ارزیابی و بهبود روش‌های مسیریابی چند مسیره مبتنی بر پروتکل‌های بر حسب تقاضا در شبکه‌های ادهاک (Ad Hoc)

وحید زنگنه

استاد راهنما : جناب آقای دکتر شهریار محمدی

پایان‌نامه برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی فناوری اطلاعات گرایش مدیریت سیستم های اطلاعاتی

شهریورماه ۱۳۹۱

ارزیابی و بهبود روش‌های مسیریابی چند مسیره مبتنی بر پروتکل‌های بر حسب تقاضا در شبکه‌های ادهاک (Ad Hoc)

وحید زنگنه

استاد راهنما : جناب آقای دکتر شهریار محمدی

شهریورماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

ارزیابی و بهبود روش‌های مسیریابی چند مسیره مبتنی بر پروتکل‌های بر حسب تقاضا در شبکه‌های ادهاک (Ad Hoc)

وحید زنگنه

تأیید هیئت داوران:

دکتر

استاد راهنمای پروژه

دکتر

داور داخلی

دکتر

داور خارجی

پذیرش دانشکده:

دکتر

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

تأیید پایان‌نامه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

عنوان پایان‌نامه: ارزیابی و بهبود روش‌های مسیریابی چند مسیره مبتنی بر پروتکل‌های بر حسب تقاضا در شبکه‌های ادهاک (Ad Hoc)

نام دانشجو: وحید زنگنه

شماره دانشجوئی: ۸۹۰۶۳۱۴

استاد راهنمای پروژه: جناب آقای دکتر شهریار محمدی

اینجانب وحید زنگنه دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه تحت عنوان فوق‌الذکر توسط شخص اینجانب انجام شده است و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد و در هر کجا که از مطالب نگارش شده دیگری استفاده شده است با ذکر منبع و مأخذ می‌باشد. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ کجا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه شیوه نگارش مصوب دانشکده مهندسی صنایع را بطور کامل رعایت نموده‌ام. چنانچه در هر زمان خلاف آنچه گواهی نموده‌ام مشاهده گردد خود را از آثار حقیقی و حقوقی ناشی از دریافت مدرک کارشناسی ارشد محروم می‌دانم و هیچگونه ادعائی نخواهم داشت.

تاریخ: **امضاء دانشجو**

تقدم

پدر و مادر عزیزم

قد و

پاس ی غ ودرا ثارا تادبا یی د مرمدی ی مام ک . ا ل ل،با ل وداش ودرا مای ا جا

ودهار.

ازکلیهٔ اساید مرم وه ناوری الطعات واری و ر ی ان راه ب رابا و ورداش ود وارورو ن-

ودر و رردای ی مام.

چکیده

دراین پژوهش یک روش مسیریابی برحسب تقاضا، چند مسیره و بدون گره مشترک برای شبکه‌های اقتضایی ارائه شده است. الگوریتم ارائه شده توسعه‌ای از پروتکل تک-مسیره AODV می‌باشد، بطوریکه چندین مسیر از یک گره مبدأ به یک گره مقصد ایجاد می‌کند که همه مسیرها از هم مجزا می‌باشند یعنی هیچ گره یا لینک مشترکی ندارند. هدف این تحقیق، ارزیابی و بهبود روش‌های مسیریابی چند مسیره مبتنی بر پروتکل‌های برحسب تقاضا بوده است. بدین منظور این پروتکل بر اساس پروتکل AODV، پروتکلی بهینه‌تر و کاراتر ارائه، تست و با پروتکل AODV مقایسه نموده است. الگوریتم ارائه شده را Ad Hoc On-Demand Node-Disjoint Multipath Distance Vector (AONMDV) نام نهاده‌ایم. کارایی هر دو الگوریتم AONMDV و AODV با استفاده از شبیه ساز شبکه NS-2 مقایسه شده است. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهند که AONMDV از نقطه نظر درصد تحویل بسته‌های داده، میانگین تأخیر بسته‌ها و سربار شبکه کارایی بهتری نسبت به AODV دارد. از دیگر نتایج جالب توجه این تحقیق این است که AONMDV بطور میانگین درصد تحویل بسته‌ها را حدود ۳٪، میانگین تأخیر انتها به انتها را حدود ۲۵٪ و سربار شبکه را حدود ۳۰٪ بهبود بخشیده است.

