ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

فصلنامه علمی پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع (سال چهارم)
شماره ۱۵ / پاییز ۱۳۹۷ / ص ۲۵- ۱۶

مدیریت مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم

عزیز حنیفی [۱]، رباب حملبرانی حقی [۱]
[۱] دانشگاه پیام نور، عضو هیات علمی.

نام نویسنده مسئول:
عزیز حنیفی

چکیده
جمع‌آوری داده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم یکی از عملیات مهم این شبکه‌ها می‌باشد. این عملیات مستلزم مصرف انرژی است. بدلیل محدودیت انرژی گره‌ها، بهره‌وری انرژی باید بعنوان یک هدف کلیدی در طراحی شبکه‌های حسگر مدنظر قرار گیرد. از اینرو کلاستربندی یک روش مناسب در مدیریت مصرف انرژی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای این منظور روش‌های زیادی پیشنهاد شده است. در بین آنها الگوریتم LEACH بعنوان روش پایه مورد توجه قرار گرفته است. در این الگوریتم از روش کلاستربندی توزیع‌شده برای جمع‌آوری داده‌ها و تجمیع آنها استفاده می‌شود. روشLEACH-C که بهبود LEACH است، کلاستربندی را به صورت متمرکز انجام می‌دهد. در این روش جمع‌آوری مستقیم اطلاعات مربوط به سطح انرژی گره‌ها در هر دوره، هزینه انرژی را افزایش می‌دهد. در این مقاله ایده انتخاب سرکلاستر با استفاده از تئوری فازی جهت بالا بردن زمان عمر شبکه مطرح شده است. ایده مطرح شده بر روی پروتکل LEACH-C پیاده‌سازی شده است. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی کارایی بهتری از نظر میزان مصرف انرژی و طول عمر شبکه نسبت به روش‌های مشابه دارد.

واژگان کلیدی: کلاستربندی، شبکه‌های حسگر ، تئوری فازی، تخمین انرژی.

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۵ ، پاییز ۱۳۹۷، ص ۲۵ – ۱۶

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

مقدمه

شبکه‌های حسگر بی‌سیم، کلاسی از شبکه‌های موردی بی‌سیم هستند. در این شبکه‌ها گره‌های حسگر داده‌ها را از محیط فیزیکی جمع‌آوری و پردازش نموده و به ایستگاه پایه (BS)[1] ارسال می‌نمایند. بنابراین اجازه مانیتورینگ و کنترل انواع پارامترهای فیزیکی را می‌دهند. هرگره حسگر انرژی محدودی دارد و در اغلب کاربردها امکان جایگزینی منابع انرژی نیست. بنابراین عمرگره‌های حسگر بشدت به انرژی ذخیره شده در باتری آن وابسته است. کلاستربندی یکی از روش‌های طراحی است که برای مدیریت در شبکه‌های حسگر بی‌سیم استفاده می‌شود. در این روش شبکه به تعدادی مجموعه مستقل تقسیم می شود که به این مجموعه‌ها کلاستر گفته می‌شود. پس هر کلاستر دارای تعدادی گره حسگر و یک گره سرکلاستر است. گره‌های عضو یک کلاستر، داده‌های خود را به گره سرکلاستر مربوطه‌شان ارسال می‌کنند. گره سرکلاستر داده‌ها را تجمیع نموده [1] و آنرا به ایستگاه پایه می‌فرستد. بنابراین کلاستربندی در شبکه‌های حسگر دارای مزایایی مانند پشتیبانی از تجمیع داده[1]، تسهیل جمع‌آوری اطلاعات[2]، سازماندهی یک ساختار مناسب برای مسیریابی مقیاس‌پذیر[3]، و انتشار کارای داده بروی شبکه[4] می‌باشد.

