

۲۰۲۰ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

الگوریتم مسیریابی جدید مبتنی بر فاصله برای کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر

بی سیم

ناصر محمد رحیم پناه^۱، فرهاد مصری نژاد^۲

دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، اصفهان، ایران naserrahimpanah@gmail.com
دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، اصفهان، ایران mesri110@yahoo.com

چکیده - در سال های اخیر شبکه های حسگر بیسیم توجه زیادی را در میان اجتماعات پژوهشی و کاربران واقعی به دست آورده اند. از آنجایی که انرژی گره های حسگر عموماً توسط باتری تامین می شود، مهمترین مسأله ای که باید در این نوع شبکه ها مورد بررسی قرار گیرد کاهش انرژی مصرفی گره ها به نحوی است که طول عمر شبکه به مقدار قابل قبولی افزایش یابد. ما روش های مختلفی که باعث کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بیسیم می شود را بررسی کردیم و بهترین کاهش مصرف انرژی زمانی اتفاق می افتد که بار به صورت متعادل در بین گره ها تقسیم شود و در نتیجه طول عمر شبکه را افزایش می دهد. در این مقاله ما یک روش جدید ارائه می دهیم که تمامی سرخوشه ها به جای اینکه تمامی اطلاعات را به ایستگاه اصلی بفرستند به سرخوشه های اصلی ارسال می کنند و سپس سرخوشه های اصلی اطلاعات جمع اوری شده را به ایستگاه اصلی ارسال می کنند و فاصله ارتباط با ایستگاه اصلی کاهش می یابد در نتیجه تعداد ارتباط با ایستگاه اصلی کاهش می یابد و باعث کاهش مصرف انرژی می شود.

کلید واژه - افزایش طول عمر شبکه، شبکه های حسگر بیسیم، خوشه بندی، کاهش مصرف انرژی

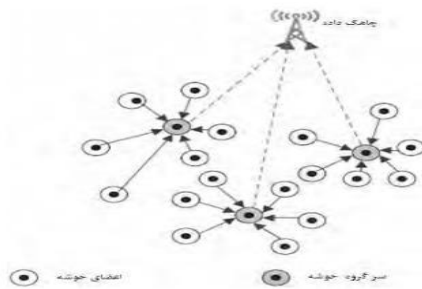
۱- مقدمه

یک شبکه حسگر متشکل از تعداد زیادی گره های حسگری است که در یک محیط به طور گسترده پخش شده و به جمع آوری اطلاعات از محیط می پردازند گستره کاربری شبکه های حسگر بی سیم بسیار زیاد است که کاربردهای کشاورزی، پزشکی، صنعتی، کاربردهای نظامی و ... را شامل می شود. به عنوان مثال یکی از متداول ترین کاربردهای این تکنولوژی، نظارت بر یک محیط دور از دسترس است. مثلاً نشتی یک کارخانه شیمیایی در محیط وسیع کارخانه می تواند توسط صدها حسگر که به طور خودکار یک شبکه بی سیم را تشکیل می دهند، نظارت شده و در هنگام بروز نشت شیمیایی به سرعت به مرکز اطلاع داده شود. اطلاعات ارسالی توسط گره ها به یک گره اصلی ارسال می شود و آن گره وظیفه ارسال اطلاعات جمع شده به ایستگاه اصلی را بر عهده دارد.

۲- تعریف مسأله

گره های شبکه حسگر باید توان مصرفی کم داشته باشند. گاهی منبع تغذیه یک باتری ۱/۲ ولت با انرژی ۱/۵ آمپر ساعت است که باید توان لازم برای مدت طولانی مثلاً ۹ ماه را تامین کند. در بسیاری از کاربردها باتری قابل تعویض نیست. به همین خاطر عمر باتری عملاً عمر گره را مشخص می کند. دلیل دیگر این است که مصرف انرژی روی گره اصلی بیشتر است و باعث کاهش عمر شبکه می شود و بد عمل کردن یا عمل نکردن یک گره می تواند باعث تغییرات مهمی در توپولوژی شود و نیاز به مسیر یابی بسته ها و سازماندهی شبکه می باشد. مهمترین مسأله ای که باید در این نوع شبکه ها مورد بررسی قرار گیرد کاهش انرژی مصرفی گره ها به نحوی است که طول عمر شبکه به مقدار قابل قبولی افزایش یابد.

