بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق– الکترونیک

بهبود کیفیت سرویس در شبکه‌های اقتضایی

با تقسیم‌بندی گره‌های شبکه بر اساس منابع آنها

سعید حصاری

استاد راهنما:

دکتر زکائی

زمستان ۱۳۹۱

تأییدیّه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان‌نامه آقای **سعید حصاری**

را با عنوان: بهبود کیفیت سرویس در شبکه‌های اقتضایی با تقسیم‌بندی گره‌های شبکه بر اساس منابع آن‌ها

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	سعدان زکائی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	--------	-------	
۳- استاد ممتحن	یوسف درمانی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	احمد صلاحی	دانشیار	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	یوسف درمانی	استادیار	

اظهارنامه دانشجو

اینجانب **سعید حصاری** دانشجوی کارشناسی ارشد رشته برق گرایش **الکترونیک** دانشکده **برق و کامپیوتر** دانشگاه **صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی** گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه‌شده در پایان‌نامه با عنوان:

بهبود کیفیت سرویس در شبکه‌های اقتضایی با تقسیم‌بندی گره‌های شبکه بر اساس منابع آن‌ها

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر **سعدان زکائی**، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید است و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

سعید حصاری

۹۱/۱۲/۱۴

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن است. هرگونه کپی‌برداری به صورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی مجاز است.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی بوده و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مراجع مجاز نیست.

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم.

سپاس پروردگار مهربان را که بزرگ‌ترین امید و یاور در لحظه لحظه زندگیست.

با تقدیر و تشکر فراوان از استاد مشاورم جناب محمود ملایی که از ابتدای این پایان نامه به من لطف داشتند و در تمام مراحل گره گشای مشکلاتم بودند.

چکیده

شبکه‌های اقتضایی مجموعه‌ای از گره‌های بی‌سیم هستند که به خاطر ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود پیاده‌سازی کیفیت سرویس در آن دشوار است. در این پایان‌نامه تلاش شده است تا راهکاری برای پیاده‌سازی کیفیت سرویس در این شبکه‌ها ارائه شود. این راهکار در لایه شبکه و به صورت مسیریابی، با در نظر گرفتن نیازمندی‌های کیفیت سرویس صورت می‌گیرد. با توجه به این که ترافیک‌های مختلف نیازمندی‌های متفاوتی دارند، در این ارائه با توجه به نیازمندی‌های ترافیک و همچنین منابع موجود در گره‌ها، مسیری انتخاب می‌شود که نیازمندی‌های ترافیک را برآورده کند. برای این منظور منابع و ویژگی‌های گره‌های مسیر، به صورت پارامترهای مسیریابی در نظر گرفته می‌شوند و این پارامترها با توجه به نیازمندی‌های ترافیک، به صورت پویا وزن دهی می‌شوند، سپس با کمک این پارامترهای وزن دهی شده، گره‌های که توانایی پشتیبانی از کیفیت سرویس دارند، مشخص می‌شوند. مشاهدات حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این پروتکل در مقایسه با پروتکل استاندارد AODV مسیرهای با قابلیت اعتماد و گذردهی بهتری ارائه می‌کند.

کلیدواژه: کیفیت سرویس، شبکه اقتضایی، ترافیک، مسیریابی، وزن دهی.

