

بررسی مسیریابی‌های چندپخشی بر پایه MAODV در شبکه‌های موردی متحرک

فریبا اوصالی^۱، کیارش میزانیان^۲، قاسم میرجلیلی^۳، دانش زینالی گرگری^۴

۱، ۲، ۳- دانشگاه یزد

۴- دانشگاه صنعتی شریف

osali@stu.yazd.ac.ir

خلاصه

شبکه‌های موردی متحرک از گره‌های متحرک بدون زیرساخت تشکیل شده است. در چنین محیط‌هایی، پروتکل‌های مسیریابی چندپخشی با چالش‌های بسیاری از جمله، تحرک، محدودیت پهنای باند، انرژی و محدودیت‌هایی نظیر کیفیت خدمات مواجه هستند. یکی از پروتکل‌های چندپخشی در این شبکه‌ها، پروتکل MAODV یا Multicast Ad-hoc On-demand distance Vector است که توسعه‌ای از پروتکل AODV می‌باشد. MAODV با استفاده از ساختار درختی ارسال چندپخشی را میسر ساخته است. سادگی، انطباق‌پذیری با پویایی شبکه و استفاده بهینه از منابع این پروتکل را تبدیل به یکی از پروتکل‌های پایه‌ای برای مسیریابی چندپخشی در شبکه‌های موردی متحرک کرده است. توسعه‌های بسیاری بر روی MAODV معرفی شده‌اند که هر یک تلاش دارد با تغییر آن، پروتکل جدیدی در جهت بهبود پارامترهای مورد نظر ارائه نماید. تمرکز این مقاله بررسی پروتکل‌های مبتنی بر MAODV به صورت مختصر می‌باشد تا با تجمیع آنها در یک مقاله به تحقیقات آینده در این زمینه کمک رسانی شود.

کلمات کلیدی: مسیریابی چندپخشی، شبکه‌های موردی متحرک، پروتکل MAODV، کیفیت خدمات (QoS).

۱. مقدمه

چالش مهم در طراحی پروتکل‌های مسیریابی برای شبکه‌های موردی متحرک، تغییرات پویای توپولوژی به دلیل حرکت گره‌ها در فضای فیزیکی است. در شبکه موردی متحرک، اگر دو گره در گستره رادیویی یکدیگر نباشند، تمام پیام‌های ارتباطی بین آن‌ها از یک یا چند گره میانی عبور می‌کند. تفاوت اصلی شبکه‌های موردی متحرک با شبکه‌های مبتنی بر زیرساخت، خود پیکربندی بودن آنهاست که به طور مستقیم با مجموعه گره‌های متحرک شکل می‌گیرد. نامتجانس بودن شبکه‌ها و مقصدها در این نوع شبکه‌ها، بهبود بهره‌وری پهنای باند و انعطاف‌پذیری خدمات را مشکل می‌سازد. بنابراین طراحی توزیع چندرسانه‌ای از مسائل مطرح در شبکه‌های موردی متحرک است. در این شبکه‌ها اغلب گره‌ها برای انجام کار خاصی با هم همکاری می‌کنند. ارتباط گروهی، در شبکه‌های موردی متحرک چالش‌های بسیاری را ایجاد می‌کند. چندپخشی به طور موثری می‌تواند از ارسال داده به صورت گروهی در این شبکه‌ها پشتیبانی کند.

مسیریابی چندپخشی به دلیل توانایی ارسال همزمان پیام از یک مبدأ به چندین مقصد، توجه بسیاری را در سال‌های اخیر به خود جلب کرده است. چندپخشی، ارسال داده از یک گره مبدأ به زیرمجموعه‌ای از گره‌ها در یک شبکه است. چندپخشی می‌تواند هزینه ارتباط را برای ارسال همان

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد

^۲ استادیار عضو هیئت علمی دانشگاه یزد

^۳ دانشیار عضو هیئت علمی دانشگاه یزد

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد

داده به چندین گیرنده کاهش دهد و به این طریق در استفاده از پهنای باند، پردازش مسیریاب و به تبع آن مصرف انرژی در فرستنده و مسیریاب‌ها صرفه جویی کرده و تأخیر ارسال را کاهش دهد.

