

ارزیابی کارایی و شبیه سازی پروتکل مسیر یابی LEACH در شبکه های حسگر بیسیم با استفاده از نرم افزار NS2

میثم یاری^{۱*}، امین سرگزئی^۲، حمید رضا فرهاد نیا^۳، نغمه اقتداری^۴

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمی، گرمی، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه بین المللی فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه بین المللی فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده

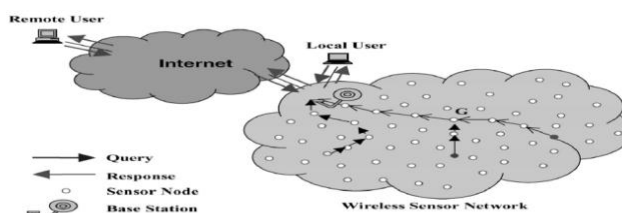
یکی از مهمترین مسائل قابل بحث در شبکه های حسگر بیسیم، چگونگی انتقال اطلاعات از گره های داخل شبکه به ایستگاه پایه و انتخاب بهترین مسیر ممکن برای انتقال این اطلاعات می باشد. انتخاب بهترین مسیر میتواند بر اساس فاکتورهای مختلفی مانند انرژی مصرفی، سرعت در پاسخگویی و میزان تاخیر، دقت در انتقال داده و تحت تاثیر قرار بگیرد. در این مقاله ما یکی از پروتکل های مسیر یابی مبتنی بر خوشه بندی (LEACH) در شبکه های حسگر بیسیم، ارزیابی و در یک سناریو با شبیه ساز NS2 شبیه سازی کرده و بر اساس گرافهای بدست آمده نتیجه را بیان کرده ایم.

کلمات کلیدی: پروتکل LEACH، مسیر یابی خوشه بندی، شبکه های حسگر بیسیم، شبیه ساز ns2

۱. مقدمه

روشی که داده ها و پرسش ها را بین ایستگاه پایه و جایی که پدیده هدف ملاحظه شده است، جا به جا می کند یک مسئله بسیار مهم برای شبکه های حسگر بیسیم [9] است و مسیر یابی خوانده می شود [۱]. از یک دیدگاه میتوان، مسیر یابی را به صورت روش انتقال داده بین گره های حسگر در نظر گرفت و از دیدگاهی دیگر، انتقال اطلاعات بین گره های حسگر داخل شبکه و ایستگاه پایه نهایی را می توان به عنوان مسیر یابی تعریف نمود. یک روش بسیار ساده برای انجام این وظیفه آن است که هر گره حسگر، داده را به صورت مستقیم با ایستگاه پایه مبادله کند. اما به هر حال یک روش مبتنی بر تک-پرشی بسیار هزینه بر است، به این دلیل که گره هایی که از ایستگاه پایه دور هستند، ممکن است که ذخیره انرژی شان سریعتر تخلیه شود و بنابراین شدیداً طول عمر شبکه را محدود کنند. این موضوع خصوصاً در مواردی که حسگرهای بیسیم، به منظور پوشش دادن یک منطقه جغرافیایی بزرگ، آرایش یافته اند و یا در مواردی که حسگرهای بیسیم، متحرک هستند و ممکن است که از سمت ایستگاه پایه دور شوند، مهم است [۲]. به منظور مقابله با کمبودها و نقصهای ناشی از روش تک-پرشی، تبادل داده بین حسگرها و ایستگاه پایه، معمولاً به وسیله روشهای انتقال بسته چند-پرشی و بر روی شعاع ارتباطی کوچک انجام می شود. چنین روش انتقال داده ای، منجر به صرفه جویی مشخصی در مصرف انرژی و کاهش چشمگیری در تداخل مخابراتی بین گره های حسگری که در رقابت برای دسترسی به کانال هستند، می گردد. شکل (۱)، پیشروی و انتقال داده

را در بین حسگرهایی که داده در آنها جمع آوری شده و ایستگاه پایه که داده به وسیله آن در دسترس کاربر قرار می‌گیرد را نشان می‌دهد[۱].