در بخش ۳ مروری به برخی از کارها و روش های گذشته داریم و به شرح پروتکل های [1] LEACH، [2] CRABDP، [3] AEBC و [4] PR-LEACH خواهیم پرداخت.



شکل (۱): مدل شبکه در LEACH

اعمال اصلی LEACH در دو فاز مجزا دسته بندی می شوند. اولین فاز یعنی فاز برپاسازی، شامل دو مرحله است: خوشه سازی و تعیین سرخوشه. دومین فاز یعنی وضعیت پایدار (steady-state) متمرکز بر جمع آوری و تجمیع و انتقال داده به ایستگاه پایه است. فاز اول نسبت به فاز دوم سربار کمتری را بر پروتکل تحمیل می کند. در فاز برپا سازی انتخاب سرخوشه به صورت تناوبی می باشد و به موجب آن انرژی مصرفی بین گره های شبکه توزیع می شود. برای انتخاب سرخوشه به صورت متناوب، برای هر گره یک عدد تصادفی بین صفر و یک تولید می شود و با استفاده از آستانه سرخوشه که از رابطه ۱ بدست می آید مقایسه می شود. گره ای به عنوان سر خوشه انتخاب می شود که عددش کمتر از آستانه باشد.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1 - p(r \bmod (1/p))} & n \in G \\ 0 & \text{others} \end{cases} \quad (1)$$

در این فرمول، p در صد سرگروه ها نسبت به کل گره های شبکه، r شماره دوره جاری و G مجموعه گره هایی است که در $1/p$ دوره انتهایی به عنوان سرگروه انتخاب نشده اند. مدیریت هر خوشه به صورت محلی انجام می شود و نیازی به آگاهی از شبکه عمومی نیست. تجمیع اطلاعات توسط هر خوشه انرژی را ذخیره می کند و گره ها به طور مستقیم نیازی نیست که داده ها را به سمت چاهک اطلاعاتی ارسال کنند.

در پایان فرآیند انتخاب عضو سرخوشه هر گره ای که به عنوان سرخوشه انتخاب می شود، نقش جدیدش را به سایر گره های شبکه اعلام می کند. با اعلان این خبر سایر گره ها نیز به خوشه وصل می شوند. در هر خوشه، عنصر سر خوشه زمانبند مبتنی بر TDMA را ایجاد و در خوشه پخش می کند، که حاوی بازه های زمانی اختصاص داده شده برای هر عضو خوشه می باشد. با تکمیل فاز برپا سازی فاز steady-state شروع می شود. در

۳- قراردادهای کاهش مصرف انرژی

در طی سالها، بسیاری از قراردادهای بهینه سازی مصرف انرژی پیشنهاد شده اند که میتوان در دو دسته سلسله مراتبی و غیر سلسله مراتبی طبقه بندی نمود. البته باید توجه داشت که این قراردادها وابسته به الگوریتم های مسیریابی و ارتباط دهی ما بین گره های حسگر می باشند. قراردادهای غیر سلسله مراتبی مسئله انرژی را با ارائه روش های مسیریابی در ارسال اطلاعات بیان می کنند. از جمله از این قراردادها [5] Data Centric و [6] SMECN و [7] Flooding و [8] Gossiping و [9] Diffusion هستند. در تمامی روش های غیر سلسله مراتبی به دلیل ارتباط مستقیم گره با ایستگاه پایه، انرژی زیادی مصرف می شود. زیرا گره ها مجبور به ارسال اطلاعات به فواصل دور هستند. دسته دیگر قرارداد در جمع آوری اطلاعات با مصرف حداقل انرژی، قراردادهای سلسله مراتبی و مبتنی بر خوشه هستند. از جمله این قراردادها، خوشه بندی ایستا، LEACH، [10] PEGASIS، [11] HIT، [12] LPT و [13] DBS است. قرارداد LEACH و PEGASIS قراردادهای استاندارد این گروه هستند.

