١١٦٠١٤

دانشگاه زنجان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه برق و کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

گرایش : الکترونیک دیجیتال

الگوریتم های مسیریابی در شبکه‌های بی‌سیم Ad hoc با محدودیت انرژی

نگارش : حسین آشتیانی

استاد راهنما : دکتر شاهپور علیرضایی

استاد مشاور: دکتر عبدالرسول قاسمی

۱۳۸۸/۶/۱۱

بهار ۱۳۸۸

۱۱۶۰۱۴

شماره: ت-م-۱۵۰۳

تاریخ: ۸۸/۴/۲

پیوست:

بسمه تعالی

دانشگاه زنجان

صورتجلسه دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی‌ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای حسین آشتیانی

رشته : مهندسی برق (الکترونیک)تحت عنوان :الگوریتم های مسیر یابی در شبکه های بی سیم Adhoc با محدودیت انرژی

که در تاریخ ۸۸/۴/۲ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه: عالی امتیاز: نوزده تمام ۱۹) دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱. عالی (۲۰-۱۸)

۲. بسیار خوب (۱۷/۹۹-۱۶)

۳. خوب (۱۵/۹۹-۱۴)

۴. قابل قبول (۱۳/۹۹-۱۲)

ردیف	عضو هیأت داوران	نام و نام‌خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱	استاد راهنما	دکتر شاهپور علیرضایی	استادیار	
۲	استادمشاور	دکتر عبدالرسول قاسمی	استادیار	
۳	استاد ممتحن	دکتر شهرام محمدی	استادیار	
۴	استاد ممتحن	دکتر سعید فضلی	استادیار	
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر امیر مسعود رحیمی	استادیار	

دانشگاه زنجان
دکتر سید حسین میرموسوی
مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه و استعدادهای درخشان

از طرف مهندس محمد مصطفوی
معاون آموزشی دانشکده مهندسی

۱۳۸۸/۶/۱۱

تمام حقوق این اثر برای نویسنده محفوظ می‌باشد.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی

این تحقیق حاصل روح چالشی در من بوده که توسط افراد بسیاری حمایت و تشویق گردیده است. تشکرات عمیق قلبی ام را به آنها در اینجا تقدیم می‌کنم.

ابتدا از زحمات استاد راهنمای گرانقدر جناب آقای دکتر شاهپور علیرضایی به‌خاطر راهنمایی‌های بی‌دریغ و حمایت‌های دلسوزانه‌شان تشکر می‌کنم.

از جناب دکتر عبدالرسول قاسمی که استاد مشاور بنده در این پایان نامه بوده‌اند و در مقاطع مختلف انجام این پایان نامه، راهنمایی‌های خود را از بنده دریغ ننموده اند, تشکر می‌نمایم. همچنین از آقای دکتر رضا طوسی نیز که کمک شایانی در تکمیل پایان‌نامه کرده‌اند، تشکر می‌کنم.

صادقانه و خالصانه‌ترین سپاسم را تقدیم به دوستان عزیزم آقایان دکتر سید علی پورموسوی و مهندس محسن نیک‌پور می‌کنم که به مانند برادرانی، ارزشمندترین راهنمایی‌ها و توصیه‌ها را بی‌دریغ به بنده داشته‌اند.

بهار ۱۳۸۸
حسین آشتیانی

چکیده

امروزه کاربرد انواع شبکه‌های کامپیوتری و مخابراتی نقش بسیار اساسی را در زندگی ما ایفا می‌کند. یکی از شبکه‌هایی که در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است، شبکه‌های Ad-hoc می‌باشد. استفاده از این شبکه‌ها به دلایل زیادی از جمله سادگی راه‌اندازی، انواع کاربردهای نظامی، پزشکی و... به صورت روزافزونی در حال افزایش است. اما به دلیل اینکه هنوز چندسالی از ایده این شبکه‌ها نمی‌گذرد، بنابراین، دانشمندان و محققان زیادی در راستای بهبود عملکرد این نوع از شبکه‌ها به تلاش و تحقیق پرداخته‌اند.

