد و ما برای انتخاب بهترین گره از بین گره های (S) به عنوان گره کدگذار یا گره رله (N_c, N_r) بایستی ۳ پارامتر (انرژی باقیمانده، بافر خالی، فاصله) را مدنظر داشته باشیم تا هم انرژی باقیمانده زیادتر بوده و فاصله نزدیک تا گره های S داشته و هم بافر آن خالی باشد تا وقتی بسته های ارسالی که فرستادیم در بافر آن گره باقی بمانند تا انرژی آن از بین نرود. و برای استفاده از روش تک مسیری از رابطه ۳-۵ استفاده خواهیم کرد.

$$\alpha 2 * \left(\frac{e}{I_e}\right) + \beta 2 * (f/I_f) + \gamma * \frac{1}{d} \quad (5-3)$$

e انرژی باقیمانده گره، I_e انرژی اولیه گره‌ها، f میزان بافر خالی گره، I_f اندازه بافر اولیه گره‌ها و d فاصله بین فرستنده و گره بعدی هست.

۵-۱- شبیه‌سازی

شبیه‌سازی و مقایسه‌ی روش ارائه‌شده با روش ADANC در نرم‌افزار MATLAB R2013a انجام می‌شود. مقایسه‌ی پروتکل‌ها از جنبه‌های مختلفی از قبیل نرخ تحویل بسته، میانگین انرژی باقیمانده‌ی شبکه و تعداد گره‌های زنده، انجام شده است. ضمن اینکه تأثیر برخی از پارامترهای مستقل از قبیل نرخ تولید داده و انرژی اولیه‌ی گره‌های شبکه نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به اینکه در هر دو روش از برخی پارامترهای تصادفی نیز استفاده شده است، نتایج شبیه‌سازی در هر بار اجرا با اجراهای دیگر تفاوت دارند؛ بنابراین، سعی شده است که مقدار مناسب حاصل شده از اجراهای مختلف، در نتایج شبیه‌سازی، قرار داده می‌شود. نمونه‌ای از مدل شبکه شبیه‌سازی شده در شکل ۳-۳ آمده است.



شکل ۳-۳ محیط شبیه‌سازی شده روش پیشنهادی و روش ADANC

۵-۱-۱ پارامترهای شبیه‌سازی

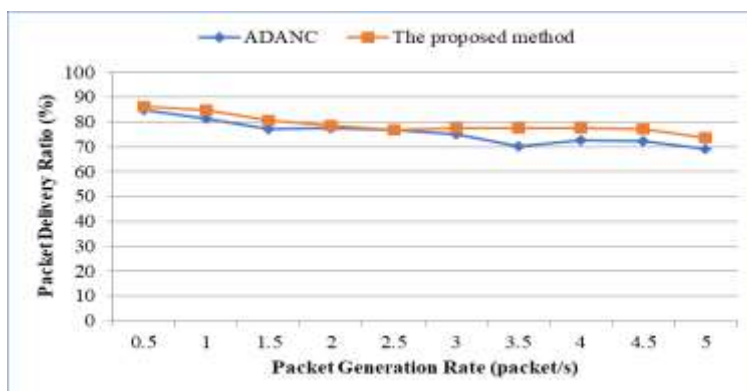
برای ارزیابی روش پیشنهادی سناریوهای مختلفی را در نظر می‌گیریم. شبیه‌سازی در ۱۰ دقیقه انجام می‌شود و انرژی اولیه‌ی گره‌ها نیز ۵ ژول در نظر گرفته می‌شود. توزیع گره‌های حسگر به صورت تصادفی است و حسگرها توسط پروتکل خوشه‌بندی LEACH خوشه‌بندی شده‌اند. تعداد چاهک ۴ عدد بوده و نحوه قرارگیری آن‌ها در شبکه به صورت از پیش تعیین شده هست همچنین از یک ایستگاه پایه برای جمع‌آوری داده‌ها از چاهک استفاده شده است. و پارامترهای شبیه‌سازی در جدول ۱-۱ آمده‌اند.

