یک روش جدید براي دستیابي به کیفیت سرویس در شبکه‌های سنسوری

مهدی اثنی‌عشری*، محمد رضا میبدي†، مهدي صبائي‡

چکیده

کیفیت سرویس[1] در شبکه‌هاي سنسور تعاریف متفاوتي دارد که از آن جمله مي‌توان به پوشش[2] مناسب شبکه، تعداد ندهاي فعال در یك زمان، صحت اطلاعات دریافتي در ند مرکزي و مدت زمان انتقال اطلاعات به ند مرکزي اشاره کرد. در این مقاله بر مبناي تعریـف تعداد ندهاي فعال به عنوان کیفیت سرویس، به ارائهٔ روشي مبتني بر اتوماتاي یادگیر جهت دستیابي به کیفیت مورد انتظار خـواهیم پرداخت. در این روش، با خوشه‌بندي شبکه و قرار دادن رؤوس خوشه‌ها به عنوان مسؤول بررسي تعداد ندهاي فعال در هـر خوشـه، پوشش مناسبي از تعداد ندهاي فعال در سطح کل شبکه به دست خواهد آمد. هر ند مجهز به یك اتوماتاي یادگیر مـي‌باشـد کـه در طول فعالیت شبکه و از طریق پاسخ‌هائي که از رأس خوشه دریافت مي‌دارد، لزوم فعال یا غیرفعال بودن ند را مـشخص مـي‌کنـد. از طریق شبیه‌سازی کامپیوتری نشان داده می‌شود که روش ارائه شده، مي‌تواند کیفیت سرویس مطلوبي را از دیدگاه ارائه شده تولیـد کند.

کلمات کلیدي

شبکه های سنسوری، کیفیت سرویس، اتوماتاهای یادگیر

A Novel Method for QoS Support in Sensor Networks

M. Esnaashari, M. R. Meybodi, M. Sabaei
Computer Engineering and Information Technology Department
Amirkabir University, Tehran, Iran

Abstract

Up to now, many different definitions are given for QoS support in wireless sensor networks. Some of these definitions are environment coverage, ratio of active to all deployed nodes, accuracy of data at sink and end to end transmission delay. In this paper, we provide a learning automata based method for QoS support in sensor networks based on two definitions of QoS as environment coverage and ratio of active to all deployed nodes. In this method, using a clustering algorithm, we try to control the number of active nodes in each cluster separately. This way, a perfect coverage of the environment as well as the expected ratio of active to deployed nodes would approximately be obtained. In this method each node is equipped with a learning automaton, which based on the feedbacks received from the cluster head can specify the state of the node as active or. Simulation results show that the proposed method can provide desirable QoS support.

Keywords

Sensor Networks, QoS, Learning Automata

---

* دانشکدهٔ کامپیوتر و فناوري اطلاعات، دانشگاه صنعتي امیرکبیر، esnaashari@aut.ac.ir
† دانشکدهٔ کامپیوتر و فناوري اطلاعات، دانشگاه صنعتي امیرکبیر، mmeybodi@aut.ac.ir
‡ دانشکدهٔ کامپیوتر و فناوري اطلاعات، دانشگاه صنعتي امیرکبیر، sabaei@aut.ac.ir

۱- مقدمه

شبکه‌های سنسور شبکه‌هائی هستند که از تعداد زیادی (که ممکن است به هزاران مورد برسد) ندهای کوچک با قابلیت‌های بسیار پائین تشکیل شده‌اند. این ندها که هر کدام یک سنسور نامیده می‌شوند، می‌توانند ویژگی خاصی (نظیر رطوبت، دما، فشار و ...) را در محیط اطراف خود حس کرده و آن را برای همسایگان خود ارسال دارند. به عبارت دیگر، دو قابلیت اصلی این سنسورها حس کردن پارامتری خاص از محیط اطراف و توانائی برقراری ارتباط می‌باشد. اگرچه ممکن است در برخی از کاربردها، این ندها توسط کابل‌های ارتباطی به یکدیگر متصل شده باشند، ولی در اکثر موارد، یک شبکهٔ سنسور کاملاً بی‌سیم می‌باشد. ندها در چنین شبکه‌هائی عموماً ثابت هستند و یا دارای حرکت بسیار محدودی می‌باشند.

بر خلاف شبکه‌هاي ثابت و نیز ساير شبکه‌هاي بي‌سيم که کيفيت سرويس در آنها داراي تعريفي کاملاً مشخص مي‌باشد، در شبکه‌هاي سنسور تعريف ثابت و مشخصي بدين منظور ارائه نشده است. برخي از تعاريفي که بدين منظور ارائه شده‌اند عبارتند از: پوشش مناسب شبکه، تعداد ندهاي فعال در هر زمان، صحت اطلاعات دريافتي در ند مرکزي و مدت زمان انتقال اطلاعات به ند مرکزي [1]. تعدادي از اين تعاريف مانند پوشش مناسب و تعداد ندهاي فعال در هر زمان وابسته به کاربرد[۳] مي‌باشند، و برخي ديگر نظير صحت اطلاعات دريافتي و مدت زمان انتقال اطلاعات به ند مرکزي خصوصيات شبکه[۴] را مد نظر قرار مي‌دهند.

يکي از ويژگی‌های مهم شبکه‌هاي سنسور، احتمال بالای وجود خرابی در برخی از ندها خصوصاً به دليل از دست رفتن انرژي مي‌باشد. به همين دليل، در بسياري از موارد، تعداد ندهاي موجود در يك شبكهٔ سنسور بسيار بيشتر از تعداد مورد نياز مي‌باشد. در اين صورت، اگر برخي از ندها بنا به دلايلي از بين بروند، ساير ندها مي‌توانند جايگزين آنها شوند. لذا لازم است که همواره تعداد مشخصي از اين ندها در شبکه فعال باشند، و ساير ندها در حالت غيرفعال قرار گيرند تا انرژي آنها مصرف نشود. بنابراين مي‌توان کيفيت سرويس در اين شبکه‌ها را به صورت تعداد ندهاي فعال در آنها تعريف کرد، زيرا اگر بتوان اين تعداد را در حد مطلوب نگاه داشت، طول عمر شبکه به مراتب افزايش خواهد يافت.

