

طراحی و شبیه‌سازی یک روش مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس در شبکه سیار موردی

محمد رضا حسینی آهانگر^{۱*}، سعید طاهری^۲، محمود صالح اصفهانی^۱

۱- استادیار و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه جامع امام حسین (ع)

(دریافت: ۹۰/۱۱/۰۴، پذیرش: ۹۱/۰۹/۱۳)

چکیده

ماهیت شبکه سیار موردی، تغییرات ساختاری مداوم و عدم وابستگی گره‌ها به یک واحد مرکزی است. در این مقاله با استفاده از قوانین محاسبات پهنای باند مصرفی در قراردادهای چند پخش سعي شده برای جلوگیری از کاهش تدریجی نرخ تحویل بسته‌ها، در زمانی که سرعت گره‌های شبکه در حال افزایش است، قرارداد سودمندی ارائه شود. قرارداد سودمند که با ایجاد تغییر در قرارداد مبنا تعبیه شده است، QB-ODMRP نام‌گذاری شده تا بتوان توانمندی‌های آن را از قرارداد مبنا ODMRP تشخیص داد. در این راستا شبیه‌سازی بر روی ۶۰ گره متحرک و غیر متحرک با نرم‌افزار گلوموسیم نسخه ۲/۰۳ انجام شده و در سناریوهای متفاوت کیفیت سرویس در آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتیجه‌های شبیه‌سازی نشان داد که روش پیشنهادی توانسته است ۲۵ درصد نرخ تحویل بسته‌ها را بهبود بخشد و تأخیر انتها به انتها نسبت به قبل را در حدود ۳۰ درصد کاهش دهد، که این فاکتورها همگی در بهبود کیفیت سرویس نقش اساسی دارند.

کلیدواژه‌ها: شبکه‌های سیار موردی، مسیریابی، کیفیت سرویس، چند پخش.

Design and Simulation of a Routing Algorithm based on Quality of Service in Mobile Ad Hoc Network

M. R. Hassani Ahangar*, S. Taheri, M. Saleh Esfahani

Imam Hossein University

(Received: 24/01/2012; Accepted: 03/12/2012)

Abstract

Due to limitations of mobile Ad Hoc networks, adding service quality to routing protocols of these networks improves their effectiveness and results in attaining requirements of passive defence. The main characteristics of mobile Ad Hoc networks are continuous changes in network structure as well as independency of nodes to any central unit. In this paper, using bandwidth calculation rules of multi-cast protocols a new routing method (named QB-ODMRP) is suggested based on a basic protocol (ODMRP) in order to avoid increasing delivery time (decreasing network speed) while increasing speed of individual nodes. Simulations on 60 dynamic and static nodes using 'Glomusium v 2.03' software in various service quality scenarios show that the suggested method can improve delivery rate as much as %25 and decrease end-to-end delay %30, resulting in improving service quality.

Keywords: Ad Hoc Networks, Routing, Quality of Service, Multi Casting.

۱. مقدمه

شبکه سیار موردی مجموعه‌ای از گره‌های سیار است که به‌طور موقت بدون کمک هیچ نوع مدیریت مرکزی یا سرویس پشتیبانی استاندارد بنا شده است. الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه سیار موردی از اهمیت قابل توجهی برخوردارند [۱].

در شبکه سیار موردی میزبان‌ها به‌طور مکرر حرکت می‌کنند و بنابراین ساختار شبکه به‌طور مکرر تغییر می‌کند. یکی از موضوعات مهم، مسیریابی در شبکه سیار موردی است. از آنجایی که گره‌ها در حال حرکت هستند، بنابراین مسیرها به‌صورت پویا کشف می‌شوند و به‌دلیل مسیریابی پویا در این شبکه‌ها، خطاهای مسیریابی به‌طور مکرر اتفاق می‌افتد [۲-۱]. از مشکلات مهم این شبکه‌ها می‌توان به عدم فراهم آوردن پهنای باند کافی برای زمانی که در شبکه ترافیک چندرسانه‌ای وجود دارد و همچنین کاهش نرخ تحویل بسته، زمانی که سرعت گره‌ها بالاست و پیدا کردن مسیری که پهنای باند لازم را برای عبور داشته باشد، اشاره کرد [۳ و ۱]. با توجه به نیاز روز افزون به کاربردهای چند رسانه‌ای نیاز به مجموعه‌ای از قراردادهای مسیریابی چند پختی از جمله ODMRP^۱ برای ارسال داده‌ها از یک گره به چندین گره دیگر به‌صورت اطمینان‌بخش، کاری بسیار دشوار است. شبکه سیار موردی نوع خاصی از شبکه‌های بی‌سیم هستند [۴ و ۲]. با این ویژگی که هر گره در این شبکه‌ها می‌تواند به‌عنوان مسیریاب عمل کند. به‌علت کاربردهای خاص این شبکه‌ها روش‌های چندپختی دسته مهمی از قراردادهای مسیریابی در آنها به‌شمار می‌روند [۵]. محدودیت منابع در گره‌ها لزوم استفاده از منابع به‌صورت بهینه و فراهم کردن کیفیت سرویس در این شبکه‌ها را ضروری کرده است.

در این مقاله روشی سودمند برای افزایش نرخ تحویل بسته با تخمین پهنای باند مصرفی یک جریان بر روی کانال اطراف یک گره در یک سناریوی چندپختی در شبکه سیار موردی ارائه شده است. همچنین برای افزودن قابلیت کیفیت سرویس بسته‌های خبردهنده با مکانیزم جدیدی به‌عنوان بسته‌هایی جدید به قرارداد ODMRP که یک قرارداد چند پختی و مبتنی بر توری^۲ می‌باشد، اضافه شده است. با استفاده از این بسته‌ها گره‌ها می‌توانند از اطلاعات همسایگان خود در بازه‌های زمانی متناوب حتی در سرعت‌های بالا آگاه شوند. درنهایت با استفاده از محاسبات ارائه شده و تولید بسته‌های خبردهنده جدید، روشی برای فراهم کردن پهنای باند ترافیک‌هایی که در صف ارسال هستند و پهنای باند مصرفی کمتری نسبت به درخواست قبلی دارند، پیشنهاد شده است. این روش به‌نام قرارداد QB-ODMRP پیاده‌سازی و شبیه‌سازی شده و نتیجه‌های شبیه‌سازی با نتیجه‌های حاصل از شبیه‌سازی قرارداد ODMRP (قرارداد مبنا) مقایسه و در این مقاله ارائه شده است.