پارامتر	مقدار پارامتر
انرژی اولیه ی گره ها (ژول)	۵
اندازه ی بافر گره ها (بسته)	۲۰۰
مدت زمان شبیه سازی (دقیقه)	۱۰
اندازه ی شبکه (متر)	۲۰۰×۲۰۰
موقعیت ایستگاه پایه (متر)	(۱۰۰, ۱۰۰)
تعداد گره ها	۱۰۰
برد رادیویی گره ها (متر)	۵۰
تعداد اکتورها	۲۰
شعاع اکتورها (متر)	۳۰
اندازه بسته (بیت)	۱۰۰
α	۰.۸
β	۰.۲
α_2	۰.۴
β_2	۰.۲
γ	۰.۴

جدول ۱-۱) پارامترهای شبیه سازی

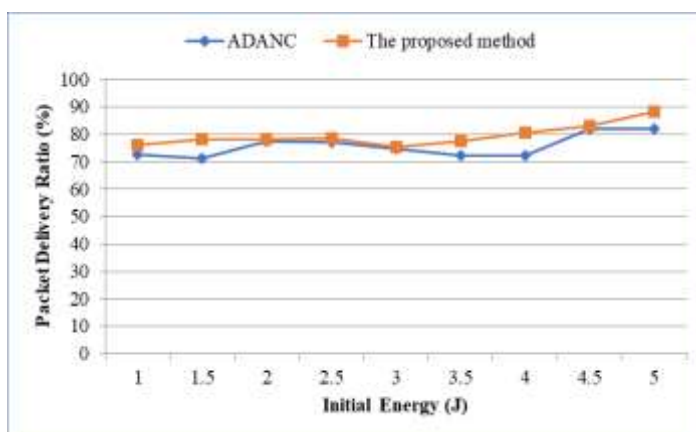
۲-۵-۱ آزمایش اول = نرخ تحویل بسته

نسبت تعداد بسته های دریافتی در مقصد نسبت به تعداد کل بسته های ارسالی، نرخ تحویل بسته گفته می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که در نرخ های مختلف تولید داده روش پیشنهادی کارایی بالاتری نسبت به روش ADANC دارد. قابل ذکر است که در بعضی از مقادیر، کارایی نرخ تحویل داده هر دو روش باهم یکسان هست. شکل ۳-۴ تأثیر پارامتر مستقل نرخ تولید داده بر نرخ بسته های تحویلی به مقصد را در روش پیشنهادی و پروتکل ADANC نشان می دهد.



شکل ۳-۴) بررسی تأثیر نرخ تولید داده بر نرخ تحویل بسته

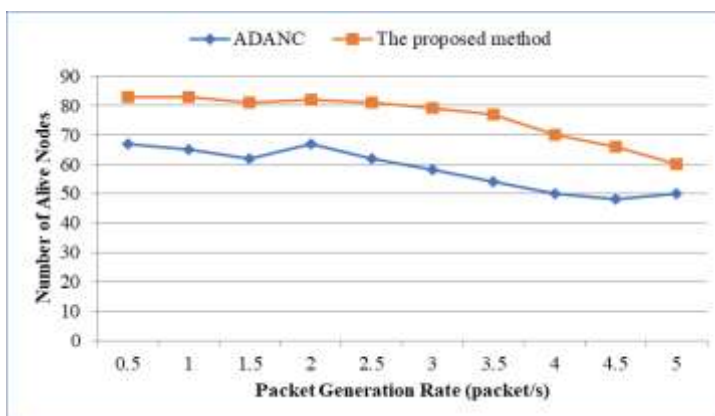
ضمناً نتایج شبیه‌سازی حاصل از تغییرات انرژی از ۱ تا ۵ ژول نیز در شکل ۳-۵ نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه نشان می‌دهند که روش پیشنهادی در اکثر مقادیر انرژی اولیه، کارایی بهتری نسبت به روش ADANC دارد.