در کنار تعریف فوق، توجه به اين مسأله نيز لازم است که ندهاي فعال در هر زمان بايد پوشش مطلوبي از کل شبکه را نيز به همراه داشته باشند. زيرا در صورتي که اقدام به نگاه داشتن تعداد ندهاي فعال در حد مطلوب بدون توجه به فاکتور پوشش کل شبکه صورت پذيرد، ممکن است در برخي از نواحي شبکه کلية ندها غيرفعال باقي بمانند، که در اين صورت هيچ گونه اطلاعاتي از آن مناطق به دست نخواهد آمد. بنابراين مي‌توان گفت که به منظور رسيدن به يك کيفيت سرويس مناسب و مطلوب، لازم است که دو فاکتور تعداد ندهاي فعال و پوشش کل شبکه هر دو مد نظر قرار گيرند.

در اين مقاله، به ارائهٔ روشي جديد و مبتني بر اتوماتاي يادگير براي دستيابي به کيفيت سرويس بر مبناي دو فاکتور فوق خواهيم پرداخت. در اين روش، به منظور دستيابي به پوشش مطلوب، ابتدا خوشه‌بندي شبکه انجام خواهد شد و سپس تعداد ندهاي فعال در هر خوشه به صورت مجزا تحت کنترل قرار خواهد گرفت. رأس خوشه وظيفة کنترل تعداد ندهاي فعال در خوشهٔ خود را بر عهده خواهد داشت، و ساير ندهاي خوشه با استفاده از اتوماتاي يادگير خود و پاسخ‌هائي که از رأس خوشه دريافت مي‌دارند، وضعيت فعال يا غيرفعال بودن خود را تعيين مي‌کنند. از طريق آزمايشات نشان خواهيم داد که اين روش مي‌تواند کيفيت سرويس مورد انتظار را در حد مطلوبي فراهم نمايد.

در ادامهٔ اين مقاله ابتدا در بخش ۲ به بررسي کارهای گذشته پرداخته مي‌شود. در بخش ۳ الگوريتم خوشه‌بندي مورد استفاده و در بخش ۴ روش پيشنهادی ارائه مي‌گردد. در بخش ۵ نتايج شبيه‌سازي‌ها آمده است و بخش ۶ نتيجه‌گيری می‌باشد.

۲- کارهاي گذشته

در مرجع [1] مروري بر فعاليت‌هاي صورت پذيرفته در زمينهٔ کيفيت سرويس در شبکه‌هاي سنسور صورت پذيرفته است. بيان شده است که با توجه به ارتباط اين دسته از شبکه‌هاي بي‌سيم با محيط اطراف، دست‌يابي به کيفيت سرويس مطلوب در آنها نيازمند در نظر گرفتن پارامترهاي متعددي نظير محدوديت منابع انرژي، ترافيك غيرمتعادل به دليل انتقال کلية داده‌ها به سمت يك ند خاص که ند مرکزي ناميده مي‌شود، افزونگي اطلاعات به دليل بيشتر بودن تعداد ندها از تعداد مورد نياز و تغييرات شبکه به دليل از بين رفتن برخي از ندها مي‌باشد. تلاش‌هاي صورت پذيرفته در زمينهٔ کيفيت سرويس در اين مرجع به سه دستهٔ کيفيت سرويس پايان به پايان[۵]، تضمين قابليت اطمينان[۶] و وابسته به کاربرد تقسيم‌بندي شده‌اند. در کيفيت سرويس پايان به پايان، دست‌يابي به سرعت يا صحت انتقال اطلاعات به صورت پايان به پايان مد نظر مي‌باشد. در تضمين قابليت اطمينان، اطمينان از رسيدن بسته‌هاي اطلاعاتي به مقصد مد نظر مورد توجه مي‌باشد. بسته‌هاي مختلف داراي سطوح تضمين مختلف مي‌باشند که با توجه به اين سطح و پهناي باند موجود در شبکه، رسيدن آنها به مقصد تضمين مي‌شود. در نهايت، در کيفيت سرويس وابسته به کاربرد، تعداد ندهاي فعال در هر زمان مد نظر قرار مي‌گيرد.

مرجع [2] دو پارامتر نرخ انتقال داده و مصرف انرژي براي يك کانال ارتباطي در شبکهٔ سنسور را به عنوان مبنائي براي کيفيت سرويس در نظر گرفته است. در روش ارائه شده، با ثابت نگهداشتن يکي از اين دو پارامتر، سعي شده است پارامتر ديگر به حداکثر برسد. مراجع [3] و [4] سعي کرده‌اند با ارائهٔ يك الگوريتم مسيريابي مناسب،

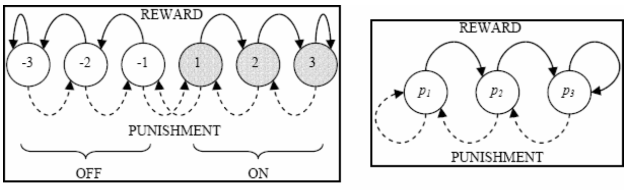
کيفيت سرويس مد نظر خود که ميزان انرژي مصرفي و سرعت بوده است را فراهم آورند. مراجع [5] و [6] نيز با ارائة الگوريتم مسيريابي در لاية MAC، اقدام به تأمين کيفيت سرويس مورد انتظار نموده‌اند. مرجع [7] به ارائة روشي براي دستيابي به کيفيت سرويس بر مبناي تعداد ندهاي فعال در هر زمان پرداخته که در آن از پيش‌بيني تعداد ندهاي فعال در دورة بعدي بر اساس تعداد ندهاي فعال در دوره‌هاي قبلي استفاده شده است. با استفاده از اين پيش‌بيني، روش پيشنهادي تعداد ندهاي فعال در زمان فعلي را به گونه‌اي تعيين مي‌کند که در درازمدت، تعداد ندهاي فعال در هر زمان در حد مورد انتظار باشد.

روش ارائه شده در مرجع [8] را مي‌توان جزء روش‌هائي دانست که کيفيت سرويس را بر مبناي تضمين قابليت اطمينان تعريف کرده‌اند. در اين روش، تعدادي ند توليد کننده و تعدادي ند مصرف کننده فرض شده است. هر ند مصرف کننده، تقاضاي خود مبني بر ميزان تأخير قابل قبول براي دريافت بسته‌ها را به يك ند تقسيم کننده اعلام مي‌کند. ند تقسيم کننده با دريافت بسته‌ها از توليد کننده‌ها، بسته به ميزان تأخير قابل قبول مصرف کننده‌ها، بسته‌هاي اطلاعاتي را براي آنها ارسال مي‌دارد. مرجع [9] به ارائة بستري براي توليد نرم‌افزارهاي مديريتي براي شبکه‌هاي سنسور پرداخته است که در آن کلية جزئيات مورد استفاده جهت برقراري ارتباط ميان ندها و انتقال داده‌هاي اطلاعاتي و مديريتي مخفي شده است. لذا به سادگي مي‌توان يك نرم‌افزار مديريتي شامل کلية سرويس‌هاي مديريتي لازم از جمله کيفيت سرويس را روي آن پياده‌سازي کرد.