برقراری کیفیت سرویس^۳ در شبکه سیار موردی به مسئله بزرگی

تبدیل شده است که محققان بسیاری در سرتاسر دنیا را به خود مشغول کرده است [۶]. تعداد بسته‌های که به‌موقع به مقصد رسیده و سهم ترافیک ایجاد شده در شبکه و تأخیر آنها به انتها همگی در کیفیت سرویس ارائه شده در شبکه سهم به‌سزایی دارند. در این مقاله یک قرارداد پیشنهادی سودمند به‌نام QB-ODMRP، جهت فراهم آوردن پهنای باند برای ارسال داده در زمانی که مسیر مناسب با پهنای باند لازم برای ارسال پیدا نمی‌شود و نیز جلوگیری از کاهش شدید نرخ تحویل بسته در زمانی که سرعت گره‌ها زیاد است، ارائه می‌شود. نتیجه‌های شبیه‌سازی بر روی ۶۰ گره متحرک نشان می‌دهد که روش ارائه شده در مقایسه با قرارداد اولیه با فراهم آوردن پهنای باند مورد نیاز گره‌های چند پختی، نرخ تحویل بسته^۴ بالاتر و سر بار کنترلی کمتری را فراهم می‌کند.

در این مقاله، شبکه‌های سیار موردی و چالش‌های مسیریابی در آنها بررسی شده و روش‌های متفاوت مسیریابی در شبکه سیار موردی مورد بحث قرار می‌گیرد و کیفیت سرویس و پهنای باند در قراردادهای چندپختی مورد توجه واقع می‌شود. در نهایت راه حل و روش پیشنهادی جهت برقراری کیفیت سرویس و شبیه‌سازی‌های انجام شده با هم مقایسه می‌گردد.

۱-۱. چالش‌های مسیریابی در شبکه سیار موردی

شکل (۱) کاربرد شبکه سیار موردی در سرویس‌های اضطراری را نشان می‌دهد. شبکه سیار موردی در جنگ‌های نظامی، عملیات نجات در مناطق آسیب دیده [۵ و ۱]، کاربردهای آموزشی [۶]، شبکه‌های حسگر و شبکه‌های بلوتوث^۵ [۱] کاربرد دارد.

در محیط‌های نظامی واحدهای نظامی درحالی‌که آزادانه حرکت می‌کنند، باید قادر باشند با یکدیگر ارتباط امن برقرار کنند. در این محیط‌ها گره‌های شبکه جابه‌جایی زیادی دارند و مسئله امنیت ارتباطی گره‌ها پیچیده است. همچنین مصرف توان گره‌ها و قابلیت ذخیره کردن انرژی آنها نیز متفاوت است [۸ و ۷].

یکی از مشکلات شبکه سیار موردی فراهم کردن کیفیت سرویس در این نوع از شبکه‌ها است. در لایه‌های مختلف شبکه تلاش برای بهبود کیفیت سرویس در حال انجام است.

بنابر دلیل‌های زیر مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس در شبکه‌های سیار موردی از روش‌های مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس در شبکه‌های دیگر مشکل‌تر می‌باشد:

✓ عدم وجود زیرساخت ثابت و متحرک بودن گره‌های شبکه که باعث شکستن در مسیرها و ایجاد یک ساختار پویا می‌شود.

✓ سربار مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس برای پهنای باند محدود در شبکه‌های سیار موردی بسیار زیاد است، زیرا گره‌ها باید از مکانیزم‌های ذخیره، به روز رسانی و نگهداری حالت و اطلاعات راجع به پیوندها بهره‌مند باشند.

✓ با وجود اینکه پهنای باند کانال‌های انتقال بی‌سیم محدود است اما

^۱ On Demand Multicast Routing Protocol

^۲ Mesh

^۳ QoS

^۴ Packet Delivery Ratio

^۵ Bluetooth

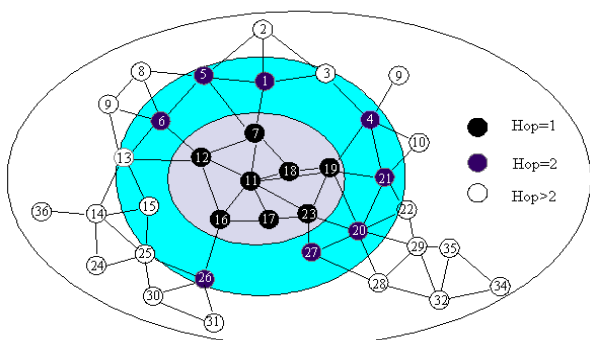
بسته اطلاعات را فقط به یک گره ارسال می‌کند. به عبارت دیگر مقصد نهایی دریافت پیام تنها یک گره است. در مدل چندپخشی یک گره بسته اطلاعات را به چند گره از پیش تعیین شده ارسال می‌کند و در مدل انتشاری یک گره بسته اطلاعات را به تمام گره‌های شبکه ارسال می‌کند [۸-۱۰].

۳-۱. قراردادهای مسیریابی در شبکه‌های سیار موردی

پروتکل‌های مسیریابی موجود برای شبکه سیار موردی را به چهار گروه مسیریابی عمومی از پیش محاسبه شده^۷، مسیریابی مبتنی بر تقاضا^۸، مسیریابی مبتنی بر مکان^۹ و مسیریابی سیل‌آسا^{۱۰} دسته‌بندی بندی کرد [۱۱ و ۱۲].

پروتکل حالت پیوند یک پیام به‌روز کننده برای هر تغییر این چینی ارسال می‌کند که در شبکه شناور شده و باعث سرباره بیش از اندازه می‌شود. FSR به وسیله استفاده از مبادله دوره‌ای محتوی نقشه ساختار از این مشکل دوری می‌کند و به‌طور زیاد، باعث کاهش سرباره پیغام کنترل می‌شود.

وقتی که اندازه شبکه بزرگ‌تر می‌شود، پیام به‌روز کننده، مقدار قابل توجهی از پهنای باند را مصرف می‌کند که به تناوب این پیام بستگی دارد. به‌منظور کاهش اندازه پیام به‌روز کننده بدون اثر جدی روی دقت مسیریابی، FSR از تکنیک فیش‌ای استفاده می‌کند [۱۱]. شکل (۲)، تکنیک فیش‌ای را در شبکه‌های بی‌سیم سیار نشان می‌دهد. دایره‌ها با درجه رنگ‌های خاکستری مختلف قلمروهای فیش‌ای نسبت به گره مرکزی (گره ۱۱) را نشان می‌دهند. قلمرو عنوان دسته‌ای از گره‌ها که می‌تواند با تعداد معینی از جهش‌ها به یکدیگر برسند تعریف می‌شود. در شکل (۲)، سه قلمرو برای جهش‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب نشان داده شده است.



شکل ۲. مسیریابی فیش‌ای و نمونه‌ای از درجه‌بندی گره‌ها در شبکه سیار موردی

گره‌ها به رنگ‌های سیاه و خاکستری و سفید هستند. کاهش اندازه پیغام به‌روز کننده، به‌وسیله استفاده از دوره‌های تبادل مختلف برای ورودی‌های مختلف در جدول به‌دست می‌آید. به‌طور دقیق‌تر، ورودی‌ها مطابق با گره‌ها در میان قلمرو کوچک‌تر برای گره‌های

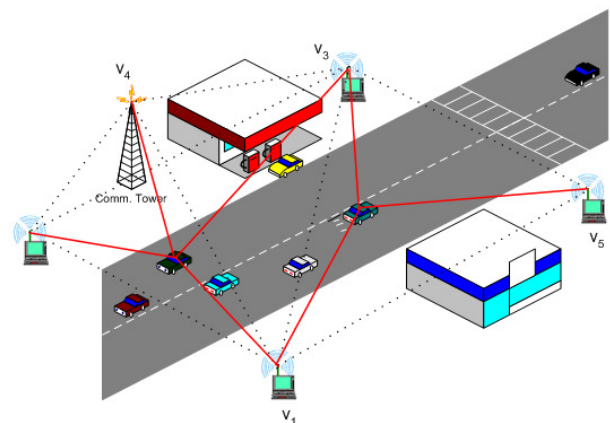
برای برقراری ارتباط بین گره‌ها نیاز به استفاده از کانال انتقالی به‌طور اشتراکی بین چند گره همسایه است.