بر اساس ساختار به کار رفته برای ارسال داده، پروتکل‌های مسیریابی چندپخش به سه دسته، مبتنی بر درخت، توری و ترکیب این دو تقسیم‌بندی می‌شوند [1]. پروتکل‌های مبتنی بر توری در مقایسه با پروتکل‌های مبتنی بر درخت اتصالات قوی‌تری میان اعضای چندپخش ایجاد می‌کنند و با ایجاد مسیره‌های اضافی میان گره‌ها، بر مسائلی چون جابجایی و محو شدگی کانال فائق می‌آیند. در پروتکل‌های مبتنی بر درخت، درخت چندپخش با یک ریشه به عنوان گره مبدأ و انشعاباتی که با گره‌های مقصد به پایان می‌رسند ایجاد می‌شود. در این رویکرد، تنها یک مسیر بین جفت مبدأ-مقصد وجود دارد و اجتماع این مسیره‌ها از مبدأ تا مقصد درخت چندپخش را تشکیل می‌دهد. مکانیسم‌های مسیریابی مبتنی بر درخت راندمان ارسال داده بالا و سریار پایینی دارند، اما در محیط‌های با تحرک بالا مستحکم نیستند. در این مکانیسم به بسته در ریشه ساخته می‌شود و تنها در گره‌های انشعاب از آن کپی برداری شده و در انشعاب منتشر می‌گردد، در نتیجه با جلوگیری از ارسال بسته به ازای هر گیرنده در ریشه، از ترافیک کپی در مسیره‌ها پیشگیری می‌شود. این کار سبب بوجود آمدن پروتکل‌های کاراتری می‌گردد با اینحال، چنانچه تحرک افزایش یابد، موجب خطای لینک و بازسازی کل درخت می‌شود. پروتکل Multicast Ad hoc On demand distance Vector یا به اختصار MAODV از پروتکل‌های مبتنی بر درخت می‌باشد که در

ادامه به بررسی پروتکل MAODV و پروتکل‌هایی خواهیم پرداخت که از آن استفاده کرده‌اند. بخش‌های بعدی مقاله به این شرح می‌باشد:
در بخش دوم پروتکل MAODV بطور مختصر تشریح خواهد شد. بخش سوم، مدل چندپخش کیفیت خدمات بکار رفته در مسیریابی‌های چندپخش توضیح داده شده است و در بخش چهارم، به بررسی پروتکل‌های مبتنی بر MAODV می‌پردازیم.

۲. پروتکل MAODV

پروتکل مسیریابی MAODV برای گره‌های متحرک در شبکه موردی کاربرد دارد [2]. با این پروتکل گره‌های متحرک قادرند درختی برای اتصال عضوهای گروه چندپخش ایجاد کنند. MAODV از شماره ترتیب برای شناسایی گروه چندپخش استفاده می‌کند. هر گروه چندپخش یک آدرس گروه چندپخش منحصر بفرد دارد که توسط ساختار درختی شامل اعضای گروه و چندین مسیریاب (که عضو گروه نیستند اما برای اینکه درخت به اعضای گروه متصل بماند باید وجود داشته باشند) سازماندهی می‌شود. در هر درخت چندپخش، آن عضوی که ابتدا شروع به ایجاد درخت کند، رهبر گروه (Group-leader) برای آن درخت است. رهبر گروه مسئول نگهداری درخت گروه با ارسال همه پخشی و دوره‌های پیام Group-Hello (GRPH) در کل شبکه است. رهبر گروه همچنین شماره ترتیب گروه را نگهداری می‌کند که توسط پیام GRPH در شبکه منتشر شده و بصورت دوره‌ای افزایش می‌یابد. استفاده از این شماره ترتیب‌ها این اطمینان را می‌دهد که مسیره‌ها به گروه‌های چندپخش همیشه مسیره‌های جدید در دسترس هستند و اگر گره‌های مسیری به گروه چندپخش درخواست کنند، همیشه مسیری انتخاب می‌شود که بزرگترین شماره ترتیب را دارد.

هر گره سه جدول، جدول مسیریابی تک‌پخش، جدول مسیریابی چندپخش و جدول راهنمای گروه را در خود نگه دارد. جدول مسیریابی چندپخش برای ثبت گام بعدی برای مسیره‌ها به مقصدهای دیگر ارتباطات تک‌پخش (مقصد) به کار می‌رود. جدول مسیریابی چندپخش برای فهرست کردن گام‌های بعدی برای ساختار درختی برای هر گروه چندپخش به کار می‌رود. هر گره که به گروه درخت تعلق دارد باید ورودی‌های با شناساگرهایی مانند راهنمای گروه، عضو گروه یا مسیریاب را نگهداری کنند. جدول راهنمای گروه برای ثبت آدرس گروه‌های چندپخش عضو، آدرس راهنمای گروه و گام بعدی به سمت آن راهنمای گروه که از آن به صورت دوره‌ای پیام GRPH دریافت می‌کند به کار می‌رود.