در مرجع [10] به بررسي پيچيدگي‌هاي موجود در شبکه‌هاي سنسور براي دستيابي به کيفيت سرويس در انتقال ترافيك تصوير و ويدئو پرداخته شده است. از جملة اين پيچيدگي‌ها مي‌توان به محدوديت پهناي باند، چگونگي حذف افزونگي اطلاعات، موازنة ميزان انرژي مصرفي و تأخير دريافت اطلاعات، محدوديت حجم بافر ندها و چگونگي مواجهه با ترافيك‌هاي داراي تايپ‌هاي مختلف اشاره کرد. مرجع [11] به ارائة يك برنامة زمان‌بندي براي تعيين سطح فعاليت ندها و چگونگي مسيريابي براي انتقال اطلاعات ندهاي فعال به ند مرکزي پرداخته است. اين برنامة زمان‌بندي سعي مي‌کند تعداد مشخصي از ندها را در طول زمان حيات شبکه به گونه‌اي فعال نگاه دارد که باعث مصرف کمترين ميزان انرژي شود.

در ميان فعاليت‌هاي صورت پذيرفته، مرجع [12] سعي کرده است با ارئة روشي مبتني بر اتوماتاي يادگير، به حل مسألة کيفيت سرويس مبتني بر تعداد ندهاي فعال در شبکه‌هاي سنسور بپردازد. در روش ارائه شده، دو اتوماتاي با ساختار ثابت Gur و Ack معرفي شده و مسأله مد نظر توسط دو اتوماتا به صورت مجزا حل شده است. شکل (۱) ساختار اين دو اتوماتا را نشان مي‌دهد. در اين مرجع فرض شده است که کلية ندها مي‌توانند به صورت مستقيم با ند مرکزي ارتباط برقرار نمايند. هر ند مجهز به يك اتوماتا مي‌باشد و بسته به وضعيت داخلي اتوماتاي خود، مي‌تواند فعال يا غيرفعال باشد. در اتوماتاي Goor، برخي از وضعيت‌هاي داخلي اتوماتا معادل فعال، و ساير وضعيت‌ها معادل غيرفعال مي‌باشند. در اتوماتاي Ack، به هر وضعيت داخلي اتوماتا احتمالي منتسب مي‌شود. ند مزبور بسته به احتمال متناسب با وضعيت فعلي اتوماتاي خود، فعال يا غيرفعال خواهد بود. بنابراين در هر دورة جمع‌آوري اطلاعات، هر ند بر اساس وضعيت داخلي اتوماتاي خود، فعال يا غيرفعال خواهد بود. ند مرکزي با دريافت بسته‌هاي اطلاعاتي از ندهاي فعال، تعيين مي‌کند که آيا تعداد ندهاي فعال از حد مورد نظر بيشتر است يا خير. در صورتي که تعداد ندهاي فعال بيش از حد مورد نظر باشد، پاسخ منفي و در غير اين صورت پاسخ مثبت براي کلية ندها ارسال مي‌شود. اين پاسخ به عنوان پاسخ محيط به اتوماتاي هر ند بازگردانده مي‌شود و اتوماتا با دريافت اين پاسخ وضعيت داخلي خود را تغيير مي‌دهد. بدين ترتيب، هر ند از طريق اتوماتاي خود سعي مي‌کند به وضعيتي منتقل شود که از ديد شبکه مطلوب مي‌باشد. به عبارت ديگر، عملکرد محلي اتوماتاي هر ند، سبب بروز عملکرد کلي مورد انتظار، يعني فعال بودن تعداد مشخصي از ندها در سطح شبکه مي‌شود.

در اين مرجع همچنين نشان داده شده است که اتوماتاي Ack عملکرد مطلوب‌تري نسبت به اتوماتاي Gur دارد. در [13] نيز عملکرد اتوماتاي Ack در چنين محيطي مورد تحليل قرار گرفته و نقش تعداد وضعيت‌هاي داخلي هر اتوماتا و نيز مقدار احتمال منتسب شده به هريك در همگرائي عملکرد شبکه و دستيابي به کيفيت سرويس مورد انتظار بررسي شده است.



(الف) (ب)

شکل (۱) الف) ساختار اتوماتاي **Gur**، ب) ساختار اتوماتاي **Ack** **[12]**

روش ارائه شده در [12] از چند ديدگاه داراي ضعف مي‌باشد. اولاً در اين روش، تنها بحث کيفيت سرويس از ديدگاه تعداد ندهاي فعال مد نظر قرار گرفته و به پوشش کل شبکه اشاره‌اي نشده است. در ثاني، با توجه به استفاده از يك اتوماتاي با ساختار ثابت، انعطاف‌پذيري پائيني در اين روش وجود دارد. زيرا هر اتوماتا تنها داراي تعداد محدودي وضعيت مي‌باشد که از پيش کاملاً تعريف شده‌اند. به علاوه، لازم است که تعداد وضعيت‌هاي داخلي اتوماتا و احتمال‌هاي منتسب به هر يك به طور بهينه تعيين شود. بر اساس تحليل ارائه شده در [13]، بسته به تعداد کل ندها و نيز تعدادي از آنها که بايد در وضعيت فعال باشند، اين مقادير نيز تغيير مي‌کند. بنابراين با توجه به آنکه در شبکه‌هاي سنسور، احتمال از بين رفتن ندها و لذا تغيير تعداد آنها بسيار بالا مي‌باشد، روش ارائه شده نمي‌تواند روشي مطلوب در اين شبکه‌ها محسوب گردد. نقطه ضعف ديگر اين روش آن است که پاسخ محيط به عملکرد اتوماتا باينري مي‌باشد. اين پاسخ تنها نشان مي‌دهد

که تعداد ندهاي فعال بيش از حد انتظار بوده است يا خير، ولي در مورد اينکه اين تعداد چه مقدار بيشتر يا کمتر بوده است تحليلي ارائه نمي‌دهد. به همين دليل، نتايج عملکرد اتوماتا در درازمدت نمي‌تواند دقيق و باثبات باشد، اين مسأله خصوصاً در مورد شبکه‌هائي که تعداد سنسورها در آنها کم است بيشتر به چشم مي‌خورد.

