

LMNALAQ، یک پروتکل تطبیقی کنترل توپولوژی مبتنی بر همسایه و کارا از

نظر انرژی براساس اتماتای یادگیر در شبکه های حسگر بی سیم

شکوفه شفیعی^۱; محمدرضا میبدی^۲; مهدی اثنی عشری^۳

چکیده

از جمله ویژگیهای شبکه حسگر که آنرا از سایر شبکه ها متمایز می کند می توان به تعداد بسیار زیاد گره ها و تغییرات توپولوژیکی پویا و احیاناً متناوب و نیز محدودیتها بی در اندازه فیزیکی گره ها، منبع انرژی و قدرت پردازش، اشاره کرد. از جمله روشها برای غلبه بر این محدودیتها کنترل توپولوژی است که با هدف کاهش مصرف انرژی و افزایش ظرفیت شبکه بیشترین تاثیر را بر روی کارائی شبکه خصوصاً از لحاظ مصرف انرژی و طول عمر دارد. با توجه به توانائی های اتماتای یادگیر از قبیل بار محاسباتی کم و تطبیق با تغییرات از طریق بازخوردهای محیطی ناچیز، در این مقاله یک پروتکل کنترل توپولوژی مبتنی بر همسایه براساس اتماتای یادگیر ارائه شده است که در آن گره ها که مجهز به اتماتاً شده اند سعی می کنند با تطبیق دادن اعمال انتخابی خود با شرایط مورد نیاز برای ایجادیک شبکه متصل و کارا از نظر انرژی، مناسبترین برد رادیویی برای هر گره را انتخاب کرده و درنهایت توپولوژی مناسبی را شکل دهند و از این طریق موجب کاهش مصرف انرژی شبکه در طول حیات آن شوند. ویژگی منحصر به فرد این روش، تعداد بسیار محدوده های انتقالی است که هر گره می تواند به عنوان برد انتخاب نماید. نتایج شبیه سازیها عملکرد مطلوب پروتکل پیشنهادی در مقایسه با سایرین از دیدگاه فوق نشان می دهد.

کلمات کلیدی

اتماتای یادگیر، پروتکل تطبیقی، شبکه های حسگر، کنترل توپولوژی، مبتنی بر همسایه

LMNALAQ, An Adaptive Neighbor based and Energy Efficient Topology Control Protocol with Learning Automata in W.S.N

Sh. Shafeie*; M. R. Meybodi**; M. Esnaashari**

* Islamic Azad University- Arak Branch

** Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

ABSTRACT

From one of sensor network characteristics which make it different from other networks can refer to very high number of nodes and dynamic and probably periodic topological changes and also some constraints in physical size of nodes, energy resource and power of processing. One of methods to overcome these constraints is topology control that with the aim of reducing energy consumption and increasing network's capacity has the most influence on efficiency of network, especially from points of energy consumption and lifetime. In consideration of learning automata's abilities such as; low computational load, and adaptability to changes via low environmental feedbacks, in this paper a neighbor based topology control protocol which is based on learning automata has been proposed that nodes; which have been equipped with automata and try to adapting their selected actions to required conditions for creating a connected and energy efficient network, select the best radio range for each node and finally, form a proper topology and through this way cause to lower network's energy consumption in its lifetime. The exclusive characteristic of this method is; the high number of transmission ranges that each node can select as transmission radius. Simulation's Results show favourite functionality of proposed protocol in comparison with some others from above point of view.

KEYWORDS

Adaptive protocol, Learning Automata, Neighbor based, Topology control, Wireless Sensor Networks.

۱. مقدمه

شبکه های حسگر مجموعه ای از تعداد زیادی گره های حسگر میباشد که به هم نزدیک هستند و در محیط پراکنده شده اند و هر کدام بطور خود مختار و با همکاری سایر گره ها هدف خاصی را دنبال میکنند. هر گره در این مجموعه میتواند با گره دیگر ارتباط برقرار کند و اطلاعات خود را در اختیار گره دیگر قرار دهد تا در نهایت وضعیت محیط تحت نظر، به یک نقطه مرکزی گزارش شود. هدف اصلی در شبکه های حسگر بیسیم نظارت و کنترل شرایط و تغییرات جوی، فیزیکی و یا شریعه ای در محیطی با محدوده معین، میباشد [۱,۲]. اما چون گره ها به طور مستقل و بدون دخالت انسان کار می کنند و از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک بوده و دارای محدودیت هایی در قدرت پردازش، ظرفیت حافظه و منبع تغذیه، ... می باشند؛ یکی از اهداف در این شبکه ها به حداقل رساندن مصرف انرژی در گره های حسگر و افزایش طول عمر شبکه می باشد. از میان روش های متعددی که می توان برای کاهش دادن انرژی مصرف شده در شبکه حسگر بکار برد، انتخاب توبولوژی مناسب بیشترین تاثیر را بر روی کارائی شبکه از لحاظ مصرف انرژی و طول عمر دارد.

کنترل توبولوژی در شبکه های حسگر هنر هماهنگی گره ها با تصمیم گیری در مورد محدوده انتقال اشان به منظور ایجاد یک شبکه با خصوصیات مورد نظر (اتصال و ...) است در حالیکه افزایش ظرفیت شبکه و یا کم مصرف کردن انرژی را تامین میکند [۳]. پروتکلهای کنترل توبولوژی مختلفی تا کنون به منظور اجازه انتخاب به گره ها برای تنظیم محدوده انتقال خود ارائه شده اند [۴] که این انتخابها بر اساس الیت ها و شرایط متفاوت تغییر می کنند. از جمله مواردی که در چگونگی انتخابها تاثیر میگذارد میتوان به مصرف انرژی کمتر، تنک بودن، کم بودن درجه گره، تحمل پذیری خط و کاهش تداخل اشاره کرد [۴].

با توجه به همین محدودیتهای ذکر شده برای حسگرها هدف بسیاری از تحقیقات به ارائه راهکارهای معطوف گشته است که با شیوه های کنترلی ساده، آسان و با هزینه پائین علاوه بر پاسخگویی به نیازمندی های موردنظر بتواند در مقابل محدودیتهایی چون پهنه ای باند، انرژی محدود، دخالت های محیطی و ... ایستادگی کنند و شرایط کلی را طبق خواسته ها و تمایلات موجود مانند: انتقال حجم زیاد اطلاعات پر محتوا، بقاء پذیری و طول عمر بالا، هزینه پائین و ... منطبق سازند.

بررسی های صورت گرفته بر روی اتماتای یادگیر و خصوصیات شبکه های حسگر نشان داده است که اتماتای یادگیر با توجه به ویژگی هایی چون سربار محاسباتی پایین، قابلیت استفاده در محیط های توزیع شده و دارای اطلاعات نادقيق، توانایی تطبیق با تغییرات محیط تمایل مدل بسیار مناسبی برای استفاده در شبکه های حسگر است . به خصوص آنکه با توجه به محدودیت انرژی در گره های حسگر و نیاز به کاهش انتقال اطلاعات اضافی به منظور جلوگیری از اتلاف انرژی، تمایل شبکه های حسگر به استفاده از الگوریتم هایی که بتوانند به صورت توزیع شده و با استفاده از اطلاعات محلی به فعالیت پردازند اهمیت بالایی دارد.

به همین دلیل در این مقاله به ارائه یک پروتکل کنترل توبولوژی مبتنی بر همسایه بر اساس اتماتای یادگیر^۱ (LMNALAQ) می پردازیم. در این پروتکل، به هر گره حسگر در شبکه یک اتماتای یادگیر تخصیص داده می شود که با استفاده از آن و به مرور زمان مناسب ترین محدوده انتقال را برای خود با توجه به شرایط انتخاب خواهد کرد. در روش های قبلی ارائه شده تعداد محدوده های انتقالی که هر گره می توانسته است انتخاب نماید محدود و اندک شمار بوده است اما در این روش سعی گردیده تا تعداد بیشتری گزینه انتخابی به هم نزدیک به عنوان محدوده های انتقال پیش روی قرار گیرد.

سازماندهی ادامه مقاله به این صورت است که در بخش ۲ به معرفی کنترل توبولوژی و کارهای مرتبط با آن می پردازیم. در بخش ۳ اتماتای یادگیر شرح داده میشود. در بخش ۴ مسئله مطرح در این مقاله تعریف میشود. در بخش ۵ پروتکل پیشنهادی توضیح داده می شود. نتایج شبیه سازی ها در بخش ۶ آورده شده است. بخش ۷ نتیجه گیری میباشد.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد اراک . sh.shafeie@gmail.com

۲. عضو هیأت علمی، دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، mmeybodi@aut.ac.ir

۳. آمایشگاه محاسبات نرم، دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، esnaashari@aut.ac.ir

۲. کنترل توپولوژی

هدف مکانیسمهای کنترل توپولوژی تغییر محدوده انتقالی گره به صورت پویاست و بدین منظور سطح انرژی رادیویی گره‌ها را کنترل می‌کنند تا به یک توپولوژی متصل و در عین حال بهینه برسند^[۱۸] [۱۸] که برخی از خصوصیات گراف ارتباطی؛ در زمانی که انرژی مصرفی توسط فرستنده و گیرنده گره کاهش می‌یابد را پشتیبانی نموده و هم مصرف انرژی را کنترل نماید، زیرا که رادیویی گره‌ها یکی از منابع اولیه مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی سیم هستند. این مکانیسمها خود با توجه به ماهیت شبکه و اطلاعاتی که هر گره میتواند به دست آورد به دو طبقه کنترل توپولوژی همگن و کنترل توپولوژی ناهمگن تقسیم می‌شوند^[۳,۴]. در کنترل توپولوژی همگن تمامی گره‌ها از شبکه از یک محدوده انتقال یکسان استفاده می‌کنند و مسئله کنترل توپولوژی به پیدا کردن کمترین مقدار برای محدوده انتقال منجر می‌شود به گونه‌ای که خصوصیات شبکه مانند اتصال و... حفظ شود، اما از نقطه نظر کارائی، طول عمر و استحکام کاری چندان می‌باشد. در کنترل توپولوژی ناهمگن، گره‌های شبکه میتوانند محدوده انتقال غیر یکسانی داشته باشند و مستقلانه محدوده انتقال خود را انتخاب کنند تا در عین حفظ اتصال محلی، تداخل کمتری نیز داشته باشند و با توجه به اطلاعاتی که برای ساخت توپولوژی استفاده میکنند به سه دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول روش‌های مبتنی بر موقعیت است. در این دسته گره‌ها از موقعیت خود مطلع هستند و با استفاده از این اطلاعات، سعی در ایجاد یک توپولوژی مناسب برای شبکه می‌نمایند. دسته دوم روش‌های مبتنی بر جهت می‌باشند. در این روش‌ها گره‌ها اطلاع دقیقی از موقعیت خود ندارند، اما توانایی تشخیص جهت همسایه‌های خود را دارند. دسته سوم روش‌های مبتنی بر همسایه هستند که در آنها گره‌ها اطلاعات محدودی از همسایه‌های خود دارند. این اطلاعات ممکن است شماره شناسایی، فاصله و یا کیفیت لینک همسایه‌های گره باشد.

۱.۰۲. برخی از کارهای انجام شده در زمینه کنترل توپولوژی مبتنی بر همسایه

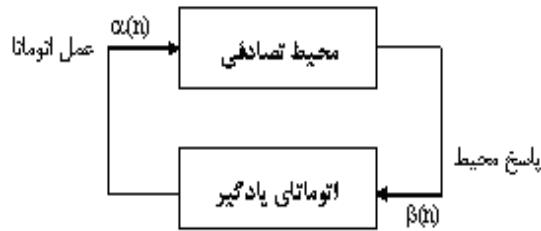
پروتکلهای Kneigh^۷ و XTC^۸ پروتکل کنترل توپولوژی توزیع شده از نوع پروتکلهای کنترل توپولوژی ناهمگن مبتنی بر همسایه هستند^[۱۵,۱۶]. هدف از پروتکل Kneigh نگه داری حداقل k همسایه نزدیکتر به هر گره است. هر گره انرژی انتقال خود را تا مقداری افزایش میدهد که بتواند بدون واسطه با k همسایه خود ارتباط داشته باشد. در پروتکل XTC هر گره همسایه‌های خود را بوساس فاصله و کیفیت لینک مرتب می‌کند. گره با همسایه‌هایی از خود ارتباط برقرار میکند که با واسطه گره‌های دیگر نتواند با آنها ارتباط برقرار کند و هزینه ارتباط مستقیم کمتر از هزینه ارتباط غیر مستقیم باشد.

از دیگر پروتکلهای کنترل توپولوژی می‌توان به RAA_{2L} اشاره کرد که در آن هر گره یکی از دو محدوده انتقال R_w یا R_s (R_w<R_s) را انتخاب می‌کند^[۶]. اگر گره با محدوده انتقال R_w خود توانست با همسایه‌های با محدوده انتقال R_s ارتباط برقرار کند (با واسطه یا بی واسطه) گره محدوده انتقال R_w را انتخاب می‌کند و در غیر این صورت محدوده انتقال R_s را انتخاب می‌کند. در پروتکل RAA_{3L} هر گره یکی از سه محدوده انتقال R_s یا R_t یا R_w (R_t<R_w<R_s) را انتخاب می‌کند. مکانیزم به کار رفته در پروتکل RAA_{2L} برای دو محدوده انتقال R_s و R_t انجام می‌شود. اگر گره محدوده انتقال R_t را انتخاب کرد دوباره مکانیزم به کار رفته در پروتکل RAA_{2L} برای دو محدوده R_s و R_t انجام می‌شود.

در[۵] نیز یک پروتکل کنترل توپولوژی بر اساس اتماتای یادگیر سلولی نامنظم (CLATC^۹) پیشنهاد شده است که در آن یک اتماتای یادگیر سلولی نامنظم بر روی شبکه نگاشت می‌شود. در این اتماتای یادگیر سلولی نامنظم، هر گره دارای یک اتماتای یادگیر است و با استفاده از آن میتواند از سه محدوده انتقال خود یکی را با توجه به شرایط شبکه و محدوده انتقال دیگر گره‌ها انتخاب کند به گونه‌ای که پوشش شبکه به نحو کامل برقرار شود.

۳. اتماتای یادگیر

اتماتای یادگیر (LA^{۱۰}) [۱۷,۸,۷] متشکل از 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 اتماتای یادگیر می‌شود و اتماتا از این پاسخ در انتخاب عمل بعدی تأثیر می‌گیرد. هدف نهایی آن است که اتماتا یاد بگیرد که از بین عمل‌های خود بهترین عمل را انتخاب کند. بهترین عمل، عملی است که احتمال دریافت پاداش از محیط را به حد اکثر برساند. کارکرد اتماتای یادگیر در تعامل با محیط، در شکل ۱ مشاهده می‌شود.



شکل(۱) ارتباط بین اتماتاتی یادگیر و محیط

محیط را میتوان توسط سه تابی $E \equiv \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\alpha \equiv \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه ورودیها، $\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}$ مجموعه خروجیها و $c \equiv \{c_1, c_2, \dots, c_r\}$ مجموعه احتمالهای جریمه میباشد. c_i احتمال اینکه عمل α_i نتیجه نامطلوب داشته باشد میباشد. در محیط ایستا مقادیر c_i بدون تغییر میمانند، حال آنکه در محیط غیر ایستا این مقادیر در طی زمان تغییر میکنند. ورودی محیط یکی از r عمل انتخاب شده اتماتات است. خروجی (پاسخ) محیط به هر عمل i توسط β_i مشخص میشود. اگر β_i یک پاسخ دودویی باشد، محیط مدل P^C نمیده میشود. در چنین محیطی $\beta_i(n)=1$ بعنوان پاسخ نامطلوب ^۷ یا شکست ^۸ و $\beta_i(n)=0$ بعنوان پاسخ مطلوب ^۹ یا موفقیت در نظر گرفته میشوند. در محیط مدل Q^C ، $\beta_i(n)$ شامل تعداد محدودی از مقادیر قرارت گرفته در بازه $[0,1]$ میباشد. در حالیکه در محیط مدل S^C مقادیر $\beta_i(n)$ یک متغیر تصادفی در بازه $[0,1]$ میباشد ($\beta_i(n) \in [0,1]$). اتماتاتی یادگیر به دو گروه با ساختار ثابت و با ساختار متغیر تقسیم‌بندی میگردد. اتماتاتی یادگیر با ساختار ثابت توسط پنج تابی $\{\alpha, \beta, F, G, \Phi\}$ نشان داده میشود که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$ مجموعه عملهای اتماتات و $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$ مجموعه ورودیهای اتماتات و $\{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_n\}$ مجموعه وضعیت‌های داخلی اتماتات،تابع $F: \phi \times \beta \rightarrow \phi$: تابع تولید وضعیت جدید اتماتات و $G: \phi \rightarrow \alpha$ خروجی میباشد که وضعیت کنونی اتماتات را به خروجی بعدی می‌نگارد. اتماتاتی یادگیر با ساختار متغیر را میتوان توسط چهارتایی $\{\alpha, \beta, p, T\}$ نشان داد که $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه عملهای اتماتات، $p = \{p_1, \dots, p_r\}$ مجموعه ورودیهای اتماتات، $p = \{p_1, \dots, p_r\}$ بردار احتمال انتخاب هریک از عملهای α در مرحله n انتخاب شود.

$$p_i(n+1) = p_i(n) + a[1 - p_i(n)] \quad (1)$$

$$p_j(n+1) = (1 - a)p_j(n) \quad \forall j \quad j \neq i$$

$$p_i(n+1) = (1 - b)p_i(n) \quad (2)$$

$$p_j(n+1) = (b/r - 1) + (1 - b)p_j(n) \quad \forall j \quad j \neq i$$

در روابط (۱) و (۲)، a پارامتر پاداش و b پارامتر جریمه میباشند. با توجه به مقادیر a و b سه حالت زیر را میتوان در نظر گرفت. زمانیکه a و b با هم برابر باشند، الگوریتم L_{RP} ^{۱۰} مینامند، زمانیکه b از a خیلی کوچکتر باشد، الگوریتم $L_{R_{RP}}$ ^{۱۳} مینامند و زمانیکه b مساوی صفر باشد الگوریتم L_{RI} ^{۱۴} مینامند [۹].

کنفرانس داده کاوی ایران

۴. تعریف مسئله

در این مقاله فرض میشود که هر گره میتواند از محدوده انتقالی بین $[R_w, R_s]$ مقدار معین و مناسبی را که بین محدوده انتقال با توان کم تحت عنوان محدوده انتقال نجوا کننده ^{۱۵} (R_w) و محدوده انتقال با توان بالا تحت عنوان محدوده انتقال فریاد زننده ^{۱۶} (R_s) است انتخاب نماید و یک محدوده انتقال با توان میانی تحت عنوان محدوده انتقال صحبت کننده ^{۱۷} (R_t)، هم مابین آنها وجود دارد که مقدار آن مناسب با چگالی شبکه مشخص میشود [۱۰]. همچنانکه مشخص است، محدوده انتقال R_w کمتر از دو محدوده انتقال دیگر و محدوده انتقال R_s از دو محدوده انتقال دیگر بزرگتر است. مقدار محدوده انتقال R_w برابر $0.8R_t$ و مقدار محدوده انتقال R_t برابر $R_s = 0.8R_t$ محدوده انتقال R_s برابر $1/25$ $R_t < R_s < R_w$

$R_s = 1.25 R_t$ است. در این مدل محدوده انتقال را به n مقدار متفاوت تبدیل می نماییم به طوریکه تفاوت هر مقدار با مقدار قبل از خود برابر با تفاوت هر مقدار با مقدار بعد از خود و برابر با A_{dec} یا A_{inc} می باشد که در واقع برابر است با :

$$A_{inc} = A_{dec} = (R_s - R_w) / n = C R_t$$

بطوریکه ضریب ثابت C در فرمول فوق برابر است با: $C = 0.45/n$.

مسئله مد نظر در این مقاله انتخاب مناسبترین محدوده انتقال از بازه انتقالی $[R_w, R_s]$ برای هر گره می باشد به نحوی که شرایط لازم برای اتصال شبکه حفظ شود و با این کار از اتلاف انرژی هم جلوگیری به عمل آورد.

۵. پروتکل پیشنهادی (LMNALAQ^{۱۸})

این پروتکل کنترل توپولوژی پیشنهادشده که مبتنی بر همسایه و بر اساس اتماتای یادگیر " و " انتخاب مناسبترین برد رادیویی " به شرح زیر است.

۱.۱. یادگیری

در ابتدای این مرحله به هر گره حسگر در شبکه یک اتماتای یادگیر تخصیص داده می شود. برد رادیویی تمامی گره ها در ابتدای کار با هم مساوی و برابر با R_i یعنی متناسب با چگالی شبکه می باشد. اتماتای یادگیر به گره ها کمک می کند تا در نهایت مناسبترین برد را انتخاب کنند. هر اتماتای یادگیر دارای سه عمل می باشد یعنی: α_1 و α_2 و α_3 که به ترتیب عبارتند از: افزایش برد رادیویی گره به اندازه یک مقدار ثابت (A_{inc}), کاهش برد رادیویی گره به اندازه یک مقدار ثابت (A_{dec}), ثابت نگه داشتن و بی تغییر ماندن برد رادیویی . احتمال انتخاب هر یک از این اعمال را در ابتدای کار با هم برابر در نظر می گیریم یعنی مطابق برابطه زیر که در آن m تعداد عمل های اتمات است :

$$\forall i \quad i \leq m \quad P_i = \frac{1}{m} \quad (۳)$$

$$\alpha_1: (\text{New isensorRadius}) = (\text{isensorRadius} + A_{inc})$$

$$\alpha_2: (\text{New isensorRadius}) = (\text{isensorRadius} - A_{dec})$$

$$\alpha_3: (\text{last isensorRadius}) = (\text{isensorRadius} + 0.0)$$

در ابتدای کار تمامی گره ها به صورت تصادفی و به طور همزمان یکی از اعمال اتمات را انتخاب می کنند و سپس با تاثیر دادن آن عمل انتخابی و به روزرسانی برد رادیویی گره، شروع به ارسال پیغام راهنمایی شماره شناسایی حسگر است به اطرافیان خود و به صورت پخش همگانی می کنند. پس از گذشت فاصله زمانی کوتاهی، هر گره تعداد پاسخها به سیگنالهای ارسال شده توسط هر گره (N_{ack}) که در واقع نشانگر تعداد همسایگان هر گره یا همان درجه هر گره می باشد را به دست آورده و بر اساس آن عمل خود را مورد ارزیابی قرار داده و به عمل انتخاب شده جریمه یا پاداش می دهد.

عكس العمل محیط به اعمال اتمات را بدین صورت اعمال می نماییم که یک رابطه جهت پاداش و دو رابطه جهت جریمه تعریف می کیم. مقدار b_{low} در روابط (۴) و (۵) پارامترهای جریمه می باشند و b_{high} از b_{low} بزرگتر در نظر گرفته می شود (یعنی: $b_{high} = b_{low} * 2^{۰.۵}$) بنابراین رابطه (۴) نسبت به رابطه (۵) عمل آتمات را به میزان بیشتری جریمه می کند. سیگنال تقویتی که تولید می گردد یکی از مقادیر مجموعه سه مقداری $\{0.0, ۰.۵, ۱\}$ را دارا می باشد و بنابراین محیط از نوع Q است. مقدار تولیدی i برابر با 0 باعث پاداش دادن به عمل انجام گرفته می شود و مقادیر تولیدی i برابر با 0.5 و 1 باعث اعطای جریمه به عمل انجام گرفته می شود که 1 بیانگر جریمه بیشتر (رابطه (۴)) و 0.5 بیانگر جریمه کمتر (رابطه (۵)) می باشد. سیگنال تقویتی بدین صورت محاسبه می شود که تاییدیه های رسیده به هر گره فرستنده پیغام راهنمایی با حدود حداقل (T_l) و حداقل آستانه ای (T_h) که از [۱۱] بدست آمده اند و برای تضمین اتصالات بهینه در شبکه لازمند مقایسه می شود. درصورتیکه تعداد همسایگانی که به پیغام راهنمایی ارسالی از طرف یک گره پاسخ می دهند مابین حدود آستانه حداقل و حداقل و شرح زیر باشد؛ در این صورت احتمال عملی که منجر به چنین تاثیری شده است طبق رابطه (۱) افزایش و احتمال سایر اعمال طبق همین رابطه کاهش می یابد، اما در غیر این صورت بسته به تعداد همسایگانی که به

بی‌گام راهنمای ارسالی از طرف یک گره پاسخ می‌دهند، احتمالات هم طبق رابطه (۴) یا (۵) و متناسب با آن پاسخها و مطابق با ضرایب مربوطه تغییر می‌یابند. بنابراین پاسخ محیط به اعمال انتخاب شده توسط اتوماتا به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$B_i = \begin{cases} 0 : & \text{if } 0 \leq |N_{\text{ack}} - T_1| \leq 3 \\ 0.5 : & \text{if } -2 \leq (N_{\text{ack}} - T_1) < 0 \text{ or } 3 < (N_{\text{ack}} - T_1) \leq 5 \\ 1 : & \text{if } (N_{\text{ack}} - T_1) < -2 \text{ or } (N_{\text{ack}} - T_1) \geq 5 \end{cases}$$

پاسخ مطلوب :

پاسخ نامطلوب(جرائم کمتر):

پاسخ نامطلوب(جرائم بیشتر):

$$p_i(n+1) = (1 - b_{high}) p_i(n) \quad (4)$$

$$p_j(n+1) = 1 - p_i(n+1)$$

$$p_i(n+1) = (1 - b_{low}) p_i(n) \quad (5)$$

$$p_j(n+1) = 1 - p_i(n+1)$$

این مرحله یادگیری که شامل انتخاب یکی از اعمال اتوماتا و به روزرسانی برد رادیویی مطابق با انتخاب صورت گرفته می‌باشد تا زمانی تکرار می‌شود که احتمال یکی از اعمال اتوماتا از حد آستانه بیشتر شود یا اینکه مرحله یادگیری k بار تکرار شود. برای محاسبه انرژی مصرفی برای ارسال و دریافت بسته‌ها به گره‌های همسایه از روش ارائه شده در [۱۲] استفاده شده است.

۵. انتخاب مناسبترین برد رادیویی

هر گره مرحله یادگیری و به روزرسانی برد رادیویی مطابق با انتخاب صورت گرفته (با استفاده از اتوماتای یادگیر) را تا برقراری یکی از شروط زیر ادامه میدهد:

- احتمال یکی از عملها از یک مقدار حد آستانه بیشتر شود.

- تعداد دوره‌های یادگیری و به روزرسانی برد رادیویی به یک حد آستانه برسد.

در هر یک از شرایط پیش آمده فوق گره عملی که احتمال متناظر با آن از سایر اعمال بیشتر شده باشد را انتخاب می‌کند و برد رادیویی را متناسب با آن عمل انتخاب شده تنظیم می‌نماید.

۶. نتایج شبیه‌سازیها

به منظور ارزیابی، پروتکلهای RAA_3L، RAA_2L، CLATC [۶] و حالت همگن (HOM) [۱۰] در نرمافزار شبیه‌ساز NS2 شبیه‌سازی و نتایج به دست آمده با یکدیگر و با نتایج حاصله از شبیه‌سازی پروتکل پیشنهادی (LMNALAQ) در شبیه‌ساز ارائه شده [۱۳] مقایسه شده‌اند. در شبیه‌سازی، گره‌ها در منطقه‌ای به مساحت $1250 * 1250$ متر مربع توزیع شده‌اند. تعداد گره‌های حسگر برابر با ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ گره در نظر گرفته شده است و همچنین فرض شده که گره‌ها دارای انرژی اولیه یکسانی هستند. هر گره دارای بازه محدوده انتقالی مابین $[R_w, R_s]$ است. محدوده انتقال شده این میانی R_t (متناسب با چگالی شبکه) برابر با $109m$ (برای ۲۰۰ گره)، $86m$ (برای ۳۰۰ گره)، $74m$ (برای ۴۰۰ گره) و $60m$ (برای ۵۰۰ گره) و $60m$ (برای ۶۰۰ گره) در نظر گرفته شده است [۱۰]. محدوده‌ای انتقال R_w و R_s با توجه به محدوده انتقال R_t مشخص می‌شوند. مدل انرژی به کاررفته در این شبیه‌سازیها مدل انرژی است که در مرجع [۱۲] بیان شده و بدین صورت است که انرژی لازم برای ارسال k بسته در فاصله d از رابطه (۶) در زیر و انرژی لازم برای دریافت بسته نیز از رابطه (۷) در زیر بدست می‌آیند:

$$E_{Tx}(k,d) = E_{Tx_elec}(k) + E_{Tx_amp}(k,d) \quad (6)$$

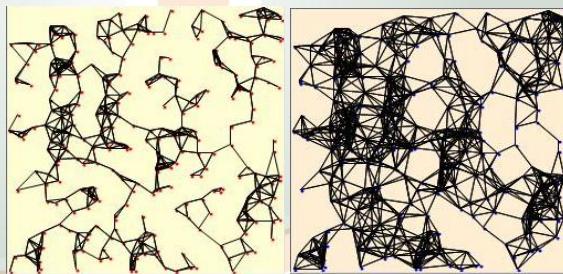
$$E_{Tx}(k,d) = E_{elec} * k + E_{amp} * k * d^2$$

$$E_{Rx}(k) = E_{Rx_elec}(k) \quad (7)$$

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} * k$$

لازم به ذکر است که انرژی لازم برای انتقال یک بسته از گره A به گره B با انرژی لازم برای انتقال از B به A یکسان درنظر گرفته می شود. دفعات یادگیری برای اتوماتا به حداقل ۵۰ مرتبه محدود شده است . برای این تعداد دفعه از یادگیری که برای مقایسه با سایر پروتکلها لازم بوده متناسب‌ترین مقادیر n بین محدوده های ۱۵ تا ۴۵ رخ می دهد که با توجه به در نظرگیری معیار دقیق تر بودن برد ارسالی انتخابی برای گره ها، در آزمایشات n برابر با ۳۰ در نظر گرفته شده است. همانطور که آزمایشات نیز نشان می دهند هزینه و انرژی مصرفی برای محاسبات اتوماتای یادگیر در مقابل خروجی که ارائه می کند بسیار ناچیز است.

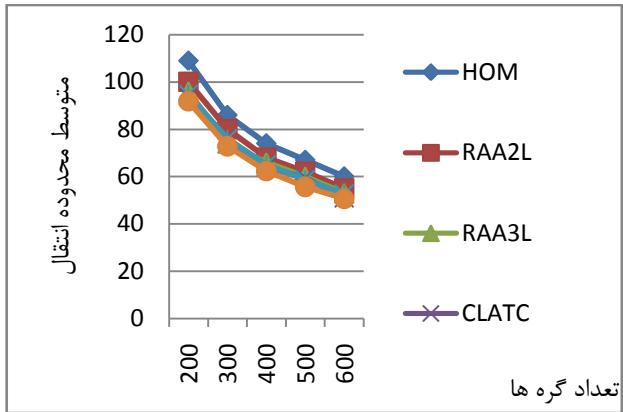
با توجه به محیط شبیه‌سازی و اندازه شبکه ، پروتکلهای RAA_3L، RAA_2L، CLATC و حالت همگن (HOM) و پروتکل پیشنهادی (LMNALAQ) از سه منظر متوسط محدوده انتقال، متوسط تعداد همسایه‌های هر گره (وضعیت اتصال شبکه) و متوسط انرژی باقیمانده به ازای n برابر با ۴۵ و مقدار پارامتر a برابر با ۰.۱ و مقدار اولیه پارامتر b یعنی (b_{low}) برابر با ۰.۰۱ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصله، میانگین اجرای پروتکلهای مورد بررسی برای ۱۰۰ پیکربندی تصادفی مختلف از گره‌های است. شکل زیر به طور نمونه توبولوژی حاصل از اجرای پروتکل پیشنهادی برای ۳۰۰ گره را در یک آزمایش در مقایسه با حالتی که تمام گره ها به طور همگن حداقل برد ارسالی را دارند نشان می دهد.



شکل ۲) شکل سمت راست گراف حداقل توان با ۳۰۰ گره، شکل سمت چپ گراف حاصل از اعمال پروتکل پیشنهادی است.

آزمایش اول:

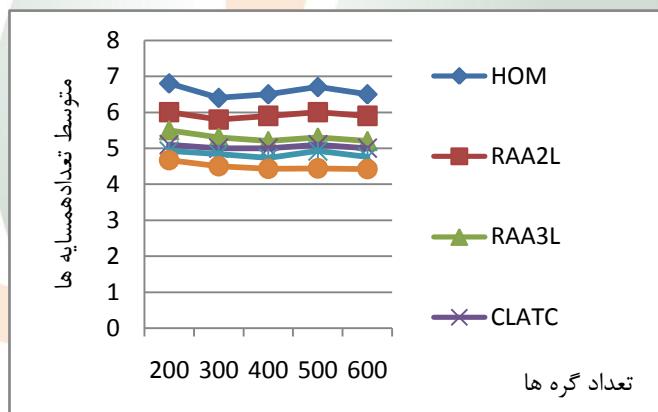
هدف از این آزمایش بررسی متوسط محدوده انتقال حسگرهای شبکه برای پروتکلهای HOM و RAA_3L، RAA_2L، CLATC و HOM و پروتکل پیشنهادی (LMNALAQ) است. در هر گره هر چه محدوده انتقال انتخاب شده (در عین حفظ متصل بودن شبکه) کمتر باشد، انرژی مصرفی کمتر و با توجه به کاهش تعداد همسایه‌ها، احتمال بروز تداخل نیز کمتر خواهد بود. در نمودار زیر متوسط محدوده انتقال حسگرها برای پروتکلهای CLATC، RAA_3L، RAA_2L و پروتکل پیشنهادی در اندازه‌های مختلف شبکه دیده می‌شود. همانگونه که دیده می‌شود ، پروتکل پیشنهادی دارای عملکرد نسبتاً بهینه ای از نظر متوسط محدوده انتقال نسبت به دیگر پروتکلها است. حالت HOM دارای بیشترین میانگین محدوده انتقال است که به این علت است که تمامی حسگرها در آن دارای محدوده انتقال R_t می‌باشند. پروتکل RAA_3L دارای متوسط محدوده انتقال کمتری نسبت به پروتکل RAA_2L است. علت این امر این است که در پروتکل RAA_3L هر گره می‌تواند از بین سه محدوده انتقال، محدوده انتقال خود را انتخاب کند، در حالی که در پروتکل RAA_2L هر گره از بین دو محدوده انتقال، محدوده انتقال خود را انتخاب می‌کند.



شکل ۳) متوسط محدوده انتقال حسگرهای شبکه برای پروتکلهای HOM، RAA_{2L}، RAA_{3L}، CLATC و پروتکل پیشنهادی در اندازههای مختلف شبکه

آزمایش دوم :

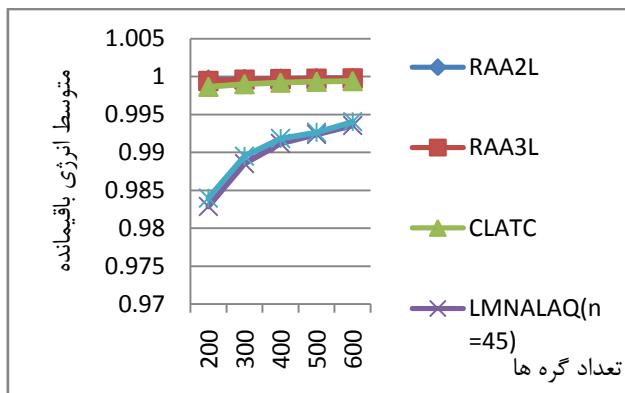
در این آزمایش متوسط تعداد همسایه‌های گرههای شبکه برای پروتکلهای HOM، RAA_{3L}، RAA_{2L}، CLATC و HOM مورد بررسی قرار گرفته است. متوسط تعداد همسایه‌های حسگرهای شبکه برای ۵ پروتکل مورد بررسی در اندازههای مختلف شبکه در شکل زیر دیده می‌شود. از آنجا که تعداد همسایه‌ها تاثیر مستقیم بر روی تداخل بین حسگرها دارد، کم بودن این پارامتر اهمیت بسیار بالاتی دارد. همانگونه که مشاهده می‌شود ، پروتکل پیشنهادی کمترین میزان متوسط تعداد همسایه‌ها را نسبت به پروتکلهای دیگر دارد .



شکل ۴) متوسط تعداد همسایه های حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی در اندازههای مختلف شبکه

آزمایش سوم :

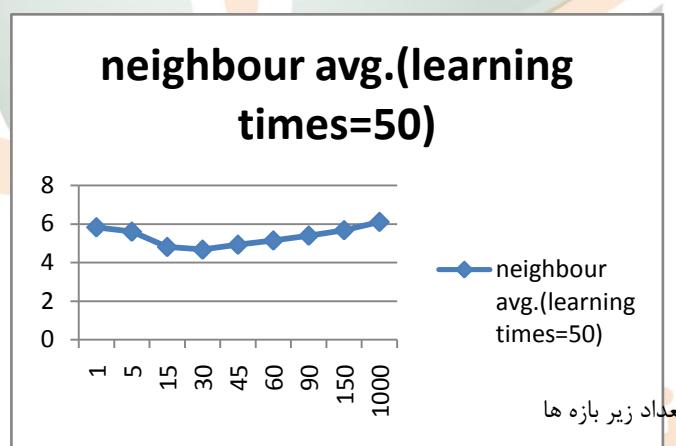
در این آزمایش متوسط انرژی باقیمانده هر گره برای پروتکلهای [۱۴] CLATC، RAA_{2L}، RAA_{3L} و RAA_{2L} و پروتکل پیشنهادی (LMNALAQ) مورد بررسی قرار گرفته است. متوسط انرژی باقیمانده حسگرهای شبکه برای پروتکلهای مورد بررسی در اندازههای مختلف شبکه در شکل زیر دیده می‌شود. همانگونه که دیده می‌شود متوسط انرژی باقیمانده حسگرهای شبکه بسیار زیاد می‌باشد و نزدیک به انرژی اولیه حسگرها (یک ژول) است. هر چند انرژی مصرفی پروتکل پیشنهادی تقریباً چند برابر پروتکلهای RAA_{2L} و RAA_{3L} است (به علت انجام مرحله یادگیری در پروتکل پیشنهادی)، اما این انرژی مصرفی نسبت به کل انرژی هر گره (یک ژول) بسیار ناچیز است. افزایش انرژی باقیمانده با افزایش تعداد حسگرهای شبکه به علت کاهش محدوده انتقال در شبکه‌های با چگالی بیشتر است. با توجه به مطالب بیان شده میتوان نتیجه گرفت که پروتکلهای مورد بررسی بدون مصرف زیاد انرژی تپولوژی مناسبی را ارائه می‌کنند.



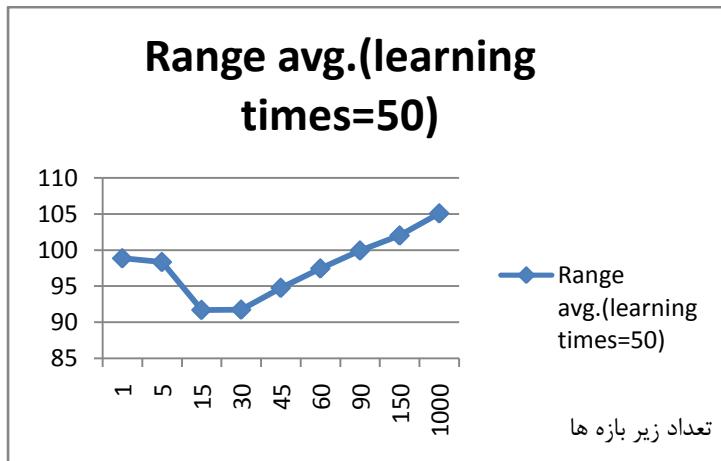
شکل ۵) متوسط انرژی باقی مانده در حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی در اندازه‌های مختلف شبکه

آزمایش چهارم :

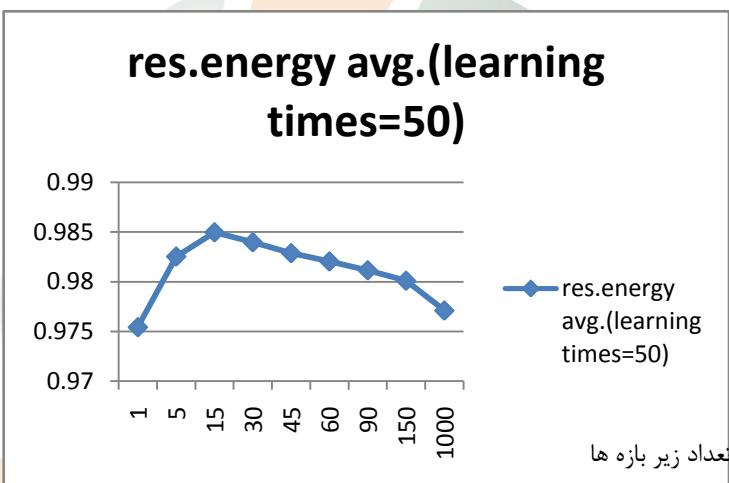
هدف از انجام این آزمایش تعیین نمودن تعداد زیربازه‌های مناسب یعنی مقداری که n بهتر است داشته باشد به ازای تعداد دفعات تکرار الگوریتم یادگیر، برای شبکه می‌باشد. هرچه که مقدار n بزرگتر انتخاب شود بازه مورد نظر به زیر بازه‌های بیشتری تقسیم شده و باعث می‌شود که انتخابات بیشتری به عنوان برد رادیویی پیش روی هر گره قرار گرفته و میزان دقت هر گره در انتخاب بالاتر رود. ضمن آنکه $(R_s - R_w/n)$ به عنوان ضریب یعنی همان (c) در اعمال انتخاب شده توسط اتماتای یادگیر (افزاریش و کاهاش) تاثیر مستقیم دارد. در این آزمایش به بررسی پروتکل پیشنهادی (LMNALAQ) برای مقادیر مختلف n برابر با ۱، ۵، ۱۵، ۴۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۵۰ از سه منظر متوسط محدوده انتقال، متوسط تعداد همسایه‌های هر گره (وضعیت اتصال شبکه) و متوسط انرژی باقیمانده و برای تعداد گره‌های شبکه برابر با ۲۰۰ و به ازای حداقل تعداد دفعات یادگیری برابر با ۵۰ مرتبه پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که به ازای تعداد دفعات یادگیری برابر با ۵۰ مرتبه در یک محدوده میانی برابر با ۴۵ و ۳۰ بهترین نتایج را داریم؛ هر چند مقدار n برابر با ۱۵ هم مناسب بوده اما بدلیل نیاز به دقت بالاتر آنرا کنار گذاشتیم.



شکل ۶) متوسط تعداد همسایه‌های حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی به ازای ۲۰۰ گره و حداقل تعداد دفعات یادگیری برابر با ۵۰ مرتبه در اندازه‌های مختلف به عنوان n



شکل ۷) متوسط محدوده انتقالی حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی به ازای ۲۰۰ گره و حداقل تعداد دفعات یادگیری برابر با ۵۰ مرتبه در اندازه های مختلف به عنوان n



شکل ۸) متوسط انرژی باقیمانده حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی به ازای ۲۰۰ گره و حداقل تعداد دفعات یادگیری برابر با ۵۰ مرتبه در اندازه های مختلف به عنوان n

با افزایش تعداد زیربازه های انتخابی یعنی n که منجر به کوچکتر شدن ضریب ثابت C می شود، لازم است تعداد دفعات یادگیری را هم باید بالا ببریم تا به نتیجه مطلوب برسیم، البته این امر با صرف انرژی بیشتر گره ها همراه می شود به طوریکه و شرایط دلخواه ونتیجه حاصله باید ارزش صرف انرژی را داشته باشد.

کنفرانس داده کاوی ایران

۷. نتیجه گیری

در این مقاله پروتکل کنترل توپولوژی مبتنی بر همسایه ای بر اساس اتمماتی یادگیر پیشنهاد گردید که گرهها گرچه با استفاده از اتمماتی یادگیر و با صرف انرژی ناچیز، محدوده انتقال مناسب با شرایط لازم برای حفظ اتصال را برای خود انتخاب میکنند اما در برابر توپولوژی مناسی بدست می آورند که تا حد امکان کمترین مصرف انرژی برای ارتباطات بین گره ها در طول حیات شبکه را به همراه خواهد داشت به شرط آنکه موازنای بین دقت مورد نیاز برای مقادیری که می خواهیم برای محدوده های انتقالی در نظر بگیریم با میزان یادگیری و مصرف انرژی در نظر گرفته شود . همچنین پروتکل پیشنهادی(LMNALAQ) به ازای دو تعداد متفاوت از زیربازه ها شبیه سازی و با دیگر پروتکلهای مقایسه گردیده است. نتایج مقایسه ها نشان دهنده عملکرد مطلوب پروتکل پیشنهادی نسبت به دیگر پروتکلهاست.

۸. مراجع

- [1] Akyildiz I. F., Su W., Sankarasubramaniam Y. and Cayirci E., “*A survey on sensor networks*”, in: Proceedings of the IEEE Communication Magazine, Vol. 40, pp. 102-114, August 2002.
- [2] Ilyas M. and Mahgoub I., “*Handbook of Sensor Networks: Compact Wireless and Wired Sensing Systems*”, in: Proceedings of the CRC Press, London, Washington, D.C., 2005.
- [3] Santi P., “Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks”, Wiley, 2005.
- [4] Santi P., “*Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks*”, ACM Computer Survey, Vol. 37, No. 2, pp. 164-194, 2005.
- [5] Abolhassani, S., Esnaashari, M. and Meybodi, M. R., “*A Cellular Learning Automata based Topology Control Protocol for Sensor Networks*”, Proceedings of 14th Annual CSI Computer Conference of Iran, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, March 10-11, 2009.
- [6] Venuturumilli A. and Minai A. A., “*Obtaining Robust Wireless Sensor Networks Through Self-Organization of Heterogeneous connectivity*”, in: Proceedings of the 2006 International Conference on Complex Systems (ICCS'06), Boston, MA, June 2006.
- [7] Narendra K. S. and Thathachar M. A. L., “*Learning Automata: An Introduction*”, Prentice Hall, 1989.
- [8] Beigy H. and Meybodi M. R., “*A Mathematical Framework for Cellular Learning Automata*”, Advances on Complex Systems, Vol. 7, No. 3, pp. 1-25, 2004.
- [9] Thathachar M. A. L. and Sastry P. S., “*Varieties of Learning Automata: An Overview*”, IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics, Vol. 32, No. 6, PP. 711-722, 2002.
- [10] Stauffer D. and Aharony A., “*Introduction to Percolation Theory*”, London: Taylor & Francis, 1994.
- [11] L. Kleinrock and J. A. Silvester, “Optimum transmission radii in packet radio networks or why six is a magic number,” in *National Telecommunications Conference*. Birmingham, Alabama: IEEE, Dec. 1978, pp. 4.3.1-4.3.5.
- [12] Heinzelman, W., Chandrakasan, A. and Balakrishnan, H., “Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks,” in *HICSS 2000*.
- [13] <http://www.djstein.com/projects/index.html>.
- [14] M. Meybodi and S. M. Abolhasani "Usage of Learning Automata for Routing, Fault Tolerance and Topology Control in Wireless Sensor Network." Vol . Master of Science Tehran Amirkabir University of Technology (Polytechnic), 2008.
- [15] Wattenhofer R. and Zollinger A., “*XTC: a practical topology control algorithm for ad-hoc networks*”. in: Proceedings of the 18th International Parallel and Distributed Processing Symposium, pp. 2-16, 26-30 April 2004.
- [16] Blough D., Leoncini M., Resta G. and Santi P., “*The k-neighbors protocol for symmetric topology control in ad hoc networks*”, in: Proceedings of the ACM MobiHoc 03, pp. 141-152, 2003.
- [17] K. Najim and A. S. Poznyak, “Learning Automata: Theory and Application”, Tarrytown, NY: Elsevier Science Ltd., 1994.
- [18] Mo Li, Baijian Yang “A Survey on Topology issues in Wireless Sensor Network”, In Proceedings of the 2006 International Conference on Wireless Networks (ICWN), Las Vegas, Nevada, USA, June 2006.

زیر نویس ها

^۱Local Mean Neighbor Algorithm based on Learning Automata in Q -Model environment(LMNALAQ)

^۲ k-neighbors

^۳ Extreme Topology Control

^۴ Cellular Learning Automata Topology Control

^۵ Learning Automata

^۶ P-model

^۷ Unfavorable

^۸ Failure

^۹ Favorable

^{۱۰} Q-Model

^{۱۱} S-Model

^{۱۲} Linear Reward Penalty

^{۱۳} Linear Reward Epsilon Penalty

^{۱۴} Linear Reward Inaction

^{۱۵} whisperer

^{۱۶} shouter

^{۱۷} speaker

^{۱۸} Local Mean Neighbor Algorithm based on Learning Automata in Q -Model environment