✓ گره‌های شبکه می‌توانند نامتجانس باشند، بنابراین مجموعه‌های متفاوتی از پیوندها با ویژگی‌های متفاوت در شبکه وجود دارند.

✓ تشکیل مسیر با استفاده از روش‌های معمول برای برقراری کیفیت سرویس و ناپایداری مسیرها به‌علت شکسته شدن پیوندها و محدودیت توان گره‌های سیار بسیار مشکل است.

✓ روش‌های مسیریابی باید بتوانند همواره مسیرهای جایگزین که همانند مسیر قبل توانایی سرویس‌دهی را دارند، پیدا کنند.

مسیریابی چند پخشی نقش مهمی در کاربرهای عملیات‌های جستجو، نجات، نظامی و برگزاری سمینارها بر عهده دارد. در این کاربردها گروه‌هایی تشکیل می‌شوند که به‌طور معمول انتقال صوت یا تصویر از یک گره به چندین گره انجام می‌شود. تغییر ساختار و محدودیت منابع انرژی و پهنای باند مسیریابی چندپخشی را مشکل‌تر کرده است. روش‌های مسیریابی چندپخشی مرسوم در شبکه‌های سیم‌بندی از قبیل CB^۱، PIM^۲، [۳]، [۴]، DVMRP^۳ در شبکه‌های سیار موردی به‌خوبی کار نمی‌کند زیرا ساختارهای درختی بسیار شکننده هستند و نیاز به ساخت مجدد درخت و در نتیجه سربار بالای بسته‌های کنترلی می‌شود. این عوامل باعث شد که ساختارهای توری مطرح شوند که در محیط‌هایی با سرعت‌های بالا به‌خوبی کار می‌کنند و از پایداری و قابلیت اطمینان بالاتری نسبت به مسیریابی‌های براساس ساختار درختی برخوردار هستند.



شکل ۱. کاربرد شبکه سیار موردی در سرویس‌های اضطراری [۶]

۲-۱. ارسال بسته‌ها در شبکه سیار موردی

به سه روش تک پخشی^۴، چندپخشی^۵ و انتشاری^۶ ارسال بسته‌ها در شبکه سیار موردی انجام می‌شود. در مدل تک پخشی یک گره

^۷ Global Precomputed Routing

^۸ On-Demand Routing

^۹ Location Base Routing

^{۱۰} Flooding

^۱ Core Based Trees

^۲ Protocol Independent Multicast

^۳ Distance Vector Multicast Routing Protocol

^۴ Unicast

^۵ Multicast

^۶ Broadcast

ساختار متغیر شبکه، فقدان اطلاعات دقیق، فقدان کنترل کننده مرکزی، کانال رادیویی مستعد خطا، منابع محدود، مشکل ترمینال‌های مخفی و واسط ناامن است.

در حالت عمومی همان طوری که در شکل (۴) آمده است گره B به‌عنوان گره بالادست^۱ گره I و گره C گره پایین دست^۲ گره I می‌گویند و این دو گره را به ترتیب با Uplink(I) و Downlink(I) نشان داده می‌شود. بنابراین:

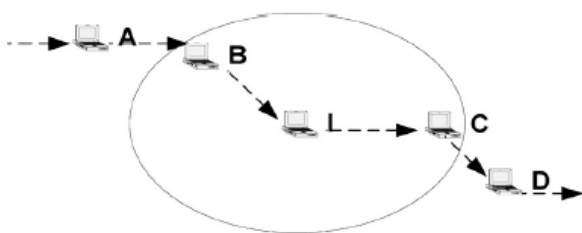
(۱)

$$B_{consumed}(I,j) = B_{uplink(I)}(j) + B_{downlink(I)}(j)$$

که در رابطه بالا $B_{uplink(I)}(j)$ و $B_{downlink(I)}(j)$ می‌تواند بسته به محل قرارگیری در مسیر مبدأ به مقصد پهنای باند یکی از مقادیر B_{min} یا $2B_{min}$ باشد. با توجه به معادله‌های بالا مشاهده می‌شود که $B_{consumed}(I,j)$ بسته به محل قرارگیری گره I می‌تواند متغیر باشد و رابطه (۱) یک حد بالا از پهنای باند مصرفی در گره I است. هر گره‌ای با مقایسه $B_{available(I)}$ و $B_{consumed}(I,j)$ می‌تواند تصمیم بگیرد که آیا جریان داده Z را قبول کند یا خیر. در صورتی که مقدار $B_{available(I)}$ از مقدار $B_{consumed}(I,j)$ بزرگتر باشد گره I می‌تواند جریان Z را قبول کند [۱۵ و ۱۶].

۲. شبیه‌سازی کیفیت سرویس در شبکه سیار موردی

شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار گلوبوسیم^۳ انجام گرفته است. این نرم‌افزار در دانشگاه UCLA برای شبیه‌سازی شبکه‌های سیار موردی طراحی و به‌صورت رایگان منتشر شده است. به‌طور تقریبی ۲۱ درصد شبیه‌سازی بر روی شبکه سیار موردی در گروه‌های تحقیقاتی با استفاده از این نرم‌افزار صورت می‌پذیرد که پس از شبیه‌سازی NS₂ (۳۵٪) از نظر میزان کاربرد در این شبکه‌ها در رده دوم قرار دارد [۱۶].



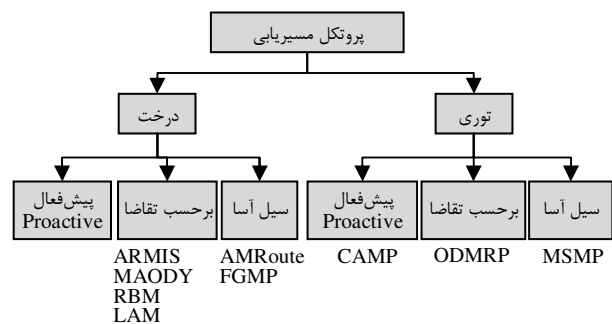
شکل ۴. عبور جریان زاز گره I

شبیه‌سازی بر روی ۶۰ گره که به‌طور تصادفی در فضایی به ابعاد 1200×1200 متر مربع پراکنده شده‌اند، صورت گرفته است. مدل حرکت گره‌ها را به‌صورت راه رفتن تصادفی^۴ در نظر گرفته شده است. مدت زمان شبیه‌سازی را ۲۰۰ ثانیه و ۴۰۰ ثانیه در نظر گرفته و شعاع رادیویی گره‌ها ۲۵۰ متر و پهنای باند هر گره ۲ Mb/s می‌باشد.

