دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات-سیستم

بررسی و ارائه راهکار جدید برای زمان بندی توزیع شده در شبکه‌های بیسیم مش IEEE802.16d

نگارش

امیر رستمی

استاد راهنما

دکتر سعدان زکایی

آذر ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

تأییدیّه هیات داوران

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم/آقای: امیر رستمی

را با عنوان:

بررسی و ارائه راهکار جدید برای زمان بندی توزیع شده در شبکه‌های بیسیم مش IEEE 802.16d

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

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱ – استاد راهنما	آقای دکتر سعدان زکایی		
۲ – استاد مشاور			
۳ – استاد مشاور			
٤ – استاد ممتحن	آقای دکتر یوسف درمانی		
٥ – استاد ممتحن	آقای دکتر محمود فتحی		
٦ – نماینده تحصیلات تکمیلی			

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه: بررسی و ارائه راهکار جدید برای زمان بندی توزیع شده در شبکه‌های بیسیم مش IEEE 802.16d

استاد راهنما : دکتر سعدان زکایی

نام دانشجو : امیر رستمی

شماره دانشجویی : ۸۷۰۰۹۲۴

اینجانب امیر رستمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق گرایش مخابرات سیستم دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می‌باشد. در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو :

تاریخ :

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنونی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

راهنمایی استاتید گرامی در انجام این تحقیق را ارج می‌نهم و از ایشان سپاسگزارم.

سپاسگذاری

برای نگارش این پایان نامه از حضور استاد سعدان ذکایی بهره بردم. این یادآوری نماینگر سپاس بی‌پایان من نسبت به کمک‌های بی‌دریغ آنان است. همچنین از جناب آقای دکتر حسین غفاریان و مهندس سید اسماعیل سید علیخانی که مرا در تنظیم این پایان نامه یاری کرده‌اند تشکر می‌کنم.

چکیده :

شبکه‌های بیسیم مش به عنوان یک تکنولوژی کلیدی برای شبکه‌های نسل آینده به صحنه آمده‌اند. به خاطر برتری‌های این تکنولوژی نسبت به سایر شبکه‌های بیسیم ، این شبکه‌ها در حال توسعه و پیشرفت سریعی هستند و هر روز جای خود را در کاربردهای جدیدتری باز می‌کنند.

همچنین به دلیل گسترش زیاد شبکه‌های Ad-hoc شبکه‌های مش تبدیل به یک رکن مهم در زیرساخت شبکه‌های بیسیم شده‌اند. به خاطر این منافع برجسته ، استاندارد IEEE 802.16 (که به نام تجاری WiMAX نیز شناخته شده است) به نسخه سال 2003 خود (802.16a) این تکنولوژی را اضافه نموده است.

استانداردهای بیسیم فعلی برای تامین کیفیت سرویس در شبکه‌های خود از تقسیم زمانی (TDMA) استفاده میکنند. در حالی که این استانداردها مشخص کرده‌اند که چگونه باید ارسال‌ها صورت پذیرند ، اما در مورد الگوریتم زمان بندی و این که این ارسال‌ها چه موقع باید اتفاق بیفتند ، سخنی به میان نیاورده‌اند. با توجه به پیشرفت‌های روز افزون تکنولوژی، مساله پیدا کردن زمانبندی‌های ارسال همچنان در این چند سال بدون جواب راضی کننده‌ای وجود دارد.

این پایان نامه با مرور جامعی از شبکه‌های بیسیم مش در فصل اول آغاز می‌شود و به منظور شکوفایی علاقه‌ها در این زمینه، مسائل باز تحقیقاتی مطرح شده در کلیه لایه‌های این شبکه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل دوم استاندارد IEEE 802.16 نیز به صورت مختصر مورد بررسی قرار گرفته و دو نسخه اصلی آن معرفی می‌شود. سپس مد مش این استاندارد بیان شده و با توجه به پیام‌های زمانبندی مبادله شده در سطح لایه MAC، دو نوع زمانبندی متمرکز و توزیعی معرفی می‌گردد. در فصل سوم به بررسی بیشتر زمانبندی توزیعی هماهنگ در شبکه‌های مش IEEE 802.16 پرداخته و به بیان چالش‌های موجود از جمله ضعف شدید در مقایس پذیری می‌پردازیم. در ادامه پس از بیان کارهای صورت گرفته در این موضوع، یک الگوریتم پویا جهت بهبود عملکرد زمانبند توزیعی معرفی خواهد شد. در فصل چهارم با استفاده از شبیه سازی به مقایسه نتایج خواهیم پرداخت. در فصل پنجم نتیجه گیری و کارهای پیشنهادی بیان خواهد شد.

این پایان نامه تحت قرارداد همکاری پژوهشی شماره ۸۲۸۱ مورخ ۸۹/۳/۴ از حمایت مالی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران بهرمند گردیده است.

