کنفرانس ملی چشم انداز ۱۴۲۰ و پیشرفت های
تکنولوژیک مهندسی برق، کامپیوتر و فناوری اطلاعات

روشی بهینه جهت خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بیسیم بر پایه آنتروپی داده و بکارگیری منطق فازی

علی وکیلی[۱]، دکتر علیرضا حکم آبادی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول
۲- مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول

alivakili62@gmail.com

خلاصه

یکی از عملیاتی ترین راههای افزایش طول عمر شبکه های حسگر بسیسم، استفاده از روشهای خوشه بندی با انرژی مصرفی کمتر می باشد.در این مقاله ما با هدف کاهش مصرف انرژی در این شبکه ها، روشی برای خوشه بندی ارائه می نماییم که اولاً بر اساس میزان آنتروپی داده و نرخ همگرایی داده های جمع آوری شده از محیط شکل میگیرد و دوماً جهت دسته بندی مناسب داده های پیوسته ی مربوط به پارامتر محیطی،از منطق فازی استفاده نموده ایم. راهکار پیشنهادی در محیط نرم افزار NS2 شبیه سازی گردیده و نتایج و نمودارهای حاصل بیانگر کارایی روش ارائه شده می باشد.

کلمات کلیدی: شبکه حسگر بیسیم، خوشه بندی، ترکیب داده، نرخ همگرایی، منطق فازی

چکیده

در شبکه های حسگر بی سیم، پس از جمع آوری داده های خام از محیط تحت نظارت، ادغام این داده ها، حذف و جلوگیری از تبادل داده های تکراری در شبکه همواره به عنوانِ یک فرآیند کارآمد برای کنترل، مدیریت و حفاظت از انرژیِ گره های حسگر مطرح می‌باشد. در این مقاله، یک روش کارآمد برای خوشه بندی پویای گره ها در شبکه های حسگر بیسیم پیشنهاد می گردد که جمع آوری داده ها بر اساس میزان بی نظمی داده های حس شده توسط حسگرها صورت پذیرفته و استخراج داده ها از گره های حسگر با دقت بالا انجام می گیرد. عملکرد روش پیشنهادی از نظر ارزیابی پارامترهای کیفیت سرویس با دو سناریو متفاوت در نرم افزار شبیه ساز شبکه NS2 مورد ارزیابی قرار گرفته است و نتایج بدست امده از شبیه سازی نشانگر کارایی بهتر روش پیشنهادی می‌باشد.

۱. مقدمه

شبکه حسگر بی‌سیم نوع خاصی از شبکه‌های موردی[1]است و شامل مجموعه‌ای از گره‌های کوچک می‌باشد. این شبکه‌ها معمولاً شامل هزاران گره حسگر هستند که در یک منطقه جغرافیایی گسترده شده‌اند و توانایی حس محیط اطراف با هدف معین، پردازش اطلاعات، ذخیره‌سازی، تبادل اطلاعات با سایر گره‌ها و همچنین قابلیت تطابق پذیری در مقابل تغییرات (توپولوژی و ...) را دارند. معمولاً در یک شبکه حسگر بیسیم تمامی گره‌ها همسان می‌باشند و عملاً با همکاری با یکدیگر هدف کلی شبکه را برآورده می‌سازند. هدف اصلی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم نظارت و کنترل شرایط و تغییرات جوی، و غیره با محدوده معین از طریق دریافت اطلاعات مربوطه به پارامترهای محیطی مشخص مربوطه می‌باشد[Akyaldiz et al ,2002], [ilyas and mahgoub, 2004].

مسیریابی در شبکه‌های حسگر، شامل پیدا کردن مسیر انتقال بهینه برای گره‌های حسگر از مبدأ به مقصد در جهت افزایش طول عمر شبکه است. تکنولوژیِ مسیریابی شبکه حسگر بی سیم، یکی از مهم‌ترین تکنولوژی‌ها است[Akkya and younis, 2005]. بر اساس معماری شبکه، تکنولوژی‌های مسیریابی را می‌توان به دو دسته‌ی مسطح و سلسله‌مراتبی، تقسیم کرد. به شبکه‌ی سلسله‌مراتبی، شبکه مبتنی بر خوشه نیز گفته می‌شود. بررسی‌ها ثابت کرده‌اند که پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر خوشه در مدیریت توپولوژی شبکه، کمینه‌سازی مصرف انرژی، جمع‌آوری داده و غیره، نسبت به پروتکل‌های مسطح بهتر عمل می‌کنند[Naraki and kamal, 2004].