کلید واژه

مسیریابی، شبکه‌های اقتضایی، چند مسیره، بدون گره مشترک، پروتکل‌های برحسب-تقاضا

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... د
فهرست جدول‌ها ..... ه
فهرست شکل‌ها ..... و

فصل ۱ مفاهیم و کلیات شبکه‌های اقتضایی ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- شبکه‌های بی‌سیم اقتضایی ۲
۱-۲-۱- خصوصیات ۳
۱-۲-۲- تاریخچه و کاربردها ۵
۱-۲-۳- موضوعات و محدودیت‌های طراحی ۶
۱-۳- مقیاس پذیری شبکه ۹
۱-۴- مسیریابی ۹
۱-۵- پروتکل‌های مسیریابی چند مسیره بدون گره مشترک ۱۲

فصل ۲ پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های اقتضایی ۱۵
۲-۱- مقدمه ۱۶
۲-۲- مسیریابی در شبکه‌های اقتضایی ۱۶
۲-۲-۱- پروتکل‌های توپولوژی- محور ۱۸
۲-۲-۱-۱- پروتکل‌های فعال ۱۸
۲-۲-۱-۲- پروتکل‌های واکنشی ۲۰
۲-۲-۱-۳- پروتکل‌های ترکیبی ۲۲
۲-۲-۲- معیارهای قابل بکارگیری در پروتکل‌های توپولوژی- محور ۲۳
۲-۲-۳- پروتکل‌های مکان- محور ۲۵

فصل ۳ بررسی جزئیات الگوریتم AODV ۲۸
۳-۱- مقدمه ۲۹
۳-۲- مرور کلی الگوریتم AODV ۲۹
۳-۳- اصطلاحات فنی مربوط به AODV ۳۲
۳-۴- فرمت پیام‌های AODV ۳۴
۳-۴-۱- فرمت پیام درخواست(RREQ) ۳۴
۳-۴-۲- فرمت پیام پاسخ مسیر (RREP) ۳۵
۳-۴-۳- فرمت پیام خطای مسیر (RERR) ۳۶
۳-۴-۴- فرمت پیام تصدیق RREP (RREP-Acknowledgment) ۳۷

۳-۵- عملیات موجود در الگوریتم AODV ۳۷
۳-۵-۱- نگهداری شماره ترتیب ۳۷
۳-۵-۲- سطرهای جدول مسیر لیست پیشرو ۳۸
۳-۵-۳- ایجاد درخواست مسیر ۴۰
۳-۵-۴- کنترل انتشار پیام درخواست مسیر (RREQ) ۴۲
۳-۵-۵- پردازش و ارسال درخواست مسیر (RREQ) ۴۳
۳-۵-۶- ایجاد پاسخ مسیر (RREP) ۴۵
۳-۵-۶-۱- ایجاد پاسخ مسیر (RREP) توسط گره مقصد ۴۵
۳-۵-۶-۲- ایجاد پاسخ مسیر (RREP) توسط گره میانی ۴۶
۳-۵-۶-۳- ایجاد RREP های بلاعوض ۴۶
۳-۵-۷- دریافت و ارسال پاسخ مسیر (RREP) ۴۷
۳-۵-۸- عملکرد AODV روی لینک‌های تک جهته ۴۹
۳-۵-۹- پیام سلام ۵۰
۳-۵-۱۰- نگهداری از اتصال محلی ۵۰
۳-۵-۱۱- پیام خطای مسیر (RERR)، انقضا و حذف مسیر ۵۱
۳-۵-۱۲- تعمیر محلی ۵۴
۳-۶- پارامترهای پیکربندی ۵۵