فهرست مطالب

چکیده _____ أ

فهرست مطالب _____ ب

فهرست جدول‌ها _____ ط

فهرست شکل‌ها _____ ی

۱- مقدمه _____ ۱

۱-۱- پیشگفتار _____ ۱

۱-۲- شبکه‌های اقتضایی _____ ۳

۱-۳- هدف و نوآوری _____ ٦

۱-٤- ساختار گزارش _____ ۷

۲- کیفیت سرویس در شبکه‌های اقتضایی _____ ۹

۲-۱- مقدمه _____ ۹

۲-۱-۱- کیفیت _____ ۹

۲-۱-۲- سرویس _____ ۹

۲-۱-۳- تضمین سرویس _____ ۱۰

۲-۱-٤- کیفیت سرویس و کلاس سرویس _____ ۱۰

۲-۱-٥- تشخیص ترافیک _____ ۱۲

۲-۱-٦- هدایت انتخابی _____ ۱۳

۲-۱-۷- کنترل پذیرش ۱۳
۲-۱-۸- رزرو منابع ۱۳
۲-۱-۹- ترمیم مسیر ۱٤
۲-۲- کیفیت سرویس در شبکه‌های بی‌سیم ۱۵
۲-۳- مسیریابی با کیفیت سرویس ۱۸
۲-٤- مسیریابی در شبکه‌های اقتضایی متحرک ۱۹
۲-٤-۱- پروتکل‌های مسیریابی ۱۹
۲-٤-۲- ویژگی‌های مورد انتظار از پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های اقتضایی ۲۱
۲-۵- خلاصه ۲۲
۳- بررسی پروتکل‌های ارائه‌کننده کیفیت سرویس در شبکه‌های اقتضایی ۲۵
۳-۱- مقدمه ۲۵
۳-۱-۱- بررسی پروتکل‌های لایه شبکه ۲۵
۳-۲- پروتکل CEDAR ۲٦
۳-۲-۱- کشف و نگهداری مسیر ۲٦
۳-۲-۲- مشکلات ۲۸
۳-۳- پروتکل TBP ۲۸
۳-۳-۱- مشکلات ۲۸
۳-٤- پروتکل EBCA ۲۹
۳-٤-۱- رزرو پهنای باند و تخصیص برهه‌ها ۲۹

۳-٤-۲- نگهداری مسیر ۳۱
۳-٤-۳- مشکلات ۳۱
۳-۵- پروتکل BRuIT ۳۱
۳-۵-۱- شناسایی همسایه‌ها ۳۱
۳-۵-۲- مسیریابی ۳۲
۳-۵-۳- نگهداری مسیر ۳۲
۳-۵-٤- مشکلات ۳۳
۳-٦- پروتکل QoS-AODV for TDMA-based MANET ۳۳
۳-٦-۱- محاسبه پهنای باند ۳۳
۳-٦-۲- مسیریابی ۳٤
۳-٦-۳- رزرو پهنای باند ۳٤
۳-٦-٤- مشکلات ۳٤
۳-۷- پروتکل TDR ۳۵
۳-۷-۱- مدیریت پایگاه داده ۳۵
۳-۷-۲- مسیریابی ۳۵
۳-۷-۳- نگهداری مسیر ۳٦
۳-۷-٤- مشکلات ۳٦
۳-۸- کیفیت سرویس در AODV و TORA ۳۷
۳-۸-۱- QoS-AODV ۳۷
۳-۸-۲- QoS-TORA ۳۸

۳-۹- پروتکل PLBQR ۳۸
۳-۹-۱- پروتکل به‌روزرسانی ۳۸
۳-۹-۲- طرح پیش‌بینی تأخیر-مکان ۳۹
۳-۹-۳- پروتکل مسیریابی با کیفیت سرویس ۳۹
۳-۹-٤- مشکلات ٤۰
۳-۱۰- پروتکل AQOR ٤۰
۳-۱۰-۱- نگهداری همسایگی ٤۰
۳-۱۰-۲- مسیریابی ٤۱
۳-۱۰-۳- کنترل پذیرش و رزرو موقت ٤۱
۳-۱۰-٤- نگهداری مسیر ٤۱
۳-۱۰-۵- مشکلات ٤۲
۳-۱۱- پروتکل ADQR ٤۲
۳-۱۱-۱- مجموعه‌ها و کلاس‌ها ٤۲
۳-۱۱-۲- جدول مسیریابی و همسایه ٤۳
۳-۱۱-۳- مسیریابی ٤۳
۳-۱۱-٤- نگهداری مسیر ٤٤
۳-۱۱-۵- مشکلات ٤٤
۳-۱۲- پروتکل مسیریابی مبتنی بر چگالی گره در شبکه‌های اقتضایی ٤۵
۳-۱۲-۱- مسیریابی با قابلیت ترمیم آسان ٤۵
۳-۱۳- پروتکل QS-AODV ٤٦