طراحی یک روش مسیریابی مؤثر برای کنترل مصرف انرژی، مسئله اصلی افزایش طول عمر شبکه است. مصرف انرژی، تحرک، مقیاس‌پذیری و کیفیت سرویس از مسائل مهم در طراحی پروتکل‌های مسیریابی در شبکه حسگر بی‌سیم هستند.

یکی از گرایش‌های درحال‌توسعه در پروتکل مسیریابی شبکه حسگر، بهبود طرح خوشه‌بندی و بهینه‌سازی مسیرها از سرخوشه به ایستگاه پایه است[Mao et al, 2013].

خوشه‌بندی سلسله مراتبی در شبکه های حسگر بی‌سیم می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی در مقیاس‌پذیری سرتاسری سیستم، طول عمر و کارایی انرژی، تاثیرگذار باشد. مسیریابی سلسله‌مراتبی، یک روش کارا جهت مصرف کمتر انرژی درون یک خوشه و تجمیع و ترکیب داده‌ها در جهت کاهش تعداد پیام‌های ارسالی به ایستگاه پایه است. در مقابل یک شبکه تک سطحی ممکن است به هنگام افزایش تراکم حسگرها باعث ایجاد اضافه‌بار شود. چنین اضافه باری ممکن است باعث ایجاد تأخیر در ارتباط و پیگیری ناموفق رخدادها گردد. به‌علاوه این معماری تک سطحی برای مجموعه بزرگی از گره‌ها که منطقه وسیعی را پوشش می‌دهند، قابلیت مقیاس‌پذیری ندارند چراکه معمولاً حسگرها قابلیت ارتباط در مسیر طولانی را ندارند. خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی، بخصوص در کاربردهایی که به صدها یا هزاران گره نیاز باشد، مؤثر است[zhang et al, 2009].

۲. روش تحقیق

در الگوریتم پیشنهادی این پژوهش، تجمیع داده قبل از ارسال آن به گره سرخوشه، بصورت محلی و مستقل توسط هر گره انجام می گیرد و برای گره ها یک میزان آستانه بر پایه میزان بی نظمی و واگرایی داده های جمع آوری شده در نظر گرفته می شود. گره ها با مقایسه داده های جمع آوری شده در هر سیکل کاری با سیکل قبلی خود، به یک مقدار تحت عنوان آنتروپی داده حس شده دست یافته و قبل از ارسال داده اصلی به گره های سرخوشه، ابتدا مقدار آنتروپی که از نظر حجم بسته اطلاعاتی در مقایسه با مقدار داده اصلی -که دلالت بر پارامتر مورد نظارت دارد(در این پژوهش دمای محیط)- سبک- تر و کم حجم تر می باشد را به سرخوشه ارسال می کند، سپس گره سرخوشه بر اساس مقایسه آن با مقدار آستانه تعیین شده (توسط مرکز کنترل و از طریق ارتباط سرخوشه با سینک تعیین و به اطلاع سرخوشه می رسد)، اجازه ارسال یا عدم ارسال داده را برای گره مورد نظر صادر می نماید.

Ad-hoc

۱-۲- واگرایی داده

در این مقاله، یک الگوریتم خوشه بندی کارآمد مبتنی بر کاهش مصرف انرژی پیشنهاد شده است که شامل دو مرحله : خوشه بندی اولیه و نهایی است.(در دو فاز خوشه بندی اولیه و نهایی اجرا می شود). در فاز خوشه بندی اولیه، گره های حسگر در خوشه هایی با داده های یکسان قرار می گیرند. در فاز خوشه بندی نهایی، آن دسته از گره هایی که در فاز اول خوشه بندی نشدند بر اساس واگرایی خود به خوشه های اطراف با کمترین میزان واگرایی می پیوندند.