نزدیک با بیشترین تناوب پخش می‌شوند. در شبکه سیار موردی به دلیل چالش‌های نگهداری مسیر ارتباطی بین منبع و مقصد در سطح وسیعی مورد بررسی قرار می‌گیرند. حتی زمانی که برخی از گره‌های عادی قادر به ادامه مشارکت در ارسال بسته‌ها رو به جلو نیستند، این بسته باید به‌وسیله گره‌های مسیر دیگری جابه‌جا شوند. پس نتیجه می‌شود که نگهداری مسیرها بین منبع منفرد و چندین مقصد تا اندازه‌ای مشکل‌زا است. با توجه به اهمیت روز افزون چندپخش به‌عنوان وسیله‌ای برای کاهش استفاده از پهنای باند جهت توزیع هر می داده‌ها و نیاز مبرم به ذخیره پهنای باند در طول میدان‌های بی‌سیم، طبیعی است که مسیریابی چندپخش باید تا اندازه‌ای مورد توجه شبکه سیار موردی قرار گیرد. شکل (۳) انواع قراردادهای مسیریابی چندپخش را نشان می‌دهد [۱۴ و ۱۳].

۱-۴. کیفیت سرویس و اهمیت آن در شبکه‌های سیار موردی

از آنجایی که کاربردهای مختلف نیازمندی‌های متفاوتی دارند، سرویس‌های مورد نیازشان و پارامترهای کیفیت سرویس از کاربردی به کاربرد دیگر متفاوت است. به‌عنوان مثال در کاربردهای چندرسانه‌ای پهنای باند، تأخیر و انحراف معیار تأخیر پارامترهای اصلی کیفیت سرویس هستند، در حالی که در کاربردهای نظامی امنیت پارامتر مورد توجه است و همچنین برای کاربردهایی مثل عملیات جستجو و نجات اورژانسی در دسترس بودن شبکه پارامتر اساسی کیفیت سرویس است. کاربردهایی مانند ارتباطات گروهی در کنفرانس‌های داخل سالن نیازمند این است که ارتباطات میان گره‌ها با کمترین میزان انرژی صورت گیرد. بنابراین عمر باتری به‌عنوان پارامتر کیفیت سرویس محسوب می‌شود.



شکل ۳. دسته‌بندی پروتکل‌های مسیریابی چندپخش

بر خلاف شبکه‌های سیمی مرسوم که پارامترهای کیفیت سرویس به‌طور اساسی توسط نیازمندی‌های ترافیک چندرسانه‌ای مشخص می‌شوند، در شبکه‌های سیار موردی نیازمندی‌های کیفیت سرویس بیشتر تحت تأثیر محدودیت‌های منابع گره‌ها مانند شارژ باتری، قدرت محاسباتی و فضای حافظه هستند.

در حال حاضر فراهم کردن کیفیت سرویس در شبکه سیار موردی به یک محیط فعال تبدیل شده است. شبکه‌های سیار موردی دارای خصوصیات ویژه‌ای هستند که فراهم کردن کیفیت سرویس را با مشکلات زیادی مواجه می‌کنند. برخی از این خصوصیات شامل

^۱ Uplink

^۲ Downlink

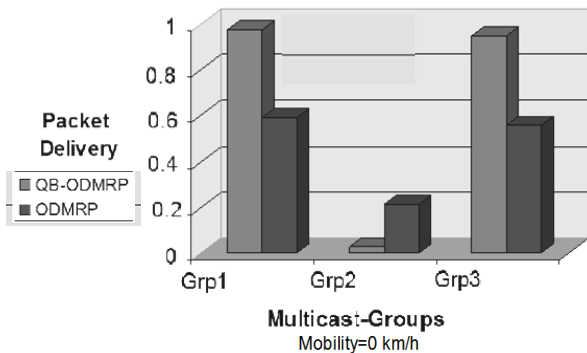
^۳ Global Mobile Information System Simulator

^۴ Random Waypoint

در شکل (۵) میزان نرخ تحویل بسته برای هر گروه نشان داده شده است. گروه دوم به علت نبودن پهنای باند کافی و یا نرسیدن تعداد کافی از بسته‌های پاسخ به فرستنده گروه، تشکیل نشده است. دو گروه دیگر تشکیل شده نرخ تحویل بسته بالاتری را نسبت به نرخ تحویل بسته در قرارداد ODMRP دارند و این مسئله به علت این است که در قرارداد ODMRP همه گروه‌ها بدون توجه به کافی بودن پهنای باند تشکیل می‌شوند و باعث برخورد بسته‌ها و کم شدن نرخ تحویل بسته‌ها می‌شود. اما در روش QB-ODMRP تنها گروه‌هایی تشکیل می‌شوند که تعداد معینی از گیرنده‌ها بتوانند پاسخ را به گره فرستنده برگردانند و این به معنی کافی بودن پهنای باند مسیر ایجاد شده است.

بنابراین در روش QB-ODMRP به جای قبول همه گروه‌ها و سرویس‌دهی ناقص به آنها به تعدادی از گروه‌ها که امکان سرویس‌دهی به آنها وجود دارد، فراهم می‌شود. بنابراین نرخ تحویل بسته‌های داده در روش QB-ODMRP بالاتر از روش ODMRP خواهد بود.

در شکل‌های (۷-۵) مشاهده شد که شبیه‌سازی بر روی شبکه‌ای با سه گروه و بدون حرکت و نرخ‌های ارسال {۱۲۸، ۲۵۶، ۱۲۸} انجام شد. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، نرخ تحویل بسته‌ها در قرارداد QB-ODMRP نسبت به قرارداد ODMRP بالاتر است و نرخ پذیرش داده حدود ۸۰٪ و تأخیر انتها به انتها هم در روش QB-ODMRP بهتر از روش ODMRP است. همچنین در شکل (۶) مشاهده می‌شود میزان نرخ تحویل بسته در روش QB-ODMRP در گروه‌های قبول شده حدود ۷۵٪ است، در حالی که در روش ODMRP این پارامتر برای دو گروه اول و سوم حدود ۴۰٪ تا ۵۰٪ و برای گروه دوم حدود ۱۰٪ است.



شکل ۵. نرخ تحویل بسته برای سه گروه {۱۲۸، ۲۵۶، ۱۲۸} و با سرعت صفر کیلومتر

در شکل (۶) نرخ پذیرش ترافیک برای شبکه‌ای به صورت {۱۲۸، ۲۵۶، ۱۲۸} و ثابت را نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در روش ODMRP همه بسته‌های تولید شده توسط فرستنده ارسال می‌شوند، در صورتی که در روش QB-ODMRP همه بسته‌های تولید شده در شبکه ارسال نمی‌شوند.