زمانی که گره مبدأ داده‌ای برای ارسال به گروه چندپخش دارد، پیام درخواست مسیر (RREQ) را همه پخش می‌کند. گره‌های میانی مسیر معکوس را می‌سازند و پیام RREQ را هدایت می‌کنند. اعضای گروه چندپخش برای ساختن مسیر ارسال (forward pat)، پس از دریافت پیام RREQ، آن را با پیام پاسخ مسیر (RREP) پاسخ می‌دهند. اگر گره مبدأ قبل از زمان انقضا، بیش از یک پیام RREP از گره‌های مقصد دریافت کند، مسیری را انتخاب می‌کند که بیشترین شماره ترتیب و کمترین تعداد پرش را داشته باشد. سپس مسیر انتخاب شده را با ارسال تک‌پخش پیام فعالسازی MACT به گام بعدی فعال کرده و شروع به ارسال بسته‌های چندپخش می‌کند.

در MAODV، هنگامی که گره‌ای که در درخت است، قطعی لینکی را تشخیص دهد، بلافاصله شروع به بازسازی مسیر می‌کند، ابتدا باید تشخیص دهد که لینک قطع شده لینک upstream (هر گام بعدی با یک جهتی مشخص می‌شود که یا downstream و یا upstream می‌باشد). اگر گام بعدی یک پرش به راهنمای گروه نزدیک‌تر باشد جهت upstream و در غیر اینصورت، جهت downstream می‌باشد) هست یا نه، اگر باشد، گره upstream را از لیست گام‌های بعدی خود حذف می‌کند و بسته‌های داده چندپخش در صف ارسال را دور ریخته و سپس شروع به ارسال پیام RREQ

با پرچم J (پرچم پیوستن به گروه چندبخشی) به منظور ساخت یک انشعاب جدید می‌کند. در غیر اینصورت، گره، گره downstream را از لیست گام بعدی خود حذف کرده و زمانبند هرس را تنظیم می‌کند.

۳. مدل چندبخشی کیفیت خدمات بکار رفته در مسیریابی‌های چندبخشی

یک شبکه معمولاً به صورت گراف وزن دار $G=(V,E)$ نشان داده می‌شود، که V مجموعه گره‌ها و E مجموعه لینک‌های ارتباطی مابین گره‌ها را مشخص می‌کند $[3].|V|$ و $|E|$ به ترتیب تعداد گره‌ها و لینک‌ها را مشخص می‌کند. $s \in V$ گره مبدأ درخت چندبخشی است و مجموعه $M \subseteq V-s$ گره‌های پایانی درخت چندبخشی است. با فرض اینکه R عددی غیرمنفی است، برای هر لینک $e \in E$ ، می‌توان برخی از معیارهای کیفیت خدمات نظیر، تأخیر، تابع هزینه، پهنای باند و تفاضل تأخیر را محاسبه کرد. همچنین، برای هر گره $n \in V$ می‌توان معیارهایی مانند تأخیر، هزینه، تفاضل تأخیر و گم شدن بسته را مشخص کرد. در اینجا از $T=(s,M)$ برای نشان دادن درخت چندبخشی و $P(s,t)$ برای نشان دادن مسیری از گره s به گره انتهایی t استفاده می‌کنیم. با در نظر گرفتن نشانه گذاری فوق روابط (۱) الی (۵) در درخت‌های چندبخشی برقرار خواهد بود:

$$\begin{aligned} \text{delay}(p(s,t)) = & \sum_{e \in P(s,t)} \text{delay}(e) \\ & + \sum_{n \in P(s,t)} \text{delay}(n) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{cost}(p(s,t)) = & \sum_{e \in P(s,t)} \text{cost}(e) \\ & + \sum_{n \in P(s,t)} \text{cost}(n) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{bandwidth}(p(s,t)) = \min\{\text{bandwidth}(e), e \in P(s,t)\} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{delay-jitter}(p(s,t)) = & \\ & \sum_{e \in P(s,t)} \text{delay-jitter}(e) \\ & + \sum_{n \in P(s,t)} \text{delay-jitter}(n) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{pkt-loss}(p(s,t)) = & \\ & 1 - \prod_{e \in P(s,t)} (1 - \text{pkt-loss}(e)) \end{aligned} \quad (5)$$