جمع‌آوری داده در شبکه‌های حسگر بی‌سیم یکی از عملیات مهم این شبکه‌ها می‌باشد و برای این منظور روش‌های زیادی پیشنهاد شده است. پروتکل LEACH[2] [5] بعنوان یک روش پایه سلسله مراتبی در نظر گرفته شده است. این روش برای کاربردهای مانیتورینگ مناسب می‌باشد. هر گره به صورت دوره‌ای اطلاعات را حس کرده و ارسال می‌کند. در این الگوریتم از روش کلاستربندی برای جمع‌آوری داده‌ها و تجمیع آنها استفاده می‌شود. انتخاب کلاستر و سرکلاستر به صورت تصادفی صورت می‌پذیرد، لذا هیچ تضمینی برای انتخاب دقیق تعداد بهینه سرکلاسترها و همچنین توزیع یکنواخت آنها در سرتاسر شبکه وجود ندارد. بهبودهای بسیاری در مورد پروتکل LEACH ارائه شده است. روش LEACH-C[3] [6] نمونه‌ای از این بهبود است. در LEACH-C، شکل‌دهی کلاسترها در آغاز هردوره با استفاده از الگوریتم متمرکز بوسیله ایستگاه پایه انجام می‌شود. ایستگاه پایه از اطلاعات رسیده از گره‌ها برای پیداکردن تعداد از پیش تعیین شده سرکلاسترها و پیکربندی شبکه درون کلاسترها استفاده می‌کند. این اطلاعات شامل موقعیت و انرژی گره‌ها است. بهبود دیگری که بر روی این الگوریتم صورت پذیرفته است استفاده از تخمین می‌باشد. یکی از این الگوریتم‌ها، LEACH-CE[4] [7] است. در تکنیک پیشنهاد شده سطح انرژی گره‌ها در دو دوره اولیه از تمامی گره‌ها جمع‌آوری می‌شود و در دوره‌های دیگر جمع آوری نمی‌شود. بجای آن، میانگین انرژی دوره‌های اولیه بکار می‌رود. با توجه به اینکه تخمین انرژی در این روش دقیق نیست، این طرح کلاستربندی کارا و مناسب نمی‌باشد. روشهای دیگری هم برای کلاستربندی مطرح شده است که ABCP[8] و ABEE[9] و HMM[10] نمونه‌ای از آنها هستند

وجود داده‌های همبسته زمانی در همه این روش‌ها موجب اتلاف انرژی می‌شود. روش TINA و بهبود آن برای عدم ارسال داده‌های همبسته مطرح شده است. این روش‌ها خطای گزارش‌دهی دارند. در LEACH-CEC [11] ایده عدم ارسال داده‌های همبسته زمانی گره‌ها با استفاده از سری‌های زمانی مطرح شده است. همچنین مدلی جهت تخمین انرژی باقیمانده گره‌ها توسط ایستگاه پایه ارائه شده است. در نهایت روشی برای آگاهی ایستگاه پایه از تعداد داده‌های همبسته هرگره برای تخمین دقیقتر انرژی پیشنهاد شده است..

شبکه های حسگر بی سیم خود دارای ماهیتی غیر قطعی میباشند و تغییرات در آنها در بسیاری از مواقع پیش بینی نشده است. به همین علت استفاده از راهکارهای فازی، به دلیل توانایی آن در مدل نمودن سیستم های غیر قطعی میتواند مفید باشد. سرعت بسیار زیاد در تصمیم گیری، کار در محیط های نویزی، کار با داده‌های نادقیق، کار با پارامترهای ناهمنوع و بعضا متضاد، عدم نیاز به بار محاسباتی سنگین وغیره از ویژگی هایی است که منطق فازی برای ما فراهم میکند. استفاده از تئوری فازی جهت انتخاب سرکلاستر برای بالا بردن زمان عمر شبکه کارساز خواهد بود.

سازماندهی بقیه مقاله به شرح زیر است: در بخش ۲ کارهای مرتبط را مرور می‌کنیم. در بخش ۳ الگوریتم انتخاب سرکلاستر را با استفاده از تئوری فازی ارائه می شود. در بخش ۴ آنالیز آزمایشات با گره‌های موجود ارائه شده است. نهایتا در بخش ۵ جمع‌بندی و بحث و گفتگو را بیان می‌کنیم.

1 Base Station
2 Low-energy Adaptive clustering Hierarchy
3 LEACH-Centralized
4 LEACH-C-Estimate

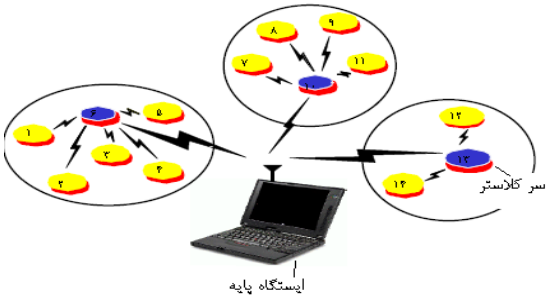
پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۵ ، پاییز ۱۳۹۷، ص ۲۵- ۱۶