روش ارائه شده در اين مقاله نقاط ضعف مطرح شده در روش [12] را از طريق خوشه‌بندي و استفاده از اتوماتاي يادگير با ساختار متغير برطرف مي‌کند. از طريق آزمايشات نشان خواهيم داد که روش ارائه شده به نسبت روش [12] عملکرد بسيار مطلوب‌تر، دقيق‌تر و باثبات‌تري دارد.

۳- خوشه‌بندي

الگوريتم خوشه‌بندي مورد استفاده در اين مقاله، الگوريتم HEED[۷] مي‌باشد که در مرجع [14] معرفي شده است. به منظور روشن‌تر شدن بحث، ابتدا مرور مختصري بر اين الگوريتم خواهيم داشت.

در الگوريتم HEED ۴ هدف افزايش طول عمر شبکه، اتمام فاز خوشه‌بندي پس از طي تعداد متناهي و مشخصي از تکرار، حداقل کردن سربار کنترلي و توزيع متناسب خوشه‌ها در سطح شبکه دنبال مي‌شود. هر ند با احتمالي (CH_{prob}) متناسب با ميزان انرژي باقيماندة خود تصميم مي‌گيرد که رأس خوشه باشد. اين تصميم‌گيري در ابتدا موقتي است، و پس از گذشت چندين تکرار نهائي مي‌شود. ندهائي که خود را به عنوان رأس خوشه برگزيده‌اند، به همسايگان خود اين مسأله را ابراز مي‌دارند. هر يك از همسايگان، در صورتي که پيش از اين عضو خوشه‌اي نشده باشد، عضو اين خوشه مي‌گردد. در صورتي که همسايه‌اي پيش از اين عضو خوشة ديگري باشد که انرژي باقيماندة رأس آن نسبت به انرژي باقيماندة رأس خوشة جديد پائين‌تر باشد، همسايه به خوشة جديد ملحق مي‌شود. به علاوه، در صورتي که همسايه‌اي خود رأس خوشه باشد، پس از مقايسة ميزان انرژي باقيماندة خود با ميزان انرژي باقيماندة رأس خوشة معرفي شده، تصميم مي‌گيرد که همچنان رأس خوشه باقي بماند يا به خوشة جديد منتقل شود. هر رأس خوشه، در صورتي که براي ملحق شدن به خوشة ديگري تصميم نگرفته باشد، مقدار CH_{prob} خود را دو برابر کرده و مجدداً خود را به عنوان رأس خوشه به همسايگانش معرفي مي‌کند. اگر مقدار CH_{prob} در ندي بزرگ‌تر از ۱ شد، آن ند خود را به عنوان رأس خوشة نهائي برمي‌گزيند. در اين صورت، همسايگان اين ند نيز، عضو خوشه‌اي نهائي خواهند شد که ديگر تغييري در آن به وجود نمي‌آيد. در پايان اين فاز، در صورتي که ندي، هيچ پيام معرفي خوشه‌اي را دريافت نکرده باشد، خود تصميم مي‌گيرد که رأس خوشه‌اي جديد باشد.

۴- راهکار پيشنهادي

براي دستيابي به کيفيت سرويس مناسب بر مبناي تعريف تعداد ندهاي فعال در هر لحظه، در اين بخش راهکاري مبتني بر اتوماتاي يادگير ارائه خواهيم داد. بدين منظور، ابتدا توضيح مختصري پيرامون اتوماتاي يادگير ارائه خواهيم نمود، و سپس به بيان الگوريتم مد نظر خواهيم پرداخت.

۴-۱- اتوماتاي يادگير

اتوماتاي يادگير يك مدل انتزاعي است که بطور تصادفي يك عمل از مجموعه متناهي عمل‌هاي خود را انتخاب کرده و بر محيط اعمال مي‌کند. محيط عمل انتخاب شده توسط اتوماتا را ارزيابي کرده و نتيجه ارزيابي خود را توسط سيگنال تقويتي به اتوماتاي يادگير اعلام مي‌کند. اتوماتا با استفاده از عمل انتخاب شده و سيگنال تقويتي وضعيت داخلي خود را تغيير داده و سپس عمل بعدي خود را انتخاب مي‌کند. شکل (۲) ارتباط بين اتوماتاي يادگير و محيط را نشان مي‌دهد [15].

شکل (۱) ارتباط اتوماتاي يادگير با محيط

محيط را مي‌توان توسط سه‌تايي $E = \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_r\}$ مجموعه وروديها، $\beta = \{\beta_1, \beta_2, ..., \beta_r\}$ مجموعه خروجيها و $c = \{c_1, c_2, ..., c_r\}$ مجموعه احتمالهاي جريمه مي‌باشد. هرگاه β مجموعه دو عضوي باشد، محيط از نوع P مي‌باشد. در چنين محيطي $\beta_1 = 1$ به عنوان جريمه و $\beta_2 = 0$ به عنوان پاداش در نظر گرفته مي‌شود. در محيط از نوع Q، مجموعه β داراي تعداد متناهي عضو مي‌باشد و در محيط از نوع S، مجموعه β داراي تعداد نامتناهي عضو مي‌باشد. c_i احتمال جريمه شدن عمل α_i است. اتوماتاهاي يادگير به دو گروه با ساختار ثابت و با ساختار متغير تقسيم‌بندي مي‌گردند. در ادامه اتوماتاي يادگير با ساختار متغير معرفي مي‌شود.

اتوماتاي يادگير با ساختار متغير توسط چهارتايي $\{\alpha, \beta, p, T\}$ نشان داده مي‌شود که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_r\}$ مجموعه عمل‌هاي اتوماتا، $\beta = \{\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_r\}$ مجموعه وروديهاي اتوماتا، $p = \{p_1, p_2, \cdots, p_r\}$ بردار احتمال انتخاب هر يك از عمل‌ها و $p(n+1) = T[\alpha(n), \beta(n), p(n)]$ الگوريتم يادگيري مي‌باشد. نحوة فعاليت اين اتوماتا به صورت زير است. اتوماتا يك عمل از مجموعه عمل‌هاي خود را به صورت تصادفي و مطابق بردارهاي احتمال

P_i انتخاب كرده و بر محيط اعمال مي‌كند. اگر عمل انتخاب شده α_i باشد، پس از دريافت پاسخ محيط، اتوماتا بردار احتمال عمل‌هاي خود را در صورت دريافت پاسخ مطلوب بر اساس رابطة (۱) و در صورت دريافت پاسخ نامطلوب طبق رابطة (۲)بروز مي‌كند.