۳-۱ پروتکل LEACH

پروتکل LEACH اولین پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی ارائه شده در شبکه های حسگر بیسیم و پایه بسیاری از پروتکل های سلسله مراتبی دیگر می باشد. در پروتکل های سلسله مراتبی، عملکرد سنسور ها متفاوت است. بدین معنی که بعضی از سنسورها وظیفه جمع آوری داده ها و برخی وظیفه ارسال داده ها را بر عهده دارند. در این الگوریتم، شبکه به خوشه های مجزا از هم تقسیم می شود. سر خوشه به صورت دور های اطلاعات را از هر حسگر با توجه به جدول زمانی TDMA، جمع آوری و فشرده سازی (در حد کم) می نماید و به مرکز اصلی ارسال می نماید و سپس سر خوشه به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم در چندین گام اطلاعات را ارسال می نماید. در این الگوریتم، سر خوشه به صورت متناوب تغییر می کند و بدین وسیله باعث متعادل شدن بار در شبکه می شود.

۳-۳ الگوریتم CRABDP

در یکی دیگر از الگوریتم‌های خوشه‌بندی، CRABDP مطرح شده است که در آن، فاصله از sink و انرژی باقیمانده‌ی آن مورد استفاده قرار می‌گیرند تا احتمال انتخاب گره‌ها به عنوان سرهای خوشه را محاسبه نمایند. گره‌هایی که نزدیک پایگاه اصلی بودند و انرژی باقیمانده‌ی بیشتری داشتند، به عنوان سر خوشه انتخاب شدند که باعث تعادل مصرف انرژی می‌شود. الگوریتم CRABDP چرخه‌ای عمل می‌کند که به چهار مرحله تقسیم شده است که شامل انتخاب سر خوشه، شکل‌گیری خوشه، ایجاد مسیر بکارگیری اطلاعات بین انتقال اطلاعات سر خوشه است. الگوریتم خوشه‌بندی CRABDP دوره‌ای عمل می‌کند. در هر دوره انتخاب گره‌های سر خوشه بر اساس انرژی باقیمانده‌ی گره‌ها و فاصله از پایگاه اصلی است. احتمالاً گره‌ای سر می‌شود که در نزدیکی sink بالاتر از گره‌های دور از sink باشد و توزیع سر خوشه در نزدیکی sink بیشتر است و به همین دلیل، مصرف انرژی را متعادل می‌کند. در این الگوریتم از معادله زیر برای انتخاب سر خوشه بر اساس بیشترین انرژی و کم‌ترین فاصله استفاده می‌شود.

$$prob(i) = \alpha \left(\frac{E_{ires}}{E_{init}} \right) + \beta \left(\frac{1}{d_{ij}} \right) \quad (2)$$

در معادله ۱، α و β عوامل تعادل برای انرژی باقیمانده و فاصله هستند. هرچه انرژی باقیمانده گره‌ها بیشتر باشد، احتمال انتخاب آن به عنوان سر خوشه بیشتر است. همزمان، برای گره‌های نزدیک sink بنابر معادله، احتمال بیشتری برای سر خوشه شدن وجود دارد.

۳-۵ الگوریتم PR-LEACH

الگوریتم PR-leach همانند الگوریتم leach می‌باشد با این تفاوت که به جای اینکه سر خوشه‌ها به صورت تصادفی انتخاب شوند بر اساس انرژی باقیمانده انتخاب می‌شوند و از مدل اتلاف انرژی رادیویی استفاده می‌کند. هدف این پروتکل این است که با ارائه یک شاخص جدید برای انتخاب سر خوشه، سرخوشه شدن را از حالت تصادفی به یک حالت وابسته به انرژی تبدیل کند تا مصرف انرژی به نحوی موازنه شود.