۳-۱۳-۱- فرآیند مسیریابی ٤٦
۳-۱۳-۲- نگهداری مسیر ٤٧
۳-۱۳-۳- مشکلات ٤٧
۳-۱٤- پروتکل QoS-aware AODV ٤٨
۳-۱٤-۱- تخمین پهنای باند ٤٨
۳-۱٤-۲- مسیریابی ٤٩
۳-۱٤-۳- نگهداری مسیر ٤٩
۳-۱٥- پروتکل QMRPCAH ٤٩
۳-۱٥-۱- خوشه‌بندی ٥٠
۳-۱٥-۲- پشتیبانی تحرک ٥٠
۳-۱٦- پروتکل TORA-SHORT ٥١
۳-۱۷- خلاصه ٥٢
٤- *پروتکل‌های مبتنی بر تشکیل ستون فقرات* ٥٣
٤-۱- مقدمه ٥٣
٤-۲- مسیریابی با کیفیت سرویس مبتنی بر گره‌ها با کلاس‌های چندگانه ٥٣
٤-۲-۱- معرفی ٥٣
٤-۲-۲- الگوریتم محاسبه پهنای باند ٥٤
٤-۲-۳- تشکیل ستون فقرات گره‌ها در پروتکل ٥٤
٤-۲-٤- مسیریابی ٥٥
٤-۲-٥- نگهداری مسیر ٥٧

٤-٣- مسیریابی کیفیت سرویس با توزیع ترافیک در شبکه‌های اقتضایی متحرک ٥٧
٤-٣-١- معرفی ٥٧
٤-٣-٢- پارامترهای پشتیبانی از کیفیت سرویس ٥٨
٤-٣-٣- برقراری ستون فقرات مسیریابی ٥٩
٤-٣-٤- الگوریتم مسیریابی ٥٩
٤-٤- خلاصه ٦١
٥- ارائه کیفیت سرویس در شبکه‌های اقتضایی با تقسیم‌بندی گره‌های شبکه بر اساس منابع گره و نوع ترافیک ٦٣
٥-١- مقدمه ٦٣
٥-٢- شرح پروتکل پیشنهادی ٦٣
٥-٣- فرآیند مسیریابی ٦٦
٥-٣-١- فرآیند مسیریابی با کیفیت سرویس ٦٦
٥-٣-٢- کنترل پذیرش ٦٨
٥-٤- محاسبه پهنای باند ٧٠
٥-٥- نگهداری مسیر ٧١
٥-٦- نتیجه ٧١
شبیه‌سازی ٧٥
٦-١- جریان‌های حساس به تأخیر: ٧٥

۶-۲- جریان‌های نیازمند پهنای باند خاص: ۷۸
۶-۳- جریان‌های نیازمند مسیر پایدار و طولانی‌مدت: ۸۲
۶-۴- نتیجه ۸۶
فهرست مراجع ۸۷

فهرست جدول‌ها

جدول ۵-۶-۱- مشخصات پروتکل ارائه‌شده ۷۳

جدول ۶-۱-۱- ویژگی‌های آزمایش‌های جریان‌های حساس به تأخیر ۷۵

جدول ۶-۲-۱- ویژگی‌های آزمایش‌های جریان‌های نیازمند پهنای باند خاص ۷۸

جدول ۶-۳-۱- ویژگی‌های آزمایش‌های برای کشف مسیر پایدار ۸۲

فهرست شکل‌ها

تصویر ۵-۳-۱- نمودار حداکثر پهنای باند موجود در مسیر به ازای تعداد پرش‌های مسیر ۷۰