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= p_i(n) + a.(1-p_i(n)) \\ p_j(n+1) &= p_j(n) - a.p_j(n) \qquad \forall j \quad j \neq i \end{aligned} \qquad (۱)$$

$$\begin{aligned} p_i(n+1) &= (1-b).p_i(n) \\ p_j(n+1) &= \frac{b}{r-1} + (1-b)p_j(n) \qquad \forall j \quad j \neq i \end{aligned} \qquad (۲)$$

در روابط (۱) و (۲)، a پارامتر پاداش و b پارامتر جريمه مي‌باشد. اگر a و b با هم برابر باشند، الگوريتم L_{R-P} [8]، و اگر b از a خيلي كوچكتر باشد، الگوريتم $L_{R\varepsilon P}$ [9] و اگر b مساوي صفر باشد، الگوريتم L_{R-I} [10] نام دارد.

۴-۲- كيفيت سرويس با استفاده از اتوماتاي يادگير

پس از اتمام فاز خوشه‌بندي، هر ند عضويت خود را به رأس خوشه‌اي كه خود را به آن منتسب كرده است اعلام مي‌كند. در اين صورت، هر رأس خوشه مي‌داند كه چه تعداد ند در خوشة او موجود مي‌باشد. اين تعداد را براي خوشة k با N_k نشان مي‌دهيم.

هر ند به يك اتوماتاي يادگير مجهز است كه داراي تنها دو عمل مي‌باشد. يكي از اين دو عمل معادل فعال بودن ند و عمل ديگر معادل غيرفعال بودن آن مي‌باشد. در ابتدا، هر دو عمل اتوماتا احتمال برابر ۰/۵ دارند. در هر دور از جمع‌آوري اطلاعات، اتوماتاي هر ند، بر اساس احتمال منتسب به هريك از اعمالش، يكي از آنها را به طور تصادفي انتخاب مي‌كند. اين انتخاب نشان مي‌دهد كه در دور جاري ند مزبور بايد فعال يا غيرفعال باشد. در صورتي كه ند در اين دور فعال باشد، محيط خود را حس كرده و اطلاعات دريافتي از محيط را براي رأس خوشة خود مي‌فرستد.

رأس خوشه مدت زماني را صبر مي‌كند تا مطمئن شود كه بستة اطلاعاتي كلية ندهاي فعال در دور جاري موجود در خوشة خود را دريافت كرده است. سپس رأس خوشه تعداد بسته‌هاي اطلاعاتي دريافتي را تعيين مي‌كند. در روش ارائه شده در [12] ند مركزي با شمارش تعداد بسته‌هاي اطلاعاتي دريافتي در دور جاري، در صورتي كه اين تعداد از حد مورد نياز بيشتر باشد پاسخ منفي و در غير اين صورت پاسخ مثبت را به شبكه و ندهاي آن باز مي‌گرداند. اما استفاده از اين روش باعث مي‌شود كه همگرائي مناسبي به دست نيايد.

با توجه به آنكه در حقيقت لازم است متوسط تعداد بسته‌هاي دريافتي در طول زمان نسبت به تعداد كل ندها از حد آستانه‌اي مد نظر پائين‌تر باشد، در روش ارائه شده در اين مقاله، هر رأس خوشه، مجموع بسته‌هاي دريافتي از ندهاي خوشة خود در طي تمامي دورهاي جمع‌آوري اطلاعات تا كنون را نگاه مي‌دارد تا بتواند ميانگين مد نظر را محاسبه كند. در صورتي كه تعداد ندهاي فعال خوشة k در دور r را با Act_k نشان دهيم، در دور R اين مجموع به صورت رابطة (۳) بيان مي‌شود.

$$SUM(Act_k) = \sum_{r=1}^{R} Act_k \qquad (۳)$$

در اين صورت، ميانگين مد نظر از رابطة (۴) قابل محاسبه است.

$$E(Act_k) = \frac{SUM(Act_k)}{R \times N_k} \qquad (۴)$$

سپس رأس خوشه مقدار $ON\_RATIO - E(Act_k)$ را در سطح خوشة خود منتشر مي‌كند. در اين رابطه ON_RATIO حد آستانه‌اي مد نظر مي‌باشد. هر ند فعال در دور جاري، پاسخ دريافتي از ند مركزي را به عنوان پاسخ محيط به اتوماتاي خود ارائه مي‌دهد. اتوماتا بر اساس اين پاسخ دريافتي، عمل انتخابي خود كه معادل فعال بودن در دور جاري مي‌باشد را جريمه يا پاداش مي‌دهد. اگر اين پاسخ مقدار منفي داشته باشد، به مفهوم آن است كه تعداد ندهاي فعال بيش از حد مورد انتظار بوده است و لذا اتوماتا عمل خود را با استفاده از رابطة (۵) جريمه مي‌كند. در غير اين صورت، اتوماتا عمل خود را مطابق رابطة (۶) پاداش مي‌دهد.

$$\begin{aligned} & p_i(n+1) = \\ & \quad (1-(-(ON\_RATIO - E(Act_k))).p_i(n) \\ & p_j(n+1) = (1-p_j)\cdot \\ & \quad (-(ON\_RATIO - E(Act_k))) + p_j \qquad \forall j \quad j \neq i \end{aligned} \qquad (۵)$$

$$\begin{aligned} & p_i(n+1) = p_i(n) + \\ & \quad (ON\_RATIO - E(Act_k)).(1-p_i(n)) \\ & p_j(n+1) = p_j(n) - \\ & \quad (ON\_RATIO - E(Act_k)).p_j(n) \qquad \forall j \quad j \neq i \end{aligned} \qquad (۶)$$

در رابطة (۵)، با توجه به آنكه مقدار $ON\_RATIO - E(Act_k)$ منفي مي‌باشد، براي استفاده در رابطه، اين مقدار در يك منفي ضرب شده است.