این فاز گره‌ها در بازه‌های زمانی اختصاص داده شده، اطلاعات را جمع‌آوری و به گره سرخوشه ارسال می‌کنند. در ضمن جمع‌آوری اطلاعات به صورت متناوب می‌باشد.

۴- مشکلات LEACH

علی‌رغم فوایدی که الگوریتم LEACH در زمینه خوشه‌بندی دارا می‌باشد، معایبی نیز دارد که از آن جمله می‌توان به این نکته اشاره کرد که انتخاب سرگروه در یک خوشه توسط این الگوریتم به صورت کاملاً تصادفی بوده و توجهی به انرژی باقیمانده آن نود نسبت به سایر نودهای یک خوشه ندارد. لذا شاهد آن خواهیم بود که در برخی از خوشه‌ها در یک مرحله نودی که دارای انرژی باقیمانده کمتری می‌باشد به عنوان سرگروه انتخاب شده و این موضوع باعث از بین رفتن زودتر آن و در نتیجه کاهش طول عمر شبکه و افزایش سرعت مرگ نودها در شبکه خواهد شد. انتخاب سرخوشه در الگوریتم LEACH بهینه نیست زیرا این پروتکل توجهی به انرژی باقیمانده نودها ندارد و در صورت وجود نودهایی با انرژی نابرابر شاهد خواهیم بود. که در این مورد LEACH به درستی عمل نمی‌کند.

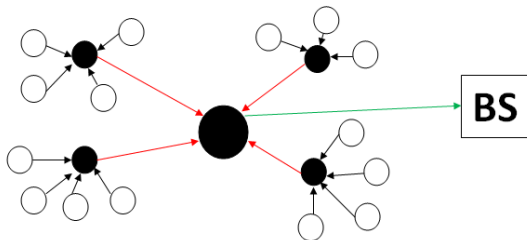
۳-۲ الگوریتم AEBC

در این الگوریتم از الگوریتم خوشه‌ای استفاده شده تا از انرژی بصورت کارآمدتری استفاده کند و طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم را افزایش دهد. در ابتدا، به منظور کاهش مصرف انرژی در طول ساخت خوشه، عواملی چون انرژی گره، فاصله‌ی بین گره‌ها و تعداد گره‌های مجاور در مراحل انتخاب سر خوشه‌ها و ساخت خوشه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا توزیع بار را متعادل کنند. همچنین در این روش شرایطی ایجاد شده است تا بسامد ساخت مجدد خوشه را تحریک کند. و سپس مسیر انتقال اطلاعات بین خوشه‌ی داخلی و خارجی مشخص شده است و در نهایت، برای حل مشکل تاخیر ایجاد شده با انتقال جهش‌های چندگانه، جدول TDMA نیز مجدداً نصب شده است. الگوریتم مطرح شده نه تنها می‌تواند بصورت کارآمد بسامد بازسازی شبکه را کاهش دهد بلکه همچنین می‌تواند مصرف انرژی را متعادل و طول عمر شبکه‌ها را طولانی کند.

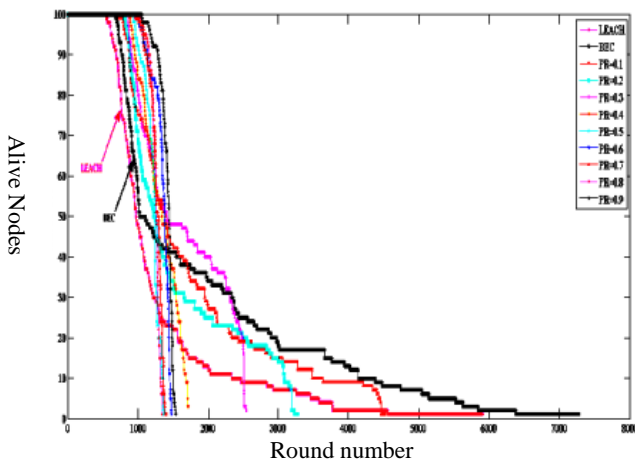
ایستگاه اصلی مقدار انرژی کمتری را مصرف می کند و تعداد ارتباط با ایستگاه پایه را کاهش می دهند و در نتیجه باعث کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم می شود.