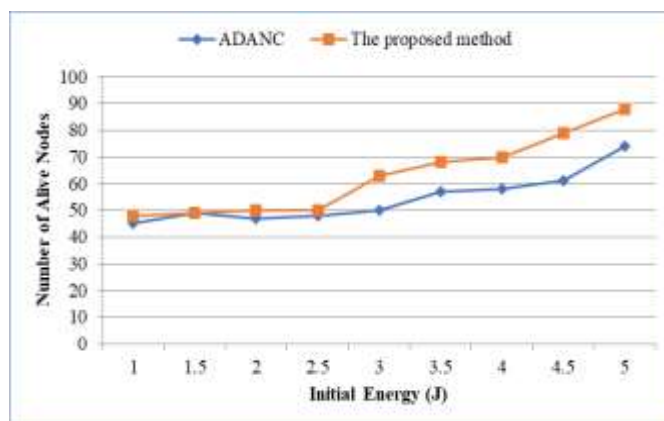
شکل ۳-۵) بررسی تأثیر انرژی اولیه گره بر نرخ تحویل بسته

۳-۵-۱ دوم - تعداد گره‌های زنده شبکه

نتایج مقایسات نشان می‌دهند که تعداد گره‌های زنده در روش پیشنهادی بیشتر از این تعداد در روش ADANC هست به دلیل اینکه روش پیشنهاد داده شده از روش تک مسیری استفاده می‌کند باعث می‌شود که انرژی مصرفی گره‌های ارسال کننده و دریافت کننده کاهش یافته و تعداد گره‌های زنده شبکه افزایش پیدا کند. تعداد گره‌های زنده در یک شبکه به عوامل زیادی بستگی یکی از مهم‌ترین عامل‌ها مقدار انرژی اولیه گره هست دومین عامل تأثیرگذار، نرخ تحویل داده هست. با توجه به اینکه هر چه نرخ تحویل داده بالاتر می‌رود ترافیک شبکه افزایش پیدا کرده و تعداد گره‌های زنده در هر دو روش کاهش خواهد یافت. نتایج مقایسه در شکل ۳-۷ نشان می‌دهد تعداد گره‌های زنده در هر دو روش با افزایش انرژی اولیه افزایش می‌یابد البته قابل ذکر است در اکثر زمان‌های شبیه‌سازی تعداد گره‌های زنده در روش پیشنهادی بیشتر از روش ADANC است.



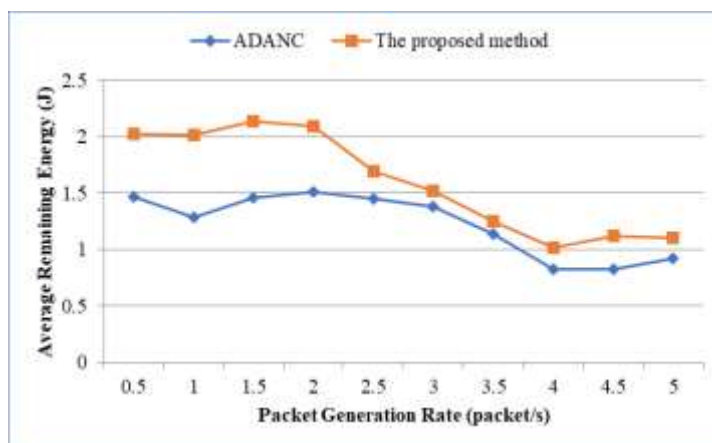
شکل ۳-۶) بررسی تأثیر نرخ تولید داده بر تعداد گره‌های زنده



شکل ۳-۷) بررسی تأثیر انرژی اولیه گره‌ها بر تعداد گره‌های زنده

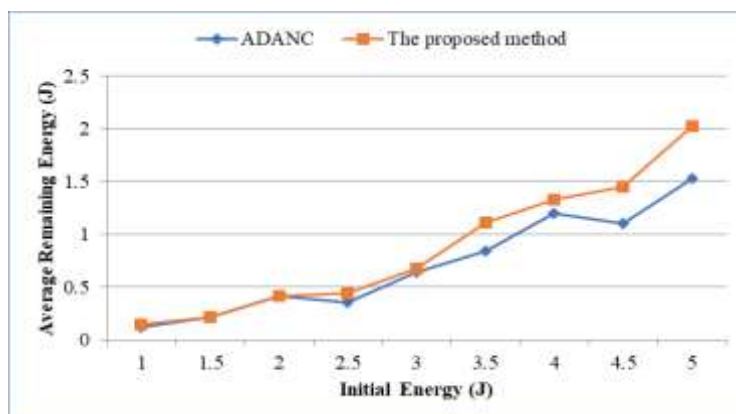
۴-۵-۱) آزمایش سوم - میانگین انرژی باقیمانده شبکه