فصل ۴ پروتکل‌های مسیریابی چند مسیره مبتنی بر AODV ۵۷

۴-۱- الگوریتم AOMDV ۵۸
۴-۱-۱- مروری کلی بر AOMDV ۵۸
۴-۱-۲- شرایط کافی برای اجتناب از حلقه ۶۱
۴-۱-۳- محاسبه مسیرهای مجزا ۶۱
۴-۱-۴- جدول مسیریابی AOMDV ۶۶
۴-۱-۵- فرآیند اکتشاف مسیر ۶۷
۴-۲- الگوریتم AODV-BR ۶۸
۴-۲-۱- ساخت مسیر ۶۸
۴-۲-۲- نگهداری مسیر و مسیرهای مش ۷۰
۴-۳- الگوریتم NDMR ۷۳
۴-۳-۱- اکتشاف مسیر ۷۳
۴-۳-۲- کوتاه‌ترین مسیر بدون حلقه ۷۵
۴-۳-۳- انتخاب مسیرهای بدون گره مشترک ۷۷

فصل ۵ بهینه سازی AODV و معرفی الگوریتم AONMDV ۷۹

۵-۱- مقدمه ۸۰
۵-۲- جدول مسیریابی AONMDV ۸۰
۵-۳- فرآیند کشف مسیر در AONMDV ۸۱

۵-۴- نگهداری مسیر در AONMDV ۸۴

فصل ۶ نتایج شبیه‌سازی الگوریتم AONMDV ۸۷

۶-۱- ارزیابی کارایی ۸۸

۶-۱-۱- متریک‌های کارایی ۸۸

۶-۱-۲- تنوع در سرعت گره‌ها ۸۹

۶-۱-۳- تنوع در تعداد اتصالات بین گره‌ها ۹۲

۶-۱-۴- تنوع در تعداد گره‌ها ۹۵

۶-۱-۵- خلاصه نتایج ۹۷

فصل ۷ نتیجه گیری ۹۹

۷-۱- مسیریابی چند مسیره بدون گره مشترک (AONMDV) ۱۰۰

۷-۲- کارهای آینده ۱۰۲

فهرست مقالات استخراج شده ۱۰۳

فهرست مراجع ۱۰۴

واژه نامه‌ی فارسی به انگلیسی ۱۰۶

واژه نامه‌ی انگلیسی به فارسی ۱۱۰

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
محدوده ارسال گره‌ها	R

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: کاربردهای شبکه‌های اقتضایی ۵
جدول ۳-۱: پارامترهای پیکربندی ۵۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: تغییر توپولوژی در شبکه‌های اقتضایی سیار ۴
شکل ۱-۲: محدوده ارسال گره‌ها ۱۰
شکل ۱-۳: مسیریابی چند مسیره ۱۲
شکل ۱-۴: مسیرهای با گره مشترک ۱۳
شکل ۱-۵: مسیرهای بدون گره مشترک ۱۳
شکل ۲-۱: بعضی استراتژی‌های موجود در پروتکل Greedy ۲۵
شکل ۳-۱: فرمت بسته RREQ ۳۴
شکل ۳-۲: فرمت پیام RREP ۳۵
شکل ۳-۳: فرمت پیام RERR ۳۶
شکل ۳-۴: فرمت پیام تصدیق ۳۷
شکل ۴-۱: شرایطی که ممکن است در هنگام محاسبه مسیرهای چندگانه باعث ایجاد حلقه شوند ۶۰
شکل ۴-۲: مسیرهایی که در گره‌های مختلف نگهداری می‌شوند لزومی ندارد که مجزا باشند ۶۲
شکل ۴-۳: اطلاعات هاب بعدی برای مجزا بودن مسیرها کافی نیست ۶۳
شکل ۴-۴: ایده محاسبه مسیرهای بدون لینک مشترک ۶۴
شکل ۴-۵: نقش اطلاعات آخرین هاب ۶۵
شکل ۴-۶: نمایشی از محاسبه مسیرهای بدون لینک مشترک ۶۶
شکل ۴-۷: ساختار جدول مسیر AOMDV ۶۶
شکل ۴-۸: قوانین بروز رسانی جدول مسیر در AOMDV ۶۷
شکل ۴-۹: مسیرهای چندگانه ساختاری شبیه ستون فقرات ماهی را تشکیل می‌دهند ۶۹
شکل ۴-۱۰: ایجاد مسیرهای جایگزین و استفاده ار آنها ۷۲
شکل ۴-۱۱: یک مسیر جایگزین با طولی برابر طول مسیر اصلی ۷۳
شکل ۴-۱۲: فرآیند اکتشاف مسیر در NDMR ۷۴
شکل ۴-۱۳: کوتاه‌تری مسیرهای بدون حلقه ۷۶
شکل ۴-۱۴: فرآیند درخواست مسیر در NDMR ۷۷
شکل ۴-۱۵: مسیرهای بدون گره مشترک در NDMR ۷۸
شکل ۵-۱: جدول مسیریابی AONMDV ۸۱
شکل ۵-۲: فرآیند درخواست مسیر در AONMDV ۸۲
شکل ۵-۳: فرآیند شکل گیری مسیرهای روبه جلو در گره‌های میانی ۸۴
شکل ۵-۴: فرآیند شکل مسیرهای بدون گره مشترک ۸۴
شکل ۵-۵: فرآیند کشف مسیر در AONMDV ۸۶