نتایج

به نظر می رسد روش پیشنهادی تا حدی بتواند مصرف انرژی را در شبکه کاهش داده و بار شبکه را متعادل کند به دلیل اینکه فاصله انتقال داده های هر خوشه به سر خوشه خیلی کمتر از فاصله ی انتقال به ایستگاه پایه اصلی است که در نتیجه موجب کاهش مصرف انرژی در سرخوشه ها می شود. همچنین به دلیل اینکه تعداد داده های ارسالی به پایگاه اصلی کمتر شده است در نتیجه باعث کاهش مصرف انرژی می شود.



شکل ۲: نحوه ارسال اطلاعات در پروتکل پیشنهادی



شکل ۳: تعداد روند تعدادی از گره های زنده برای BEC، LEACH، و PR-LEACH با مقادیر مختلف PR

همانطور که در شکل ۳ نمایش داده شده است تعداد دور های مورد نیاز برای LEACH، BEC، و پروتکل PR-LEACH با مقادیر مختلف PR نشان داده شده است. گره اول زودتر از همه از منحنی PR-LEACH می میرد. اگر چه طول عمر

این پروتکل، در مقایسه با پروتکل LEACH مرگ گره ها را کاهش می دهد و علی القاعده طول عمر شبکه را نیز افزایش می دهد.

در ضمن، گره چاهک یا همان ایستگاه پایه در این پروتکل نقش یک ناظر را ایفا می کند و گره ها را در انتخاب سرخوشه راهنمایی می کند.

(۳)

$$T(n) = \begin{cases} \left(\frac{p}{1-p \cdot (r \bmod (1/p))} \right) * \frac{E_{residual}}{E_{initial}} * k_{opt} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

k_{opt} تعداد بهینه سر خوشه هاست که به صورت زیر محاسبه می شود:

(۴)

$$k_{opt} = \sqrt{\frac{N}{2\pi}} * \sqrt{\frac{E_{fs}}{E_{amp}}} * \sqrt{\frac{M}{d_{to BS}^2}}$$

جایی که N تعداد گره هاست و M مساحت شبکه و E_{fs}, E_{amp} توان اتلاف تقویت کننده می باشد.

روش انتخابی

در الگوریتم پیشنهادی، ما براساس الگوریتم leach که برای خوشه بندی کردن شبکه استفاده می شود و از چند الگوریتم دیگر استفاده می کنیم، با این تفاوت که به جای اینکه سر خوشه به صورت تصادفی انتخاب شود انتخاب سر خوشه براساس بالاترین انرژی باقیمانده گره ها در نظر گرفته می شود، به این صورت که پایگاه اصلی، الگوریتم مسیریابی را تحریک میکند. هر گره پس از دریافت اطلاعاتی در مورد پایگاه اصلی، فاصله از پایگاه اصلی را بنابر موقعیت محاسبه می کند و انرژی باقیمانده ی آن را مورد بررسی قرار می دهد. احتمال سر خوشگی بر اساس یک معادله محاسبه می شود. گره هایی که بالاترین انرژی باقیمانده و فاصله کم تر نسبت به BS را در شبکه دارا می باشند به عنوان سرخوشه اصلی در نظر گرفته می شود و کل شبکه به خوشه هایی تقسیم می شود و هر خوشه یک سرخوشه انتخاب می کند و خود سر خوشه ها برای خود یک سرخوشه اصلی در نظر می گیرند و به جای اینکه سر خوشه ها اطلاعات را به ایستگاه پایه ارسال کنند به سر خوشه اصلی که انتخاب کرده اند می فرستند و در نتیجه هر سرخوشه برای فرستادن اطلاعات به

Control and Decision Conference (CCDC), 2012 24th Chinese. ۲۰۱۲ .