حفظ منابع توان و انرژی در شبکه‌های بی‌سیم حسگر و شبکه‌های بی‌سیم Ad hoc یکی از موضوعات مهمی است که طراحان این نوع از شبکه‌ها با آن مواجه می‌باشند. شبکه‌های Ad hoc به دلیل نداشتن زیرساخت[1] با محدودیت‌هایی مانند مقدار انرژیِ باتری گره‌ها در برخی از کاربردها مواجه هستند. در سالهای اخیر راهکارهای مختلفی برای حفظ انرژی شبکه‌های Ad hoc ارائه گردیده است که اکثر آنها جهت کاربردهای خاصی طراحی شده‌اند.

در این پایان‌نامه یک روش جدید محاسبه توان ارسال بهینه در شبکه‌های بی‌سیم حسگر و شبکه‌های بی‌سیم Ad hoc ارائه گردیده است. در مرحله‌ی اولِ محاسبات توان، با توجه به نتایج تحقیقات انجام گرفته، نقش تنظیم دقیق توان ارسال هر گره در حفظ منابع انرژی و افزایش طول عمر شبکه به طوری که اتصال[2] شبکه Ad hoc نیز حفظ گردد، بررسی می‌شود. در مرحله بعد، با استفاده از روش نسبتاً جدید و کاربردی PSO به ارائه راهکاری مناسب جهت طراحی شبکه‌ی Ad-hoc ای که کمترین مصرف توان را داشته باشد، می‌پردازیم. روش PSO یکی از روش‌هایی است که در محاسبه دقیق تابعی که همزمان از تغییرات چندین پارامتر تأثیر می‌پذیرد، استفاده می‌شود. همچنین با روش ارائه شده در این پایان‌نامه می‌توان شبکه‌هایی با توپولوژیِ Square Grid طراحی کرد که کمترین میزان مصرف توان را داشته باشد.

همچنین در بخش دیگری از این پایان‌نامه به طراحیِ پروتکل PNR می‌پردازیم که کاربرد آن در شبکه‌های Ad hoc ای است که در آنها کم بون تأخیر دو انتها[3] ضمن داشتن نسبت تحویل داده[4] قابل قبول، اهمیت زیادی دارد. پروتکل PNR با استفاده از ناحیه‌بندی شبکه Ad hoc به میزان زیادی از تراکم شبکه کاسته و تأخیر دو انتها را تا حد قابل توجه‌ای کم می‌کند.

در انتهای بخش‌های مربوط به محاسبات توان و همچنین طراحی پروتکل PNR، نتایج محاسبات و شبیه‌سازی‌ها ارائه گردیده است.

1-*Infrastructure*
2- *Connectivity*
3- *End-to-End Delay*
4- *Packet Delivery Ratio*

این تحقیق منتج به مقالاتی تحت عناوین زیر گردیده است:

1. "PNR: New Position based Routing Algorithm for mobile Ad hoc networks", WCE 2009, London,U.K. (accepted , registered and recommended for Best Paper Awards competition).

2. "A comprehensive Evaluation of routing Protocols in Ordinary and Large-scale Wireless MANETs", IEEE, NAS 2009, China (accepted and registered).

فهرست مطالب

مقدمه..... ۱

۱-آشنایی با شبکه‌های Ad hoc ۴

۱-۱-بررسی ساختار کلی شبکه ۵

۱-۱-۱-لایه فیزیکی..... ٦

۱-۱-۲-لایه پیوند داده..... ٦

۱-۱-۳-لایه اینترنت (IP)..... ۷

۱-۱-٤-.لایهٔ انتقال..... ۷

۱-۱-٥-.لایهٔ کاربرد..... ۷

۱-۲-تقسیم بندی شبکه‌های بی‌سیم ۸

۱-۳-کاربردهای شبکه Ad hoc ۱۱

۱-۳-۱-کاربرد نظامی..... ۱۱

۱-۳-۲-کاربرد سلامت..... ۱۲

۱-۳-۳-کاربرد تجاری..... ۱۳

۱-۳-٤-کاربرد خانگی..... ۱۳.