۱-۱-۲- انتخاب روش واگرایی

اندازه گیری واگرایی روشی است که برای تعیین درجه عدم تجانس دو شیء(هدف) استفاده می شود. در فرآیند خوشه بندی، گره ای که خوشه بندی نشده است با استفاده از اندازه گیری واگرایی میزان تفاوت خود را با گره ها در خوشه های در مجاورت خود تجزیه تحلیل می نماید و در نهایت تصمیم می گیرد به خوشه ای بپیوندد که حداکثر شباهت را با آن دارد.(حداقل واگرایی). این فرایند خوشه بندی به صورت بازگشتی ادامه پیدا می کند تا تمام گره ها درشبکه خوشه بندی شوند.

۲-۲-خوشه بندی

خوشه بندی فرآیند تخصیص مجموعه ای از گره های حسگر با ویژگی های مشابه به یک گروه یا خوشه مشخص است. با خوشه‌بندی گره‌های شبکه، می‌توان به کارایی بهتری از انرژی رسید بطوری که به افزایش عمر شبکه منتهی می شود. خوشه ها هر یک شامل یک گره اصلی به نام سرخوشه و تعدادی گره فرعی به نام عضو می باشند. ایجاد کنترل روی تعداد و مکان سرخوشه ها و همچنین اندازه سرخوشه ها در هر دوره از فعالیت شبکه، مسئله را پیچیده‌تر می کند. حداقل انرژی مصرف شده توسط گره‌های شبکه در طی هر دوره عملیات ارسال داده به ایستگاه اصلی منجر به ایجاد تعادل در مصرف انرژی سرخوشه ها و در نتیجه طولانی‌تر شدن عمر شبکه می شود.انتخاب نوع الگوریتم خوشه بندی در توزیع یکنواخت یا غیر یکنواخت خوشه ها بسیار حائز اهمیت است.

۱-۲-۲ -مرحله ی خوشه بندی اولیه

شکل گیری اولیه خوشه ها به صورت توزیع شده و بر اساس داده های حس شده از محیط توسط گره های حسگر می باشد. این روش مستقل از تعداد خوشه ها، موقعیت جغرافیایی و فاصله گره های حسگر است.
در این روش از یک تابع برای قاعده‌مند کردن داده های جمع آوری شده از محیط استفاده شده است. به این ترتیب که معیار عمل بر اساس مقداری بین ۰ و۱ سنجیده می شود. این تابع میانگین مجموعه داده های مورد سنجش قرارگرفته در بازه ای از حداقل تا حداکثر مقدار پارامتر محیط در مدت زمان مشخص شده (سیکل جمع آوری داده) می باشد. همه گره ها با داده های یکسان به صورت تک گامی در گروه هایی قرار می گیرند تا یک خوشه اولیه شکل گیرد.

۲-۲-۲- مرحله ی خوشه بندی نهایی

فاز نهایی خوشه بندی در واقع تضمین می کند که همه گره ها در سطح شبکه خوشه بندی شده اند. این مرحله با شناسایی یک گره حسگر که خوشه بندی نشده و شناسایی یک یا چند خوشه در مجاورت آن گره حسگر آغاز می شود. سپس گره خوشه بندی نشده از داده های مورد سنجش قرار گرفته توسط گره

همسایه در خوشه مجاور اطلاعاتی به دست می آورد. هر گره حسگر از این اطلاعات در محاسبه میزان واگرایی که در خوشه بندی نهایی مورد نیاز است، استفاده می کند.