تصویر ٦-۱-۱- نمودار متوسط و بیشینه زمان تأخیر و تغییرات تأخیر برای شبکه با عدم حرکت گره‌ها ۷٦

تصویر ٦-۱-۲- نمودار متوسط و بیشینه زمان تأخیر و تغییرات تأخیر برای شبکه با سرعت ۵ متر بر ثانیه برای حرکت گره‌ها ۷٦

تصویر ٦-۱-۳- نمودار متوسط و بیشینه زمان تأخیر و تغییرات تأخیر برای شبکه با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه برای حرکت گره‌ها ۷۷

تصویر ٦-۲-۱- نمودار نرخ گذردهی به ازای پهنای باندهای مختلف..... ۷۹

تصویر ٦-۲-۲- نمودار نرخ گذردهی به ازای پهنای باندهای مختلف ۸۰

تصویر ٦-۲-۳- نمودار نرخ گذردهی به ازای پهنای باندهای مختلف..... ۸۰

تصویر ٦-۲-٤- نمودار نرخ تحویل بسته‌ها به ازای پهنای باندهای مختلف ۸۱

تصویر ٦-۲-۵- نمودار نرخ تحویل بسته‌ها به ازای پهنای باندهای مختلف..... ۸۱

تصویر ٦-۲-٦- نمودار نرخ تحویل بسته‌ها به ازای پهنای باندهای مختلف..... ۸۲

تصویر ٦-۳-۱- نمودار نرخ تحویل بسته‌ها به ازای جریان‌های مختلف برای شبکه با گره‌های ثابت ۸٤

تصویر ٦-٣-٢- نمودار نرخ تحویل بسته‌ها به ازای جریان‌های مختلف با حداکثر سرعت حرکت ٥ متر با ثانیه برای گره‌ها ٨٤

تصویر ٦-٣-٣- نمودار نرخ تحویل بسته‌ها به ازای جریان‌های مختلف با حداکثر سرعت حرکت ١٠ متر با ثانیه برای گره‌ها ٨٥

تصویر ٦-٣-٤- نمودار نرخ متوسط تحویل بسته‌ها به ازای سرعت‌های مختلف حرکت گره‌ها ٨٥

۱– مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

شبکه‌های بی‌سیم[۱] محلی به عنوان سیستم‌های انتقال داده طراحی شدند تا ارتباطی مستقل از مکان رایانه‌هایی که شبکه را تشکیل می‌دهند فراهم کند و به جای استفاده از بستر[۲] سیمی[۳] از ارتباط بدون سیم بهره ببرند. این یک شبکه جذاب و کاربردی است که تحرک[۴] و قابلیت انعطاف[۵] را با هزینه کاربرد و گسترش پایین فراهم می‌کند. با رشد و پیشرفت این شبکه‌ها، اکنون در جایگاهی قرار گرفته‌اند که یکی از اجزای اصلی در یک معماری متمرکز فنّاوری‌های بی‌سیم و متحرک هستند.

در شبکه بی‌سیم گره‌ها[۶] تنها قادر به تبادل اطلاعات با گره‌های در محدوده برد[۷] خود هستند. برد هر گره به توان آن و همچنین به زمین، موانع در مسیر و طراحی شبکه بستگی دارد. معمولاً چندین گره در یک ناحیه ممکن است با هم قصد برقراری ارتباط داشته باشند؛ اگر چند ارسال در زمان ارسال یک گره و در برد آن اتفاق بیفتد، ارسال‌ها باهم تصادم[۸] می‌کنند، این تصادم، فهم داده دریافتی توسط گره مقصد را غیرممکن می‌کند؛ لذا از چنین تصادمی باید تا حد ممکن اجتناب کرد. این کار می‌تواند با کنترل دسترسی به رسانه[۹] ممکن شود. این رویکرد با طرح‌های اجتناب[۱۰] یا حداقل کردن تصادم صورت می‌پذیرد.