۱-۳-٥-کاربرد محیطی..... ۱۳

۲- مسیریابی و مدل های تحرک..... ۱۴

۲-۱-.مسیریابی در شبکه های معمولی..... ۱٥

۲-۱-۱-۱-.مسیریابی کوتاهترین فاصله:..... ۱٦

۲-۱-۱-۲-.الگوریتم غرق کردن :..... ۱۸

۲-۱-۱-۳-.مسیریابی بردار فاصله (DV):..... ۱۹

۲-۱-۱-٤-.مسئله بی نهایت گرایی :..... ۲۰

۲-۱-۱-٥-.مسیریابی حالت پیوند :..... ۲۱

۲-۱-۲-الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه‌های Ad hoc..... ۲۳

۲-۱-۲-۱-الگوریتم های مسیریابی مسطح..... ۲٤

۲-۱-۲-۱-۱-پروتکل های مسیریابی Table-driven ۲٤

۲-۱-۲-۱-۱-۱-پروتکل DSDV [٦۷]..... ۲٥

۲-۱-۲-۱-۱-۲-پروتکل *WRP* ۲٦

۲-۱-۲-۱-۱-۳-پروتکل OLSR ۲٦

۲-۱-۲-۱-۲-پروتکلها ی مسیریابی On Demand..... ۲۷

۲-۱-۲-۱-۲-۱-پروتکل *AODV*..... ۲۸

۲-۱-۲-۱-۲-۲-پروتکل *DSR* ۳۱

۲-۱-۲-۲-الگوریتم های مسیریابی سلسله مراتبی ۳۳
۲-۱-۲-۱-۱-پروتکل *ZRP* ۳٤

۲-۲-ظرفیت شبکه های Wireless و محدودیت الگوریتم های On-Demand ۳٦
۲-۳-تکنولوژی بی‌سیم مورد استفاده در شبیه‌سازی شبکه‌های Ad hoc ۳۸
۲-٤-مدل‌های تحرک ٤۰
۲-٤-۱-مدل تحرک با وابستگی لحظه‌ای ٤۱
۲-٤-۲-مدل تحرک با وابستگی فضایی ٤۲
۲-٤-۳-مدل‌های تحرک با محدودیت جغرافیایی ٤۳
۲-٤-٤-مدل‌های تحرک تصادفی ٤۳
۲-٤-٤-۱-خصوصیت مدل تحرک Random Waypoint ٤٤
۲-۵-ابزار شبیه‌سازی ٤۷
۳-بررسی روش‌های مبتنی بر انرژی ۵۰
۳-۱-راههای مصرف انرژی در یک شبکه بی‌سیم Ad hoc ۵۳
۳-۲-الگوریتم‌های مسیریابی ۵٦
۳-۲-۱-پروتکل‌های مسیریابی مدنظر قرار دهنده توان ۵۷
۳-۲-۱-۱-پروتکل‌های مسیریابی Active Energy-Saving ٦۰
۳-۲-۱-۲-پروتکل‌هایی جهت به حداکثر رساندن عمر شبکه (Maximizing Network Lifetime Protocols) ٦٤
۳-۲-۱-۳- Passive Energy-Saving Protocols ٦۹
۳-۲-۱-٤- پروتکل‌های کنترل توپولوژی شبکه (Topology Control Protocols) ۷۳
۳-۲-۱-۵- Energy-Efficient Multicasting and Broadcasting Protocols ۷٦
۳-۲-۱-۵-۱-Broadcasting ۷۷
۳-۲-۱-۵-۲-Multicasting ۷۸
۴-ارائه الگوریتم‌های پیشنهادی ۸۱
٤-۱-ارائه الگوریتم پیشنهادی Position-Based ۸۲
٤-۱-۱-طراحی پروتکل PNR : ۸۳
٤-۱-۱-۱-ارزیابی و مقایسه با پروتکل‌های متداول ۸٦
٤-۱-۱-۱-۱-تأخیر دو انتها ۸۷
٤-۱-۱-۱-۲-نسبت تحویل داده ۸۹
٤-۱-۱-۱-۳-Media Access Delay ۹۱
٤-۲-بررسی توان ارسال مشترک بهینه در شبکه‌های Ad hoc و ارائه روش پیشنهادی ۹٤
٤-۲-۱-بررسی روش محاسبه توان ارسال مشترک بهینه در شبکه‌های Ad hoc ۹٤
٤-۲-۱-۱-مدل ارائه شده و فرضیات ۹٦
۴-۲-۱-۱-۱-توپولوژی شبکه ۹٦