شکل ۶-۱: Delivery Ratio در سرعت‌های مختلف ۹۰
شکل ۶-۲: Average Delay در سرعت‌های مختلف ۹۰
شکل ۶-۳: Route Load Percentage در سرعت‌های مختلف ۹۱
شکل ۶-۴: Routing Overhead در سرعت‌های مختلف ۹۱
شکل ۶-۵: Route Discovery Frequency در سرعت‌های مختلف ۹۱
شکل ۶-۶: Routing Discovery Overhead در سرعت‌های مختلف ۹۲
شکل ۶-۷: Delivery Ratio برای تعداد اتصالات مختلف ۹۳
شکل ۶-۸: Averge Delay برای تعداد اتصالات مختلف ۹۳
شکل ۶-۹: Routing Load Percentage برای تعداد اتصالات مختلف ۹۳
شکل ۶-۱۰: Routing Overhead برای تعداد اتصالات مختلف ۹۴
شکل ۶-۱۱: Route Discovery Frequency برای تعداد اتصالات مختلف ۹۴
شکل ۶-۱۲: Route Discovery Overhead برای تعداد اتصالات مختلف ۹۴
شکل ۶-۱۳: Delivery Ratio برای تعداد گره‌های مختلف ۹۵
شکل ۶-۱۴: Average Delay برای تعداد گره‌های مختلف ۹۶
شکل ۶-۱۵: Routing Load Percentage برای تعداد گره‌های مختلف ۹۶
شکل ۶-۱۶: Routing Overhead برای تعداد گره‌های مختلف ۹۶
شکل ۶-۱۷: Route Discovery Frequency برای تعداد گره‌های مختلف ۹۷
شکل ۶-۱۸: Route Discovery Overhead برای تعداد گره‌های مختلف ۹۷
شکل ۶-۱۹: درصد بهبود کارایی ۹۸

فصل ۱- مفاهیم و کلیات شبکه‌های اقتضایی

۱-۱- مقدمه

شبکه‌های بی‌سیم بر اساس معماری و بنای شبکه به دو دسته شبکه‌های حاوی زیرساختار و شبکه‌های بدون زیرساختار (ادهاک یا اقتضایی[1]) تقسیم می‌شوند. در شبکه‌های حاوی زیرساختار، ادوات بی‌سیم معمولی به زیرساختار مربوطه (که ممکن است سیستم بی‌سیم همانند ایستگاه‌های پایه سیار یا نقاط دسترسی[2] باشد که در سطح دسترسی بالاتری نسبت به دیگر گره‌های[3] شبگه قرار دارد) متصل می‌شوند. اما در شبکه‌های بدون زیرساختار، ادوات بی‌سیم بایستی به طور خودکار به یکدیگر وصل شوند و هیچ زیرساختاری برای کمک به این ارتباط ها وجود ندارد [۱].