نتایج شبیه‌سازی برای میانگین انرژی باقیمانده شبکه در شکل ۳-۸ نشان داده شده است. مقایسات شبیه‌سازی نشان می‌دهد در همه میزان نرخ تولید داده انرژی مصرفی گره‌ها در روش پیشنهادی بیشتر از روش ADANC هست. دلیل آن هم این است که از روش تک مسیری استفاده می‌کند و باعث می‌شود در همه حالت‌های نرخ تولید داده انرژی مصرفی گره‌ها پایین‌تر بوده و انرژی کل شبکه بالاتر باشد.



شکل ۳-۸) بررسی تأثیر نرخ تولید داده بر میانگین انرژی باقیمانده شبکه

نتایج مقایسه در شکل ۳-۹ نشان می‌دهد که در تغییرات مختلف انرژی اولیه گره‌ها از ۱ تا ۵ ژول میانگین انرژی باقیمانده شبکه در روش پیشنهادی بیشتر از روش دیگر هست. البته قابل ذکر است در بعضی از موارد انرژی مصرفی شبکه در هر دو روش تقریباً مماس با یکدیگر هست. در کل نتایج شبیه‌سازی حاکی از بهبود میانگین انرژی مصرفی روش پیشنهادی نسبت به روش ADANC هست



شکل ۳-۶) بررسی تأثیر انرژی اولیه گره بر میانگین انرژی باقیمانده شبکه

یافته ها

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی‌های انجام‌شده می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش تعداد چاهک و استفاده از روش تک مسیری کارایی الگوریتم پیشنهادی بهبود پیدا می‌کند. هدف اصلی ما در این تحقیق، جمع‌داده و بهره‌وری انرژی با استفاده از کدگذاری شبکه بود که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شاهد افزایش بهره‌وری شبکه بودیم. همچنین نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده بهبود قابل ملاحظه‌ای در عملکرد شبکه مرتبط با راهکار پیشنهادی بود. به‌طور خاص، نرخ تحویل داده‌ها به میزان ۱۰ درصد افزایش یافت که به معنای بهینه‌تر شدن فرآیند انتقال اطلاعات در شبکه است. همچنین، انرژی باقیمانده شبکه پس از اجرای این روش به مقدار ۲۵ درصد نسبت به روش ADANC بهبود پیدا کرد. این بهبود در مصرف انرژی به افزایش طول عمر کلی شبکه انجامید. در زمینه تعداد گره‌های زنده، که به عنوان یک شاخص کلیدی برای پایداری شبکه‌ها در نظر گرفته می‌شود، یافته‌ها نشان دادند که با راهکار پیشنهادی، تعداد گره‌های زنده به میزان ۳۰ درصد افزایش یافته است. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که رویکردهای پیشنهادی می‌توانند به بهینه‌سازی و افزایش کارایی شبکه‌های حسگر بی‌سیم کمک کنند و زمینه‌های جدیدی را برای تحقیقات و توسعه‌های آتی فراهم آورند.

به طور کلی، تأثیر مثبت این رویکرد بر مصرف انرژی و پایداری شبکه، اهمیت استراتژی‌های بهینه‌سازی را در طراحی شبکه‌های حسگر بی‌سیم بیش از پیش مشخص می‌کند و بر لزوم اتخاذ روش‌های نوآورانه در این حوزه تأکید می‌نماید.