ممکن است گره‌ها بخواهند با گره‌های خارج از بردشان ارتباط بر قرار کنند، این کار قاعدتاً باید توسط واسطه‌هایی انجام شود که سیگنال را از مبدأ (فرستنده)[۱۱] دریافت کنند و به مقصد (گیرنده)[۱۲] ارسال کنند. یعنی واسطه‌ها که خود می‌توانند گره‌های دیگری باشند به عنوان تکرارکننده[۱۳] سیگنال عمل می‌کنند. در

---

۱ Wireless
۲ Infra-structure
۳ Wired
4 Mobility
۵ Flexibility
۶ Node
۷ Transmission Range
۸ Collision
۹ Medium Access Control (MAC)
۱۰ Avoidance
۱۱ Source
۱۲ Destination
۱۳ Repeater

شبکه‌های سلولی[۱] این کار توسط ایستگاه‌های[۲] های ثابت انجام می‌شود که در ارتفاع نصب می‌شوند. دستگاه کاربر انتهایی[۳] که معمولاً کوچک است، تنها با نزدیک‌ترین ایستگاه رادیویی ارتباط برقرار می‌کند، ایستگاه ازاین‌پس مسئول ارسال اطلاعات تا رسیدن به مقصد است.

بجز شبکه‌های سلولی فنّاوری شبکه بی‌سیم بر اساس استاندارد IEEE 802.11 نیز از شبکه‌های متعارف و پر استفاده است که به شبکه‌های وای-فای[۴] نیز مشهورند. این شبکه‌ها معمولاً برای ارتباطات داده در محدوده یک ساختمان بکار می‌روند، پوشش محدودی دارند اما سرعت مطلوبی ارائه می‌دهند. در واقع این شبکه‌ها همان شبکه‌های محلی[۵] هستند که به صورت بی‌سیم عمل می‌کنند. معماری این شبکه‌ها بر پایه نقاط دسترسی[۶] ثابت است که نقشی مشابه نقش ایستگاه‌ها را در شبکه سلولی ایفا می‌کنند. یعنی نقاط دسترسی مسئول دریافت بسته از فرستنده و تحویل آن به گیرنده هستند. این نقاط همچنین مسئول ارتباط شبکه بی‌سیم با شبکه‌های خارجی مثل اینترنت[۷] یا یک شبکه بی‌سیم محلی دیگر هستند.

شبکه‌هایی که تاکنون مورد بررسی قرار گرفتند برای ارتباط گره‌های سیار[۸]، وابسته به گره‌های ثابت بودند. به علاوه این شبکه‌ها نیاز به یک بستر ثابت برای ارتباط داخلی بین این گره‌های ثابت دارند. این نوع از معماری بسیار موفق بوده و به خاطر تنوع سرویس‌های داده و مکالمه‌ای که در حین انعطاف‌پذیری متناسب با سرویس‌های موجود ارائه می‌کند، در سطح وسیعی در دنیا استفاده می‌شود.

دو حوزه جانبی بی‌سیم نیز بعد از شبکه بی‌سیم ظاهر شدند: یکی شبکه‌های اقتضایی[۹] و دیگری شبکه‌های حسگر[۱۰]. این دو نوع شبکه، بدون بستر هستند و توسعه این شبکه‌ها خیلی آسان است که مسیر برای کاربرد[۱۱]های جدید را مهیا می‌کند و راهکاری[۱۲] برای محیط‌های بدون بستر است.

---

[۱] Cellular Network
[۲] Station
[۳] End User
[۴] Wireless Fidelity (Wi-Fi)
[۵] Local Area Network (LAN)
[۶] Access Points
[۷] Internet
[۸] Mobile
[۹] Ad-hoc Network
[۱۰] Sensor Network
[۱۱] Application
[۱۲] Solution