شرایط زیر برای تأمین محدودیت‌های کیفیت خدمات لازم می‌باشد. در این روابط، D, B, J, L و به ترتیب محدودیت‌های تأخیر، پهنای باند، تفاضل تأخیر و گم شدن بسته می‌باشند.

$$\text{delay}(p(s,t)) \geq D \quad (1) \text{ محدودیت تأخیر:}$$

$$\text{bandwidth}(p(s,t)) \geq B \quad (2) \text{ محدودیت پهنای باند:}$$

$$\text{delay-jitter}(p(s,t)) \leq J \quad (3) \text{ محدودیت تفاضل تأخیر:}$$

$$\text{pkt-loss}(p(s,t)) \leq L \quad (4) \text{ محدودیت گم شدن بسته:}$$

در ضمن، باید تابع هزینه $T=(s,M)$ کمینه باشد.

۴. پروتکل‌های مبتنی بر MAODV

۴-۱. پروتکل HMAODV آگاه از تاریخچه

در پروتکل HMAODV، آگاهی از تاریخچه نشست (session) به عنوان یکی از معیارهای مسیریابی به پروتکل MAODV اضافه شده است [4]. تاریخچه نشست به تعداد دفعات و مدت زمانی که یک گره درگیر ارتباطات نشستی مابین گره‌های متحرک در شبکه در زمان معین اشاره می‌کند. ایده اصلی مسیریابی آگاه از تاریخچه این است که گره‌ای که تاریخچه نشست بالایی دارد در مقایسه با گره‌ای که تاریخچه نشست پایین تری دارد تحرک

کمتری خواهد داشت و مسیری که شامل چنین گره‌هایی می‌شود احتمالاً طول عمر بیشتری خواهد داشت. در طی فرآیند کشف مسیر، پیام درخواست مسیر تاریخیچه نشست گره‌ها را به سمت مقصد انتقال داده و در نهایت مسیری برای آن تاریخیچه تعیین می‌شود.

۲-۴. پروتکل QoS-MAODV

در این پروتکل، از محدودیت‌های تأخیر، پهنای باند و گم شدن بسته برای اضافه کردن کیفیت خدمات به MAODV استفاده شده است [5]. با اضافه کردن این پارامترها به بسته‌های درخواست مسیر و پاسخ مسیر، QoS را تضمین می‌کند. محدودیت‌های کیفیت خدمات (مانند: تأخیر، پهنای باند و گم شدن بسته) در بسته RREQ قرار داده می‌شود و گره‌های میانی در صورتی که بتوانند به این محدودیت‌ها پاسخ دهند، بسته را عبور می‌دهند؛ در غیر اینصورت بسته را دور می‌اندازد. در پاسخ به درخواست کیفیت خدمات، مقصد بسته RREP را با توجه به نوع محدودیت‌هایی که در بخش قبل نحوه محاسبات نشان داده شد، ساخته و هدایت می‌کند.

در [6] پروتکلی مشابه با QoS-MAODV ارائه شده است، که برای جلوگیری از سربار گره‌های میانی از کنترل پذیرش استفاده می‌کند. در این پروتکل، اگر گره میانی پهنای باند در دسترسی نداشته باشد، درخواست برای نشست جدید را نمی‌پذیرد. هنگامی که گره میانی درخواست مسیر با کیفیت خدمات را دریافت کند و پهنای باند در دسترس کافی باشد، RREQ را می‌پذیرد.

۳-۴. پروتکل MPMRPQ با پیش‌بینی تحرک

در شبکه‌های مودری متحرک، به دلیل تغییرات مکرر توپولوژی، یافتن مسیری با ثبات اهمیت بالایی دارد. برای این منظور، در پروتکل MPMRPQ از پیش‌بینی تحرک گره‌ها استفاده شده است [3]. با استفاده از پارامترهای حرکت (نظیر سرعت، جهت و فاصله ارتباطی) دو همسایه، می‌توان تخمین مناسبی برای مدت زمانی اتصال و یا قطعی دو گره بدست آورد. این تخمین همان زمان انقضای ارتباط (LET) است که در پروتکل استفاده شده است. MPMRPQ شامل دو بخش کشف مسیر و نگهداری درخت چندپخشی می‌باشد و باقی پروتکل همانند MAODV است. در بخش کشف مسیر، زمانی که گره‌ای بسته درخواست مسیری را که شامل LET است دریافت می‌کند، LET مابین دو گره محاسبه می‌شود. مقدار LET نشانگر ثبات لینک ارتباطی است. اگر مقدار LET محاسبه شده کمتر از مقدار موجود در بسته باشد، این لینک به عنوان لینکی که به زودی قطع خواهد شد علامت‌گذاری می‌شود. بنابراین، قطعی لینک ارتباطی توسط بسته‌های دریافتی از همسایگی پیش‌بینی می‌شود. در نهایت مسیری انتخاب می‌شود که نیازمندی‌های کیفیت خدمات را برطرف سازد. زمانی که گره‌ای این نیازمندی‌ها را تأمین کرد، بسته پاسخ مسیر به گره مبدأ فرستاده می‌شود. در بخش نگهداری درخت چندپخشی، زمانی که گره‌ای قطعی لینکی را پیش‌بینی کند، شروع به ارسال بسته‌های درخواست مسیر می‌کند.