شکل (۱) چگونگی انتشار داده در شبکه حسگر بیسیم[۱]

۲- مسیر یابی در شبکه‌های حسگر بیسیم و کارهای مرتبط

یکی از معروفترین و بهترین روشهایی که به منظور مسیریابی داده‌ها در شبکه‌های حسگر بیسیم پیشنهاد گردید، روشهایی بود که بر مبنای دسته‌بندی کردن گره‌ها و یا به عبارت دیگر بر مبنای خوشه بندی کار می‌کرد. در این روشها، ابتدا همه گره‌های داخل شبکه بر اساس روش خاصی به دسته‌هایی تفکیک می‌شدند که در هر دسته که اغلب آن را خوشه می‌نامند، یک گره به عنوان سرگروه دسته انتخاب می‌شود و بقیه گره‌ها، گره‌های عادی نامیده می‌شدند. روش انتخاب سرگروه در هر روش، معیارهای متفاوتی را مدنظر قرار می‌دهد. در اکثر روشهای مبتنی بر خوشه، هدف اصلی آن است که توزیع مصرف انرژی بین همه گره‌ها یکنواخت گردد[۳].

اولین و معروفترین روش مبتنی بر خوشه‌بندی روشی بود که LEACH خوانده می‌شود[۴-۵]. این روش به عنوان اولین روش دسته‌بندی کردن گره‌های حسگر به وسیله Heinzelman و همراهمانش پیشنهاد گردید. در این روش به منظور انتخاب سرگروه هر خوشه، از یک آستانه استفاده می‌شود. به این ترتیب که هر گره یک عدد بین صفر و یک تولید می‌کند و آن را با آستانه مفروض مقایسه می‌کند. در صورتی که عدد تولید شده از آستانه مورد نظر کمتر باشد، گره مورد نظر به عنوان سرگروه انتخاب می‌شود. به دنبال پیشنهاد روش LEACH، روشهای دیگری نیز با الهام گرفتن از این روش و به منظور بهبود عملکرد روش LEACH معرفی شدند که توانستند تا حدی عملکرد این روش را از لحاظ مصرف انرژی بهبود بخشند. از جمله این روشها میتوان به Improved LEACH و X-LEACH اشاره کرد[۶،۷]. در حقیقت در روشهایی که بر اساس دسته‌بندی کردن گره‌ها کار می‌کنند، گره‌های حسگر نقشهای مختلفی را ایفا می‌کنند و بنا به نقشهایی که می‌گیرند ممکن است مصرف انرژی متفاوتی نیز داشته باشند. این دسته از روشها، جز بهترین الگوریتمهای مسیریابی در این شبکه‌هاست و هم اکنون نیز با الهام گرفتن از آنها روشهای جدیدی برای افزایش طول عمر شبکه پیشنهاد می‌شوند.

3- مروری بر الگوریتم LEACH

LEACH اولین پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی ارائه شده در شبکه‌های حسگری و پایه بسیاری از پروتکل‌های سلسله مراتبی دیگر می‌باشد. در پروتکل‌های سلسله مراتبی، عملکرد حسگرها متفاوت است. بدین معنی که بعضی از حسگرها وظیفه جمع آوری داده‌ها و برخی وظیفه ارسال داده‌ها را به عهده دارند. در این پروتکل‌ها عمل ارسال داده‌ها بیشتر بر عهده سرخوشه‌ها می‌باشد، زیرا از میزان انرژی بالاتری نسبت به دیگر حسگرها برخوردار هستند. الگوریتم LEACH به انتخاب شدن سرخوشه‌ها به صورت تصادفی و با یک احتمال ثابت تاکید دارد. (تمام گره‌ها از احتمالی یکسان برای سرخوشه شدن برخوردارند). گره‌ها همگن فرض می‌شوند (گره‌ها دارای انرژی اولیه یکسانی هستند). در این الگوریتم حسگرها به صورت تصادفی در یک ناحیه توزیع می‌شوند. حسگرها ثابت در نظر گرفته می‌شوند. آنها در گروه‌ها یا خوشه‌هایی دسته‌بندی می‌شوند و هر گروه یک سردهسته دارد، که هر ناحیه از طریق سرخوشه‌اش با sink در مرکز شبکه قرار دارد به صورت مستقیم ارتباط برقرار می‌کند. عملکرد پروتکل از دوره‌هایی متشکل از چندین دور تشکیل شده است. احتمال بهینه سرخوشه شدن گره‌ها برابر P_{opt} است و ثابت در نظر گرفته می‌شود. تعداد بهینه خوشه‌ها بر اساس توزیع مناسب بین تمام حسگرها و کمینه نمودن مصرف انرژی انتخاب می‌شود. هر دوره از $1/P_{opt}$ دور تشکیل شده است. در صورتی که گره در دور فعلی سرخوشه شود تا انتهای دوره دیگر سرخوشه نخواهد شد. گره برای سرخوشه شدن یک عدد