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

۱- مرور کارهای مرتبط

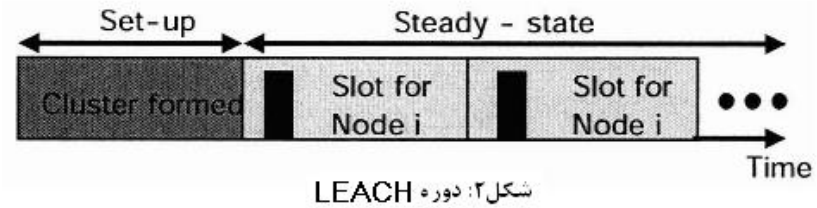
LEACH - ۱-۱

یکی از معروفترین پروتکل‌های مسیریابی سلسله مراتبی بر مبنای کلاستربندی، پروتکل *LEACH [3]* می‌باشد. در این روش اعضای هر کلاستر داده‌های خود را به سرکلاستر می‌دهند. سرکلاستر بعد از تجمیع آنها، اطلاعات تجمیع شده را به *BS* ارسال می‌کند این باعث کاهش هزینه ارتباطی می‌شود. شکل ۱ این مفاهیم را بیان می‌کند:

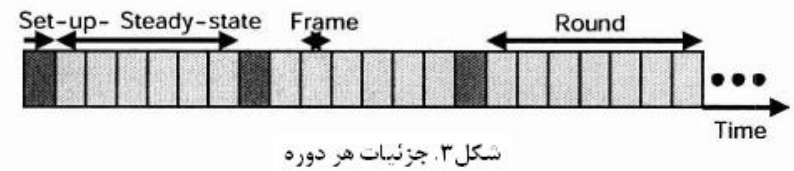


شکل ۱. یک شبکه حسگر همراه با کلاستربندی

عملیات شکل‌گیری کلاستر و انتقال داده در*LEACH* در دو فاز صورت می‌گیرد که این فازها در شکل‌های ۲ و۳ نشان داده شده است:



شکل۲: دوره LEACH



شکل۳. جزئیات هر دوره

فاز *Setup* مرحله شکل‌گیری کلاستر و سرکلاستر می باشد. در این مرحله انتخاب کلاستر و سرکلاستر بصورت تصادفی صورت می‌گیرد. بعد از شکل‌گیری کلاستر، سرکلاستر زمانبند *TDMA* را انتشار می‌دهد تا زمان انتقال داده را برای گره‌های عضو مشخص نماید. سپس وارد فاز *Steady-state* می‌شود. در فاز *steady- state*، هر گره عضو کلاستر فقط در تکه زمانی خودش داده را به سرکلاسترش انتقال می‌دهد و در بقیه تکه‌های زمانی جهت ذخیره انرژی‌اش به حالت خواب می‌رود.

در این روش، سرکلاستر انرژی بیشتری را برای دریافت، پردازش و ارسال مستقیم داده‌ها به گره *BS* مصرف می‌کند. بنابراین برای افزایش طول عمر شبکه لازم است که نقش سرکلاستر بین گره‌های شبکه تعویض شود. بهبودهای بسیاری در مورد روش *LEACH* ارائه شده است که اولا حتی الامکان بهترین کلاستربندی و انتخاب سرکلاستر صورت پذیرد، ثانیا تا حدامکان سربار این پروتکل کاهش پیدا کند. روش *LEACH-C* نمونه‌ای از این بهبود است.

LEACH-C-۱-۲

در*LEACH-C[6]*، شکل‌دهی‌کلاسترها در آغاز هردوره با استفاده از الگوریتم متمرکز بوسیله ایستگاه پایه انجام می‌شود. ایستگاه پایه از اطلاعات رسیده از گره‌ها که شامل موقعیت و انرژی آنها است، در طول فاز آماده‌سازی برای پیداکردن تعداد از پیش تعیین شده سرکلاسترها و پیکربندی شبکه درون کلاسترها استفاده می‌کند. بعدا گروه‌بندی گره‌ها در کلاسترها برای کمینه کردن مصرف انرژی به منظور انتقال داده‌های خود به سر کلاسترهای مربوطه انجام می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که کارایی کلی*LEACH-C* بخاطر شکل‌دهی بهینه

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

کلاسترها بوسیله ایستگاه پایه بهتر از *LEACH* است. علاوه بر آن، تعداد سرکلاسترها در هر دوره *LEACH-C* برابر مقدار بهینه مورد انتظار می‌باشد. در حالیکه در *LEACH* تعداد سرکلاسترها بخاطر فقدان هماهنگی سراسری، از یک دور به دور دیگر متفاوت است.