۴-۴. پروتکل MP-MAODV مسیر چندمسیری

پروتکل MP-MAODV مسیریابی چندمسیری است که بر مبنای MAODV می‌باشد [7]. این پروتکل براساس انتخاب چندمسیری، نگهداری مسیر و توزیع بار برای توزیع ترافیک در میان مسیرهای بدون گره مشترک می‌باشد. پروتکل برای اتصال چندین گیرنده و فرستنده از درخت چندپخشی مشترک بهره می‌گیرد. به منظور ایجاد مسیرهای پشتیبان MP-MAODV چندین مسیر از مبدأ به مقصد ایجاد می‌کند. در MAODV برای فعالسازی مسیر از پیام MACT استفاده می‌شود و گره مبدأ قبل از زمان انقضا، بیش از یک پیام RREP از گره‌های مقصد دریافت کند، مسیری را انتخاب می‌کند که بیشترین شماره ترتیب و کمترین تعداد پرش را داشته باشد. در MP-MAODV، گره مبدأ در صورت دریافت RREP پس از ارسال MACT، پیام MACT-S را به گام بعدی ارسال می‌کند. گره‌های میانی که MACT-S را دریافت کردند، ابتدا فعال بودن مسیر را در جدول چندپخشی بررسی می‌کنند، اگر مسیر فعال باشد MACT-S را دور می‌ریزند، در غیر اینصورت این مسیر را بعنوان مسیر پشتیبان در جدول مسیر پشتیبانی ذخیره می‌کنند.

۴-۵. پروتکل MMHR بازسازی مسیر توزیع شده چندگانه

چندپخشی در شبکه‌های موردی متحرک به دلیل قطعی مکرر لینک‌های بی‌سیم به سبب تحرک گره‌ها و محدودیت انرژی، موجب چندپخشی غیرقابل اطمینان و غیرکارآمد می‌شود. MAODV هنگام وقوع قطعی لینک، برای بازسازی درخت چندپخشی، از بازسازی محلی همه‌پخشی استفاده می‌کند. اما نرخ بازسازی موفق پایین و پیام‌های کنترلی بسیاری را رد و بدل می‌کند. پروتکل MMHR از بازسازی محلی چندگانه بهره می‌برد [8]. هر گره، اطلاعات همسایگی چندگانه خود را با استفاده از پیام Hello موجود در MAODV بدست می‌آورد. به منظور بازسازی لینک، هر گره متحرک می‌تواند از این اطلاعات توزیع شده در جایگزینی گره‌ها در لینک قطع شده استفاده کند. در این پروتکل برای کاهش فاصله بین گره بازسازی و رهبر گروه، برای بازسازی از نزدیکترین گره همسایه که کمترین تعداد پرش را داشته باشد استفاده شده است. این نوع بازسازی لینک، تأخیر بازسازی کمتری نسبت به MAODV دارد.

۴-۶. پروتکل PDTMRP آگاه از انرژی و مبتنی بر درخت دوگانه

این پروتکل دو تفاوت مهم با MAODV دارد. (۱) پروتکل PDTMRP یک پروتکل آگاه از انرژی است که ثبات مسیریابی چندپخشی را بهبود می‌بخشد. (۲) این پروتکل دو درخت ایجاد می‌کند که به تعادل بار انتقال داده دست می‌یابد [9]. پروتکل PDTMRP بسته‌های داده چندپخشی را به دو بخش دسته‌بندی می‌کند و هر بخش را از درخت متفاوتی ارسال می‌کند. فرض شده است که می‌توان گره‌ها را به صورت تصادفی به دو گروه (group-0 و group-1) دسته‌بندی کرد، آنگاه درخت دوگانه‌ای (درخت-صفر برای group-0 و درخت-یک برای group-1) را برای ارسال داده ایجاد کرد. در این پروتکل مقداری آستانه برای انرژی تعریف شده است و گره‌های میانی در صورتی بسته RREQ را عبور می‌دهند که انرژی‌شان بیشتر از حد آستانه باشد.