۳-۲-۲- موارد استثنا

در حین اجرای فاز خوشه بندی نهایی ۲ مورد استثنا وجود دارد. مورد اول در شروع فاز نهایی اتفاق می افتد، زمانی که هیچ خوشه ای در مجاورت و فاصله تک گامی گره خوشه بندی نشده پیدا نمی شود که این خود ایجاب می کند گره ها تا زمان پیدا شدن یک خوشه در مجاورت آنها منتظر بمانند. مدت زمان انتظار با منقضی شدن تایمر(این زمان در ابتدای فاز نهایی مقداردهی می شود) به پایان می رسد. مورد دوم زمانی است که زمان فاز نهایی به پایان رسیده است و گره هایی هنوز خوشه بندی نشده است.(به عنوان مثال ، هیچ از گره های باقی مانده در مجاورت تک گامی آن هنوز خوشه بندی نشده اند. در این حالت یکی از گره های خوشه بندی نشده خود را به عنوان سرخوشه معرفی می کند و سرخوشه بودن خود را با یک پیام اعلان همگانی به اطراف خود می فرستد که این کار باعث می شود یک خوشه با گره هایی در مجاورت و همسایگی تک گامی خود تشکیل دهد. به این ترتیب تعدادی ازگره ها که خوشه بندی نشده اند عضو خوشه جدید می شوند. این روند ادامه پیدا می کند تا گره ها خوشه بندی نهایی را با اندازه گیری واگرایی آغاز کنند. از آنجایی که اکثر گره ها با توجه به کمترین واگرایی خوشه، خوشه بندی می شوند، در فاز نهایی تعداد کمی از گره ها به صورت تک (منفرد) باقی می مانند.

2-۳- ترکیب داده با استفاده از آنتروپی فازی

در این پژوهش از روش ترکیب داده ها برای نظارت بر تغییر درجه حرارت استفاده شده است که می توان آن را به سایر پارامترهای محیطی(مثل فشار، رطوبت و..) تعمیم داد.

2-۱-۳-فازی سازی داده های ورودی

۵ محدوده داده برای دسته بندی داده های حس شده از محیط در نظر گرفته شده است. هر T_i شامل مجموعه ای از داده های حس شده از محیط است که در محدوده تعریف شده خود قرار می گیرد. به عبارت دیگر هر یک از داده های نمونه گیری شده در فاصله زمانی منظم، در یکی از ۵ دسته ی زیر قرار می گیرد. داده در فرایند فازی مورد استفاده قرار می گیرد.

T_1= دمای خیلی سرد
T_2= دمای سرد
T_3= دمای نرمال
T_4= دمای گرم
T_5= دمای خیلی گرم

۲-۳-۲-فرآیند نمونه برداری و اندازه گیری احتمال محلی و سراسری

همه گره های حسگر آنتروپی خود را محاسبه می کنند و به سرخوشه می فرستند. سپس سرخوشه یک آستانه آنتروپی بر اساس مقادیر آنتروپی به دست می آورد. در شبیه سازی آستانه، مقداری بیشتر از میانگین آنتروپی ها در نظر گرفته شده است. به این معنا که اگر آنتروپی حسگر S بیشتر از میانگین آنتروپی گره های حسگر باشد، آن گاه سرخوشه مجوز به گره حسگر مجوز ارسال داده خود را(به سمت سرخوشه) می دهد. بنابراین آستانه نهایی توسط گره های منتخب

در روند گزارش داده مشخص می شود. در نهایت این نتایج در سنسور ذخیره می شود. این روند ارسال آنتروپی از مقادیر داده، تا حد زیادی از ارسال بسته های اضافی در خوشه جلوگیری می کند و باعث کاهش انتقال پکت های ارسالی می شود.

سرخوشه بر اساس داده و آنتروپی دریافتی از منابع انتخاب شده، احتمال سراسری را محاسبه می کند. این تابع احتمال اطلاعات متمرکزی را نسبت به اطلاعات متنوعی که از مدل احتمال محلی به دست می آید، می گیرد. در نهایت سرخوشه مقدار مورد انتظار را محاسبه می کند و سپس مقدار واقعی را به سینک می‌فرستد. در نتیجه ی مدل احتمل سراسری داده های دقیق تری فیلتر شده و به سینک ارسال می شود.

علاوه بر کاهش میزان داده های ارسالی، این روش همچنین تعداد حسگرهای شرکت کننده را به حداقل می رساند.این بدان معناست که این رویکرد ارتباط اطلاعات را حفظ کرده و همچنین بهره وری انرژی را در روند تجمیع داده افزایش می دهد.

۳- شبیه سازی

در این بخش به بررسی نتایج و نمودارهای بدست آمده و اجرای روش پیشنهادی در محیط شبیه سازی با استفاده از نرم افزار NS2 خواهیم پرداخت.