در قرارداد ODMRP پارامتری به نام TTL^۱ وجود دارد که بر اساس اندازه شبکه مقدردهی می‌شود. این پارامتر برای کنترل انتشار بسته‌های درخواست عضویت بوده و نشان‌دهنده تعداد پرش‌هایی است که یک درخواست می‌تواند طی کند. TTL در همه شبیه‌سازی‌ها برابر ۱۰ فرض شده است. همچنین برای ارسال ترافیک از ترافیک با نرخ ثابت^۲ با اندازه‌های بسته ۵۱۲ بایت استفاده شده است. در شبیه‌سازی قرارداد ODMRP^۳ و QB-ODMRP^۴ سه پارامتر اندازه‌گیری شده‌اند که عبارت است از:

- نرخ تحویل بسته^۵: مجموع تعداد بسته‌هایی که به مقصدها رسیده است نسبت به کل بسته‌هایی که گیرنده‌ها باید دریافت شود. در اینجا این پارامتر به ازای هر گروه چندپخش محاسبه شد، در صورتی که در روش‌های تک‌پخش و چندپخش بدون کیفیت سرویس این پارامتر برای کل شبکه محاسبه می‌شود.
- نرخ پذیرش ترافیک^۶: نسبت تعداد بسته‌های داده ارسال شده از طرف فرستنده گروه به تعداد کل بسته‌های تولید شده توسط همین گره است.
- تأخیر انتها به انتها^{۱۰}: این مقدار برابر است با میانگین تأخیر بسته‌های رسیده به مقصد به ازای هر گروه.

۱-۲. ارزیابی نتایج شبیه‌سازی

در شبیه‌سازی اول سه گروه GP₁، GP₂ و GP₃ در نظر گرفته شده است که با فاصله‌های زمانی ۱۰ ثانیه تشکیل شده‌اند و تا انتهای زمان شبیه‌سازی باقی می‌ماند. در این شبیه‌سازی گروه اول و سوم با نرخ ۱۲۸ Kbit/s داده‌های خود را ارسال می‌کنند و گروه دوم دارای نرخ ارسال ۲۵۸ Kbit/s است. جدول (۱) مقدار دیتای به دست آمده از اولین سناریوی شبیه‌سازی است که در شکل‌های (۷-۵) نمایانگر خروجی‌های این سناریو هستند.

جدول ۱. پارامترهای خروجی شبیه‌سازی سه گروه {۱۲۸، ۲۵۶، ۱۲۸} با سرعت صفر کیلومتر بر ساعت

نسبت پذیرش ترافیک	نرخ/بیت (kbps)	PDR	تأخیر	ارسال داده	QB-ODMRP
۰/۸۰۵۱۸۴۷۰۵	۱۲۸	۰/۹۴۸۰۶۸۲۵۵	۴۷/۷۲۳۵۱	۶۲۱۲	گروه یک
۰/۷۳۴۰۱۵۳۴۵	۲۵۶	۰/۰۹۷۷۷۰۰۳۵	۱۰/۶۱۹۷	۱۰۰۴۵	گروه دو
۰/۸۱۱۴۲۳۷۲۲	۱۲۸	۰/۸۵۸۱۷۸۰۵۴	۵۲/۸۸۰۰۳	۵۷۹۶	گروه سه
					Mobility=0
نسبت پذیرش ترافیک	نرخ/بیت (kbps)	PDR	تأخیر	ارسال داده	QB-ODMRP
۰/۹۸۷۶۵۶	۱۲۸	۰/۴۴۷۹۳۲۵۹۹	۹۰/۷۰۳۶۸۲۶	۷۷۱۵	گروه یک
۱	۲۵۶	۰/۲۲۹۸۱۳۶۶۵	۲۲۰/۴۹۰۷۷۸۴	۱۳۶۸۵	گروه دو
۰/۹۷۸۹۶۵	۱۲۸	۰/۵۵۷۲۰۸۴۵۶	۸۰/۴۹۷۹۰۳۶	۷۱۴۲	گروه سه
-	-	-	-	-	Mobility=0

^۵ Time To Live

^۶ Constant Bit Rate (CBR)

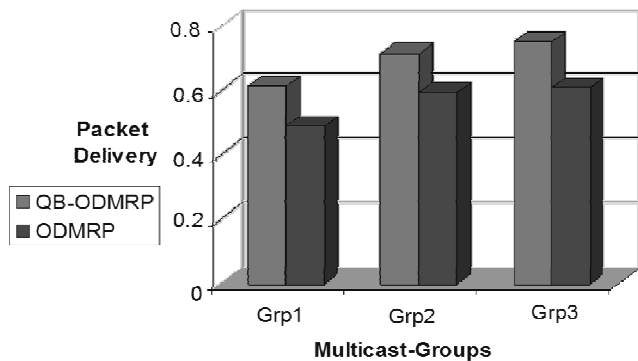
^۷ QoS Based ODMRP

^۸ Packet Delivery Ratio

^۹ Traffic Admission Ratio

^{۱۰} End-To-End Delay

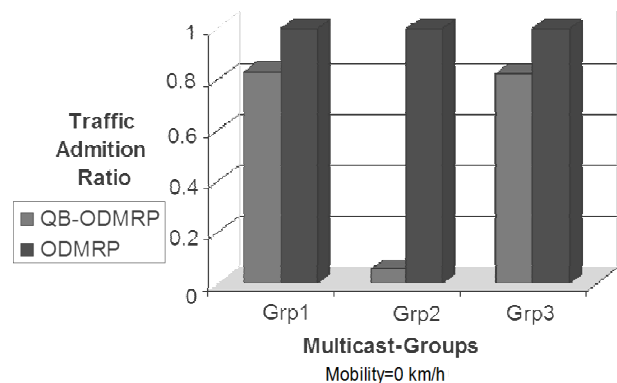
در ضمن جدول (۲) پارامترهای خروجی شبیه‌سازی سه گروه (۱۲۸،۱۲۸،۱۲۸) با سرعت صفر کیلومتر بر ساعت را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل (۸) مشاهده می‌کنید، نرخ تحویل بسته‌ها در قرارداد QB-ODMRP در هر سه گروه پذیرفته شده بیشتر از قرارداد ODMRP است و همان‌طور هم که در قبل اشاره شد، علت این است که بسته‌ها تنها زمانی که مسیرها با منابع کافی وجود داشته باشند، ارسال می‌شوند، در نتیجه امکان رسیدن بسته‌ها به مقصدها بالاتر می‌رود. به همین ترتیب میزان تأخیر انتها به انتها در قرارداد QB-ODMRP پایین‌تر از تأخیر انتها به انتها در قرارداد ODMRP است. در شکل‌های (۱۱-۱۳) شبیه‌سازی دیگری بر روی شبکه‌ای با سه گروه و بدون حرکت و نرخ‌های ارسال {۲۵۶،۲۵۶،۲۵۶} انجام شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با بالاتر رفتن نرخ ارسال داده در گروه‌ها مقدار تحویل بسته کاهش می‌یابد. این مطلب را با مقایسه شکل (۸) و شکل (۱۱) که دو شبیه‌سازی با سه گروه و نرخ‌های ارسال {۱۲۸،۱۲۸،۱۲۸} و {۲۵۶،۲۵۶،۲۵۶} انجام شده است، می‌توان در جدول (۳) مشاهده کرد. در شکل (۸) همه گروه‌ها نرخ ارسال ۱۲۸ Kbps دارند و در شکل (۱۱) همه گروه‌ها نرخ ارسال ۲۵۶ Kbps دارند نرخ تحویل بسته در شکل (۸) بیشتر از شکل (۱۱) است.