۴-۲-۱-۱-۲-مسیریابی ۹۸
۴-۲-۱-۱-۲-۱-توپولوژی *Square Grid* ۹۸

۴-۲-۱-۱-۲-۲-توپولوژی دو بعدی پوآسن ۹۸

۴-۲-۱-۱-۳-پروتکل لایه MAC ۱۰۰
۴-۲-۱-۱-۳ اتصال در شبکه ۱۰۱
۴-۲-۱-۲-۱-توپولوژی Square Grid ۱۰۱
۴-۲-۱-۲-۲-توپولوژی دو بعدی پوآسن ۱۰۳
۴-۲-۱-۳-BER در انتهای یک مسیر چند گامه ۱۰۵
۴-۲-۱-۳-۱-توپولوژی Square Grid ۱۰۵
۴-۲-۱-۳-۱-۱-محاسبه *BER* مسیر با استفاده از محاسبات دقیق ریاضی ۱۰۵

۴-۲-۱-۳-۱-۲-آنالیز تقریبی ۱۱۰

۴-۲-۱-۳-۲-توپولوژی تصادفی ۱۱۳
٤-۲-۱-٤-توان ارسال مشترک بهینه ۱۱٤
۴-۲-۱-۴-۱-توان ارسال مشترک بهینه در شبکه‌هایی با توپولوژیِ Square Grid ۱۱٤
۴-۲-۱-۴-۲-توان ارسال مشترک بهینه در شبکه‌ای با توپولوژی تصادفی ۱۱۵
۴-۲-۱-۵-معیارهای عملکرد ۱۱۵
۴-۲-۱-۶-نتایج روش مورد بررسی ۱۱٦
٤-۲-۱-٦-۱-رابطه‌ی بین توان ارسال بهینه و نرخ دیتا ۱۱۷
۴-۲-۱-۶-۲-رابطه‌ی بین توان ارسال بهینه و چگالی فضایی گره ۱۲۰
٤-۳-الگوریتم اجتماع ذرات (PSO) ۱۲۱
٤-٤-طراحی شبکه Ad hoc با استفاده از PSO ..... Error! Bookmark not defined.
۵-نتیجه گیری و پیشنهادات ادامه کار ۱۲۹
۶-فهرست منابع ۱۳۲