با توجه به اینکه در *LEACH-C* باید در شروع هر دوره انرژی گره‌ها به *BS* ارسال شود، این کار باعث می‌شود که انرژی گره‌ها زود تخلیه شده و زمان عمر شبکه کاهش یابد. بهبود دیگری که بر روی این الگوریتم صورت پذیرفته است استفاده از تخمین انرژی می‌باشد. روش *LEACH-CE* نمونه‌ای از آن است.

LEACH-CE -۳-۱

در روش *LEACH-CE [7]*، سطح انرژی فقط در فاز تنظیمات دو دوره اولیه از تمامی گره‌ها جمع‌آوری می‌شود و در دوره‌های دیگر جمع‌آوری نمی‌شود. بجای آن بخاطر اطلاع از سطح انرژی باقیمانده هر گره، می‌توانیم از اطلاعات دو دوره اولیه، میانگین مصرف انرژی هر گره را محاسبه کنیم. یعنی کسر میزان انرژی محاسبه شده از سطح انرژی گره موجب پیش‌بینی سطح انرژی فعلی می‌شود. مشکلی که برای این الگوریتم مطرح می‌شود اینست که اولا تخمین انرژی دقیق صورت نمی‌گیرد و ثانیا اگر گره‌ها داده همبسته داشته باشند و عدم ارسال داده همبسته به منزله اعتبار اطلاعات قبلی می‌باشد، در این صورت این طرح کلاستربندی کارا و مناسب نمی‌باشد.

LEACH-CEC -۴-۱

سه تا ایده پیشنهاد شده است. ۱- همبستگی زمانی داده‌ای ۲- مدل تخمین انرژی گره‌ها ۳- روش ترکیبی.

درالگوریتم وابستگی داده‌ای زمانی، از روش پیش‌بینی سری‌های زمانی([5]*TSF*) جهت ارسال یا عدم ارسال داده استفاده شده است. پس در لحظه *t* یعنی شروع هر دوره ایستگاه پایه درصد خطا *e(t)* را به تمامی گره‌ها ارسال می‌کند. اولین داده توسط گره حس شده و ارسال می‌شود. داده‌های دوم و سوم و چهارم براساس الگوریتم *TINA* بهبود یافته ارسال می‌شوند. سپس گره تابع سری‌های زمانی را برای تعیین مقدار پیش بینی مدل خط روند اجرا می‌کند، تا مدل روند را ایجاد نماید. در لحظات بعدی داده حس شده با مقدار پیش‌بینی مدل روند مقایسه می‌شود. اگر اختلاف بین این دو مقدار از یک حد آستانه‌ای تجاوز کند، داده به گره مورد نظر ارسال می‌شود و گره تابع پیش‌بینی مدل روند را مجدداً محاسبه می‌نماید تا مدل خط روند را به روز نماید. در غیر اینصورت گره حسگر داده حس شده را به گره مورد نظر ارسال نمی‌کند. مدل پیشنهادی پیشگویی انرژی گره‌ها را *LEACH-CEC*[6] نامیده و به این صورت توضیح می‌دهیم. برای انجام بهترین کلاستربندی لازم است انرژی گره‌ها را بدانیم. روش تخمین یکی از روش‌هایی هست که کم هزینه بوده و مناسب می‌باشد. بنابراین از روش تخمین انرژی استفاده می‌کنیم. برای این کار پروتکل *LEACH-C* را به سه فاز تقسیم کرده‌ایم. فاز توپولوژی سازی، *setup-state* و *steady-state* در فاز اول گره‌ها در شروع شبکه موقعیت خودشان را به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. *BS* با توجه به موقعیت گره‌ها توپولوژی شبکه را ایجاد می‌نماید. بعد از اینکه توپولوژی در ایستگاه پایه تشکیل شد، ایستگاه پایه فاصله گره‌ها را از همدیگر محاسبه می‌کند. در فاز تنظیمات با استفاده از یک مدل ریاضی ساده مقدار انرژی مصرفی هر گره محاسبه می‌شود و از انرژی اولیه‌اش کسر شده و مقدار انرژی باقیمانده محاسبه می‌گردد. در نهایت کلاستربندی را انجام داده و به فاز *steady-state* می‌رود. در این