بدين ترتيب، در طي زمان اتوماتاي هر ند لزوم فعال بودن يا نبودن آن ند را فرا مي‌گيرد. بديهي است در صورتي كه پس از همگرائي، ند فعالي به هر دليل از كار بيفتد، عملكرد اتوماتاي ندهاي غيرفعال به گونه‌اي خواهد بود كه سرانجام ندي جايگزين ند از كار افتاده شود.

۵- نتايج آزمايش‌ها

به منظور ارزيابي عملكرد الگوريتم ارائه شده، در اين بخش آزمايشاتي را ترتيب داده و در آنها نتايج حاصل از عملكرد اين الگوريتم را در مقايسه با روش ارائه شده در [12] مشخص نموده‌ايم. همانگونه كه بيان شد، در مرجع [12] دو اتوماتاي Gur و Ack به منظور دستيابي

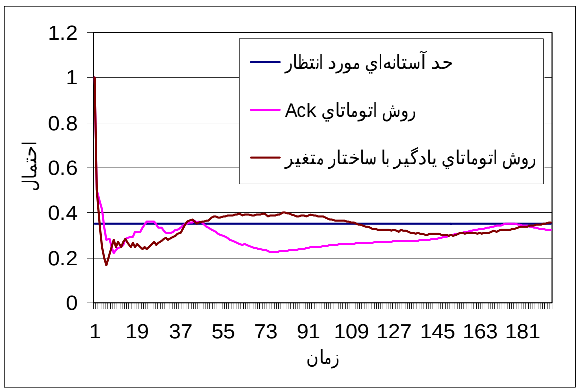
به كيفيت سرويس مد نظر مطرح شده و با يكديگر مقايسه شده‌اند. با توجه به آنكه در اين مرجع برتري اتوماتاي Ack بر اتوماتاي Gur نشان داده شده است، به منظور مقايسة عملكرد الگوريتم‌ها در اينجا تنها اتوماتاي Ack مورد ارزيابي قرار گرفته است.

كلية شبيه‌سازي‌ها با استفاده از نرم‌افزار NS2 صورت پذيرفته است. در كلية شبيه‌سازي‌ها، چينش ندها در محيط به صورت توري[11] منظم دو بعدي در نظر گرفته شده است. اين چينش به دليل سادگي بيشتر آزمايش الگوريتم‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، ولي در حالت كلي هر چينش تصادفي از ندها مي‌تواند مورد استفاده قرار گيرد.

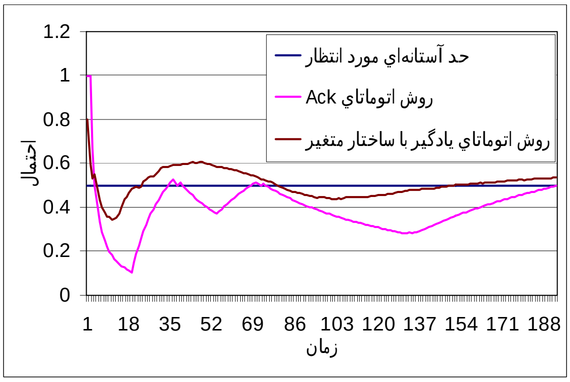
پارامترهاي P_{Min} و C_{prob} مورد استفاده در الگوريتم خوشه‌بندي ارائه شده در [14] به ترتيب برابر ۰/۲ و ۰/۰۱ قرار گرفته‌اند. اتوماتاي Ack مورد استفاده در اين شبيه‌سازي‌ها داراي ۴ وضعيت داخلي T_0 تا T_4 مي‌باشد كه احتمال منتسب به اين وضعيت‌ها به ترتيب برابر ۰/۰۱، ۰/۴، ۰/۸ و ۱ در نظر گرفته شده است. اتوماتاي يادگير مورد استفاده نيز همانگونه كه بيان شد داراي دو عمل متفاوت مي‌باشد كه در ابتداي شبيه‌سازي هريك داراي احتمال ۰/۵ مي‌باشند.

۵-۱- آزمايش اول

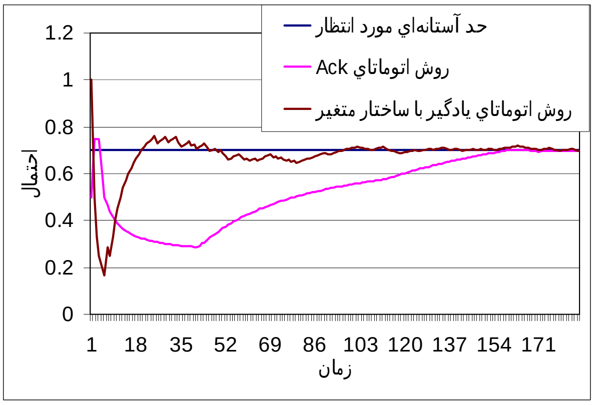
در اين آزمايش چگونگي همگرائي الگوريتم مورد استفاده جهت دستيابي به كيفيت سرويس، مد نظر قرار دارد. بدين منظور، شبكه‌اي متشكل از ۵۰ ند در نظر گرفته شده است. اين شبكه ابتدا خوشه‌بندي مي‌شود. سپس براي يكي از خوشه‌ها كه به طور تصادفي انتخاب مي‌شود، $E(Act_k)$ در هر دور از جمع‌آوري اطلاعات تعيين مي‌شود. انتظار آن است كه مقدار $E(Act_k)$ در طول زمان به سمت حد آستانه‌اي مد نظر كه با ON_RATIO بيان مي‌شود همگرا گردد. آزمايش براي مقادير ON_RATIO برابر ۰/۳۵، ۰/۵ و ۰/۷ و به مدت ۳ ساعت و ۲۰ دقيقه (۱۲۰،۰۰۰ ثانيه) تكرار شده است. نتايج اين آزمايشات در شكل‌هاي (۳)، (۴) و (۵) ديده مي‌شود. همانگونه كه ديده مي‌شود، روش ارائه شده نسبت به روش اتوماتاي Ack همگرائي سريع‌تر و دقيق‌تري دارد.