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ مثالی از شبکه های دارای زیر ساخت ۸
شکل ۱-۲ شکل نمونه ای از شبکه فاقد زیر ساخت ۹
شکل ۱-۳ کاربردهای گوناگون شبکه‌های Ad hoc ۱۱
شکل ۱-۴ کاربرد نظامی شبکه‌های Ad hoc ۱۲
شکل ۲-۱ نمونه‌ای از ارتباط بین مبدأ و مقصد در شبکه‌های معمولی ۱۶
شکل ۲-۲ کوتاه ترین مسیر در دیکسترا ۱۷
شکل ۲-۳ جداول مسیریابی در الگوریتم بردار فاصله ۲۰
شکل ۲-۴ مسئله بینهایت گرایی ۲۱
شکل ۲-۵ بسته های حالت پیوند ۲۲
شکل ۲-۶ تقسیم‌بندی پروتکل‌های شبکه‌های MANET ۲۴
شکل ۲-۷ مکانیزم انتخاب MPR و ارسال پیام در پروتکل OLSR ۲۷
شکل ۲-۸ فرمت بسته Route request ۲۸
شکل ۲-۹ فرآیند مسیریابی در AODV ۲۹
شکل ۲-۱۰ فرمت بسته Route Reply ۳۰
شکل ۲-۱۱ ارسال درخواست مسیر در الگوریتم مسیریابی DSR ۳۲
شکل ۲-۱۲ ارسال پاسخ درخواست مسیر در الگوریتم مسیریابی DSR ۳۳
شکل ۲-۱۳ شبکه مجازی ایجاد شده در یک شبکه MANET با استفاده از مسیریابی سلسله مراتبی ۳۳
شکل ۲-۱۴ شبکه‌ای که از پروتکل ZRP استفاده می‌کند و ناحیه‌بندی شبکه بر اساس پروتکل ZRP ۳۶
شکل ۲-۱۵ افت گذردهی در یک شبکه بی‌سیم نمونه با افزایش تعداد گره‌های شبکه ۳۷
شکل ۲-۱۶ زمانبندی ارسال بسته در استاندارد IEEE 802.11 ..... ۳۹
شکل ۲-۱۷ تخمین مدت زمان اشغال خط با استفاده از RTS/CTS ۴۰
شکل ۲-۱۸ تقسیم بندی مدل‌های تحرک شبکه‌های Ad Hoc ۴۱
شکل ۲-۱۹ مدل تحرک RPGM ۴۳
شکل ۲-۲۰ الگوی حرکتی یک گره متحرک در مدل Random Waypoint ۴۴
شکل ۲-۲۱ تغییر متوسط سرعت با گذشت زمان در مدل تحرک Random Waypoint ۴۶

شکل ۲-۲۲ تغییر تعداد متوسط گره‌های همسایه با گذشت زمان در مدل تحرکی Random Waypoint ۴۷
شکل ۳-۱ لایه‌های مختلف در شبکه‌های MANET و کوپلینگ بین لایه‌ها ۵۲
شکل ۳-۲ مسیریابی و استفاده از چندین گام به جای یک گام ۵۵
شکل ۳-۳ کارایی و اثر استفاده از استراتژی‌های مختلف مسیریابی ۵۵
شکل ۳-۴ دسته‌بندی پروتکل‌های مسیریابی حفظ کننده توان و انرژی در شبکه‌های Ad hoc ۵۸
شکل ۳-۵ استفاده از گره‌های میانی به جای ارسال مستقیم ۶۱
شکل ۳-۶ استفاده از ناحیه بازپخش در الگوریتم LAPAR ۶۲
شکل ۳-۷ تقسیم شبکه به دو بخش مجزا به علت تخلیه شدن باتری گره A ۶۴
شکل ۳-۸ نقش هر گره در هر بخش یک شبکه تقسیم شده ۷۰
شکل ۳-۹ حالت‌های مختلف کاری گره در BECA ۷۱
شکل ۳-۱۰ تغییرات توپولوژی در اثر توان ارسال ۷۴
شکل ۳-۱۱ توپولوژی Cone-Based ۷۶
شکل ۳-۱۲ پروتکل‌های ارتباطی link-based و node-based جهت ارتباط با گره‌های همسایه ۷۷
شکل ۴-۱ روش تقسیم شبکه به زیربخش‌های چهارتایی به صورت سلسله مراتبی ۸۴
شکل ۴-۲ مکانیزم Backtracking در شبکه‌ای کوچک ۸۶
شکل ۴-۳ شبکه‌ای با ۵۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۱۰ ..... ۸۸
شکل ۴-۴ شبکه‌ای با ۵۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۳۰ ..... ۸۸
شکل ۴-۵ شبکه‌ای با ۱۰۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۱۰ ..... ۸۸
شکل ۴-۶ شبکه‌ای با ۱۰۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۳۰ ..... ۸۹
شکل ۴-۷ شبکه‌ای با ۵۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۱۰ ..... ۹۰
شکل ۴-۸ شبکه‌ای با ۵۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۳۰ ..... ۹۰
شکل ۴-۹ شبکه‌ای با ۱۰۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۱۰ ..... ۹۰
شکل ۴-۱۰ شبکه‌ای با ۱۰۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۳۰ ..... ۹۱
شکل ۴-۱۱ شبکه‌ای با ۵۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۱۰ ..... ۹۱
شکل ۴-۱۲ شبکه‌ای با ۵۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۳۰ ..... ۹۲
شکل ۴-۱۳ شبکه‌ای با ۱۰۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۱۰ ..... ۹۲
شکل ۴-۱۴ شبکه‌ای با ۱۰۰ گره با تعداد منبع CBR برابر ۳۰ ..... ۹۳