۲- روش پیشنهادی: در این روش برای تعیین سرکلاستر از روش تئوری فازی استفاده می‌کنیم که تعیین سرکلاستر با استفاده از سه پارامتر درجه، انرژی و فاصله انجام می گیرد. هر گره موقعیت خود را می داند. درجه تعداد همسایگان یک گره می باشد. هر گره توسط لایه *mac* لیستی از همسایگان یک گامی خود را تهیه می کند و درجه خود را محاسبه می کند. فاصله گره برابر با فاصله هر گره از سرکلاستر است. هر گره موقعیت خود را می داند.

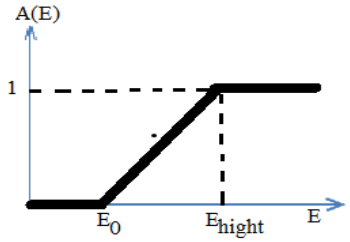
فرایند روش پیشنهادی

انتخاب سرخوشه:

فرض کنید {انرژی بالا *A={* ، *{*درجه بالا*B={* ، *{*فاصله کم *C={* حال فرض کنید *A(E)* ، *B(D)* و *C(d)* توابع فازی مربوط به مجموعه های بالا باشند

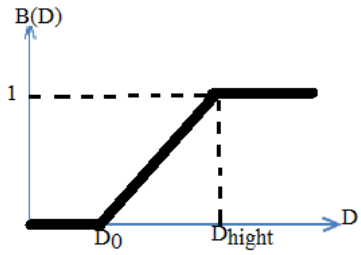
[5] Time series forecasting
[6] . LEACH-CE-correlated

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir



شکل۴- انرژی

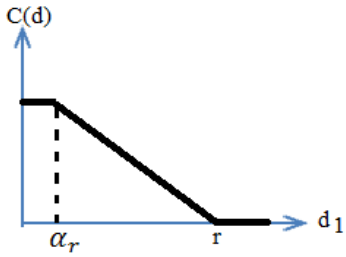
$$A€=\begin{Bmatrix} 1 & E > E_{hight} \\ \frac{E-E_0}{E_{hight}-E_0} & E_0 < E < E_{hight} \\ 0 & E < E_0 \end{Bmatrix}$$



شکل ۵ - درجه

$$B(D)=\begin{Bmatrix} 1 & D > D_{hight} \\ \frac{D-D_0}{D_{hight}-D_0} & D_0 < D < D_{hight} \\ 0 & D < D_0 \end{Bmatrix}$$

در مرحله بعد این تابع مورد محاسبه قرار می گیرد



$0 < \alpha < 1$

شکل۶- فاصله

$$C(d)=\begin{Bmatrix} 1 & d < \alpha_r \\ \frac{r-d}{(1-\alpha)r} & \alpha_0 < d < r \\ 0 & d > r \end{Bmatrix}$$

d: فاصله از ch در خوشه مربوطه است

بعد از اینکه انرژی گره سرخوشه به مقدار کمتر از E_0 رسید برای هر گره که در یک گامی اش قرار دارد، بعنوان مثال گرهی با مختصات (x_n, y_n) فرض کنید E_n انرژی گره مذکور، D_n درجه و d_n فاصله‌اش تا $cluster\ head= (x_h, y_h)$ ، مقادیر $A(E_n)$ ، $B(D_n)$ و $C(d(x_n,$ $y_n),(x_h, y_h))$ را محاسبه می کند سپس:

$$F(n)= \alpha\, A(E_n) + \beta\, B(D_n) + \gamma\, C(d(x_n, y_n),(x_h, y_h))$$

را محاسبه می‌کند و سپس $max\ f(n_i)$ و $n_i \varepsilon\ C$ که در آن C خوشه ای است که (x_h, y_h) مختصات سرخوشه آن می باشد. اگر این ماکزیمم برابر با $f(n_j)$ باشد آنگاه سرخوشه به گره n_j اطلاع می دهد که خود را سرخوشه معرفی کند.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