۱-۲- شبکه‌های بی‌سیم اقتضایی

شبکه‌های اقتضایی به شبکه‌هایی گفته می‌شود که بدون داشتن زیرساختار ثابت برای یک منظور خاص به وجود می‌آیند. این شبکه شامل گره‌هایی است که با یکدیگر ارتباط بی‌سیم دارند و در ضمن گره‌ها قابلیت تحرک دارند و برای منظوری خاص با هم تشکیل یک شبکه اقتضایی متحرک[4] می‌دهند به این معنا که هر گره ممکن است بخواهد برای گره‌های دیگر اطلاعاتی ارسال کند.

[1] Ad Hoc
[2] Access Point
[3] Node
[4] Mobile

۱-۲-۱- خصوصیات

بی‌سیم: گره‌های شبکه‌های اقتضایی به صورت بی‌سیم با هم ارتباط برقرار می‌کنند و فضای ارتباط رادیویی، مادون قرمز یا غیره را با هم سهیم می‌شوند.

اقتضایی: یک شبکه اقتضایی متحرک شبکه موقتی است که به صورت پویا[1] توسط گره‌های نیازمند انتقال اطلاعات، با توپولوژی دلخواه، وابسته به موقعیت جغرافیایی گره‌ها شکل می‌گیرد.

خودکار و بدون زیرساختار: این شبکه‌ها به زیرساخت پایه یا مدیریت مرکزی وابسته نیستند. هر گره در حالت همگن گسترده کار می‌کند. بدان معنا که هر گره تنها با تعدادی از گره‌های شبکه، که همسایه‌های این گره‌اند در ارتباط است و این نوع ارتباط برای همه گره‌ها صادق است.

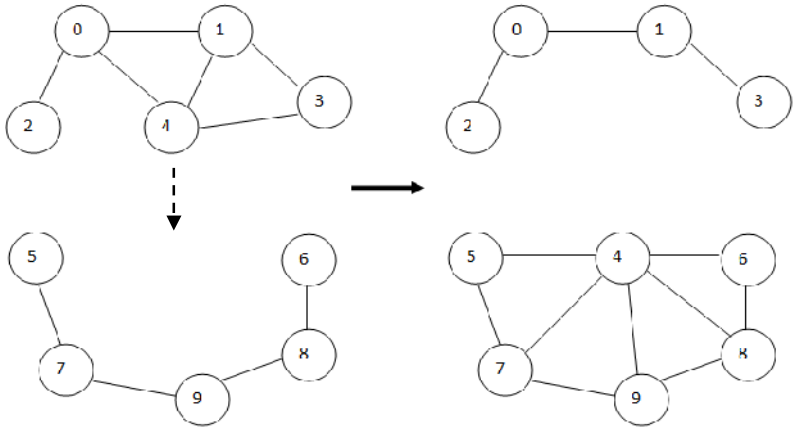
حفظ توان: بیشتر گره‌های اقتضایی مانند رایانه‌های قابل حمل و یا دستیارهای شخصی دیجیتال[2] توان ذخیره شده محدودی دارند و تولید توان و شارژ مجدد گره‌های اقتضایی نیازمند دسترسی به منابع انرژی است. با توجه به محدودیت دسترسی به چنین منابعی مساله ذخیره انرژی در گره‌های اقتضایی بسیار حائز اهمیت است و لذا طراحی پروتکل‌های شبکه به صورتی است که توان کمتری در گره‌ها مصرف شود. برای صرفه جویی انرژی، گره‌های اقتضایی تا شعاع رادیویی محدودی را برای ارتباط دو طرفه پوشش می‌دهند و در نتیجه هر گره تنها با تعداد معدودی از گره‌ها که در فصل مشترک کره فضایی پوشش قرار می گیرند، در ارتباط است[۱].