شكل (۳) همگرائي الگوريتم مبتني بر اتوماتاي يادگير با ساختار متغير در مقايسه با روش اتوماتاي **Ack** در صورتي كه حد آستانه‌اي ندهاي فعال ۰/۳۵ باشد



شكل (۴) همگرائي الگوريتم مبتني بر اتوماتاي يادگير با ساختار متغير در مقايسه با روش اتوماتاي **Ack** در صورتي كه حد آستانه‌اي ندهاي فعال ۰/۵ باشد



شكل (۵) همگرائي الگوريتم مبتني بر اتوماتاي يادگير با ساختار متغير در مقايسه با روش اتوماتاي **Ack** در صورتي كه حد آستانه‌اي ندهاي فعال ۰/۷ باشد

۵-۲- آزمايش دوم

در اين آزمايش، $E(Act_k)$ براي كلية خوشه‌ها در پايان شبيه‌سازي مد نظر قرار دارد. براي شبكه‌هائي حاوي ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ند و با مقادير ۰/۳۵، ۰/۵ و ۰/۷ به عنوان ON_RATIO به مدت ۳ ساعت و ۲۰ دقيقه شبيه‌سازي صورت پذيرفته است. در هر آزمايش، $E(Act_k)$ در پايان شبيه‌سازي براي هر رأس خوشه محاسبه شده است. شكل‌هاي (۶)، (۷) و (۸) نتايج حاصل از اين آزمايشات را نشان مي‌دهند. همانگونه كه مشاهده مي‌شود، روش ارائه شده نسبت به روش اتوماتاي Ack نتايج مطلوب‌تر و باثبات‌تري دارد. اكثر خوشه‌ها در اين روش تا حد مطلوب به آستانة ON_RATIO نزديك شده‌اند، در حاليكه در اتوماتاي Ack برخي از خوشه‌ها فاصلة زيادي تا مقدار آستانه‌اي مورد انتظار دارند. جدول (۱) ميزان خطاي عملكرد اين دو روش را بر اساس رابطة (۷) ارائه مي‌كند. در اين رابطه N تعداد خوشه‌هاي موجود در شبكه مي‌باشد.

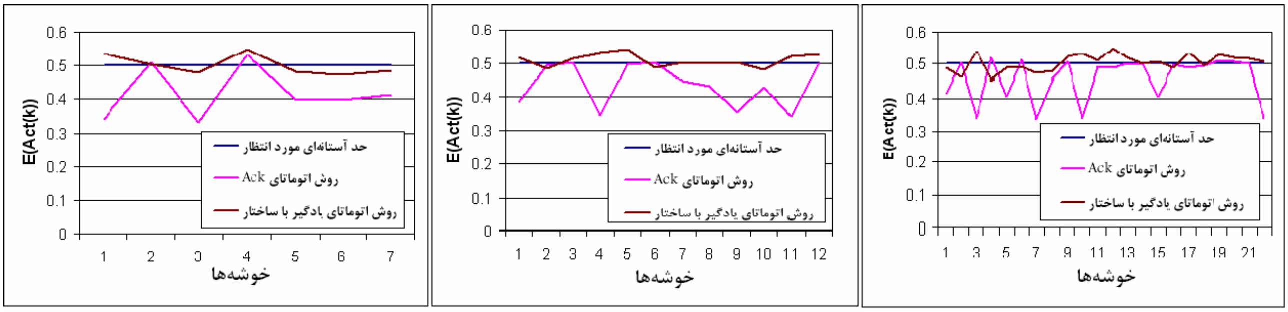
$$Error = \sum_{k=1}^{N} (E(Act_k) - ON\_RATIO)^2 \qquad (۷)$$

جدول (۱) مقايسهٔ ميزان خطاي ناشي از روش اتوماتاي **Ack** و اتوماتاي با ساختار متغير براي حدود آستانه‌اي ۰/۳۵، ۰/۵ و ۰/۷ و در شبکه‌هائي با تعداد ندهاي ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰

تعداد ندها	حد آستانه: ۰/۳۵		حد آستانه: ۰/۵		حد آستانه: ۰/۷	
	اتوماتاي Ack	اتوماتا با ساختار متغير	اتوماتاي Ack	اتوماتا با ساختار متغير	اتوماتاي Ack	اتوماتا با ساختار متغير
۵۰	۰/۰۳۶۴۹	۰/۰۰۱۳۳	۰/۰۸۲۹۷	۰/۰۰۵۳	۰/۱۴۹۶۱	۰/۰۰۲۰۸
۱۰۰	۰/۱۰۸۸	۰/۰۱۴۸۹	۰/۰۹۶۹۱	۰/۰۰۵۰۵	۰/۳۱۶۰۳	۰/۰۰۳۰۸
۲۰۰	۰/۱۵۳۹۴	۰/۰۱۷۲۳	۰/۱۳۰۸۶	۰/۰۱۵۳۴	۰/۴۶۹۶۵	۰/۰۰۴۱۹

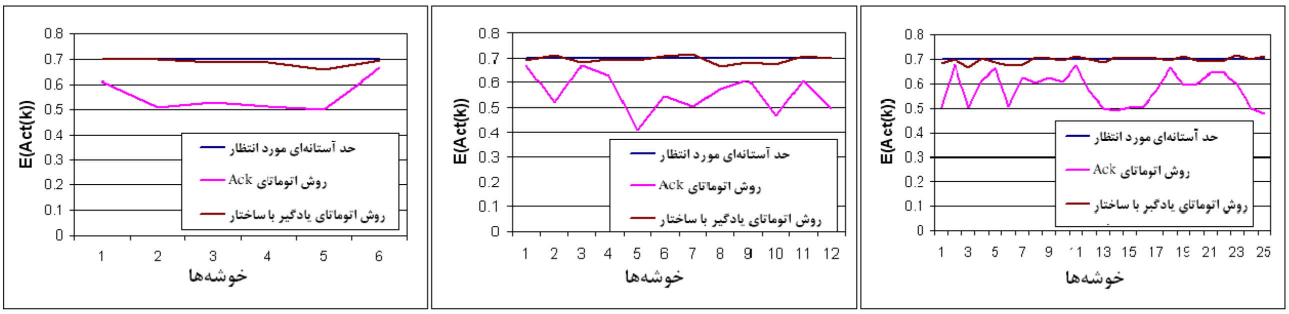
(الف) (ب) (پ)

شکل (۶) مقدار ***$E(Act_k)$*** براي خوشه‌هاي مختلف در صورتيکه مقدار ***ON_RATIO*** برابر ۰/۳۵ باشد، (الف) شبکهٔ داراي ۵۰ ند، (ب) شبکهٔ داراي ۱۰۰ ند و (پ) شبکهٔ داراي ۲۰۰ ند