در رابطه بالا (α و β و γ) بترتیب وزنهای مربوط به انرژی، درجه و مرکزیت می باشند. بعبارت دیگر اگر سطر i ام ماتریس زیر را به ترتیب انرژی، درجه و فاصله گره i ام از سرخوشه مربوط به خودش بگیریم (با فرض اینکه N گره در خوشه C موجود باشد) در اینصورت:

$$M=\begin{bmatrix} A(E_1) & B(D_1) & C(d_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ A(E_i) & B(D_i) & C(d_i) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ A(E_N) & B(D_N) & C(d_N) \end{bmatrix} * [\alpha \quad \beta \quad \gamma]^T$$

$$=[\alpha A(E_1)+\beta B(D_1)+\gamma C(d_1),\dots,\alpha A(E_i)+\beta B(D_i)+\gamma C(d_i),\dots, \alpha A(E_N)+\beta B(D_N)+\gamma C(d_N)]$$

که در آن d_i فاصله گره i ام از سرخوشه خود می باشد.

$$M=\sum_{i=1}^{N} \alpha A(E_i)+\beta B(D_i)+\gamma C(d_i)$$

$$M=[M_i],\ 1\le i\le N \qquad M_j=max\ M_i$$

گره n_j خود را بعنوان سرخوشه معرفی میکند.

توجه: توجه شود که برای محاسبه فاصله از سرخوشه نیازی به دانستن موقعیت مکانی گرهای همسایه نیست. زیرا فاصله را می توان از روی قدرت سیگنال دریافتی و تفاضل زمان بدست آورد. (روشهای زیادی وجود دارد.)

۳- شبیه سازی و ارزیابی نتایج

۳-۱- محیط شبیه‌سازی

شبیه‌سازی بر روی سیستم عامل لینوکس *Fedora core.10* و با استفاده از شبیه‌ساز شبکه *NS2* انجام یافته است. پروتکل *LEACH* و *LEACH-C* از پروژه *uAMP* دانشگاه *MIT* بر روی *NS2* پیاده‌سازی شده است.

سناریوهای تعریف شده برای محیط شبیه‌سازی واقعی در زیر مشخص شده است:

- توپولوژی شبکه حسگر با استفاده از ۱۰۰ گره
- ابعاد محیط حسگر ۱۰۰*۱۰۰متر
- تعداد کلاستر ۵
- سرعت ارسال داده ۱*Mbps*
- ایستگاه پایه در موقعیت (۵۰ و ۱۰۰)
- طول هر دوره ۲۰ ثانیه
- سرعت انتقال بی سیم ۳*m/s*۱۰^۸*
- انرژی اولیه هرگره ۲ ژول

گیرنده‌ها و فرستنده‌ها از مدل *[3]* پیروی می‌کنند که پارامترهای آنها عبارتند از:

$$E_{elec} = 5.0\times10^{-8}\ J/bit,\ E_{tx}=E_{rx}=5.0\times10^{-8}\ J/bit$$

$$\varepsilon_{free-space-amp}=1.0\times10^{-11}\ J/bit/m^2,\ \varepsilon_{two-ray-amp}=1.3\times10^{-15}\ J/bit/m^4$$

E_{tx}, E_{rx} قدرت ارسال و دریافت برای هر بیت است.

آزمایش با پروتکل‌های *LEACH* و *LEACH-C* و *LEACH-CEC* و *FUZZY-LEACH-C* انجام یافته است.

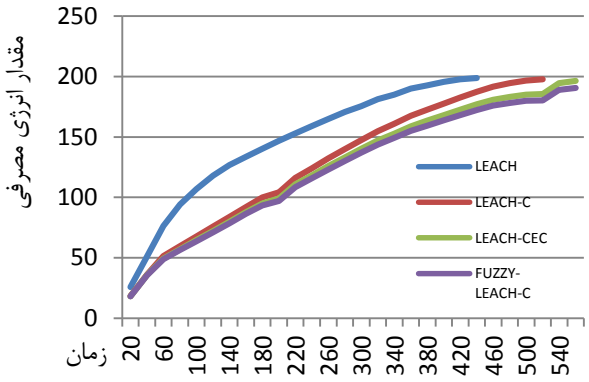
نتایج شبیه ساری

در شبیه ساز *NS2* ودر پروتکل‌های*LEACH* و *LEACH-C* ، داده‌ها با توزیع *Uniform* تولید می‌شوند. ولی واقعیت اینست که گره‌های حسگر پدیده‌هایی را که مشاهده می‌کنند بصورت پیوسته با زمان تغییر می‌کنند. بنابراین اطلاعاتی که توسط گره دریافت می‌شود با همدیگر وابستگی دارند. پس داده‌هایی که در شبیه‌ساز تولید می‌شود باید توزیع نرمال داشته باشند.