شکل ۴-۱۵ توپولوژی های استفاده شده: ۱- توپولوژی Square Grid ۲- توپولوژی Random . در هر یک از شکل‌ها نمونه‌ای از مسیرها نشان داده شده است. ۹۷
شکل ۴-۱۶ نمونه‌ای از یک مسیر چند گامه در توپولوژی تصادفی ۹۹
شکل ۴-۱۷ ساختار لایه‌ها در توپولوژی Square Grid ۱۰۲
شکل ۴-۱۸ BER مسیر به عنوان تابعی از چگالی فضایی گره در نرخ داده مختلف. مقایسه بین اثر تداخل فقط از لایه اول و همنچنین اثر تداخل از لایه اول و دوم ۱۰۹
شکل ۴-۱۹ BER مسیر به عنوان تابعی از چگالی فضایی گره بدست آمده از روش‌های شبیه‌سازی و محاسبات ریاضی ۱۱۰
شکل ۴-۲۰ محاسبه BER مسیر به عنوان تابعی از چگالی فضایی گره هم از روش تقریبی و هم از روش دقیق ۱۱۳
شکل ۴-۲۱ توان ارسال مشترک بهینه در یک شبکه با توپولوژی Square Grid . تنها اثر تداخل لایه اول اطراف گره گیرنده مدنظر قرار گرفته است ۱۱۸
شکل ۴-۲۲ توان ارسال بهینه در شبکه‌ای با توپولوژی تصادفی و $BER = 10^{-3}$ ۱۱۹
شکل ۴-۲۳ توان ارسال بهینه در شبکه‌ای با توپولوژی Square Grid و $BER = 10^{-3}$. مقایسه ارسال‌های مجدد مختلف ۱۱۹
شکل ۴-۲۴ توان ارسال مشترک بهینه در شبکه‌ای با توپولوژی Square Grid به عنوان تابعی از چگالی فضایی گره ۱۲۰
شکل ۴-۲۵ مفهوم جستجو در الگوریتم اجتماع ذرات [۵۹]. ۱۲۳
شکل ۴-۲۶ طول عمر یک گره به عنوان تابعی از توان ارسال در شبکه‌ای با توپولوژی Square Grid ۱۲۸

فهرست جداول

جدول۱-۱ لایه های مراجع OSI و TCP/IP ۶
جدول۳-۱ پروتکل‌های Passive Energy-Saving ۷۳
جدول۳-۲ معیارهای روش‌های مختلف جهت حفظ انرژی و افزایش عمر ۷۹
جدول ۴-۱ مشخصات سناریوی شماره ۱ ..... ۸۶
جدول ۴-۲ مشخصات سناریوی شماره ۲ ..... ۸۷
جدول ۴-۳ مشخصات پروتکل PNR مورد استفاده در سناریوها ۸۷
جدول۴-۴ مقادیر پارامترهای تأثیرگذار بر توان ارسال بهینه در سناریوهای تعریف شده ..۱۱۶
جدول۴-۵ لیست متغیرها و محدوده تغییرات آنها ۱۲۴
جدول۴-۶ مقدار توان ارسال مشترک بهینه در شبکه‌ای با توپولوژی Square Grid با سناریوهای مختلف ۱۲۵
جدول۴-۷ مقادیر متوسط بهینه پارامترهای تأثیرگذار بر توان مشترک بهینه جهت طراحی شبکه‌ای با ۲۸۹ گره و توپولوژی Square Grid ۱۲۶
جدول۴-۸ عمر شبکه‌های هر یک از سناریوهای تعریف شده ۱۲۷