تصادفی در بازه $[0,1]$ انتخاب و عدد تصادفی موردنظر را با حد استانه $T(s)$ مقایسه می‌کند، در صورتی که عدد انتخابی کوچک‌تر از حد استانه باشد گره در دور فعلی سرخوشه می‌شود. اگر حسگر در این دور سرخوشه نشود احتمال سرخوشه شدن خود را افزایش می‌دهد و این کار را تا زمانی ادامه می‌دهد که در دور آخر این احتمال به ۱ برسد، به این معنی که اگر گره تا دور آخر سرخوشه نشده باشد، حتما در دور آخر سرخوشه خواهد شد. گره‌هایی که هنوز در دوره فعلی سرخوشه نشده اند متعلق به مجموعه G هستند و در هر دور احتمال سرخوشه شدن آنها افزایش می‌یابد. (رابطه 1-3)

$$T(s) = \begin{cases} \frac{p_{opt}}{1-p_{opt} \cdot (r \bmod \frac{1}{p_{opt}})} & \text{if } s \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(۱-۳) رابطه انتخاب سرخوشه

در این رابطه T مشخص کننده دور فعلی است و مقدار اولیه آن صفر است. انتخاب این رابطه در پروتکل LEACH به صورتی بوده که گره‌هایی که اخیرا سرخوشه نبوده‌اند در دور فعلی سرخوشه شوند، زیرا می‌توان انتظار داشت که این گره‌ها نسبت به گره‌هایی که اخیرا وظیفه سرخوشه بودن را (که انرژی زیادی مصرف می‌کنند) بر عهده داشته‌اند، انرژی بیشتری دارند. می‌توان انتظار داشت که در هر دور N/K_{opt} ، هر گره به طور متوسط یک بار سرخوشه شود. وقتی یک گره سرخوشه می‌شود، احتمال سرخوشه شدن حسگر تا دوره بعدی صفر شده و احتمال گره‌هایی که در دور فعلی سرخوشه نشده‌اند افزایش می‌یابد. مجموعه G شامل حسگرهایی است که تا کنون سرخوشه نشده‌اند و در زمان t قابلیت سرخوشه شدن را دارند. احتمال سرخوشه شدن آنها از طریق رابطه (۲-۳) بدست می‌آید.

$$E[G] = N - K_{opt} \times (r \bmod \frac{N}{K_{opt}})$$

(۲-۳) رابطه انتخاب سرخوشه از بین حسگرهایی که سرخوشه نشده‌اند.