۴-۷. پروتکل BB-MAODV - انشعابات پشتیبان

هنگامی که بار شبکه سبک است پروتکل MAODV کارا می‌باشد. اما زمانی که شبکه سنگین می‌شود، تعداد بسته‌های بیشتری در شبکه دور ریخته می‌شود. پروتکل BB-MAODV بر این مشکل فائق آمده و با ترکیب مزایای ساختار درختی و توری استحکام پروتکل MAODV را افزایش می‌دهد [10]. ایده اصلی الگوریتم BB-MAODV استفاده از پیام GRPH است که به صورت دوره‌ای توسط رهبر گروه ارسال می‌شود و انشعابات کوتاه‌تر درخت را به روز کرده و درخت چندپخشی با انشعابات پشتیبان ایجاد می‌کند. وجود انشعابات پشتیبان از بازسازی درخت جلوگیری کرده و پروتکل را مستحکم‌تر می‌سازد. در این پروتکل از جدول مسیریابی پشتیبان برای استفاده از اطلاعات مسیریابی انشعابی در درخت استفاده شده است.

۵. نتیجه‌گیری

پروتکل MAODV با استفاده از درخت چندپخشی ساختاری ساده و در عین حال بنیادین ارائه نموده است. با این وجود، پیشرفت چشمگیر شبکه‌های موردی متحرک انطباق بیشتر این پروتکل با نیازهای روز را طلب می‌کند. بنابراین از سال ۲۰۰۰ میلادی تا کنون پروتکل‌های فراوانی با تمرکز بر نیازهای خاص شبکه‌های موردی متحرک در ارسال چندپخشی ارائه گردیده است. برخی از این پروتکل‌ها مبنای کار خود را MAODV قرار داده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد ساختار پروتکل مستحکم و برای تحقیقات آتی قابل اتکا می‌باشد. در اینجا با بررسی پروتکل‌های فوق قصد داریم به مسیر تحقیق بر روی پروتکل‌های چندپخشی کمک نماییم. در تحقیقات آتی برآنیم که کارایی پروتکل‌های فوق را با دسته پروتکل‌های مستقل از MAODV مقایسه نماییم.

1. R. C. Biradar and S. S. Manvi, (2012), "Review of multicast routing mechanisms in mobile ad hoc networks," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 35, no. 1, pp. 221–239.
2. E. M. Royer and C. E. Perkins, (2000), "Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector (MAODV) Routing," *IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-maodv-00.txt*.
3. X. Zhu and J. Lian, (2008), "A QoS Multicast Routing Protocol with Mobile Prediction Based on MAODV in MANETs," *2008 Int. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng.*, pp. 355–358.
4. M. . Krishna and M. P. Sebastain, (2006), "HMAODV : History aware on Multicast Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing," in *International Symposium on Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, pp. 27–32.
5. B. SUN and L. LI, (2006), "QoS-aware multicast routing protocol for Ad hoc networks1," *J. Syst. Eng. Electron.*, vol. 17, no. 2, pp. 417–422.
6. V. Lashkari and M. Dehghan, (2007), "QoS-aware Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing," in *Proceeding of the World Congress on Engineering (WCE 2007)*, vol. II, pp. 4–9.
7. H. Tang, F. Xue, and P. Huang, (2008), "MP-MAODV: A MAODV-Based Multipath Routing Algorithm," in *2008 IFIP International Conference on Network and Parallel Computing*, pp. 296–301.
8. B.-J. Chang, Y.-H. Liang, and Y.-M. Lin, (2009), "Distributed route repair for increasing reliability and reducing control overhead for multicasting in wireless MANET" *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 179, no. 11, pp. 1705–1723.
9. N.-C. Wang, (2012), "Power-aware dual-tree-based multicast routing protocol for mobile ad hoc networks," *IET Commun.*, vol. 6, no. 7, pp. 724.
10. X. Li, T. Liu, Y. Liu, and Y. Tang, (2014), "Optimized Multicast Routing Algorithm Based on Tree Structure in MANETs," *china Commun.*, vol. 11, pp. 90–99.