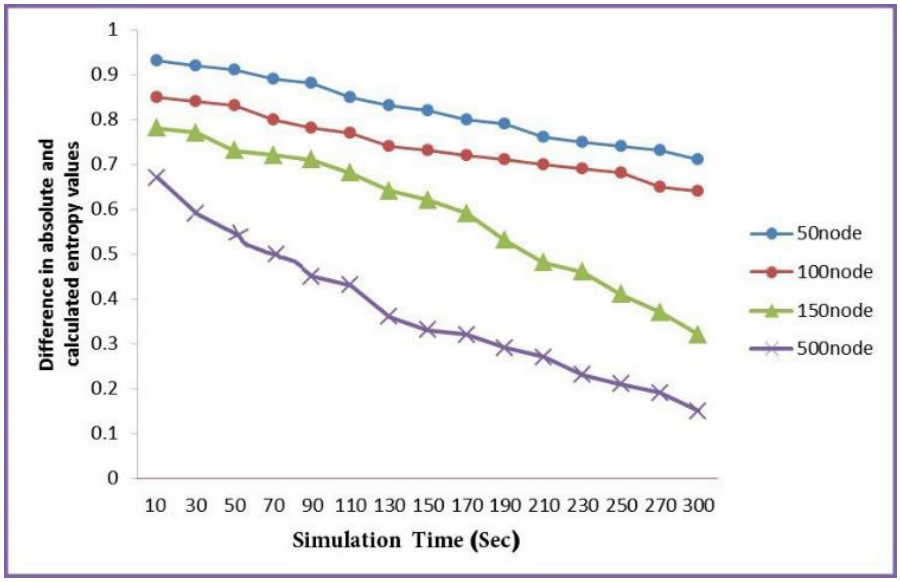
۱-۳- مشخصات شبکه شبیه سازی جهت اجرای الگوریتم روش پیشنهادی به قرار زیر است :

- الگوریتم پیشنهادی در یک شبکه سیار موردی پیاده سازی شده است
- ابعاد محیط شبیه سازی ۱۰۰۰ * ۱۰۰۰ متر می باشد.
- زمان شبیه سازی ۳۰۰،۲۷۰،۲۵۰،۲۳۰،۲۱۰،۱۹۰،۱۷۰،۱۵۰،۱۳۰،۱۱۰،۹۰،۷۰،۵۰،۳۰،۱۰ ثانیه است.
- تعداد گره موجود در شبکه ۵۰۰،۱۵۰،۱۰۰،۵۰ میباشد.
- پروتکل مسیریابی در شبکه شبیه سازی شده AODV می‌باشد.
- زمان هر دوره نمونه برداری ۵ ثانیه می باشد.

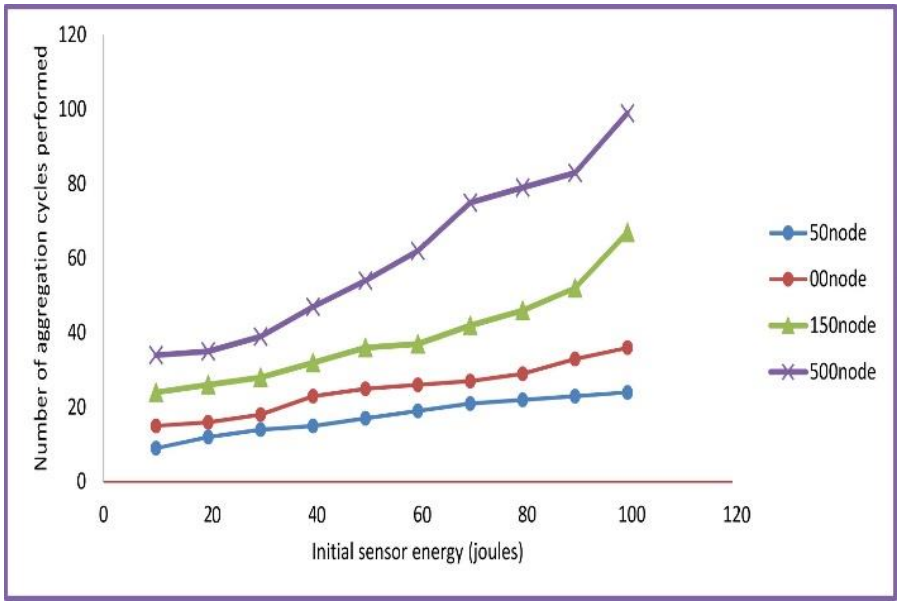
۱-۱-۳- پارامترهای مورد نیاز جهت ارزیابی کارایی روش پیشنهادی