[4] Salim, M.M., H.A. Elsayed, and S.H. El Ramly. PR-LEACH: Approach for balancing energy dissipation of LEACH protocol for wireless sensor networks. in Radio Science Conference (NRSC), 2014 31st National. 2014.

[5] Morati.M, Directed Flooding-Routing for wireless sensor network. 2004: p. 99-114.

[6] L. Li, J.Y.H., *Minimum energy mobile wireless networks*. In Proc of IEEE International Conference on Communications (ICC_01), Helsinki, Finland, 2002.

[7] Vardhan, S., et al. Wireless integrated network sensors (WINS): distributed in situ sensing for mission and flight systems. in Aerospace Conference Proceedings, 2000 IEEE. 2000.

[8] Liestman., S.H.a.A., A Survey of Gossiping and broadcasting in Communication Networks. IEEE Network 1988. 18(4).

[9] Estrin., D.B.a.D., *Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks*. in the Proceedings of the First Workshop on Sensor Networks and Applications (WSNA),, 2003.

[10] Lindsey, S. and C.S. Raghavendra. PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems. in Aerospace Conference Proceedings, 2002. IEEE. 2002.

[11] Culpepper, J., D. Lan, and M. Moh. Hybrid indirect transmissions (HIT) for data gathering in wireless micro sensor networks with biomedical applications. in Computer Communications, 2003. CCW 2003. Proceedings. 2003 IEEE 18th Annual Workshop on. 2003.

[12] Lee, M. and V.W.S. Wong. LPT for data aggregation in wireless sensor networks. in Global Telecommunications Conference, 2005. GLOBECOM '05. IEEE. 2005.

[13] Aminit, N., et al. Distance-Based Segmentation: An Energy-Efficient Clustering Hierarchy for Wireless Microsensor Networks. in Communication Networks and Services Research, 2007. CNSR '07. Fifth Annual Conference on. 2007.

LEACH و BEC بیش از همه منحنی PR-LEACH است، اما توزیع بار بین تمام گره ها در PR-LEACH بیش تر مد نظر است که باعث متعادل شدن بار در شبکه می شود . برای LEACH و BEC ، در بسیاری از نقاط به دلیل توزیع شدن گره ها با انرژی کم تر ، گره مرده وجود دارد که باعث کاهش عمر شبکه می شود ولی به دلیل اینکه در پروتکل PR-LEACH انرژی گره مورد بررسی قرار می گیرد توزیع انرژی یکنواخت تر می شود و در پروتکل پیشنهادی به دلیل فاصله بر روی پروتکل PR-LEACH مورد بررسی قرار می گیرد انتظار می رود باعث کاهش مصرف انرژی و همچنین افزایش طول عمر شبکه و متعادل شدن بار بر روی شبکه بشود.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله، در مقایسه روش پیشنهادی با پروتکل leach که یک پروتکل مبنا و پایه در دسته مسیریابی سلسله مراتبی است، لایه بندی شبکه سبب توزیع بهتر سرخوشه ها در شبکه گردیده است . همچنین انتخاب سرخوشه ها بر اساس میزان انرژی باقیمانده و نه به صوت تصادفی و همچنین در نظر گرفتن پارامتر فاصله ، سبب توزیع یکنواخت تر انرژی و افزایش طول عمر شبکه می گردد و انتظار می رود نتایج شبیه سازی بیانگر بهبود مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه در پروتکل PR-LEACH گردد و در نتیجه باعث بهبود این پروتکل شود .

مراجع

[1] Handy, M.J., M. Haase, and D. Timmermann. Low energy adaptive clustering hierarchy with deterministic cluster-head selection. in Mobile and Wireless Communications Network, 2002. 4th International Workshop on. 2002.

[2] Kai-Guo, Q. A clustering routing algorithm for sensor network based on distance probability. in Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP), 2013 10th International Computer Conference on. 2013.

[3] Zhiping, Z. and W. Ting. An energy balanced cluster algorithm for wireless sensor networks. in