مقدمه

ارتباطات بی‌سیم در جهان امروز یکی از فعال‌ترین حیطه‌های تکنولوژی است که هر روز در حال تغییر و تحول می‌باشد. در سال‌های اخیر علاقه به ارتباطات بی‌سیم بیش از پیش به چشم می خورد و به همین دلیل، تکنولوژی شبکه‌های بی‌سیم نیز سریعا در حال پیشرفت است. شبکه‌های بی‌سیمی که در حال حاضر بسیار مورد استفاده قرار گرفته و متداول‌تر هستند، دارای زیرساخت مخابراتی می‌باشند، یعنی کاربرها از طریق یک زیرساخت ثابت مخابراتی (مانند آنتن‌های ثابت) با یکدیگر در ارتباط هستند. به عنوان مثال، یک آنتن BTS امکان ارتباط کاربران تلفن‌های همراه را که در حیطه ارتباطی آن قرار دارند با کاربران دیگر برقرار می‌کند.

در عوض، شبکه‌های بی‌سیم Ad hoc و شبکه‌های حسگر، شبکه‌های بی‌سیمی هستند که دارای هیچ زیرساخت مخابراتی نمی‌باشند. این شبکه‌ها به سادگی و به سرعت راه‌اندازی شده و به همین دلیل، در جاهایی که ایجاد یک شبکه دارای زیرساخت مخابراتی هزینه بالایی دارد و استفاده از آن نیز به صورت موقت است، می‌توان از شبکه‌های Ad hoc استفاده کرد. این شبکه‌ها کاربردهای وسیعی دارند از جمله کاربردهای نظامی، سلامت، محیطی، خانگی و تجاری. به طوری که بسیاری از کشورهای پیشرفته دنیا سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی را در راستای تحقیقات در زمینه این نوع از شبکه، اختصاص داده‌اند. برای نمونه می‌توان به وزارت دفاع انگلیس اشاره کرد که از سال ۲۰۰۱ به سرمایه‌گذاری در زمینه استفاده نظامی از این شبکه‌ها پرداخته است.

به علت اینکه هر یک از گره‌ها در شبکه‌های Ad hoc می‌تواند دارای تحرک باشد و وظیفه انتقال داده گره‌های دیگر را نیز داراست، لذا عمر شبکه به عمر هر یک از باتری‌های آن وابسته است. بنابراین، مسأله حفظ انرژی باتری گره‌ها یکی از موضوعات مهم در طراحی این نوع از شبکه‌هاست. اثر انرژی بر عملکرد هر یک از گره‌ها و در نتیجه عملکرد کل شبکه Ad hoc به اندازه‌ای است که اگر این اثر در طراحی شبکه‌های Ad hoc ای که گره‌های آنها دارای محدودیت در انرژی و توان باتری هستند، در نظر گرفته نشود، می‌تواند باعث کاهش شدید عمر شبکه و حتی افت عملکرد آن گردد. از این رو، لحاظ کردن روش‌های حفظ انرژی در طراحی شبکه‌های Ad hoc بسیار مهم می‌باشد. اگر از روش‌هایی استفاده گردد که بتواند در این نوع از شبکه‌های Ad hoc انرژی را در حین کار یا انتقال داده‌ها بیشتر حفظ کند، آنگاه می‌توان شبکه‌ی Ad hoc ای طراحی کرد که از انرژی گره‌ها استفاده بهینه‌ای کرده و ضمن داشتن عمر طولانی بتواند به انتقال حجم بیشتری از داده‌ها و اطلاعات بپردازد.

روش‌های زیادی برای حفظ انرژی گره‌ها و یا افزایش عمر شبکه ارائه شده است، اما هر یک از آنها تنها برای انواع خاصی از شبکه‌های Ad hoc کارایی خوبی دارند و تاکنون به علت جدید بودن ایده این نوع شبکه‌ها و تکمیل نشدن تحقیقات روی آنها روش دقیق و کاملی که بتواند در تمامی انواع شبکه‌های Ad hoc ای که با محدودیت انرژی مواجه‌اند، کارایی بالایی داشته باشد، ارائه نشده است.