محاسبه مقدار انتروپی،تعداد بسته های از دست رفته، میانگین هزینه انتقال، تعداد گره های زنده، تعداد چرخه تجمیع ارزیابی شده.

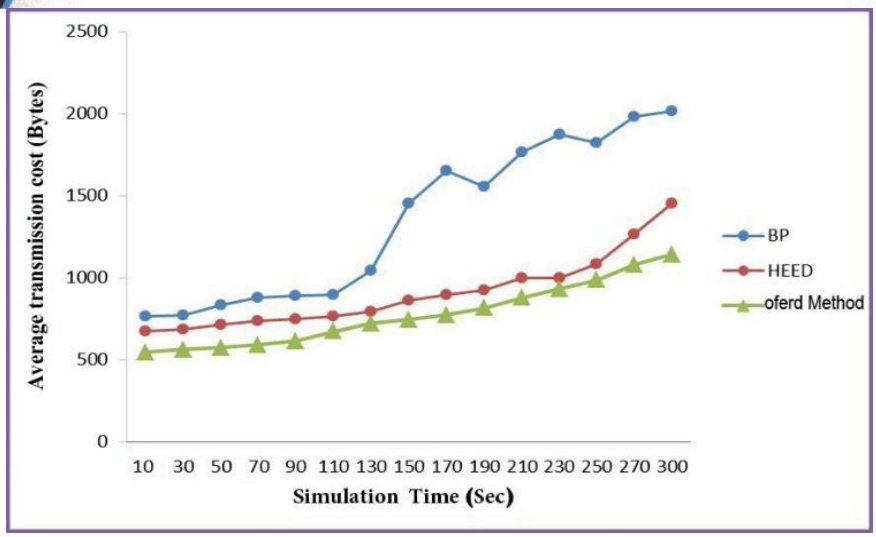
۲-۳-نتایج شبیه سازی



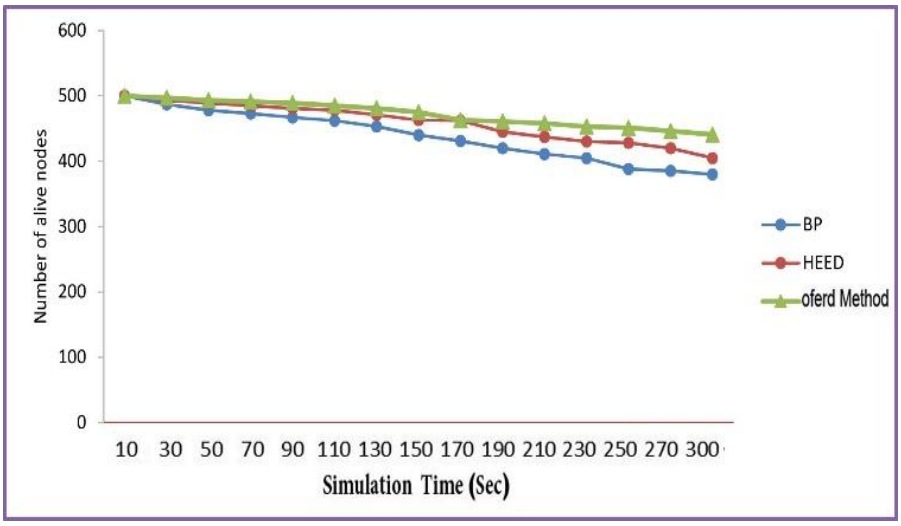
شکل ۱) نرخ همگرایی آنتروپی محاسبه شده با مقدار آنتروپی مطلق نسبت به افزایش زمان شبیه سازی