مسیریابی چندهابه[3]: در شبکه‌های اقتضایی نیازی به مسیریابی‌های از قبل تعیین شده برای ارسال اطلاعات نیست. در واقع هر گره خود به صورت یک مسیریاب[4] مستقل عمل می‌کند. برای انتقال اطلاعات

[1] Dynamic
[2] Personal Assistant Digital
[3] Multihop Routing
[4] Router

از مبدأ[1] به مقصد[2] همکاری گره‌های میانی الزامی است. گره‌های اقتضایی بایستی بر مبنای پروتکل شبکه بسته‌های[3] گره‌های دیگر را به منظور تسهیم[4] اطلاعات بطور مناسبی پردازش و جلورانی کنند.

تحرک: گره‌های شبکه‌های اقتضایی در حالی که با همسایه‌های خود در ارتباطند، می توانند آزادانه حرکت کنند. توپولوژی شبکه اقتضایی به دلیل حرکت پیوسته گره‌ها به صورت پویا دایما در حال تغییر می‌باشد. این خصوصیت باعث می‌شود که الگوی ارتباط بین گره‌ها یا همان گراف شبکه، بطور پیوسته در حال تغییر باشد. مدل‌های تحرک در شبکه‌های اقتضایی شامل، حرکت تصادفی مستقل، حرکت گروهی، حرکت در مسیر مشخص و غیره می‌باشد. مدل حرکت در این شبکه‌ها تاثیر مهمی بر روی انتخاب طرح مسیریابی دارد [۱]، بنابراین برروی عملکرد طرح تاثیر گذار است. همانطور که در شکل ۱-۱ مشاهده می‌شود، گره شماره ۴ با حرکت به سمت جنوب از شعاع دید گره‌های شماره ۰، ۱، ۲ و ۳ خارج می‌شود. به این ترتیب در گراف شبکه درجه این رئوس یک واحد کم می‌شود و درجه رئوس شماره ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ یک واحد افزایش می‌یابد.



شکل ۱-۱: تغییر توپولوژی در شبکه‌های اقتضایی سیار

[1] Source
[2] Destination
[3] Packet
[4] Sharing

خصوصیات اصلی شبکه‌های اقتضایی که در بالا به آنها اشاره شد، باعث می‌شود که این شبکه‌ها به صورت پویا و خودکار پیکر بندی شوند، بدین معنی که به صورت دینامیک گره‌هایی که می‌خواهند وارد شبکه اقتضایی شوند مقادیر نشان دهی، مسیریابی، گروه بندی، شناسایی موقعیت، کنترل توان و غیره را بطور خودکار تنظیم می‌کنند و چنانچه گره‌ای توسط گره‌های همسایه شناسایی نشود، خود به خود از توپولوژی شبکه خارج می‌شود. [۱]

۱-۲-۲- تاریخچه و کاربردها

شبکه‌های اقتضایی شبکه‌های انعطاف پذیری هستند که در هر کجا و در هر زمان بدون نیاز به زیرساختار یا مدیریت مرکزی به صورت خودکار قابل برپایی[1] هستند. با مشخص شدن خصوصیات شبکه‌های اقتضایی، امتیازات تجاری این شبکه‌ها نیز در ابعاد صنعتی مورد توجه قرار گرفت. در ادامه به برخی از کاربردهای شبکه‌های اقتضایی که از قدیم مطرح بوده و در آینده قابل پیش بینی می‌باشد، می‌پردازیم:

جدول ۱-۱: کاربردهای شبکه‌های اقتضایی

کاربردها	توضیحات
شبکه‌های میادین رزم	مخابرات نظامی عملیات و نبردهای خودکار
شبکه‌های حسگر	مجموعه‌ای از ادوات حسگر برای جمع آوری اطلاعات آنی[2] سیستم هواشناسی سیار برای پیش بینی وضعیت هوا
سرویس‌های غیر مترقبه	عملیات امداد و کمک رسانی سیستم‌های سیار مدد رسانی در هنگام زلزله و سیل

[1] Setup
[2] Real Time