بحث و نتیجه‌گیری

از آنجاییکه راهکار پیشنهادی مبتنی بر جمع‌آوری داده و کدگذاری، با استفاده از مکانیزم چند چاهکی و روش خوشه‌بندی، قادر است به طور مؤثری بهره‌وری انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم را افزایش دهد. با انتخاب هوشمند گره‌های میانی و سرخوشه بر اساس پارامترهای کلیدی مانند انرژی مصرفی، صف گره و فاصله، این راهکار به کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه منجر شده است. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان‌دهنده بهبود قابل توجهی در نرخ تحویل داده، انرژی باقیمانده و تعداد گره‌های زنده در مقایسه با روش ADANC است. این بهبودها به ویژه برای کاربردهای حساس به انرژی و نیازمند به قابل اعتماد بودن، بسیار حائز اهمیت هستند. علاوه بر این، از آنجا که شبکه‌های حسگر بی‌سیم به طور معمول در محیط‌های گسترده و متغیر مستقر هستند، توجه به تغییرات دینامیک در طراحی و مدیریت این شبکه‌ها می‌تواند به کاهش بیشتر انرژی کمک کند. پیشنهادات برای تحقیقات آینده شامل استفاده از گره‌های ناهمگن با انرژی اولیه بالا، انتخاب دوره‌ای سرخوشه‌ها و تعیین موقعیت دینامیک چاهک‌ها، می‌تواند به بهره‌وری بیشتر و کارایی بهتر این شبکه‌ها کمک کند. همچنین، بررسی تعاملات بین گره‌ها و چاهک‌ها در شرایط حاد و متغیر، به عنوان یک حوزه تحقیقاتی جذاب و چالش‌برانگیز مطرح می‌شود. این یافته‌ها نه تنها بر اهمیت مدیریت و بهینه‌سازی انرژی در شبکه‌های حسگر تأکید دارند، بلکه چشم‌اندازهای جدیدی برای تحقیقات آتی فراهم می‌کنند که می‌تواند به توسعه فناوری‌های نوین در این زمینه کمک کند.

منابع

- [1] J.Heideman, F. Silva, C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, and D. Ganesan, " Building Efficient Wireless Sensor Networks with Low-Level Naming," Proceeding of the Symposium on Operating Systems Principles, pp 146-159, 2001.
- [2] J. Zheng, A. Jamalipour "Wireless Sensor Networks-A Networking Perspective" Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2009.
- [3] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102-116, August 2002.
- [4] P. Levis, S. Madden, J. Polastre, R. Szewczyk, K. Whitehouse, A. Woo, D. Gay, J. Hill, M. Welsh, E. Brewer, and D. Culler, " TinyOS: An Operating System for Sensor Networks," 2003
- [5] A. Laszka, L. Buttyan, D. Szeszler, "Optimal Selection of Sink Nodes in Wireless Sensor Networks in Adversarial Environments," in World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2011 IEEE, pp. 1 – 6, 20-24 June 2011.
- [6] S. Kumar, S. Chauhan, "A Survey on Scheduling Algorithms for Wireless Sensor Networks" in International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 20– No.5, April 2011.
- [7] W. M . Lee, V.W.S.Wong, " E-Span and LPT for data aggregation in wireless sensor networks," in Department of Electrical and Computer Engineering, The University of British Columbia, 2332 Main Mall, Vancouver, BC, Canada V6T 1Z4