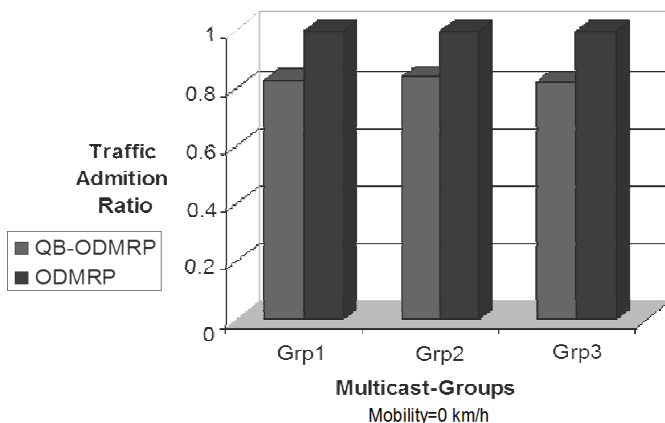
شکل ۸. نرخ تحویل بسته برای سه گروه (۱۲۸،۱۲۸،۱۲۸) و با سرعت صفر کیلومتر بر ساعت

زیرا طبق قرارداد QB-ODMRP تنها زمانی فرستنده اقدام به ارسال بسته‌های داده می‌کند که گروه تشکیل شده باشد و مسیرهایی با پهنای باند درخواستی ایجاد شده باشند. همان‌طور که در شکل (۶) هم نشان داده شده است، در قرارداد QB-ODMRP حدود ۸۰٪ از داده‌ها ارسال شده‌اند و علت آن است که ابتدا در زمانی که گروه سوم تشکیل می‌شود ممکن است مسیرهای ایجاد شده برای گروه سوم با مسیرهای تشکیل شده برای گروه اول تداخل داشته باشند و مدت زمانی نیز برای پیدا کردن مسیری جدید با کیفیت سرویس خواسته شده، صرف شود و بسته‌هایی که در این مدت تولید شده‌اند، ارسال نمی‌شوند تا گروه برقرار شود. همچنین در زمانی که فرستنده گروه بسته درخواست عضویت را در شبکه منتشر می‌کند، از آنجایی که مسیرها هنوز تشکیل یا بروز نشده‌اند، بسته‌های تولید شده دور ریخته می‌شوند تا بسته‌های پاسخ از طرف گیرنده‌ها به فرستنده برسند و گروه برقرار شود. با این روش و کم کردن بار ترافیکی شبکه در زمانی که پهنای باند کافی برای گروه وجود ندارد، یا مسیرها در حال بازسازی هستند، میزان برخورد بسته‌ها کمتر می‌شود و نرخ تحویل بسته‌ها در گیرنده‌ها بالا می‌رود.

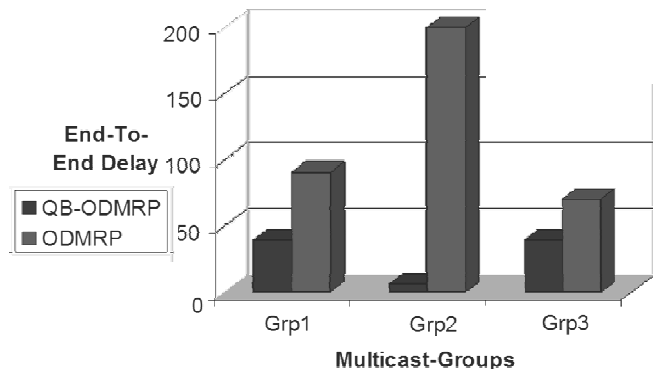
در شکل‌های (۱۰-۸) شبیه‌سازی دیگری بر روی شبکه‌ای با سه گروه و بدون حرکت و نرخ‌های ارسال {۱۲۸،۱۲۸،۱۲۸} نشان داده شده است.



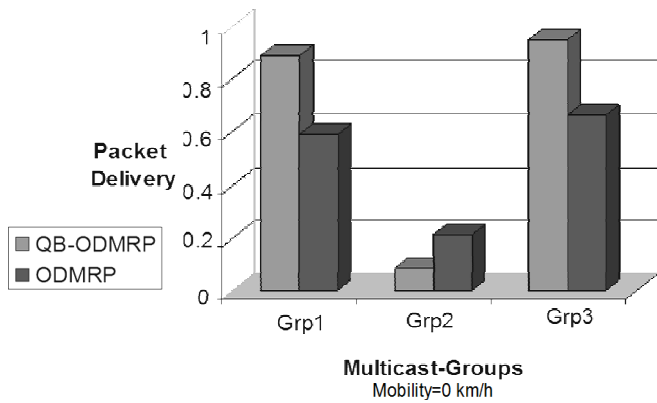
شکل ۶. نرخ پذیرش ترافیک برای سه گروه (۱۲۸،۲۵۶،۱۲۸) و با سرعت صفر کیلومتر بر ساعت



شکل ۹. نرخ پذیرش ترافیک برای سه گروه (۱۲۸،۱۲۸،۱۲۸) و با سرعت صفر کیلومتر بر ساعت

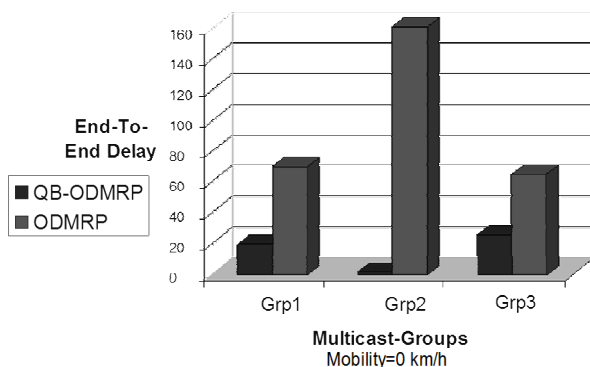


شکل ۷. تأخیر انتها به انتها برای سه گروه (۱۲۸،۲۵۶،۱۲۸) و با سرعت صفر کیلومتر بر ساعت



شکل ۱۵. تأخیر انتها به انتها برای سه گروه (۱۲۸،۵۱۲،۱۲۸) و با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت

اما مکانیزم عملکردی قرارداد QB-ODMRP به گونه‌ای دیگر است، یعنی در صورت عدم پیدا کردن مسیر با پهنای باند مناسب دیگر بسته درخواست عضویت قبلی را دوباره پخش نکرده، این بار مقداری از پهنای باند درخواستی را کاهش داده و بسته درخواست عضویت جدیدی را با مشخصات پهنای باند درخواستی جدید در شبکه پخش می‌کند تا شاید بتواند گره‌های را پیدا کند که پهنای باند آنها با پهنای باند مصرفی موجود در فیلد پهنای باند بسته درخواست عضویت بیشتر یا حداقل یکی باشد. حال با این نوآوری می‌توان ترافیک‌هایی را که پهنای باند مصرفی آنها از پهنای باند درخواستی قبلی کمتر است را به شبکه وارد کرد و مسیر با پهنای باند مناسب را برای عبور این داده در مراحل کشف مسیر مهیا کرد. از مشخصات دیگر این قرارداد جدید می‌توان به این ویژگی اشاره کرد، زمانی که سرعت حرکت گره‌های موجود در شبکه زیاد می‌شود، پس از یک دوره نرخ تحویل بسته با پیدا شدن مسیرهای جدید و جایگزین مسیرهای شکسته بالا می‌رود و بعد از زیادتر شدن مجدد سرعت گره‌ها نرخ تحویل بسته‌ها به یک‌باره کاهش می‌یابد، با بالا رفتن سرعت گره‌ها، با توجه به اینکه پیام‌های نگهداری مسیرها و همسایه‌ها با سرعت قبلی ارسال می‌شود، این مسئله باعث گم شدن ناگهانی گره‌ها در شبکه شده و نرخ تحویل بسته کاهش شدیدی می‌کند.



شکل ۱۶. نرخ پذیرش ترافیک برای سه گروه (۱۲۸،۵۱۲،۱۲۸) و با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت

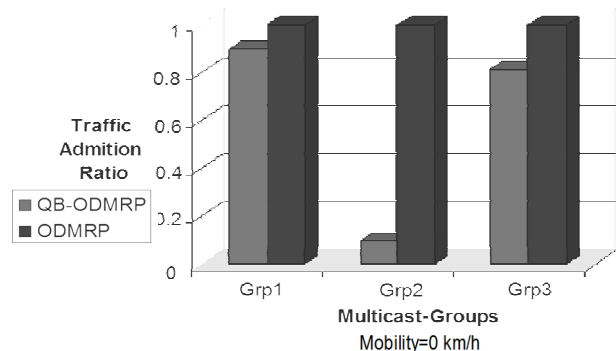
جدول ۴. پارامترهای خروجی شبیه‌سازی سه گروه (۱۲۸،۵۱۲،۱۲۸) سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت

نسبت پذیرش ترافیک	نرخ/بیت (kbps)	PDR	تأخیر	ارسال داده	QB-ODMRP
۰/۸۹۵۵۲۸۱۹	۱۲۸	۰/۸۹۳۵۶۳	۱۹/۸۲۱	۶۴۰۰	گروه یک
۰/۰۹۹۸۳۲	۵۱۲	۰/۱۸۹۱۷۴	۱/۷۹۴	۶۰۰۰	گروه دو
۰/۸۱۴۴۹۰۵	۱۲۸	۰/۹۵۰۶۸۸	۲۵/۲۴۷	۶۱۰۴	گروه سه
					Mobility=0
نسبت پذیرش ترافیک	نرخ/بیت (kbps)	PDR	تأخیر	ارسال داده	QB-ODMRP
۱	۱۲۸	۰/۵۹۴۹۶۶۹	۷۰/۳۶۸	۸۲۴۸	گروه یک
۱	۵۱۲	۰/۳۱۲۹۵۸	۱۵۶۲/۹۰۷	۶۵۵۳	گروه دو
۱	۱۲۸	۰/۷۶۷۵۲۵	۶۴/۹۷۹	۹۲۸۴	گروه سه
-	-	-	-	-	Mobility=0

۲-۲. مقایسه پارامترهای روش ارائه شده با روش مبنا در شبیه‌سازی

در روش ODMRP همه بسته‌های تولید شده توسط فرستنده ارسال می‌شوند. در صورتی که در روش QB-ODMRP همه بسته‌های تولید شده در شبکه ارسال نمی‌شوند، زیرا طبق قرارداد QB-ODMRP تنها زمانی فرستنده اقدام به ارسال بسته‌های داده می‌کند که گروه تشکیل شده باشد و مسیریابی با پهنای باند درخواستی ایجاد شده باشد. از آنجایی که در قرارداد QB-ODMRP مسیریابی با پهنای باند کافی فراهم می‌شوند، در نتیجه بسته‌ها از مسیریابی با پهنای باند کافی به مقصد می‌رسند و مقدار تأخیر انتها به انتها کمتر از قرارداد ODMRP است. نرخ تحویل بسته‌ها در قرارداد QB-ODMRP در هر سه گروه پذیرفته شده بیشتر از قرارداد ODMRP است.

روش پیشنهادی که در قرارداد جدید تعبیه شده و وجه تمایز آن را از قرارداد مبنا روشن می‌سازد، این است زمانی که قرارداد ODMRP بسته درخواست عضویت را جهت پیدا کردن مسیر با پهنای باند مناسب، در شبکه پخش می‌کند. هر بار قرارداد در صورت عدم دریافت بسته پاسخ کار پخش بسته درخواست عضویت را تا چند بار تکرار می‌کند تا شاید در این فاصله زمانی مسیری مناسب برای ارسال اطلاعات پیدا شود.



شکل ۱۴. نرخ تحویل بسته برای سه گروه (۱۲۸،۵۱۲،۱۲۸) و با سرعت ۱۰ کیلومتر بر ساعت

۳. نتیجه‌گیری

در پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی قرارداد ODMRP تلاش شده است که تا حد ممکن نحوه عملکرد قرارداد ODMRP تغییر داده نشود و از همان مکانیزم‌های کشف مسیر و نگهداری مسیر که قرارداد ODMRP از آنها استفاده می‌کند، برای فراهم کردن پهنای باند درخواستی استفاده شود. روش تخمین پهنای باند مصرفی برای عبور جریان در یک گره، که در همین مقاله استفاده شده است، در گذشته توسط سایر محققان این حوزه پیشنهاد شده است که در این مقاله به این روش‌ها، پارامترهای دیگری اضافه شده است و قرارداد جدیدی به نام QB-ODMRP را به وجود آمد. این قرارداد توانست در شرایط مختلف که پهنای باند مناسب در شبکه وجود ندارد و یا اینکه سرعت گره‌های شبکه افزایش می‌یابد، نرخ تحویل بسته را ۲۵ درصد بهبود ببخشد. همچنین در این قرارداد از مکانیزم رزرو منابع به صورت نرم، برای رزرو و آزاد کردن پهنای باند در طول مسیر استفاده شده است. نتیجه‌های شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در روش پیشنهادی جدید با فراهم شدن پهنای باند درخواستی برای گروه‌های چندپخش‌ی نرخ تحویل بسته به ازای هر گروه بالاتر از قرارداد ODMRP خواهد بود و همچنین تأخیر انتها به انتهای بسته‌ها نیز در روش جدید نسبت به قرارداد ODMRP کمتر است.