LEACH دارای چهار مرحله عملیاتی، پیشنهاد، تشکیل گروه، ایجاد زمانبندی و انتقال داده است، در مرحله پیشنهاد سرخوشه با یک پیام خود را به گره‌های دیگر معرفی می‌نماید. حسگرها از این پیشنهادها، نزدیک‌ترین سرخوشه را انتخاب نموده و درخواست عضویت را برای آن ارسال می‌کنند. گره سرخوشه یک زمانبندی برای اعضا ایجاد و آن را به حسگرهای عضو ارسال می‌کند. گره‌ها در زمانبندی اعلام شده داده‌های خود را به سرخوشه ارسال می‌کنند و سرخوشه با جمع‌آوری و ترکیب داده‌ها آن را به sink ارسال می‌کند. مصرف انرژی گره‌های سرخوشه به دلیل جمع‌آوری اطلاعات گروه‌های عضو، ترکیب و ارسال داده ترکیب شده به sink که در فاصله دورتری قرار دارد بیشتر از گره‌های عضو است. با انتخاب تصادفی سرخوشه و در نتیجه چرخش نقش سرخوشه بین گره‌ها، مصرف انرژی بین آنها به خوبی توزیع می‌شود. مهمترین کاربرد LEACH این است که برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده می‌شود و با توجه به اینکه، به جدول مسیریابی سنگین نیازی ندارد دارای سربار پایینی است و یکی از پروتکل‌های موفق در نوع خود است. مزیت ناهمگن بودن گره‌ها (وجود حسگرهایی با انرژی بیشتر) کاهش هزینه توسعه سیستم است، زیرا می‌توان همین عمل را با افزایش تعداد گره‌های همگن در ابتدای کار انجام داد ولی با توجه به این نکته که هزینه افزودن گره جدید به جای قرار دادن باتری اضافه روی بعضی از حسگرها ده برابر بیشتر است، پس ناهمگن بودن گره‌ها و استفاده مطلوب از آن می‌تواند هزینه را به طور چشمگیری کاهش دهد.

۴- شبیه سازی

در این قسمت پروتکل (LEACH) ذکر شده در مقاله با استفاده از شبیه ساز شبکه ns2 [8] در یک سناریو شبیه سازی شده است مدل حرکت گره ها random way point می باشد محدود محیط شبیه سازی مربعی به طول 2000 متر فرض شده است. زمان شبیه سازی 1000 ثانیه است و پهنای باند 10 mbps است.

جدول (1): پارمترهای شبیه سازی

1	Monitored area dimension	60*60m ²
2	Initial Energy in Each Node	50 bytes
3	Control Packet size	100 bytes
4	Simulation Area	2000*2000
5	Amplifier Energy	3J
6	Number of nodes	200
7	Channel Type	Channel/wireless channel
8	Radio Propagation model	Two ray ground
9	Energy model	Battery
10	Interface queue type	Queue/Drop tail/priqueue
11	Min packet in ifq	35
12	Simulation time	1000s

۴-۱- نتایج شبیه سازی

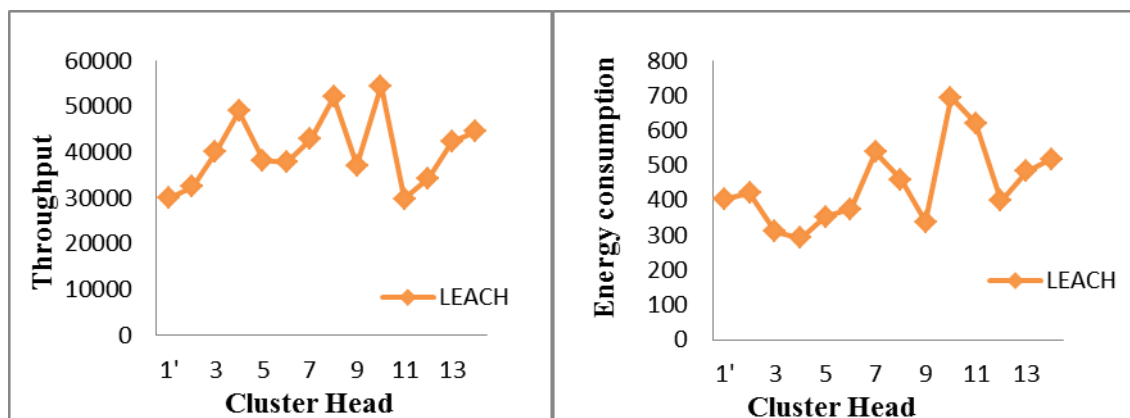
شبیه سازی پروتکل های ذکر شده بر اساس تعداد سر خوشه ها انجام گرفته است:

• شبیه سازی بر اساس تعداد سرخوشه ها

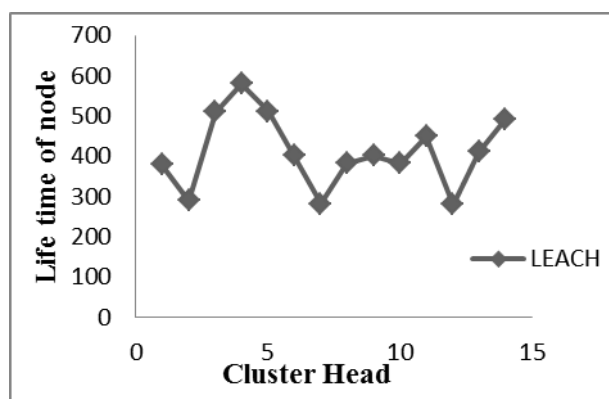
در این حالت اندازه محیط ۲۰۰۰ متر در ۲۰۰۰ متر و تعداد سر خوشه ها متغیر گرفته شده است از ۱ تا ۱۴ و تعداد گره ها در این سناریو 200 تعداد ایستگاه (sink) ۱ عدد میباشد.

۵-۲- متریک های شبیه سازی

برای ارزیابی کارایی پروتکل مسیریابی ذکر شده در مقاله، سه متریک متوسط مصرف انرژی، متوسط توان عملیاتی و طول عمر گره ها در شبیه سازی مورد ارزیابی قرار گرفته است و در ادامه نتایج شبیه سازی ها و نمودارهای مربوطه به تفکیک سه متریک ارائه شده مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل (2) توان عملیاتی نسبت به تعداد سرخوشه ها شکل (3) میزان مصرف انرژی نسبت به تعداد سرخوشه ها



شکل (4) طول عمر گره ها نسبت به تعداد سرخوشه ها

۶- نتیجه گیری

با کمک شبیه ساز شبکه NS2 پروتکل LEACH در یک سناریو مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته شد و بر اساس نتایج بدست آمده از شبیه سازی و تجزیه تحلیل سه متریک ذرک شده در فوق نتیجه گیری میشود که اگر خوشه ها یا سر خوشه ها در شبکه بالاتر یا پایین تر از (8-10) باشد، کارایی شبکه از نظر انرژی مصرفی، توان عملیاتی و طول عمر قابل قبول نیست، یعنی شبکه تخریب میشود پس زمانیکه تعداد سرخوشه ها ۸ میباشد کارایی شبکه بهتر میشود.

مراجع

- [1] K. Akkaya, and M. Younis, "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks. Elsevier Adhoc Network Journal, 2005, 325-349
- [2] J. N. Alkaraki, A. E. Kamal, "On the Correlated Data Gathering Problem in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 9th IEEE Symposium on Computers and Communications, Alexandria, Egypt, July 2004.
- [3] C. Schurgers, M. B. Srivastava, "Energy Efficient Routing in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the IEEE Military Communications Conference (MilCom'01): Communications for Network-Centric Operations-Creating the Information Force, McLean, VA, Oct. 2001

- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication protocol for Wireless Microsensor Networks," Proceeding of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'00), Maui, HI, Jan. 2000.
- [5] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "An Application-Specific protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 4, October 2002.
- [6] M. Handy, M. Hasse, D. Timmermann, "Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic ClusterHead Selection," IEEE MWCN, Stockholm, Sweden, Sep. 2002.
- [7] F. Xiangning, S. Yulin, "Improvement on LEACH protocol of Wireless Sensor Network," In Proceedings of IEEE International Conference on Sensor Technologies and Applications, pp. 260-264, October 2007
- [8] The Network Simulator NS-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>

[9]. علیزاده صیاد، شبکه های حسگر بیسیم، تز کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر.