

LBLATC: پروتکل کنترل توپولوژی مبتنی بر محل با استفاده از اتماتای یادگیر برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم

مهدی اثنی عشری	محمد رضا میبدی	محمود جوادی
آزمایشگاه محاسبات نرم	آزمایشگاه محاسبات نرم	دانشکده مهندسی کامپیوتر
دانشکده مهندسی کامپیوتر	دانشکده مهندسی کامپیوتر	دانشگاه ازاد اسلامی اراک
دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	ایران
تهران ایران	تهران ایران	Javadi.mahmood@gmail.com
esnaashari@aut.ac.ir	mmeybodi@aut.ac.ir	

می شود. به عبارتی کنترل توپولوژی هنر هماهنگی سنسورهای شبکه، به وسیله انتخاب محدوده انتقالشان به منظور ایجاد یک شبکه با خصوصیات مورد نظر (اتصال و ...) است به نحوی که مصرف کم انرژی و افزایش ظرفیت شبکه را تأمین کند. زیرا توپولوژی مناسب تاثیر زیادی بر روی کارائی شبکه دارد. پروتکلهای مختلفی به منظور تنظیم محدوده انتقال در شبکه های حسگر ارائه شده، که چگونگی این انتخاب بر اساس اولویت‌های مختلف و شرایط متفاوتی تغییر می‌کند و هر کدام در شرایط خاصی عملکر متفاوتی دارند از عوامل تاثیر گذار در این زمینه می‌توان به خلوت بودن توپولوژی حاصل و کم بودن درجه گرهها در توپولوژی بدست آمده و کاهش تداخل اشاره کرد.^[4,5,6,11]

در شبکه هایی که همگن هستند تمام گره ها دارای محدوده انتقال یکسانی هستند اما اینگونه شبکه ها از نقطه نظر کارائی، طول عمر و استحکام کاری چندان مناسب نمی‌باشند.

در شبکه های ناهمگن نیز تمام سنسورها از محدوده انتقال یکسانی استفاده می‌کنند و هر سنسور بدون توجه به تراکم سنسورهای همسایه خود، محدوده انتقالش را انتخاب می‌کند، تا در عین حفظ اتصال شبکه، تداخل کمتری را نیز داشته باشند. در نتیجه، چنین شبکه هایی تنومندر^۱ و کاراتر از شبکه های همگن هستند. [5,6]^{[روش} ارائه شده قبلی

چکیده: پروتکل های کنترل توپولوژی مختلفی، با هدف کاهش مصرف انرژی و افزایش ظرفیت شبکه ارائه شده است که برخی از این پروتکلها بر اساس روش و خاموش کردن سنسورها و برخی دیگر بر اساس انتخاب محدوده انتقال می‌باشند. در این میان عوامل مختلفی مانند کاهش میانگین محدوده انتقال سنسورها و میانگین عواملی موثر می‌باشند. در این مقاله، یک پروتکل کنترل توپولوژی مبتنی بر اتماتای یادگیر به نام LBLATC پیشنهاد شده است که در آن اتماتای یادگیر هر سنسور، با استفاده از نتایج اتماتاهای سنسورهای همسایه، محدوده انتقال مناسب را انتخاب می‌نماید. نتایج شبیه‌سازی عملکرد مطلوب پروتکل پیشنهادی را از دید کاهش تعداد همسایه ها را نشان می‌دهد.

۱- مقدمه

در سال های اخیر شبکه های حسگر بی‌سیم، مورد توجه قرار گرفته‌اند. این نوع از شبکه ها با توجه به کارمحدوده‌ی که در زمینهای مختلف همانند امدادرسانی در حوادث غیرمتربقه، دیده‌بانی محیط و امور نظامی و غیره به کار گرفته می‌شوند^[1,2,3]. این نوع از شبکه ها با توجه به جدید بودن نیاز مند الگوریتمهای جدید می‌باشند. با در نظر گرفتن این مطلب، که در این نوع از شبکه ها منبع ذخیره سازی انرژی محدود می‌باشد بنابر این ذخیره سازی انرژی، یکی از نکات مهم در این نوع شبکه ها می‌باشد. یکی از روش‌های صرفه جویی در مصرف انرژی ارسال داده ها از مسیرهایی کم هزینه می‌باشد. در حقیقت مالینکهای را که دارای مصرف انرژی زیادی هستند را از توپولوژی ارتباطی حذف می‌کنیم این عمل به عنوان کنترل توپولوژی شناخته

^۱ Robustness

حالت هر گره با کمک Gps موقعیت دقیق خود را می داند و با استفاده از این اطلاعات یک تپولوژی مناسب برای شبکه را ایجاد می نمایند. دسته دوم پروتکل های مبتنی بر جهت^۱ می باشند. در این روش ها گره ها اطلاع دقیقی از موقعیت خود ندارند، اما توانایی تشخیص جهت همسایه های خود را دارند. پروتکلهای [9,11] DistRNG^۹ و [11] CBTC^{۱۰} نمونه های از این روش ها می باشد. دسته سوم روش های مبتنی بر همسایه^{۱۱} هستند که در آنها گره ها اطلاعات محدودی از همسایه های خود دارند. این اطلاعات ممکن است شماره شناسایی، فاصله و یا کیفیت لینک همسایه های گره باشد. پروتکل های [10,11] Kneigh^{۱۲} و [13,11] XTC^{۱۳} در این دسته جای می گیرند.

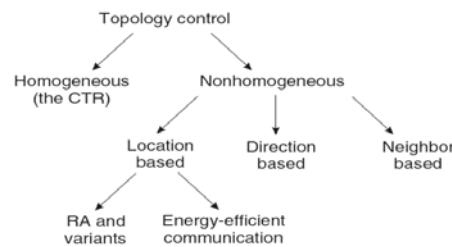
از دیگر پروتکل های کنترل تپولوژی می توان به RAA_2L اشاره کرد [14]^{۱۴} که در آن هر گره یکی از دو محدوده انتقال $R_w < R_s$ یا $R_w = R_s$ را انتخاب می کند اگر گره با محدوده انتقال R_w خود بتواند با همسایه های با محدوده انتقال R_s ارتباط برقرار کند) با واسطه یا بی واسطه) گره محدوده انتقال R_w را انتخاب می کند و در غیر این صورت محدوده انتقال R_s را انتخاب می کند. در پروتکل RAA_3L هر گره یکی از سه محدوده انتقال $R_w < R_t < R_s$ یا $R_t = R_s$ را انتخاب می کند.

۳- اتماتای یادگیر^{۱۵}

اتماتای یادگیر را می توان یک شی مجرد در نظر گرفت که دارای تعداد محدودی عمل^{۱۶} می باشد. عملکرد این شیء به این صورت است که در هر زمان یک عمل از بین مجموعه اعمال انتخاب می گردد و سپس در یک محیط تصادفی مورد ارزیابی قرار می گیرد. جوابی که از محیط دریافت می شود توسط اتماتا برای انتخاب عمل بعدی بکار گرفته می شود در طی این فرآیند اتماتا یاد می گیرد که عمل بهینه را انتخاب نماید[15]. نحوه استفاده از پاسخ محیط به عمل انتخابی

توسط اتماتای سلوی به نام CLATC^۲ به تراکم گره ها توجهی نداشته است. [12]

در این مقاله یک پروتکل کنترل تپولوژی مبتنی بر محل، بر اساس اتماتای یادگیر به نام LBLATC ارائه می شود، که با توجه به تراکم همسایه های هر گره، محدوده های مجاز برای هر گره را تعیین می کند. باید متذکر شد که محدوده های مجاز برای تمام گره ها یکسان نیست و این به دلیل تصمیم گیری برای تعیین محدوده های مجاز، بر اساس تراکم گره ها می باشد. در مرحله بعدی اتماتای هر گره، یکی از دو محدوده انتقال انتخاب می کند.



دسته بندی انواع پروتکلهای کنترل تپولوژی

۲- کارهای انجام شده

در کتاب پروتکل های کنترل تپولوژی [12]، آقای سانتی^۳ پروتکل های موجود را با توجه به ماهیت شبکه و اطلاعاتی که هر گره می تواند به دست آورد، به صورت زیر دسته بندی کرده است.

در دسته اول پروتکل های کنترل تپولوژی همگن قرار دارند. که در آن تمام گره های شبکه از محدوده انتقال یکسان استفاده می کنند. هدف دسته از پروتکل های کنترل تپولوژی، پیدا کردن کمترین محدوده انتقال می باشد. بطوری که مشخصات یک شبکه خوب را داشته باشد. در دسته دیگر پروتکل های کنترل تپولوژی ناهمگن قرار داده می شوند. پروتکلهای موجود در این گروه خود به سه دسته تقسیم می شوند. دسته اول پروتکلهای مبتنی بر محل^۴ نامیده می شوند، پروتکلهای نظیر [7,11] R&M^۵ و [8,11] LMST^۶ و FLSSk^۷ [11] قرار دارند که در این

⁷ Fault-tolerant Local Spanning Subgraph

⁸ Direction Base

⁹ Distributed Relative Neighborhood Graph

¹⁰ Cone-Based Topology Control

¹¹ Neighbor Base

¹² K Neighbors

¹³ eXtreme Topology Control

¹⁴ Learning Automaton

¹⁵ Action

² Cellular Learning Automata based Topology Control

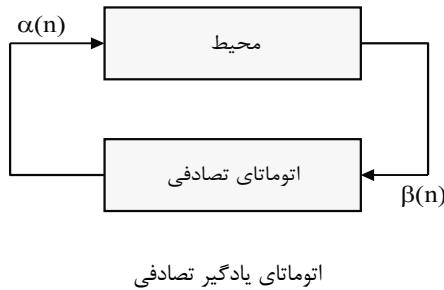
³ Santi

⁴ Location Base

⁵ Rodoplu and Meng

⁶ Local Minimum Spanning Tree

تعریف شده است. رابطه بین محیط احتمالی و یک اتوماتون احتمالی در شکل زیر نشان داده شده است.



الگوریتمهای یادگیری:
همانند آنچه که در شکل بالا نمایش داده شد یک الگوریتم یادگیری را می‌توان بصورت زیر بیان نمود:

$$P(n+1) = T[P(n), \alpha(n), \beta(n)]$$

اگر عملگر T خطی باشد، الگوریتم یادگیری خطی و در غیر این صورت غیرخطی خوانده می‌شود. می‌توان گفت که ایده اصلی تمام الگوریتم‌های یادگیر بصورت زیر است: اگر اتوماتا در تکرار n ام عمل α_i را انتخاب نماید و پاسخ مطلوبی برای آن از محیط دریافت نماید در آن صورت احتمال $P_i(n)$ مربوط به عمل افزایش می‌یابد و احتمالات مربوط به سایر اعمال نیز کاهش می‌یابد. در صورت دریافت جواب غیر مطلوب $P_i(n)$ کاهش می‌یابد و احتمالات مربوط به سایر اعمال نیز افزایش می‌یابد بنابراین برای پاسخ مطلوب داریم:

$$P_j(n+1) = P_j(n) - f_j[P_j(n)]; \forall j; j \neq i$$

$$P_i(n+1) = P_i(n) + \sum_{\substack{j=1 \\ j=i}}^r f_j[P_j(n)]$$

برای پاسخ نامطلوب

$$P_j(n+1) = P_j(n) - g_j[P_j(n)]; \forall j; j \neq i$$

اتوماتا که در جهت انتخاب عمل بعدی اتوماتا استفاده می‌شود، توسط الگوریتم یادگیری اتوماتا مشخص می‌گردد و به این ترتیب اتوماتا به آرامی عمل بهینه را شناسایی می‌نماید. روشی که اتوماتا با استفاده از آن پاسخ محیط را برای انتخاب عمل بعدی به کار می‌محدوده توسط الگوریتم یادگیری به کار رفته تعیین می‌شود. هر اتوماتای یادگیر از دو جز عمدۀ تشکیل شده است.

۱) یک اتوماتای تصادفی دارای تعداد محدودی عمل می‌باشد و با یک محیط تصادفی در حال محاوره می‌باشد.

۲) الگوریتم یادگیری که با استفاده از آن اتوماتا عمل بهینه را شناسایی می‌کند هر اتوماتا را می‌توان یک ماشین حالت متناهی در نظر گرفت که بوسیله پنج تایی زیر قابل نمایش است:

$$SA = \{\alpha, \beta, F, G, \phi\}$$

که در آن داریم:

مجموعه α شامل اعمال اتوماتا می‌باشد که اتوماتا در هر بار تکرار یکی از آنها را انتخاب می‌کند. مجموعه ورودی β ، ورودی‌های اتوماتا را تعریف می‌کند. نگاشتهای F, G حالت جاری و ورودی فعلی را به خروجی (عمل) بعدی که توسط اتوماتا انتخاب شده است تبدیل می‌کند.

محیط:

محیط احتمالی را می‌توان بصورت ریاضی با سه تایی E بیان نمود:

$$E \equiv \{\alpha, \beta, c\}$$

$$\alpha \equiv \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_r\}$$

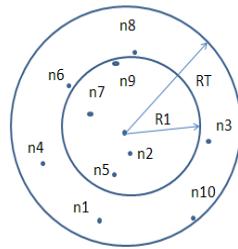
$$\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r\}$$

$$c \equiv \{c_1, c_2, \dots, c_r\}$$

α مجموعه ورودی‌های محیط و β مجموعه خروجی‌های محیط می‌باشد. مدل‌های مختلفی برای محیط‌های احتمالی

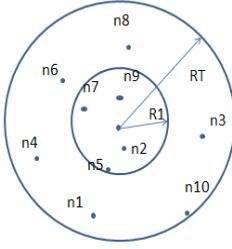
$$AT = \{n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_8, n_9, n_{10}\}$$

$$A_1 = \{n_2, n_5, n_7, n_9\}$$



$$AT = \{n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_8, n_9, n_{10}\}$$

$$A_1 = \{n_2, n_5, n_7, n_9\}$$



در شکل بالا دو گره نمونه n_i با محدوده های انتقال مختلف و مجموعه های یکسان. با مقایسه شکل راست و چپ نحوه تعیین محدوده ها در گره های مختلف مشاهده می شود که حتی اگر تعداد گره ها برابر باشد نحوه پراکندگی گره ها در تعیین محدوده هر گره موثر است

۵- پروتکل پیشنهادی (LBLATC)

پروتکل پیشنهادی کنترل توپولوژی که مبتنی بر محل با استفاده از اتماتای یادگیر می باشد از سه مرحله "راه اندازی" و "تعیین محدوده" و "انتخاب محدوده انتقال" تشکیل شده است.

مرحله راه اندازی

در این مرحله هر گره با محدوده انتقال R_T . اطلاعات خود شامل شماره شناسایی و موقعیت را می فرستد. به این طریق گره ها اطلاعات همسایه های خود را به دست می آورند. هر گره با توجه به اطلاعات دریافتی از همسایه هایش فاصله آنها را نسبت به خود محاسبه می کند. با توجه به فاصله محاسبه شده، هر گره تعداد همسایه های خود را به بست می آورد. در این مرحله گره ها با توجه به تعداد همسایه هایی که در محدوده هر گره قرار دارد اقدام به تعیین محدوده R_1 می نمایند. و با توجه به محدوده های مجاز در هر گره، گره ها همسایه های خود را با توجه فاصله هایشان در مجموعه A_1 و یا A_T قرار داده میدهد.

مرحله تعیین محدوده های مجاز برای هر سنسور

در این مرحله هر سنسور بر اساس اطلاعات بدست امده دو برج مجاز خود را بدست می اورد. یکی از محدوده های همان محدوده حداقل و دیگری محدوده است که در آن هر سنسور 60° همسایه هایش را پوشش دهد (تمام روش های قبلی به تراکم سنسور ها در در یک محدوده توجه نداشتند)

$$P_i(n+1) = P_i(n) + \sum_{j=1}^r g_j [P_j(n)]$$

تابع f_i و g_j توابعی غیر منفی می باشند و از آنها با عنوان تابع پاداش و جریمه نام برده می شود

۴- تعریف مسله

در این مقاله فرض می شود که هر گره دارای دو محدوده انتقال مختلف است که اتماتای موجود در هر سنسور بطور دلخواه می تواند یکی از آنها را به عنوان محدوده انتقال انتخاب کند. این محدوده های انتقال برای تمام گره ها ثابت و یکسان نیست و بر اساس چگالی گره ها موجود در محدوده انتقال هر گره تعیین می شود. محدوده انتقال با توان کم تحت عنوان محدوده (R_1)، محدوده انتقالی موجود در هر سنسور محدوده انتقال (R_t) دو محدوده انتقالی موجود در هر سنسور می باشند ($R_t < R_1$). مقدار محدوده انتقال R_t متناسب با تعداد همسایه های هر گره می باشد. مقدار محدوده انتقال R_1 برابر فاصله ای است که در آن شش دهم کل همسایه هایی که در حداقل محدوده ان گره قرار دارند را پوشش دهد. و مقدار محدوده انتقال R_t برابر حداقل محدوده گره می باشد. هر گاه فاصله دو گره کمتر از مقدار R_t باشد آن دو گره همسایه یکدیگر در نظر گرفته می شوند. هر گره همسایه های خود را در دو مجموعه مختلف قرار می دهد. مجموعه های A_T ، A_1 و توسط رابطه زیر بدست می آیند. در این رابطه، n_i شماره گره همسایه و D_{ni} فاصله گره همسایه n_i با گره مورد نظر است.

$$\begin{cases} n_i \in A_1 & \text{if } D_{ni} \leq R_1 \\ n_i \in A_T & \text{if } D_{ni} \leq R_t \end{cases}$$

مسئله مد نظر در این مقاله انتخاب کمترین محدوده انتقال ممکن از بین دو محدوده انتقال R_1 و R_t برای هر گره می باشد به نحوی که حداقل تعداد همسایه ها را داشته باشد.

هر گره محدوده‌ی را که بیشترین احتمال را در عمل یادگیری به دست اورده را به عنوان محدوده نهایی خود انتخاب می‌کند

مرحله انتخاب محدوده انتقال

در این مرحله گره‌ها با توجه به شرایط مجموعه‌های خود و محدوده انتقال گره‌های دیگر، محدوده انتقال خود را انتخاب می‌کنند. این مرحله از دو زیر مرحله "یادگیری" و "مرحله انتخاب بهترین عمل" تشکیل شده است. این عمل انتخاب محدوده تا زمانی تکرار می‌شود که احتمال یک محدوده انتقال از حد آستانه بیشتر شود یا اینکه k بار تکرار می‌شود

۱-۳-۵- مرحله یادگیری

به منظور ارزیابی، پروتکل‌های RAA_3L.RAA_2LLBLATC.CLATC[12] و RAA_3L.RAA_2LLBLATC(CLATC) شبیه‌سازی و نتایج به دست حالت همگن [16] (HOM) شبیه‌سازی می‌شوند. در شبیه‌سازی، گره‌ها آمده با LBLATC مقایسه شده‌اند. در شبیه‌سازی، گره‌ها در منطقه‌ای به مساحت $1000 * 1000$ متر مربع توزیع شده‌اند. تعداد گره‌ها برابر با $200, 300, 400, 500$ گره در محدوده انتقال R_i و R_1 است. محدوده انتقال R_i (متناسب با چگالی شبکه) برابر با $10.9m$ (برای ۲۰۰ گره)، $8.6m$ (برای ۳۰۰ گره)، $7.4m$ (برای ۴۰۰ گره)، $6.7m$ (برای ۵۰۰ گره) و $6.0m$ (برای ۶۰۰ گره) در نظر گرفته شده است. محدوده‌های انتقال R_1 با توجه به تعداد همسایه‌های موجود در محدوده انتقال R_i مشخص می‌شوند. پaramترهای A و B به ترتیب برابر 0.25 و 0.2 در نظر گرفته شده‌اند مدل انرژی به کار رفته در این شبیه‌سازی‌ها مدل انرژی ارائه شده در مرجع می‌باشد. با توجه به اندازه شبکه (تعداد گره‌ها)، پروتکل‌های RAA_3L.RAA_2L, CLATC و حالت همگن (HOM) بر اساس سه معیار متوسط محدوده انتقال، متوسط تعداد همسایه‌های هر گره و متوسط انرژی باقیمانده مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصله، میانگین اجرای پروتکل‌های مورد بررسی برای 100 پیکربندی تصادفی مختلف از گره‌هاست.

تنظیمات اعمال شده در شبیه‌سازی

نتایج از 100 بار اجرای پروتکل LBLATC بدست آمده است

پaramترهای به صورت زیر می‌باشند

تعداد حداکثر عمل یادگیری برابر 100 می‌باشد. ضریب پاداش برابر 0.15 و ضریب جریمه کردن 0.3 می‌باشد. ضریب انتخاب محدوده برابر 0.6 محدوده حداکثر است

آزمایش اول:

هدف از این آزمایش بدست آوردن پaramتر χ (ضریب انتخاب محدوده انتقال) برای پروتکل ارائه شده است پaramتر χ را بنحوی انتخاب می‌کنیم بطوریکه کمترین میانگین محدوده انتقال

در ابتدای این مرحله، هر سنسور به یک اتماتای یادگیر با تعداد اعمال برابر با تعداد محدوده‌های انتقال انتخابی گره نسبت داده می‌شود. هر عمل متناظر با انتخاب یک محدوده انتقال است و انتخاب آن عمل به معنی انتخاب محدوده انتقال متناظر با آن عمل است. احتمالات اولیه عمل‌های اتماتای یادگیر بر اساس رابطه زیر تعیین می‌شود. در رابطه زیرمی باشد که در آن n تعداد عمل‌های اتماتاست.

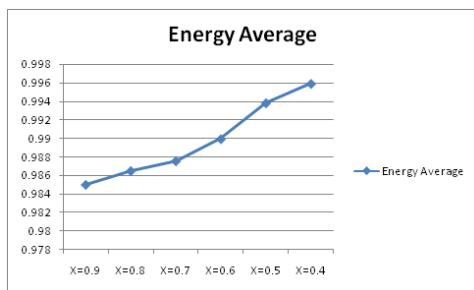
$$\forall i \quad i \leq n \quad P_i = \frac{1}{n}$$

اتمات‌ها به صورت همزمان در هر گره ابتدا یک عمل را به طور تصادفی انتخاب می‌کنند سپس اقدام به ارسال یک پیام راهنمای محدوده انتخابی می‌کنند. هر پیام راهنمای شامل مشخصات گره و مختصات گره می‌باشد در مرحله بعد گره‌ها با توجه به پیامهای راهنمای دریافتی اقدام به پاسخ‌گویی به پیام راهنمای نمایند. پاسخ پیام راهنمای، حاوی محدوده انتخابی گره دریافت کننده و شماره شناسایی همسایه‌های واقع در محدوده انتخابی آن گره دریافت کننده پیام راهنمای می‌باشد. در مرحله آخر هر گره بررسی می‌کند که آیا همسایه‌های واقع در محدوده انتخابی همسایه‌ها باشند، تمام همسایه‌های واقع در محدوده حداکثر آن گره را پوشش میدهند یا خیر. در صورتی که با محدوده انتخابی همسایه‌های واقع در محدوده حداکثر پوشش داده شود آن گره به محدوده انتخابی خود پاداش میدهد در غیر این صورت هر گره محدوده انتخابی خود جریمه می‌کند. این عمل تا زمانی که احتمال یک محدوده انتقال از حد آستانه بیشتر شود یا اینکه k بار تکرار می‌شود. در نهایت هر گره با یردی که بیشترین احتمال را در عمل یادگیری به دست اورده اقدام به ارسال داده می‌کند.

۲-۳-۵- مرحله انتخاب بهترین عمل

عمل یادگیری تا زمانی که احتمال یک محدوده انتقال از حد آستانه بیشتر شود یا اینکه k بار تکرار می‌شود. در نهایت

در شبیه سازی های صورت گرفته برای بدست آوردن بهترین ضریب انتخاب محدوده انتقال در حالتی که شبکه دارای ۲۰۰ حسگر با چگالی(10^9 m) ضرایب پاداش برابر 0.15 و جریمه 0.3 . مشاهده می شود که نمودار میانگین انرژی باقی مانده در حسگرهای شبکه ، مشاهده می شود که هر چه ضریب انتخاب محدوده انتقال، کم باشد به نتایج بهتری می رسیم

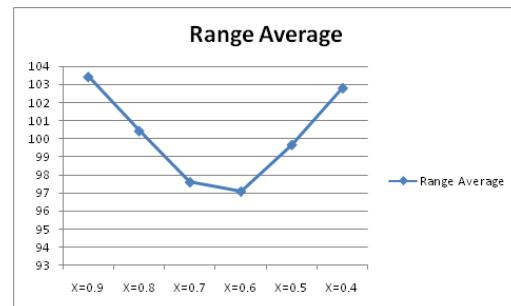


شکل متوسط انرژی باقی مانده در حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی با توجه به این مطلب که هر چه تعداد همسایه ها کمتر باشد و میانگین محدوده انتقال کمتر باشد و میانگین انرژی باقی مانده بیشتر باشد از دید شبکه مطلوب می باشد. برای اینکه تعداد همسایه ها تاثیر مستقیم بر روی تداخل بین حسگرها دارد، کم بودن این پارامتر اهمیت بسیار بالائی دارد. اگر سه نمودار بالا را مقایسه کنیم مشاهده می شود که بهترین عملکرد شبکه موقعی می باشد که ضریب انتخاب محدوده شبکه برابر 0.6 باشد. در شبیه سازی های بعدی با پارامتر ضریب انتخاب محدوده انتقال برابر 0.6 انجام خواهد شد.

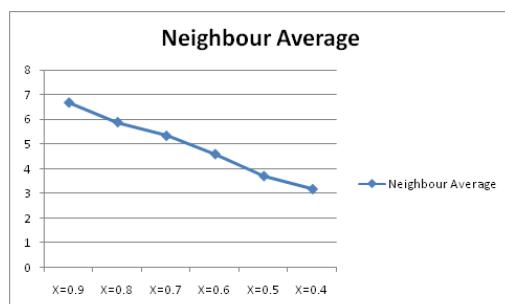
آزمایش دوم:

هدف از این آزمایش بررسی متوسط محدوده انتقال گره های شبکه برای پروتکل های TCLATC، LBLATC و HOM و RAA_3L، RAA_2L چه محدوده انتقال انتخاب شده کمتر باشد. در هر گره هر اتصال شبکه)، انرژی مصرفی کمتر و با توجه به کاهش تعداد همسایه ها، احتمال بروز تداخل نیز کمتر خواهد بود. در شکل ۱ متوسط محدوده انتقال گره ها برای پروتکل های CLATC، HOM و RAA_3L، RAA_2L ، LBLATC ، اندازه های مختلف شبکه دیده می شود. همانگونه که دیده است، پروتکل LBLATC دارای میزان متوسط محدوده انتقال کمتری نسبت به RAA_2L ، RAA_3L و CLATC تقریباً برابر HOM است ولی پروتکل

انتخاب شده ، کمترین میانگین همسایه ها و بیشترین انرژی باقی مانده را داشته باشد. با توجه به کاهش تعداد همسایه ها، احتمال بروز تداخل نیز کمتر خواهد بود. همانگونه که دیده می شود، پروتکل پیشنهادی کمترین میانگین محدوده انتقال انتخاب شده، کمترین میانگین همسایه ها و بیشترین انرژی باقی مانده را هنگامیکه پارامتر α برابر 0.6 را دارا می باشد است. در شبیه سازی های صورت گرفته برای بدست آوردن بهترین ضریب انتخاب محدوده انتقال، در حالتی که شبکه دارای 200 حسگر با چگالی(10^9 m) ضرایب پاداش برابر 0.15 و جریمه 0.3 . مشاهده می شود که نمودار میانگین محدوده انتقال ، هنگامی که از ضریب 0.6 استفاده کنیم کمترین میانگن محدوده انتقال را دارد.



شکل متوسط محدوده انتقال حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی در شبیه سازی های صورت گرفته برای بدست آوردن بهترین ضریب انتخاب محدوده انتقال، در حالتی که شبکه دارای 200 حسگر با چگالی(10^9 m) ضرایب پاداش برابر 0.15 و جریمه 0.3 . مشاهده می شود که نمودار میانگین تعداد همسایه ها، هنگامی که از ضریب انتخاب محدوده انتقال زیاد باشد عملکرد بهتری دارد. چونکه کم بودن محدوده انتقال باعث کم شدن تداخل می شود.

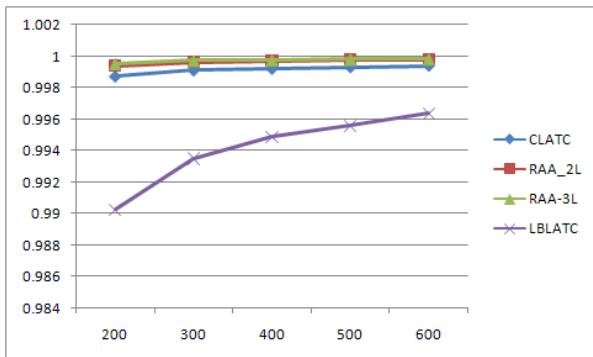


شکل متوسط همسایه های حسگرهای شبکه برای پروتکل پیشنهادی

شکل(2) متوسط تعداد همسایه‌های گره‌های شبکه برای پروتکل -
های RAA_3L ، LBLATC, RAA_2L, CLATC و HOM در
اندازه‌های مختلف شبکه

آزمایش چهارم:

در این آزمایش که نتایج آن در شکل 3 دیده می‌شود، متوسط انرژی باقیمانده هر گره برای پروتکل‌های CLATC، RAA_3L و RAA_2L مورد بررسی قرار گرفته است. همانگونه که دیده می‌شود متوسط انرژی باقیمانده گره‌های شبکه پس از اتمام مرحله تعیین محدوده انتشار تقریباً نزدیک به انرژی اولیه گره‌ها (یک ژول) می‌باشد. به عبارت LBLATC دیگر، با وجود آنکه انرژی مصرفی پروتکل بیشتر از پروتکل‌های CLATC، RAA_2L و RAA_3L است (به علت انجام مرحله یادگیری در این پروتکل)، اما این انرژی مصرفی نسبت به کل انرژی هر گره (یک ژول) بسیار ناچیز است. افزایش انرژی باقیمانده با افزایش تعداد گره‌های شبکه به علت کاهش محدوده انتقال در شبکه‌های با چگالی بیشتر است. با توجه به مطالب بیان شده می‌توان نتیجه گرفت که پروتکل مورد بررسی بدون مصرف زیاد انرژی توپولوژی مناسبی را ارائه می‌کند.

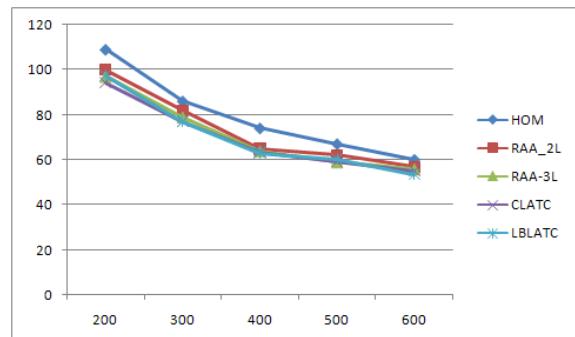


شکل (3) متوسط انرژی باقیمانده هر گره برای پروتکل‌های RAA_3L و RAA_2L,CLATC

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله پروتکل کنترل توپولوژی بر اساس اتماتای یادگیر پیشنهاد گردید. باید توجه داشت که در الگوریتم ارائه شده محدوده انتقال برای هر سنسور به صورت پویا تعیین می‌شود. در این پروتکل گره‌ها با استفاده از اتماتای یادگیر محدوده انتقال مناسب را از بین دو محدوده انتقال خود انتخاب می‌کنند. استفاده از اتماتای یادگیر این امکان را فراهم می‌کند که گره‌ها بتوانند تا حد ممکن کوچکترین محدوده انتقال را انتخاب کنند.

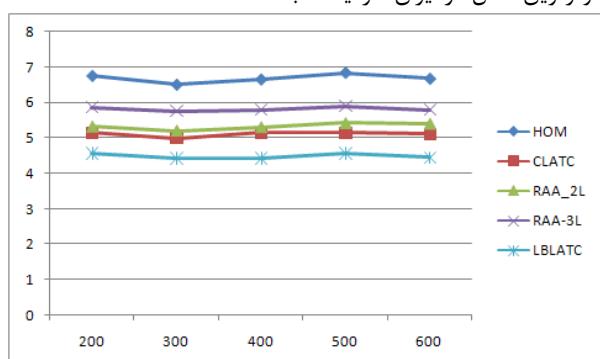
LBLATC می‌باشند. حالت همگن (HOM) دارای بیشترین میانگین محدوده انتقال است که به این علت است که تمامی گره‌ها در آن دارای محدوده انتقال R_i می‌باشند. پروتکل RAA_3L دارای متوسط محدوده انتقال کمتری نسبت به پروتکل RAA_2L است. علت این امر این است که در پروتکل RAA_3L هر گره می‌تواند از بین سه محدوده انتقال، 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.



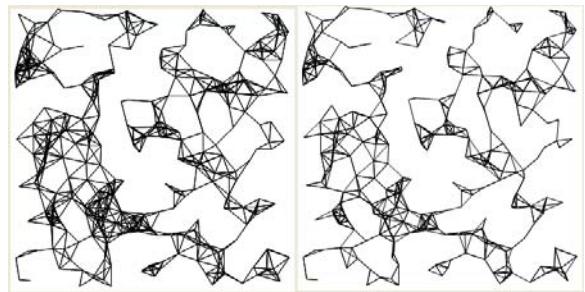
شکل 1) متوسط محدوده انتقال گره‌های شبکه برای پروتکل‌های CLATC و HOM و RAA_3L,RAA_2L,LBLATC در اندازه‌های مختلف شبکه

آزمایش سوم:

در این آزمایش متوسط تعداد همسایه‌های گره‌های شبکه برای پروتکل‌های CLATC,CLATC [16] و RAA_3L, RAA_2L [14] مورد بررسی قرار گرفته است. متوسط تعداد همسایه‌های گره‌های شبکه برای پروتکل‌های مورد بررسی در اندازه‌های مختلف شبکه در شکل 2 دیده می‌شود. از آنجا که تعداد همسایه‌ها تاثیر مستقیم بر روی تداخل بین گره‌ها دارد، کم بودن این پارامتر اهمیت بسیار بالائی دارد. همانگونه که مشاهده می‌شود، پروتکل پیشنهادی کمترین میزان متوسط تعداد همسایه‌ها را نسبت به پروتکل‌های دیگر دارد. متوسط تعداد همسایه‌ها موثرترین عامل در میزان ظرفیت شبکه است.



- Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 17, pp. 1333-1344, 1999.
- [8] Li N., Hou J. and Sha L., “**Design and analysis of an mst-based topology control algorithm**”, in: Proceedings of the IEEE Infocom, Vol. 4, pp. 1195-1206, May 2005.
- [9] Wattenhofer R., Li L., Bahl P. and Wang Y., “**Distributed topology control for power efficient operation in multihop wireless ad hoc networks**”, in: Proceedings of the IEEE Infocom, Vol. 3, pp. 1388-1397, 2001.
- [10] 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.
- [11] Santi P., “**Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks**”, *Istituto di Informatica e Telematica del CNR – Italy*, 2005
- [12] Meybodi M and Abolhasani S., “**Usage of Learning Automata for Topology Control in Wireless Sensor Network**”, 2008
- [13]
- [14] 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.
- [15] Venuturumilli A. and Minai A. A., “**Obtaining Robust Wireless Sensor Networks Through Self-Organization of Heterogeneous Connectivity**”, Proceedings of the 2006 International Conference on Complex Systems (ICCS'06), Boston, MA, June 2006.
- [16] Narendra K. S. and Thathachar M. A. L., “**Learning Automata: An Introduction**”, Prentice Hall, 1989.
- [17] Stauffer D. and Aharony A., “**Introduction to Percolation Theory**”, London: Taylor & Francis, 1994.
- [18] The Network Simulator- ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [19] Heinzelman W., Chandrakasan A. and Balakrishnan H., “**Energy Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks**”, Intl. Conf. on System Sciences, Hawaii, vol. 2, pp. 3005-3014 January 2000.



شکل سمت چپ گراف حداکثر توان با ۳۰۰ نод می باشد. شکل سمت راست گراف حاصل از اعمال پروتکل پیشنهادی می باشد

منابع

- [1] Akyildiz I. F., Su W., Sankarasubramaniam Y. and Cayirci E., “**A survey on sensor networks**”, IEEE Communication Magazine, Vol. 40, pp. 102-114, August 2002.
- [2] Janakiram D., Venkateswarlu R. and Nitin S., ”A survey on programming languages, middleware and applications in wireless sensor networks”, IITM-CSE-DOS-2005-04, 2005.
- [3] Estrin D., “**Embedded Everywhere: A research agenda for network systems of embedded computers**”, National Academy Press, 2001, Computer Science and Telecommunication Board (CSTB) Report, 2001.
- [4] Wattenhofer R. and Zollinger A., “**XTC: a practical topology control algorithm for ad-hoc networks**”. Proceedings of the 18th International Parallel and Distributed Processing Symposium, pp. 2-16, 26-30 April 2004.
- [5] Santi P., “**Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks**”, Wiley, 2005.
- [6] Santi P., “**Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks**”, ACM Computer Survey, Vol. 37, No. 2, pp. 164-194, 2005.
- [7] Rodoplu V. and Meng T. H, “**Minimum energy mobile wireless networks**”, in: Proceedings of the IEEE