- [8] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks (LEACH)," Proceedings of 33rd hawaii international conference systems science ,Washington,DC,USA,Jan.vol.8, 2000.
- [9] M. Iotfinezhad and B. Liang, "Effect of Partially correlated data on clustering in wireless sensor network," in Proceeding of the IEEE International Conference on Sensor and Ad hoc Communications and Networks(SECON), Santa Clara, California, October 2004.
- [10] C. Guestrin, P. Bodik, R. Thibaux, M. Paskin and S. Madden, "Distributed Regression: An Efficient Framework for Modeling Sensor Network Data", Intel corporation, 2004.
- [11] Dasgupta, K., Kalpakis, K., Namjoshi, "An efficient clustering-based heuristic for data gathering and aggregation in sensor networks," In IEEE Wireless Communication and Networking Conference, March Vol. 4, No. 1, 2003.
- [12] Beaver, J., Sharaf, M.A., Labrinidis, A., Chrysanthi, P.K., "Location-aware routing for data aggregation in sensor networks," In Proceeding of the 2nd Hellenic Data Management Symposium.
- [13] M. Dorigo, L.M. Gambardella, "Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem," In IEEE Transactions on Evolutionary Computation (1997)53–66
- [14] Muhammad A, Bin Dai, Benxiong H, A. Hassan, Shui Yu ., "Survey of network coding-aware routing protocols in wireless networks," Journal of Network and Computer Applications 2011;34(2) :1956–1970.
- [15] R. Ahlswede, et. al, Jul 2000; "Network information flow"; IEEE Transactions on Information Theory, Volume:46 , Issue: 4, Page(s): 1204 - 1216.
- [16] T. Ho, D. Lun; "Network Coding: An Introduction"; ISBN 10: 052187310X / ISBN 13: 9780521873109, Publisher: Cambridge University Press. page(s): 1 – 156, 2008.
- [17] E. Felemban, S. Member, C.-gun Lee, and E. Ekici, "MMSPEED: Multipath Multi-SPEED Protocol for QoS Guarantee of Reliability and Timeliness in Wireless Sensor Networks," IEEE Trans. Mobile Computing, vol. 5, no. 6, pp. 738-754, 2006.
- [18] J. a. Stankovic and T. Abdelzaher ; "SPEED: a stateless protocol for real-time communication in sensor networks," 23rd International Conference on Distributed Computing Systems, Proceedings., pp. 44-55, 2003.
- [19] Radi, Marjan, Dezfouli, Behnam, Abu Bakar, Kamalrulnizam, and Lee, Malrey; "Multipath Routing in Wireless Sensor Networks: Survey and Research Challenges", Sensors, vol 12(1), pp 650-685 (2012).
- [20] K. Pahlavan ; "Principles of Wireless Networks: A Unified Approach"; ISBN:0470697083 9780470697085, Publisher: John Wiley & Sons, Inc. page(s): 1 – 80 , 2011.
- [21] S. Yang, J. Wu, M. Cardei, 2008; "Efficient Broadcast in MANETs Using Network Coding and Directional Antennas"; The 27th Conference on Computer Communications. IEEE INFOCOM, page(s): 1499 – 1507, Apr.
- [22] J. Le, J.C.S. Lui, D.M. Chiu; "DCAR: Distributed Coding-Aware Routing in Wireless Networks"; IEEE Transactions on Mobile Computing, Volume:9 , Issue:4, Page(s):596 – 608, April 2010.
- [23] S. Katti and et. al ; " XORs in the Air: Practical Wireless Network Coding" ; IEEE/ACM Transactions on Networking, Volume:16, Issue: 3, Page(s): 497 – 510 , June 2008.
- [24] Lusheng M . Karim D. Anish K. Guillaume N. " Network coding and competitive approach for gradient based routing in wireless sensor networks ," Ad Hoc Networks 2012;10(8):990-1008

[25] Rashmi R, Soumya K ;“Adaptive data aggregation and energy efficiency using network coding in a clustered wireless sensor network: An analytical approach,”; Computer communications 2014; 40(2):65-75.

Adaptive Data Aggregation and Energy Efficiency Using Network Coding in a Clustered Wireless Sensor Network

Abed Suldozian

Master's Graduate in Computer Engineering, Software Engineering, Shabestar Islamic Azad University, Shabestar, Iran

Saeid Taghavi Afshord

Faculty Member, Department of Computer Engineering, Shabestar Islamic Azad University, Shabestar, Iran

Abstract

Wireless sensor networks are utilized in various applications such as traffic control, target tracking, and smart building automation due to the low cost of sensor nodes. Energy, reliability, and security are primary challenges that have garnered the attention of researchers. In this paper, a novel solution based on network coding for clustered wireless sensor networks is presented, which optimizes energy consumption through data aggregation mechanisms. This approach considers energy efficiency as a key criterion in the design of routing protocols, employing packet coding to reduce the number of redundant transmissions to the base station, thereby extending the network's lifespan. Additionally, it utilizes a multi-well mechanism to lower the energy consumption of nodes by decreasing the distance in packet transmission paths. Given the significance of energy as a vital resource in wireless sensor networks, coding and data aggregation techniques are recognized as effective tools for enhancing energy efficiency in these networks. Simulation results demonstrate that the proposed method outperforms previous approaches in terms of packet delivery rate, average remaining energy in the network, and the number of active nodes, significantly improving the energy consumption of wireless sensor networks.

Keywords: Wireless sensor networks, network coding, data aggregation, network longevity, data delivery.