(الف) (ب) (پ)

شکل (۷) مقدار ***$E(Act_k)$*** براي خوشه‌هاي مختلف در صورتيکه مقدار ***ON_RATIO*** برابر ۰/۵ باشد، (الف) شبکهٔ داراي ۵۰ ند، (ب) شبکهٔ داراي ۱۰۰ ند و (پ) شبکهٔ داراي ۲۰۰ ند



(الف) (ب) (پ)

شکل (۸) مقدار ***$E(Act_k)$*** براي خوشه‌هاي مختلف در صورتيکه مقدار ***ON_RATIO*** برابر ۰/۷ باشد، (الف) شبکهٔ داراي ۵۰ ند، (ب) شبکهٔ داراي ۱۰۰ ند و (پ) شبکهٔ داراي ۲۰۰ ند

۶- نتیجه‌گیري

در اين مقاله روش جديدي مبتني بر اتوماتاي يادگير براي دستيابي به كيفيت سرويس در شبكه‌هاي سنسور ارائه گرديد. كيفيت سرويس در اين مقاله به صورت تعداد ندهاي فعال در شبكه تعريف مي‌شود. بيان كرديم كه تنها در نظر گرفتن فاكتور تعداد ندها به عنوان كيفيت سرويس نمي‌تواند نتايج مطلوبي را به دنبال داشته باشد، بلكه لازم است پوشش كل شبكه نيز در كنار اين فاكتور قرار گيرد. بدين منظور، با استفاده از الگوريتم خوشه‌بندي ارائه شده در [14] ابتدا شبكة سنسور مد نظر خوشه‌بندي مي‌شود و سپس تعداد ندهاي فعال در هر خوشه تحت كنترل قرار مي‌گيرد. پس از انجام خوشه‌بندي، رأس هر خوشه مسؤول كنترل تعداد ندهاي فعال در آن خوشه خواهد بود. به منظور دستيابي به كيفيت سرويس مد نظر، به هر ند يك اتوماتاي يادگير منتسب مي‌شود. اين اتوماتاي يادگير وضعيت فعال يا غيرفعال بودن ند در دور جاري ارسال اطلاعات را تعيين مي‌كند، و در طي زمان با دريافت پس‌خور[12] از رأس خوشة خود، لزوم فعال بودن يا نبودن ند خود را فرا مي‌گيرد. از طريق آزمايشات نشان داديم كه روش ارائه شده نسبت به روش‌هاي مشابه عملكرد بسيار مطلوب و باثبات‌تري دارد.

مراجع

[1] D. Chen and P. K. Varshney, *"QoS support in wireless sensor networks: a survey"*, in Proc. of International Conference on Wireless Networks (ICWN '04), pp. 227-233, Las Vegas, Nev., USA, June 2004.

[2] N. Ehsan and M. Liu, *"Minimizing Power Consumption in Sensor Networks with Quality of Service Requirement"*, in Annual Allerton Confercence on Communications, Control and Computing (Allerton 2005), September 2005, Allerton, IL.

[3] T. He, J. A. Stankovic, C. Lu, T. F. Abdelzaher, *"SPEED: A Real-Time Routing Protocol for Sensor Networks"*, in Proc. of IEEE conference on Real-time communication and coordination in embedded sensor networks, July 2003.

[4] W. Su, *Enabling Quality of Service Applications in Sensor Networks*, Phd Thesis, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, April 2004.

[5] Q. Zhao, L. Tong, *"Quality-of-Service Specific Information Retrieval for Densely Deployed Sensor Networks"*, in Proc. of IEEE Military Communication Conference, Oct., 2003, Boston, MA.

[6] Q. Zhao, L. Tong, *"QoS Specific Medium Access Control for Wireless Sensor Networks with Fading"*, in Proc. of the Eighth International Workshop on Signal Processing for Space Communications, Sept., 2003, Italy.

[7] B. Liang, J. Frolik, X. S. Wang, *"A Predictive QoS Control Strategy for Wireless Sensor Networks"*, the 1st Workshop on Resource Provisioning and Management in Sensor Networks (PRMSN 05) in conjunction with the 2nd IEEE MASS, Washington D. C. Nov. 2005.

[8] M. A. Taleghan, A. Taherkordi, M. Sharifi, *"Quality of Service Support in Distributed Sink-Based Wireless Sensor Networks"*, The 2nd IEEE International Conference on Information and Communication Technologies: from Theory to Applications (ICTTA'06), Omayyad Palace, Damascus, Syria, April 24-28, 2006.

[9] W. Heinzelman, A. Murphy, H. Carvalho, M. Perillo, *"Middleware to Support Sensor Network Applications"*, IEEE Network Magazine Special Issue. Jan. 2004.

[10] M. Younis, K. Akayya, M. Eltowiessy, A. Wadaa, *"On Handling QoS Traffic in Wireless Sensor Networks"*, in the Proc. of the Intl. Conf. on System Sciences (HICSS-37), Big Island, Hawaii, January 2004.

[11] M. Perillo, W. Heinzelman, *"Providing Application QoS Through Intelligent Sensor Management"*, in Proc. of the 1st IEEE Intl. Workshop on Sensor Network Protocols and Applications (SNPA '03), May 2003.

[12] J. Frolik, *"QoS control for random access wireless sensor networks"*, Wireless Communications and Networking Conference (WCNC04), Atlanta, March 2004.

[13] J. Kay and J. Frolik, *"Quality of Service analysis and control for wireless sensor networks"*, the 1st IEEE Intl. Conf. on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS 2004), Ft. Lauderdale, FL., Oct. 25-27, 2004.

[14] O. Younis and S. Fahmy, *"Distributed Clustering in Ad-hoc Sensor Networks: A Hybrid, Energy-Efficient Approach"*, In Proc. of IEEE INFOCOM, volume 1, pp. 629-640, March 2004.

[15] Narendra, K.S. and M. A. L. Thathachar, *Learning automata: An introduction*, Prentice Hall, 1989.

زيرنويس‌ها

---

[1] Quality of Service (QoS)
[2] Coverage
[3] Application Specific QoS
[4] Network QoS
[5] End to end
[6] Reliability Assurance
[7] Hybrid Energy-Efficient Approach
[8] Linear Reward-Penalty
[9] Linear Reward epsilon Penalty
[10] Linear Reward Inaction
[11] Grid
[12] Feedback