۴. مراجع

- [1] Cordeiro, C. M.; Agrawal, D. P. "AD HOC and Sensor Networks, Theory and Application"; World Scientific Professional Press, 2006.
- [2] Tobagi, F. A. "Modeling and Performance Analysis of Multihop Packet Radio Networks"; Proc. IEEE 1987, 135-55.
- [3] Jubin, J.; Tornow, J. D. "The Darpa Packet Radio Network Protocol"; Proc. IEEE 1987, 75, 21-32.
- [4] Comp, T.; Boleng, J.; Davies, V. "A Survey of Mobility Models for AD HOC Network Research"; Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC), Special Issue, 2003.
- [5] Dareh Shoorzadeh, A. "Routing Algorithm Based on Quality of Service in Mobile Ad Hoc Network"; Iran Univ. Sci. Tech., M. Sc. Theses, 2006 (In Persian).
- [6] Graaf, M.; Berg, H.; Boucherie, R. J.; Brouwer, F. "Easy Wireless :Broadband AD-HOC Networking for Emergency Services", the Sixth Annual Mediterranean AD HOC Networking Workshop, Corfu, Greece 2007, 12-15.
- [7] Gharavi, H.; Ban, K. "Multihop Sensor Network Design for Wideband Communications"; In Proc. IEEE, 2003, 91, 1221-1234.
- [8] Abolhasan, M.; Wysocki, T.; Dutkiewicz, E. "A Review of Routing Protocols for Mobile AD HOC Networks"; Telecommunication and Information Research Institute, University of Wollongong, Wollongong NSW 2522, Australia, Elsevier Ad Hoc J. 2004, 2, 1-22.
- [9] Zhu, H.; Bao, F.; Li, T.; Wu, Y. "Sequential Aggregate Signatures for Wireless Routing Protocols"; IEEE Wireless Communications and Networking Conf. 2005, 4, 2436- 2439 and 4, 13-17.

در قرارداد جدید به حل این مشکل توجه ویژه‌ای شده است و پیام‌های نگه دارنده مسیر و همسایگان و سایر بسته‌های کنترلی ملزوم کشف مسیر، با توجه به سرعت گره‌ها ارسال می‌شود و این مسئله باعث به‌روز شدن مسیرها در هر لحظه شده و از گم شدن ناگهانی بسته‌های حاوی اطلاعات جلوگیری می‌شود.

در نهایت روش ارائه شده در این مقاله نسبت به کارهای تحقیقاتی مشابه انجام شده در این حوزه [۷] توانسته است هم موارد خاص (افزایش سرعت گره‌ها و کاهش نرخ تحویل بسته) که عنوان شد را جوابگو باشد و هم نسبت کیفیت سرویس را ۳۵ درصد نسبت به کار انجام شده، بهبود بخشد. جدول‌های (۶-۵) مقایسه‌ای از کارهای انجام شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است قرارداد QB-ODMRP [۷] را با روش پیشنهادی QB-ODMRP ارائه شده در این مقاله مقایسه کرده که اعداد و ارقام حکایت از آن دارد که روش پیشنهادی توانسته به مقدار قابل توجهی حدود ۲۵ درصد نسبت به راهکارهای ارائه شده کار را بهبود بخشد.

جدول ۵. مقایسه نرخ تحویل بسته در راهکارهای ارائه شده با یکدیگر

گروه‌ها	سرعت	0 km/h			10 km/h			20 km/h		
		Data Rate(kb/s)	ODMRP	QoS-ODMRP(%)	QB-ODMRP(%)	ODMRP	QoS-ODMRP(%)	QB-ODMRP(%)	ODMRP	QoS-ODMRP(%)
Gp1	۱۲۸	۹۹	۵۵/۴	۸۳/۴	۹۹/۵	۵۸/۳	۹۲/۸	۱۰۰	۵۵/۶	۸۷/۱
Gp2	۵۱۲	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰
Gp3	۱۲۸	۹۸	۵۳/۵	۸۷/۸	۹۸	۵۸/۴	۸۹/۷	۱۰۰	۵۷/۴	۸۵/۱

جدول ۶. مقایسه نرخ پذیرش ترافیک در راهکارهای ارائه شده با یکدیگر

گروه‌ها	سرعت	0 km/h			10 km/h			20 km/h		
		Data Rate(kb/s)	ODMRP	QoS-ODMRP(%)	QB-ODMRP(%)	ODMRP	QoS-ODMRP(%)	QB-ODMRP(%)	ODMRP	QoS-ODMRP(%)
Gp1	۱۲۸	۴۱/۵	۵۵/۴	۷۷/۳	۳۴/۷	۵۸/۳	۸۸/۴	۳۳/۲	۵۵/۶	۸۸/۱
Gp2	۵۱۲	۷/۲۳	۰	۰	۹/۲	۰	۰	۸/۸۲	۰	۰
Gp3	۱۲۸	۵۳/۴	۵۳/۵	۷۹/۶	۳۸/۹	۵۸/۴	۸۹/۷	۴۱/۲	۵۷/۴	۸۹/۱

- [14] Chenna, P.; Reddy, P.; Reddy, Ch.; "Performance Analysis of AD HOC Network Routing Protocols"; Ad Hoc and Ubiquitous Computing, 2006. ISAUHC '06. Int. Symposium on Conf., IEEE 2006, 186 - 187.
- [15] Wang, N. C.; Lee, C. Y. "A Reliable QoS Aware Routing Protocol with Slot Assignment for Mobile Ad Hoc Networks"; J. Network and Computer Appl. 2009, 32, 1153-1166.
- [16] Dow, C. R.; Lin, P. J.; Chen, S. C.; Lin, J. H.; Hwang, S. F. "A Study of Recent Research Trends and Experimental Guide Lines in Mobile AD-HOC Networks"; Proc. the 19th Int. Conf. on Advanced Information Networking and Appl., IEEE 2005, 72-77.
- [10] Gerla, M. "Fisheye State Routing Protocol (FSR) for AD HOC Networks"; Internet Draft, Draft-Ietf-Manet-Aodv-03.txt, Work in Progress, 2002.
- [11] Lye, P. Gh.; McEachen, J. C. "A Comparison of Optimized Link State Routing with Traditional Routing Protocols in Marine Wireless AD-HOC and Sensor Networks"; Proc.the 40th Annual Hawaii Int. Conf. on Sys. Sci. (HICSS'07), IEEE 2007, 293b.
- [12] Torkestani, J. A., Meybodi, M. R. "Mobility-Based Multicast Routing Algorithm for Wireless Mobile Ad-Hoc Networks: A Learning Automata Approach"; Computer Communications 2010, 33, 721-735.
- [13] Divecha, B.; Abraham, A.; Grosan, C.; Sanyal, S. "Analysis of Dynamic Source Routing and Destination-Sequenced Vector Protocols for Different Mobility Models"; Proc. the First Asia Int. Conf. on Modeling and Simulation (AMS'07) 2007, 224 - 229.