

افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی سیم از طریق سازماندهی آگاه انرژی بوسیله اتوماتای یادگیر

حبیب مصطفائی^۱ و محمدرضا میبدی^۲

چکیده:

یکی از جنبه‌های مهم کاربرد شبکه‌های حسگر بی سیم طول عمر شبکه است. مصرف انرژی دریافت و ارسال اطلاعات در محیط دریافت، در نتیجه مدیریت انرژی و زمانبندی حسگرها می تواند در افزایش طول عمر شبکه بصورت موثری عمل کند. کارآمدی انرژی یکی از مسائل مهم مطرح در شبکه‌های حسگر بی سیم می باشد. برای پوشش یک مجموعه اهداف با معلوم بودن مکان آنها، یک راه حل، پخش حسگرها برای پوشش این اهداف می باشد. با تعداد حسگرهای زیاد پخش شده در یک محیط برای پوشش اهداف می توان حسگرها را طوری زمانبندی کرد که در هر لحظه تعداد محدودی از حسگرها در حالت فعال باشند و سایر حسگرها برای ذخیره انرژی به حالت مصرف انرژی پایین سوئیچ کنند.

در این مقاله ما یک روش زمانبندی کارآمد انرژی برای افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی سیم با استفاده از اتوماتای یادگیر ارائه می دهیم. اتوماتای یادگیر به حسگرها کمک می کند تا حالت مناسب خود را در هر لحظه در شبکه تعیین کنند. فقط حسگرهایی عملیات دریافت را انجام می دهند که بعنوان عضوی از مجموعه پوششی باشند در حالیک سایر گره‌ها در یک حالت مصرف انرژی پایین هستند. مجموعه‌های پوششی گسسته به گره‌ها اجازه می دهد که در یک مجموعه بعنوان گره دریافت کننده انتخاب شوند. به هر گره اجازه داده می شود که فقط در یک مجموعه پوششی بعنوان گره فعال انتخاب شود. نتایج بدست آمده از شبیه سازی برای بررسی صحت این کار نشان داده شده است.

کلمات کلیدی

شبکه‌های حسگر بی سیم، اتوماتای یادگیر، زمانبندی حسگر، مجموعه پوششی گسسته

Increasing Lifetime of Wireless Sensor Networks through power aware organization by Learning Automata

Habib Mostafaei; Mohammad Reza Meybodi

ABSTRACT

A critical aspect of applications with wireless sensor networks is network lifetime. Sensing and communications consume energy, therefore judicious power management and scheduling can effectively extend operational time. To monitor a set of targets with known locations one solution is to deploy the sensors remotely, from an aircraft. The loss of precise sensor placement would then be compensated by a large sensor population density in the drop zone that would improve the probability of target coverage.

^۱ عضو هیات علمی و باشگاه پژوهشگران دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه h.mostafaei@iaurmia.ac.ir

^۲ عضو هیات علمی ، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران mmeybodi@aut.ac.ir

In this paper we propose an efficient method to extend the sensor network operational time by organizing the sensors into a maximal number of disjoint set covers that are activated successively. To study the performance of the proposed method, computer simulations are conducted. Results of these simulations show that the proposed scheduling method can better prolong the lifetime of the network in comparison to similar existing methods.

Key Words:

Wireless Sensor Networks, Learning Automata, Sensor Scheduling, Disjoint Set Cover

۱- مقدمه

شبکه‌های حسگر بیسیم کاربردهای جدیدی را در زمینه نظارت محیط و کاربردهای نظارتی نظامی فراهم می‌کنند. شبکه‌های حسگر شامل مجموعه‌ای از گره‌های کوچک می‌باشند که توانایی حس محیط اطراف با هدف معین، پردازش اطلاعات، ذخیره سازی، تبادل اطاعات با سایر گره‌ها را دارند [۱].

مجموعه‌های گسسته به صورت مجموعه‌های گسسته پوششی در [۲] مدل شده اند بطوریکه هر پوشش بصورت کامل تمامی نقاط اهداف را پوشش می‌دهد. فرض شده است که که اهداف مکانهای ثابتی دارند و محاسبه پوشش برای تمامی حسگرها فقط یکبار بوسیله گره مرکزی پس از تعیین شدن مکان گره‌ها صورت می‌گیرد. پس از قرار گرفتن گره‌ها، آنها سرویس مکانیابی خود را فعال کرده و اطلاعات خود را به گره مرکزی می‌فرستند. براساس این اطلاعات، گره مرکزی مجموعه‌های گسسته پوششی را محاسبه و اطلاعات عضویت را به هریک از آنها می‌فرستد. هر حسگر مجموعه‌ای را که به آن متعلق است و تعداد پوشش‌ها را می‌شناسد و هر حسگر قادر به شناسایی دوره زمانی است که باید در آن دوره فعال یا خواب باشد. یک سرویس همگام سازی زمان برای حسگرها فرض شده است و امکاناتی نیز شبیه پیام‌های رادیویی از گره مرکزی یا از طریق بردهای GPS نیز برای سهولت وجود دارند. در این مقاله ما مسئله پوشش هدف در شبکه‌های حسگر بیسیم بدین صورت مطرح می‌کنیم که هدف، افزایش طول عمر شبکه با حسگرهایی است که دارای توان محدودی از انرژی هستند که در یک ناحیه تحت نظارت پخش شده‌اند تا یک مجموعه از اهداف را پوشش دهند. ما تعداد زیادی از حسگرها را فرض کردیم که بصورت تصادفی پخش شده‌اند تا اهداف موردنظر ما را پوشش دهند. ما طول عمر شبکه حسگر را تا زمانی محاسبه می‌کنیم که هر هدف حداقل بوسیله یک حسگر در شبکه پوشش داده شود.

در این مقاله ما یک روش برای افزایش طول عمر شبکه با استفاده از اتوماتای یادگیر ارائه می‌دهیم که در آن حسگرها را طوری به مجموعه‌های پوششی گسسته تقسیم می‌کنیم که هر مجموعه بطور کامل تمامی اهداف موجود در شبکه را پوشش دهد. پس از تعیین این مجموعه‌ها آنها بترتیب عملیات پوشش هدف را انجام می‌دهند.

سازماندهی ادامه مقاله بدین صورت است. در بخش ۲ کارهای انجام شده در این زمینه، در بخش ۳ مسئله حداکثر مجموعه‌های پوششی، در بخش ۴ اتوماتای یادگیر، در بخش ۵ روش پیشنهادی و در بخش ۶ نتایج شبیه‌سازی‌ها آمده است. بخش ۷ مربوط به نتیجه‌گیری می‌باشد.

۲- کارهای انجام شده در این زمینه

Wang [۱۴] در کتاب خود با عنوان کنترل پوشش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، ابتدا مسئله پوشش و هدف آن را توضیح داده و سپس به معرفی انواع مسائل مربوط به پوشش در این نوع شبکه‌ها پرداخته است. در یک فصل از این کتاب به معرفی مسئله پوشش هدف و انواع پوشش هدف پرداخته است و کارهایی که در این زمینه صورت گرفته است را بصورت مفصل مورد بررسی قرار داده است.

Du و Cardei [۲] مسئله پوشش نقطه را در یک تعداد محدودی از نقاط (اهداف) با مکان شناخته شده را نشان می‌دهد که نیازمند نظارت هستند. تعداد زیادی از حسگرها که بصورت تصادفی با یک تقریب نزدیک به هدف پخش شده‌اند و اطلاعات مانیتور شده را به یک گره پردازش مرکزی می‌فرستند. نیازمند ما در روش آن است که هر هدف باید در تمامی زمانها بوسیله حداقل یک گره مانیتور شود، فرض کنید که هر حسگر قادر است تمامی اهداف داخل برد دریافتی خودش را مانیتور کند.

یک روش برای افزایش طول عمر شبکه از طریق منابع انرژی این است که مجموعه‌ای از حسگرها را به مجموعه‌های گسسته تقسیم کنیم و هر مجموعه بصورت کامل تمامی اهداف را پوشش دهند. مجموعه‌های گسسته پی در پی فعال می‌شوند بطوریکه در هر لحظه از زمان فقط یک مجموعه فعال است. در نتیجه تمامی اهداف بوسیله هر مجموعه مانیتور می‌شوند، هدف این روش تعیین حداکثر تعداد مجموعه‌های گسسته است طوریکه فاصله زمانی فعالیتها برای هر حسگر مفروض طولانی است. با کاهش کسری از زمان هر حسگر فعال است، زمان کلی تا وقتی که توان برای همه حسگرها مصرف شود افزایش یافته و طول عمر برنامه متناسب با کسر مساوی از تعداد مجموعه‌های گسسته افزایش می‌یابد [۲].

یک راه حل برای این کاربرد در [۳] پیشنهاد شده است که مجموعه‌های گسسته را بصورت مجموعه‌های گسسته پوششی مدل می‌کند بطوریکه، هر پوشش بصورت کامل تمامی نقاط اهداف را پوشش دهد. $Cardi$ و Du ثابت کرده اند که پوشش مجموعه‌های گسسته یک NP کامل است و هر الگوریتم تقریبی زمان-چندجمله ای یک کران پایین از ۲ دارد. مسئله پوشش مجموعه گسسته به یک جریان بیشینه کاهش داده شده، که همانند یک برنامه نویسی مرکب مدل شده است.

$Chakrabarty$ و همکاران [۵]، مسئله پوشش بهینه را با برنامه نویسی خطی صحیح مدل می‌کنند و میدان دریافت را به صورت یک تور دو بعدی یا سه بعدی نمایش می‌دهد. یک دامنه متغیری از حسگرها با شعاع ها و هزینه های متفاوت را در نظر می‌گیرند و یک استراتژی برای کمینه کردن هزینه فراهم می‌کنند، یک تئوری کدگذاری محدود شده روی تعداد حسگرها فراهم می‌کنند و روشی را برای مکان گذاری با پوشش مطلوب نمایش می‌دهند. روش پوشش بیشینه آنها در میدان دریافت، در عملیات دریافت متفاوت است برای آنکه یک استراتژی گسترش را طوری تعیین می‌کنند که هر نقطه توری به وسیله یک زیر مجموعه یکتایی از حسگرها پوشش داده شود. در این روش مجموعه‌ای از حسگرها یک هدف را در یک زمان مشخص بصورت یکتا گزارش می‌دهند که مکان تور را برای هدف در یک زمان شناسایی می‌کند.

در [۱۳] یک مدل دیگری از الگوریتم ILP با حذف بخش صحیح متغیرها ارائه شده است که LP نامیده شده است که این کار باعث حل سریع مسئله می‌شود. در این روش نیز مثل روش [۵] سعی می‌کند که حسگرها را با کمترین هزینه روی یک میدان دریافت سه بعدی محدود شده قرار دهد.

در [۶] این مسئله برای حالتی مدل کرده‌اند که اهداف در ناحیه تحت نظارت متحرک هستند و با استفاده از اتوماتای یادگیر روشی را ارائه کرده‌اند که در آن اتوماتای یادگیر وظیفه انتخاب گره‌ها برای انجام عملیات پوشش هدف را برعهده دارد. در این روش هر گره در شبکه به یک اتوماتای یادگیر مجهز شده و اتوماتای یادگیر تعیین می‌کند که کدامیک از گره‌ها باید در حالت روشن و مشغول انجام پوشش باشند و کدامیک از گره‌ها به یک حالت مصرف انرژی پایین سوئیچ کنند.

۳- مسئله پوشش مجموعه‌های گسسته

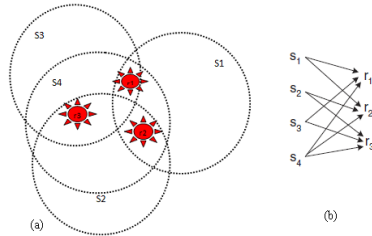
فرض کنید n حسگر S_1, S_2, \dots, S_n در یک منطقه برای نظارت m هدف T_1, T_2, \dots, T_m پخش شده اند. برای افزایش ذخیره سازی انرژی، هدف تقسیم حسگرها به یک تعداد بیشینه‌ای از مجموعه‌های گسسته است طوریکه هر مجموعه بطور کامل تمامی اهداف را پوشش دهد. فرض شده که هر حسگر بوسیله مکانش شناسایی و زمانی پوشش داده می‌شود که در داخل برد دریافتی یک حسگر قرار داشته باشد.

مسئله بصورت مجموعه‌ای از حسگرها $C = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ که هر حسگر یک زیرمجموعه‌ای از اهداف در $T = \{T_1, T_2, \dots, T_m\}$ را پوشش می‌دهد. برای مثال: $S_i = \{T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{in}\}$, $1 \leq i \leq n$ ما می‌خواهیم یک تعداد بیشینه‌ای از مجموعه‌های گسسته را تعیین کنیم بطوریکه هر مجموعه بصورت کامل تمامی اهداف را پوشش دهد.

در [۲] مسئله مجموعه‌های پوششی گسسته بعنوان یک حالت کلی از مسئله پوشش کمینه مدل شده است و نشان می‌دهد که یک مسئله NP کامل است.

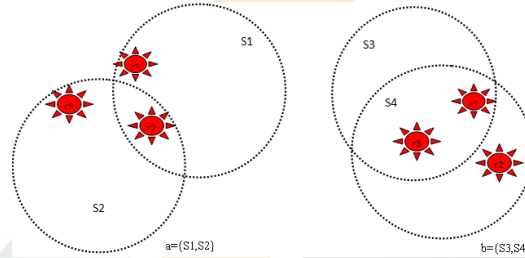
تعریف پوشش مجموعه‌های گسسته

پوشش مجموعه‌های گسسته DSC^1 : یک مجموعه C از زیر مجموعه ای از مجموعه‌های معین T را در نظر بگیرید و حداکثر تعداد مجموعه‌های گسسته را برای T پیدا کنید. هر پوشش C_i یک زیرمجموعه‌ای از C ، $C_i \subseteq C$ است بطوریکه هر عنصر از T حداقل به یک عضو از C_i تعلق دارد و برای هر دو پوشش C_i و C_j داریم: $C_i \cap C_j = \emptyset$ حال مسئله پوشش مضاعف را که یک مسئله NP کامل است.



شکل ۱ یک مثالی از سه هدف و چهار حسگر برای پوشش این اهداف

شکل فوق شبکه ای با ۴ حسگر و ۳ هدف را نشان می‌دهد. در بخش شکل b نشان داده شده است که هر کدام از حسگرها کدامیک از اهداف را پوشش می‌دهند. رابطه بین اهداف و حسگرها بصورت زیر است: $S_1 = \{r_1, r_2\}$, $S_2 = \{r_2, r_3\}$, $S_3 = \{r_1, r_3\}$, $S_4 = \{r_1, r_2, r_3\}$

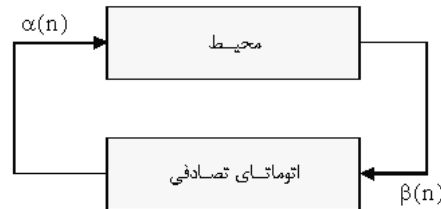


شکل ۲ مجموعه‌های پوششی تشکیل شده شکل ۱

در شکل ۲ مجموعه‌های پوششی تشکیل شده شامل $C_1 = \{r_1, r_2\}$, $C_2 = \{r_3, r_4\}$ مشاهده می‌نمایید. ثابت شده است که یافتن این مجموعه‌ها NP-کامل است [۲].

۴- اتوماتای یادگیر

یک اتوماتای یادگیر [۹] و [۱۱]، ماشینی است که میتواند تعدادی متناهی عمل را انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط یک محیط احتمالی ارزیابی می‌شود و نتیجه ارزیابی در قالب سیگنالی مثبت یا منفی به اتوماتا داده می‌شود و اتوماتا از این پاسخ در انتخاب عمل بعدی تاثیر می‌گیرد. هدف نهایی این است که اتوماتا یاد بگیرد تا از بین اعمال خود بهترین عمل را انتخاب کند. بهترین عمل، عملی است که احتمال دریافت پاداش از محیط را به حداکثر برساند. کارکرد اتوماتای یادگیر در تعامل با محیط، در شکل ۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۳ اتوماتای یادگیر تصادفی

محیط را می‌توان توسط سه‌تایی $E \equiv \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\alpha \equiv \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه ورودی‌های محیط، $\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ مجموعه خروجی‌های محیط و $c \equiv \{c_1, c_2, \dots, c_r\}$ مجموعه احتمال‌های جریمه می‌باشند. ورودی محیط یکی از r عمل انتخاب شده اتوماتا است. خروجی (پاسخ) محیط به هر عمل i توسط β_i مشخص می‌شود. اگر β_i یک پاسخ دودویی باشد، محیط مدل P^2 نامیده می‌شود. در چنین محیطی $\beta_i(n) = 1$ بعنوان پاسخ نامطلوب^۳ یا شکست^۴ و $\beta_i(n) = 0$ بعنوان پاسخ مطلوب^۵ یا موفقیت در نظر گرفته می‌شوند. در محیط مدل Q^e ، $\beta_i(n)$ شامل تعداد محدودی از مقادیر قرار گرفته در بازه $[0, 1]$ می‌باشد. درحالی‌که در محیط مدل S^v مقادیر $\beta_i(n)$ یک متغیر تصادفی در بازه $[0, 1]$ می‌باشد $\beta_i(n) \in [0, 1]$.

اتوماتای یادگیر با ساختار ثابت توسط پنج‌تایی $\{\alpha, \beta, F, G, \Phi\}$ نشان داده می‌شود که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$ مجموعه عملهای اتوماتا و $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ مجموعه ورودیهای اتوماتا و $\phi = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n\}$ مجموعه وضعیتهای داخلی اتوماتا، تابع $F: \phi \times \beta \rightarrow \phi$ تابع تولید وضعیت جدید اتوماتا و $G = \phi \rightarrow \alpha$ خروجی می‌باشد که وضعیت کنونی اتوماتا را به خروجی بعدی می‌نگارد. اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر را می‌توان توسط چهارتایی $\{\alpha, \beta, P, T\}$ نشان داد که $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_n\}$ ، مجموعه عملها، $\beta = \{\beta_1, \dots, \beta_n\}$ مجموعه ورودیها، $P = \{P_1, \dots, P_n\}$ بردار احتمال انتخاب هریک از عملها و $p(n+1) = T[\alpha(n), \beta(n), p(n)]$ الگوریتم یادگیری اتوماتا می‌باشد. الگوریتم زیر یک نمونه از الگوریتمهای یادگیری خطی است. فرض کنید عمل α_i در مرحله n ام انتخاب شود:

الف - پاسخ مطلوب از محیط

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= p_i(n) + a[1 - p_i(n)] \\ p_j(n+1) &= (1-a)p_j(n) \quad \forall j, j \neq i \end{aligned} \quad (1)$$

ب - پاسخ نامطلوب از محیط

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= (1-b)p_i(n) \\ p_j(n+1) &= \frac{b}{r-1} + (1-b)p_j(n) \quad \forall j, j \neq i \end{aligned} \quad (2)$$

که در روابط فوق a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه می‌باشد. با توجه به مقادیر a و b سه حالت زیر را می‌توان در نظر گرفت. زمانیکه a و b با هم برابر باشند، الگوریتم را L_{RP} می‌نامند، زمانیکه b خیلی کوچکتر از a باشد، الگوریتم را L_{REP} می‌نامند و زمانیکه b مساوی صفر باشد الگوریتم را L_{RI} می‌نامند.

۵- روش پیشنهادی (LADSC)

روش پیشنهادی با استفاده از اتوماتای یادگیر بدین صورت می‌باشد که ابتدا هر گره را در شبکه به یک اتوماتای یادگیر مجهز می‌کنیم. اتوماتای یادگیر به گره‌ها کمک می‌کند تا حالت مناسب را در هر دوره انتخاب کنند. هر اتوماتای یادگیر دو عمل دارد: ACTIVE و ASLEEP. احتمال انتخاب این دو عمل در ابتدای کار ۰.۵ است. ابتدا تمامی گره‌ها شروع به دریافت اطلاعات و اهداف در ناحیه دریافتی خود می‌کنند. با این کار اهداف تحت پوششی خود را تعیین می‌کنند

عملیات شبکه را به دوره‌هایی تقسیم می‌کنیم و هر دور شامل دو فاز یادگیری و فاز نظارت اهداف می‌باشد. در فاز یادگیری براساس تعداد اهدافی که هر گره پوشش می‌دهد و با توجه به حالت انتخابی همسایه‌های آن به گره پاداش و جریمه اختصاص داده می‌شود. پس از فاز یادگیری هر گره با استفاده از اتوماتای یادگیر حالت خود را تعیین می‌کند. در فاز نظارت اهداف هر گره با توجه به پاداش و جریمه اختصاص یافته در مرحله قبل بهترین حالت خود را انتخاب می‌کند با این کار مجموعه‌هایی تشکیل می‌شود که این مجموعه‌ها می‌توانند بصورت کامل تمامی اهداف را پوشش دهند. فرض شده است که هرهدف حداقل یک توسط یک گره پوشش می‌شود. در ادامه جزئیات این دو مرحله را شرح می‌دهیم.

ابتدا هر گره یک بسته سیگنال که شامل شناسه گره و اهداف پوششی خود را به همسایگانش می‌فرستد. با این کار هر گره لیستی دارد که شامل همسایه‌ها و اهداف تحت پوششی آنها می‌باشد. برای محاسبه انرژی مصرفی برای ارسال و دریافت بسته‌ها به گره‌های همسایه از روش ارائه شده در [۷] استفاده شده است. با شروع فاز یادگیری هر گره با استفاده از اتوماتای یادگیر یک عمل خود را انتخاب می‌کند و یک بسته شامل عمل انتخابی (ACTION_Packet) را به همسایه‌های خود می‌فرستد. هر یک از گره‌ها با دریافت این بسته از تمامی همسایه‌های خود بدین صورت عمل می‌کند:

اگر عمل انتخابی برابر ACTIVE باشد:

اتوماتای یادگیر، اعمال انتخابی همسایه‌ها را بررسی می‌کند اگر عمل‌های انتخابی همسایه‌ها طوری باشد که اهداف تحت پوشش این گره را پوشش دهند به این عمل انتخابی توسط اتوماتای یادگیر جریمه اختصاص داده می‌شود. چون این گره بعنوان یک گره افزونه در ناحیه دریافتی می‌باشد.

ولی اگر عمل‌های انتخابی همسایه‌ها طوری باشد که اهداف تحت پوشش این گره را پوشش ندهند به این عمل پاداش داده خواهد شد. اگر عمل انتخابی برابر ASLEEP باشد.

اتوماتای یادگیر، اعمال انتخابی همسایه‌ها را بررسی می‌کند اگر عمل‌های انتخابی همسایه‌ها طوری باشد که اهداف تحت پوشش این گره را پوشش دهند به این عمل انتخابی توسط اتوماتای یادگیر پاداش اختصاص داده می‌شود چون این گره بعنوان یک گره افزونه در ناحیه دریافتی می‌باشد و می‌خواهیم برای ذخیره انرژی به این حالت سوئیچ کند.

در غیر اینصورت اگر گره‌های همسایه با اعمال انتخابی خود نتوانند اهداف تحت پوشش این گره را پوشش دهند به عمل انتخابی جریمه داده می‌شود. هر گره در فاز یادگیری زمانی متوقف می‌شود که یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

۱. احتمال یکی از اعمال اتوماتای یادگیر هر گره از مقدار آستانه بیشتر شود.

۲. تعداد انتخاب عمل توسط اتوماتای یادگیر هر گره از حداکثر تعداد انتخاب عمل توسط اتوماتای یادگیر تجاوز کند.

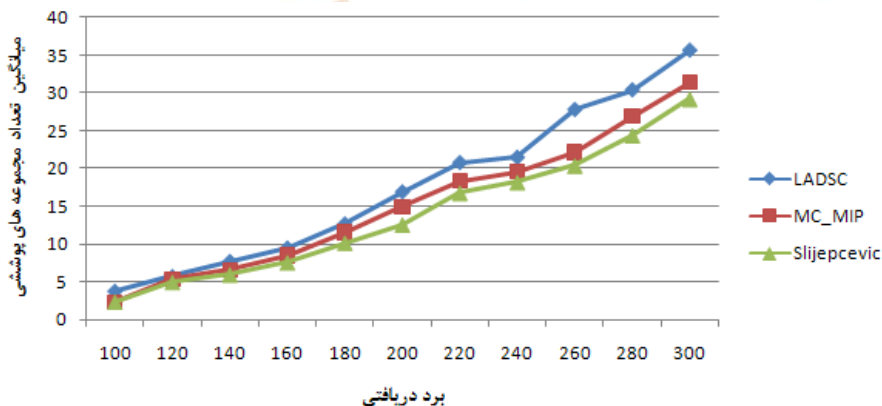
بعد از انتخاب هر مجموعه طول عمر هر مجموعه محاسبه می‌شود. برای محاسبه زمانی که هر مجموعه باید فعال باشند از روش ارائه شده در [۸] استفاده شده است. هر گرهی که بعنوان عضوی از مجموعه در فاز نظارت اهداف انتخاب شد تمامی انرژی خود را در مجموعه‌ای که به آن تعلق دارد مصرف می‌کند. یعنی هر گره در شبکه فقط یکبار بعنوان عضوی از مجموعه برای انجام عملیات دریافت در محیط انتخاب می‌شوند. برای محاسبه طول عمر شبکه نیز بدین صورت عمل می‌شود که هر مجموعه‌ای که انتخاب می‌شود تا عملیات دریافت را در محیط انجام دهد طول عمر یک را در فاز نظارت اهداف به همراه سایر اعضای مجموعه به طول عمر محاسبه شده شبکه اضافه خواهند کرد.

۶- نتایج شبیه‌سازی‌ها

برای شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی ما شبیه‌ساز ارائه شده در [۱۲] را تغییر دادیم و براساس این شبیه‌ساز نتایج حاصل از آزمایشات را استخراج کردیم. فرض شده است که تمامی گره‌ها دارای برد دریافتی یکسانی هستند. تعداد حسگرها ۹۰ می‌باشد و همچنین فرض شده که گره‌ها دارای انرژی یکسانی هستند. تعداد اهدافی که برای آزمایش در نظر گرفته شده است بین ۱۰ تا ۵۰ هدف می‌باشد که این تعداد اهداف بصورت تصادفی در یک ناحیه $500m \times 500m$ پخش شده‌اند.

آزمایش اول:

در این آزمایش، پارامتر میانگین تعداد مجموعه‌های پوششی بدست آمده برای شعاع‌های مختلفی از حسگرها در الگوریتم پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است و عملکرد الگوریتم پیشنهادی با استفاده از اتوماتای یادگیر با الگوریتم [۱۰] Slijepcevic و الگوریتم MC-MIP ارائه شده در [۲] مورد بررسی قرار می‌گیرد. تعداد اهداف مورد نظر برای پوشش را ۱۰ هدف در نظر گرفته شده است برای پوشش این اهداف ما تعداد ۹۰ گره را بصورت تصادفی در ناحیه دریافتی مورد نظر پخش شده تا این گره‌ها اهداف را پوشش دهند. شعاع دریافتی هریک از گره‌ها بترتیب ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰، ۱۶۰، ۱۸۰، ۲۰۰، ۲۲۰، ۲۴۰، ۲۶۰، ۲۸۰ و ۳۰۰ متر در نظر گرفته شده است. نتایج بدست آمده از اجرای روش پیشنهادی شکل ۳ مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی تاثیر بیشتری روی پارامتر تعداد مجموعه‌های پوششی نسبت به سایر مجموعه‌ها دارد. علت این امر آن است که اتوماتای یادگیر به گره‌ها کمک می‌کند تا گره‌های مناسب‌تری را برای عملیات پوشش هدف انتخاب کند. مقادیر حداقل، میانگین و حداکثر تعداد مجموعه‌های پوششی بدست آمده از اجرای الگوریتم پیشنهادی و مقایسه آن با الگوریتم Slijepcevic و MC-MIP را در جدول ۱ مشاهده می‌نمایید.



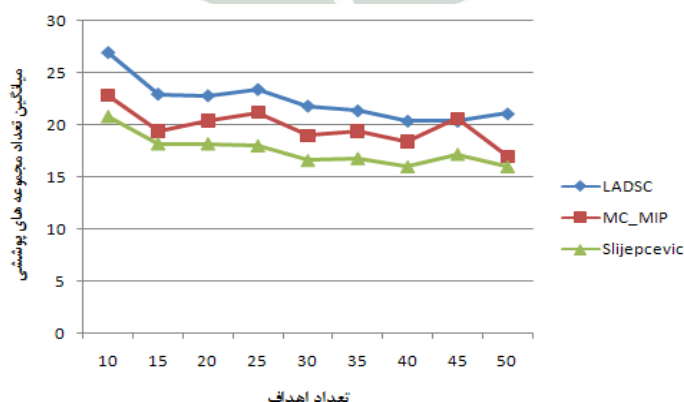
شکل ۴ مقایسه طول عمر بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی با روش‌های MC-MIP و Slijepcevic با ۱۵ هدف

جدول ۱ مقایسه حداقل، میانگین و حداکثر طول عمر بدست آمده از روش پیشنهادی با ۹۰ حسگر به شعاع دریافتی ۲۵۰ متر و ۱۰ هدف

شعاع حسگرها	LA_DSC			MC-MIP			Slijepcevic		
	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX	MIN	AVG	MAX
۱۰۰	۲	۳,۷	۸	۰	۲,۴	۴	۰	۲,۴	۴
۱۲۰	۳	۵,۷	۱۰	۳	۵,۴	۷	۳	۵	۷
۱۴۰	۴	۷,۷	۱۰	۴	۶,۶	۸	۴	۶	۸
۱۶۰	۵	۹,۴۳	۱۶	۸	۸,۶	۱۱	۶	۷,۶	۹
۱۸۰	۷	۱۲,۶	۲۲	۶	۱۱,۶	۱۵	۶	۱۰,۲	۱۳
۲۰۰	۷	۱۶,۹	۲۷	۱۳	۱۵	۱۷	۱۱	۱۲,۶	۱۵
۲۲۰	۱۴	۲۰,۷	۲۵	۱۶	۱۸,۴	۲۱	۱۳	۱۶,۸	۲۱
۲۴۰	۱۵	۲۱,۴	۲۹	۱۳	۱۹,۶	۲۳	۱۳	۱۸,۲	۲۱
۲۶۰	۲۵	۲۷,۸	۳۴	۱۵	۲۲,۲	۲۶	۱۵	۲۰,۴	۲۳
۲۸۰	۲۳	۳۰,۳	۳۶	۲۱	۲۷	۳۰	۲۱	۲۴,۴	۲۷
۳۰۰	۲۶	۳۵,۶	۴۴	۲۷	۳۱,۴	۳۳	۲۷	۲۹,۲	۳۱

آزمایش دوم:

در این آزمایش، پارامتر میانگین تعداد مجموعه‌های پوششی بدست آمده برای تعداد مختلفی از اهداف در الگوریتم پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است و تاثیر این پارامتر روی طول عمر کلی شبکه مورد ارزیابی قرار گرفته است و عملکرد الگوریتم پیشنهادی با استفاده از اتوماتای یادگیر با الگوریتم Slijepcevic و الگوریتم MC-MIP ارائه شده در [۲] مقایسه شده است. تعداد اهداف مورد نظر برای پوشش را ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ هدف در نظر گرفته شده است. برای پوشش این اهداف ما تعداد ۹۰ گره را بصورت تصادفی در ناحیه دریافتی به شعاع ۲۵۰ متر را بصورت تصادفی پخش کردیم. در هر دور اجرای الگوریتم یک مجموعه از گره‌ها با استفاده از روش پیشنهادی انتخاب می‌شوند تا عملیات دریافت را انجام دهند و سایر گره‌ها برای ذخیره انرژی به حالت ASLEEP سوئیچ می‌کنند. نتایج بدست آمده از اجرای الگوریتم پیشنهادی نشان می‌دهد که این روش مجموعه‌های پوششی بیشتری نسبت به روش‌های ارائه شده ایجاد می‌کند. میانگین تعداد مجموعه‌های پوششی بدست آمده از اجرای الگوریتم پیشنهادی را در شکل ۴ مشاهده می‌نمایید. مقادیر حداقل، میانگین و حداکثر تعداد مجموعه‌های پوششی بدست آمده از اجرای الگوریتم پیشنهادی و مقایسه آن با الگوریتم Slijepcevic و MC-MIP را در جدول ۲ مشاهده می‌نمایید.



شکل ۵ مقایسه طول عمر بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی با ۹۰ حسگر به شعاع دریافتی ۲۵۰ متر

جدول ۲ مقایسه حداقل، میانگین و حداکثر طول عمر بدست آمده از روش پیشنهادی با ۹۰ حسگر به شعاع دریافتی ۲۵۰ متر

تعداد اهداف	LADSC			MC-MIP			Slijepcevic		
	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max
۱۵	۱۷	۲۶,۹۵	۳۷	۱۷	۲۲,۸	۲۷	۱۶	۲۰,۸	۲۳
۲۰	۱۴	۲۲,۹۵	۳۲	۱۷	۱۹,۴	۲۲	۱۶	۱۸,۲	۲۱
۲۵	۱۷	۲۲,۸	۲۹	۱۸	۲۰,۴	۲۳	۱۶	۱۸,۲	۱۹
۳۰	۱۹	۲۳,۴	۳۰	۱۸	۲۱,۲	۲۴	۱۶	۱۸	۱۹
۳۵	۱۳	۲۱,۸	۳۰	۱۱	۱۹	۲۳	۱۱	۱۶,۶	۱۹
۴۰	۱۵	۲۱,۳۵	۲۹	۱۶	۱۹,۴	۲۲	۱۶	۱۶,۸	۱۸
۴۵	۱۶	۲۰,۳۵	۲۸	۱۷	۱۸,۴	۲۰	۱۵	۱۶	۱۷
۵۰	۱۵	۲۰,۳۵	۲۷	۱۸	۲۰,۶	۲۳	۱۵	۱۷,۲	۲۰
۵۵	۱۶	۲۱,۰۵	۲۶	۱۴	۱۷	۲۱	۱۴	۱۶	۱۸

همانگونه که در شکل ۴ و جدول ۲ مشاهده می شود روش پیشنهادی در این آزمایش نیز نتایج بهتری دارد و تعداد پوشش هایی که در روش پیشنهادی تشکیل می شود بیشتر از روش های ارائه شده است. افزایش تعداد پوشش ها باعث افزایش طول عمر کلی شبکه شده و باعث می شود که از انرژی گره ها بصورت بهینه تر استفاده شود. علت این امر آن است که در روش پیشنهادی اتوماتای یادگیر به گره ها کمک می کند تا تعداد گره کمتری برای انجام عملیات نظارت اهداف انتخاب شوند و گره های بیشتری فرصت رفتن به حالت خواب را دارند.

۷- نتیجه گیری:

زمانیکه گره ها بیش از حد مورد نیاز در شبکه های حسگر بی سیم پخش می شوند تا عملیات نظارت اهداف را انجام دهند انتخاب یک مجموعه از گره های مناسب یکی از مسائل مهم در این شبکه ها است. در این کار یک مکانیزم زمانبندی کارآمد انرژی برای پوشش اهداف در شبکه های حسگر بی سیم ارائه شده است. هر گره به یک اتوماتای یادگیر مجهز شده است. در روش پیشنهادی اتوماتای یادگیر در هر گره وظیفه انتخاب گره برای انجام عملیات پوشش هدف را برعهده دارد. نتایج حاصل از اجرای روش پیشنهادی نشان از بهتر بودن روش پیشنهادی نسبت به روش های ارائه شده دارد.

۸- تقدیر و تشکر

نویسنده از باشگاه پژوهشگران دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه برای حمایت این مقاله تشکر می نماید.

منابع:

- [۱] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," in *Proceedings of the IEEE Communication Magazine*, August ۲۰۰۲, pp. ۱۰۲-۱۱۴.
- [۲] M. Cardei and D-Z.Du, "Improving Wireless Sensor Network Lifetime through Power Aware Organization," *ACM Wireless Networks*, Vol. ۱۱, pp. ۳۳۳-۳۴۰, ۲۰۰۵.
- [۳] M. Cardei, M. T. Thai, Y. Li, and W. Wu, "Energy-Efficient Target Coverage in Wireless Sensor Networks," in *IEEE INFOCOM ۲۰۰۵*, ۲۰۰۵.
- [۴] M. Cardei and J. Wu, "Energy-Efficient Coverage Problems in Wireless Ad Hoc Sensor Networks." *Computer Communications*, vol. ۲۹, no. ۴, pp. ۴۱۳-۴۲۰, ۲۰۰۵.
- [۵] K. Chakrabarty, S. S. Iyengar, H. Qi, and E. Cho, "grid coverage for surveillance and target address in distributed sensor networks," in *IEEE Trans. Comput*, Dec. ۲۰۰۲, pp. ۱۴۴۸-۱۴۵۳.
- [۶] M. Esnaashari and M. R. Meybodi, "Dynamic Point Coverage in Wireless Sensor Networks: A Learning Automata Approach," in *Springer Verlag, Proceedings of ۱۳th International CSI Computer Conference of Iran, Kish Island, Iran, March ۹-۱۱, ۲۰۰۸*.
- [۷] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in *Proc. of the ۲۴rd Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, ۲۰۰۰, pp. ۱-۱۰.
- [۸] K. S. Narendra and M. A. L. Thathachar, *Learning automata: An introduction*: Prentice Hall, ۱۹۸۹.

- [^۹] V. Raghunathan, C. Schurgers, S. Park, and M. B. Srivastava, "Energy-Aware Wireless Microsensor Networks," in IEEE Signal Processing Magazine, ۲۰۰۲, pp. ۴۰-۵۰.
- [^{۱۰}] S. Slijepcevic and M. Potkonjak, "Power Efficient Organization of Wireless Sensor Networks," in ICC Helsinki, Finland, ۲۰۰۱.
- [^{۱۱}] M. A. L. Thathachar and P. S. Sastry, "Varieties of learning automata: An overview," in IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics-Part B: Cybernetics, ۲۰۰۲, pp. ۷۱۱-۷۲۲.
- [^{۱۲}] <http://www.djstein.com/projects/index.html>
- [^{۱۳}] X. Xu and S. Sahni, "Approximation Algorithms For Wireless Sensor Deployment," April ۲۱, ۲۰۰۶.
- [^{۱۴}] B. Wang, Coverage Control in Sensor Networks: Springer, ۲۰۱۰.

-
- ^۱ Disjoint Set Cover
 - ^۲ P-model
 - ^۳ Unfavorable
 - ^۴ Failure
 - ^۵ Favorable
 - ^۶ Q-Model
 - ^۷ S-Model
 - ^۸ Learning Automata based Disjoint Set Cover

کنفرانس داده کاوی ایران