برخی از الگوریتم‌های ارائه شده صرفاً به محاسبه بهترین مسیر از لحاظ انرژی می‌پردازند، در صورتی که اصلاً به میزان استفاده از هر گره در طول مدت انتقال داده‌ها توجهی ندارند. اما در مقابل، بسیاری دیگر از الگوریتم‌ها هم به عمر شبکه و هم به میزان مصرف انرژی گره‌ها توجه دارند.

در این پژوهش، توان ارسال مشترک بهینه توسط الگوریتم PSO محاسبه شده است. با داشتن این پارامتر بهینه، طراح شبکه‌های Ad hoc به راحتی می‌تواند به ازائ تعداد گره مشخص، بهترین شبکه را از لحاظ توان ارسال گره‌ها و همچنین بیشترین مساحت ممکنه طراحی کند. شبکه‌ی Ad hoc با توپولوژیِ Square Grid طراحی شده دارای کمترین مصرف توان و انرژی ممکنه بوده و اتصالات شبکه نیز در آن تضمین شده است. به عبارت دیگر، یک طراح شبکه با داشتن تعدادی مشخص از گره‌ها می‌تواند تخمین دقیقی از کمینه توان ارسال گره‌های شبکه و حداکثر مساحت (با توجه به توان ارسال در شبکه) ارائه کند.

برای طراحی این روش نیز ابتدا از روش‌های محاسباتی و ریاضی کمک گرفته شده است، تا به یک رابطه برای توان ارسال بهینه در شبکه‌های Ad hoc غیرمتحرک با توپولوژی Square Grid دست یابیم. سپس، با کمک رابطه‌ی بدست آمده و متغیرهای تأثیرگذار در آن و با استفاده از روش PSO به مشخصات شبکه Ad hoc ای که دارای کمینه توان است، دست می‌یابیم. همچنین، رابطه انرژیِ بدست آمده از روش پیشنهادی در این پایان‌نامه، با رابطه ارائه شده در مرجع اصلی [۴۵] مقایسه شده است.

در بخش دیگری از این پایان‌نامه نیز الگوریتم مسیریابی PNR که توسط نویسنده طراحی شده است، معرفی خواهد شد. این الگوریتم مسیریابی برای شبکه‌های Ad hoc ای که تأخیر دو انتهای کم و نسبت تحویل داده قابل قبول در آنها اهمیت دارد، می‌تواند به کار رود. جهت ارزیابی عملکرد این پروتکل نیز با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز OPNET ، پروتکل PNR را با پروتکل‌های متداول در شبکه‌های Ad hoc مقایسه کرده‌ایم.

فصل‌های این پایان‌نامه به این ترتیب تدوین شده‌اند: در ابتدا در فصل ۱ به بررسی اجمالی لایه‌های شبکه و مدل‌های ارائه شده برای طبقه‌بندی آن، می‌پردازیم. سپس ، برخی خصوصیات اصلی شبکه‌های MANET و کاربردهای این نوع از شبکه‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در فصل۲، نیز برخی از الگوریتم‌های متداول شبکه‌های Ad hoc و همچنین، مدل‌های تحرک گره‌ها در این نوع شبکه‌ها، ارزیابی می‌گردد. در فصل ۳، مروری بر روش‌های معروف ارائه شده جهت کاستن از انرژی مصرفی و افزایش عمر شبکه، خواهیم داشت. در فصل ۴، به طراحی پروتکلی به نام PNR می‌پردازیم (که توسط نویسنده این پایان‌نامه طراحی شده است) و مقایسه‌ای بین این الگوریتم و برخی الگوریتم‌های متداول انجام می‌دهیم. در ادامه این فصل، با بررسی روش ارائه شده برای محاسبه توان ارسال بهینه و همچنین، ارائه روش پیشنهادی خود و نمایش نتایج آن، به مقایسه‌ای کارا از این دو

دست خواهیم یافت. در فصل ۵ نیز به نتیجه‌گیری و برخی پیشنهادات برای ادامه کار و بسط روش پیشنهادی این پایان‌نامه پرداخته شده است.

فصل اول

آشنایی با شبکه‌های Ad hoc

۱