ما هر یک از پروتکل‌های مورد نظر را ۲۰ بار اجرا کرده‌ایم و نمودارهای حاصل میانگین نتایج حاصل از اجراها می‌باشد.

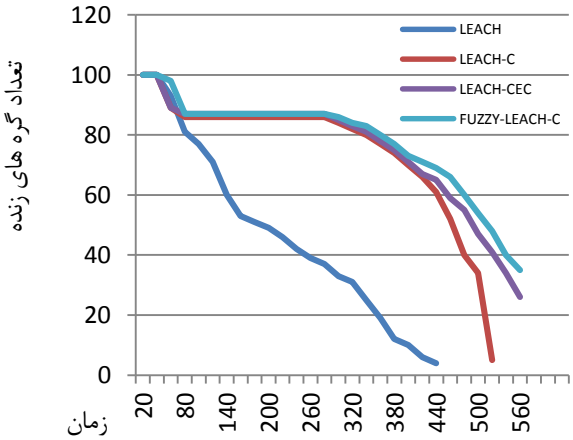
ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

شکل ۷ مقدار مصرف انرژی را در هر دوره نشان داده شده است . در این شکل پروتکل‌های *LEACH* و *LEACH-C* و *LEACH-CEC* و الگوریتم پیشنهادی *FUZZY-LEACH-C* را مقایسه کرده و سپس مقادیر مصرف انرژی را برای هر یک از آنها بدست همانطور که مشاهده می‌شود روش *FUZZY-LEACH-C* از همه روشهای ذکر شده عملکرد بهتری دارد.



شکل۷. میزان مصرف انرژی در کل توپولوژی شبکه

شکل *8* تعداد گره‌های زنده را در زمان‌های مختلف نشان می‌دهد. در این شکل، *4* روش ذکر شده در بالا، از لحاظ تعداد گرههای زنده در هر دوره بررسی شده است، همانطور که در شکل ۸ می‌بینید در روش *FUZZY-LEACH-C* تعداد گره‌های زنده از همه روش‌ها بیشتر است. در شکل ۸، در پروتکل‌های متمرکز مرگ گرهها از زمان ۳۰۰ شروع شده است اما در پروتکل توزیع شده مرگ گرهها از زمان ۱۰۰ آغاز شده است.



شکل۸. تعداد گرههای زنده

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

نتیجه گیری

این مقاله مشکل انتخاب سرکلاستر را در تمامی پروتکل‌های مطرح شده حل می‌کند. بنابراین با یک روش فازی انتخاب سرکلاستر به صورت بهینه انجام می گیرد و در نتیجه زمان عمر شبکه افزایش می‌یابد. همچنین در پروتکل *leach-c*، ارسال دوره‌ای اطلاعات گره‌ها را حذف کردیم. با استفاده از الگوریتم*FUZZY-LEACH-C* دیگر نیازی نیست که در هر دوره، گره‌ها اطلاعات خودشان را به ایستگاه پایه ارسال کنند. فقط در آغاز بکار شبکه موقعیت خود را به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند و ایستگاه پایه توپولوژی شبکه را ایجاد کرده و با استفاده از روش فازی سرکلاستر را در هر دوره تعیین می‌نماید.

در کل ما با استفاده از شبیه سازی، زمان عمر شبکه را در پروتکل *LEACH-CE* با استفاده از الگوریتم فازی پیشنهادی، بهبود دادیم و اتلاف انرژی جلوگیری کردیم. در کارهای آینده سعی خواهیم کرد خوشه بندی را در شبکه های حسگر موبایل با استفاده از تئوری فازی انجام دهیم.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

منابع و مراجع

[1] S. Bandyopadhyay and E. Coyle, “An Energy-Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks”, Proceedings of IEEE INFOCOM, 2003.

[2] Mahmood Ali and Sai Kumar Ravula.” REAL-TIME SUPPORT AND ENERGY EFFICIENCY IN WIRELESS SENSOR NETWORKS”. School of Information Science, Computer and Electrical Engineering Halmstad University Box 823, S-301 18 Halmstad, Sweden January 2008.

[3] Ameer Ahmed Abbasi a,*, Mohamed Younis.” A survey on clustering algorithms for wireless sensor networks”, 0140-3664/$ - see front matter _ 2007 Published by Elsevier B.V.