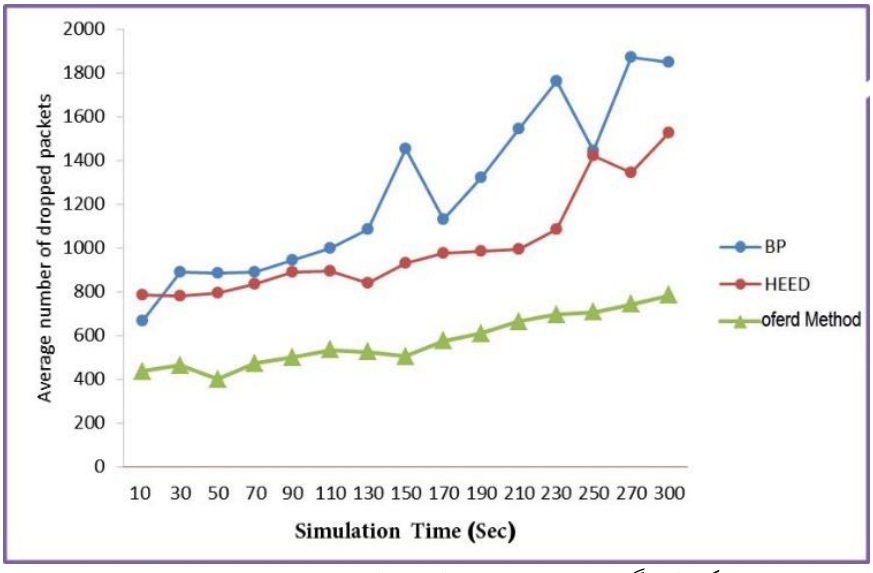
شکل ۲) تخمینی از تعداد چرخه تجمیع با تعداد ۵۰،۱۰۰،۱۵۰،500 گره



شکل ۳) هزینه انتقال نسبت به افزایش زمان شبیه سازی



شکل ۴) تعداد گره های زنده در مجموعه ۵۰۰ گره‌ای نسبت به افزایش زمان شبیه سازی



شکل ۵) میانگین بسته های از دست رفته (رها شده) نسبت به افزایش زمان شبیه سازی

نتیجه‌گیری

با استفاده شبیه ساز شبکه NS-2 سه پروتکل BP و HEED و Method در دو سناریو مختلف شبیه سازی شده مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته شد و بر اساس نتایج بدست امده از شبیه سازی و تجزیه تحلیل پنج متریک ذکر شده در فوق، نتیجه گیری می شود که پروتکل خوشه بندی ارائه شده (Method) به دلیل خوشه بندی مبتنی بر آنتروپی و مناسب موقعیت و همچنین بهینه با استفاده منطق فازی، از تعداد گره های زنده بیشتر و متوسط نرخ بسته ازدست رفته ی کمتری برخوردار است و در شبکه حسگر بیسیم از کارایی قابل توجهی برخوردار است.

منابع

1 I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, and C. From, “A survey on sensor networks,” Commun. Mag. IEEE, vol. 40, no. 8, pp. 102–114, 2002.
2 M. Ilyas and I. Mahgoub, Handbook of sensor networks: compact wireless and wired sensing systems. CRC press, 2004.
3 K. Akkaya and M. Younis, “A survey on routing protocols for wireless sensor networks,” J. Ad hoc networks, vol. 3, no. 3, pp. 325–349, 2005.
4 J. N. Al-Karaki and A. E. Kamal, “Routing techniques in wireless sensor networks: a survey,” Wirel. Commun. IEEE, vol. 11, no. 6, pp. 6–28, 2004.
5 S. Mao, C. Zhao, Z. Zhou, and Y. Ye, “An Improved Fuzzy Unequal Clustering Algorithm for Wireless Sensor Network,” J. Mob. Networks Appl., vol. 18, no. 2, pp. 206–214, Apr. 2013.
6 Y. Zhang, L. T. Yang, J. Chen, and W. Sensor, RFID and sensor networks: architectures, protocols, security, and integrations. CRC Press, 2009.