[4] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, Hari Balakrishnan,¬ " An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Micro sensor Networks" ,2002 IEEE.

[5] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, Hari Balakrishnan,¬ " An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Micro sensor Networks" ,2002 IEEE.

[6] SIVA D. MURUGANATHAN, DANIEL C. F. MA.” A Centralized Energy-Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks”. 0163-6804/05/$20.00 © 2005 IEEE

[7] Wendi B. Heinzelman, Anantha P. Chandrakasan, and Hari Balakrishnan. “Application-Speci_c Protocol Architectures for Wireless Networks”. IEEE Transactions On Woreless Communications,Vol. 1, No. 4,October 2002.

[8] S. Banerjee and S. Khuller, “A Clustering Scheme for Hierarchical Control in Multi-hop Wireless Networks”, Proceedings of IEEE INFOCOM, 2001

[9] Wei-Peng Chen, Jennifer C. Hou and Lui Sha, “Dynamic Clustering for Acoustic Target Tracking inWireless Sensor Networks”,Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Network Protocols, pp. 284-294, 2003.

[10] Chiu-Kuo Liang, Yu-Jie Huang and Jian-Da Lin.”An Energy Efficient Routing Scheme in Wireless Sensor Networks”. 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications. IEEE 2008.

[11] J. Amiri, M. Sabaei and B. Soltaninasab, "A New Energy Efficient Data Gathering Approach in Wireless Sensor Networks," Communications and Network, Vol. 4 No. 1, 2012, pp. 61-72. doi: 10.4236/cn.2012.41009.

[12] M. J. Handy, M. Haase, D. Timrnermann, "Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster-Head Selection" IEEE, 2002.

[13] Jin-Mook kim, Hhyeon-kyu Joo,Seong-sik Hong “An Efficent clustering Sheme through Estimate in Centralized Hierarchical Routing Protocol”.IEEE,2006.

[14] A.S.Mohamed ,B.Jonathen “TINA: A Scheme for Temporal Coherency-Aware in-Network Aggregation ”,proce. Of the 3rd ACM int. workshop on data Engineering for wireless and mobile access,USA,2003, PP.69-76.

[15] Xiaohua Dai, Feng Xia, Zhi Wang, “ An Energy-Efficient In-network Aggregation Query Algorithm for WSN” ,IEEE,2006.

[16] Xue Wang, Jun-Jie Ma, Sheng Wang and Dao-Wei Bi, ‘Time Series Forecasting for Energy-efficient Organization of Wireless Sensor Networks”, sensors ISSN 1424-8220 © 2007 by MDPI ,www.mdpi.org/sensors.

[17] G.H. Riahy, M. Abedi.” Short term wind speed forecasting for wind turbine applications using linear prediction method”, 0960-1481/$ - see front matter r 2007 Elsevier Ltd .

[18] Mahmood Ali and Sai Kumar Ravula.” REAL-TIME SUPPORT AND ENERGY EFFICIENCY IN WIRELESS SENSOR NETWORKS”. School of Information Science, Computer and Electrical Engineering Halmstad University . January 2008.

[19] Peng Hu,Zude Zhou,Quan Liu,Fangmin Li,"The HMM-based Modeling for the Energy Level Prediction in Wireless Sensor Networks," Proceeding of the 2007 Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

[20] Chiu-Kuo Liang, Yu-Jie Huang and Jian-Da Lin.” An Energy Efficient Routing Scheme in Wireless Sensor Networks”. 978-0-7695-3096-3/08 2008 IEEE DOI 10.1109/WAINA.2008.199

[21] Eui-Hyun JUNG, Member, Sung-Ho LEE, Jae-Won CHOI.” A Cluster Head Selection Algorithm Adopting Sensing-Awareness and Sensor Density .forWireless Sensor Networks”. IEICE TRANS. COMMUN., VOL.E90–B, NO.9 SEPTEMBER 2007

[22] T.-C. Hou and T.-J. Tsai. “An access-based clustering protocol for multihop wireless ad hoc networks”. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. Volume 19, Issue 7, July 2001 Page(s):1201 – 1210

[23] X. Hong and Q. Liang. “An access-based energy efficient clustering protocol for ad hoc wireless sensor network”. 15th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2004. (PIMRC 2004). 5-8 Sept. 2004. Volume: 2. page(s): 1022- 1026.