کلمات کلیدی : IEEE802.16 ، WiMAX ، کیفیت سرویس ، شبکه مش ، زمان بند توزیعی و توسعه پذیری

فهرست مطالب

فهرست جدول‌ها ..... د
فهرست شکل‌ها ..... ه
فهرست اختصارات ..... ز

فصل اول: شبکه‌های بی‌سیم مش

مقدمه ۲
۱-۱ توپولوژی شبکه ۴
۱-۱-۱ توپولوژی نقطه به نقطه (PTP) ۴
۱-۱-۲ توپولوژی نقطه به چند نقطه (PMP) ۴
۱-۱-۳ توپولوژی مش ۴
۱-۲ شبکه‌های بی‌سیم چند گامی ۵
۱-۳ معماری شبکه‌های بی‌سیم مش ۶
۱-۳-۱ شبکه‌های بی‌سیم مش مسطح ۶
۱-۳-۲ شبکه‌های بی‌سیم مش سلسله مراتبی ۷
۱-۳-۳ شبکه‌های بی‌سیم مش هایبرید ۷
۱-۴ مقایسه شبکه‌های بی‌سیم مش و Ad-hoc ۸
۱-۵ مسائل مربوط به لایه‌های شبکه و زمینه‌های باز تحقیقاتی ۹
۱-۵-۱ لایه فیزیکی ۹
۱-۵-۲ لایه کنترل دسترسی به رسانه (MAC) ۱۱
۱-۵-۳ لایه شبکه ۱۳
۱-۵-۴ لایه انتقال ۱۶
۱-۵-۵ لایه کاربرد ۱۷
۱-۶ مدیریت شبکه ۱۸
۱-۷ طراحی بین لایه‌ای ۱۹

۱–۸ نتیجه گیری ۲۰

فصل دوم: مروری بر شبکه‌های WiMAX

مقدمه ۲۲

۲–۱ مروری بر استاندارد IEEE 802.16 ..... ۲۲

۲–۱–۱ استاندارد IEEE 802.16 و نسخه‌های مختلف آن ۲۳

۲–۱–۲ استاندارد IEEE 802.16-2004 ..... ۲۶

۲–۱–۳ استاندارد IEEE 802.16e ۲۸

۲–۲ شبکه‌های WiMAX مش ۲۹

۲–۲–۱ لایه فیزیکی ۲۹

۲–۲–۲ لایه دسترسی به مدیا و ساختار فریم مش ۲۹

۲–۲–۳ زمان بندی در شبکه‌های مش IEEE 802.16 ..... ۳۱

۲–۳ نتیجه گیری ۳۸

فصل سوم: بررسی تاخیر در کسب کانال در زمانبندی توزیعی در شبکههای مش IEEE802.16

۳–۱ بررسی تاخیر در کسب کانال در زمانبندی توزیعی در شبکههای مش IEEE802.16..... ۴۰

۳–۲ مروری بر کارهای انجام شده ۴۶

۳–۳ به چالش کشیدن طرح زمانبندی توزیع شده مد مش استاندارد IEEE802.16..... ۵۲

۳–۳–۱ ضعف توسعه پذیری شبکههای مش استاندارد IEEE802.16 برمبنای زمانبندی توزیع شده هماهنگ ۵۲

۳–۳–۲ توان عملیاتی شبکه ۵۳

۳–۳–۳ ضرورت استفاده از یک الگوریتم دوبخشی ۵۳

۳–۴ تشریح روش پیشنهادی برای بهبود عملکرد زمان بند توزیعی هماهنگ مد مش استاندارد IEEE 802.16 ..... ۵۴

۳–۵ نتیجه گیری ۵۷

فصل چهارم : ارزیابی الگوریتم پیشنهادی

ارزیابی الگوریتم پیشنهادی ۵۸

۴-۱) ارزیابی الگوریتم پیشنهادی در حالت فروسو ۵۹

۴-۲) ارزیابی الگوریتم پیشنهادی در حالت نظیر به نظیر ۶۴

۴-۳) ارزیابی الگوریتم پیشنهادی در حالت فراسو ۶۷

فصل پنجم : جمع بندی و کارهای آینده ۷۱

فهرست منابع و مراجع ۷۴

فهرست جداول

فصل اول

جدول۱-۱) مقایسه شبکه‌های بی سیم مش و Ad-hoc ۹

فصل دوم

جدول ۲-۱) استانداردهای IEEE 802.16 .....۲۵
جدول۲-۲) جدول پیام‌های کنترلی مش IEEE 802.16 .....۳۲
جدول۲-۳) چندین نمونه از کارهای صورت گرفته در زمان بندی متمرکز ۳۴
جدول۲-۴) چندین نمونه از کارهای صورت گرفته در زمان بندی توزیعی ۳۷

فصل چهارم

جدول ۴-۱) پارامترهای شبیه سازی ۵۹

فهرست اشکال

فصل اول

شکل ۱-۱) توپولوژی PTP بین دو شهر با استفاده از دو تکرار کننده.....۴
شکل ۱-۲) توپولوژی PMP ۴
شکل ۱-۳) توپولوژی مش.....۵
شکل ۱-۴) تقسیم بندی شبکه‌های چند گامی.....۶
شکل ۱-۵) توپولوژی هایبرید در شبکه‌های مش.....۸

فصل دوم

شکل ۲-۱) ساختار فریم مش.....۳۰
شکل ۲-۲) زیر فریم‌های مش.....۳۰
شکل ۲-۳) ساختار زیر فریم کنترلی مش.....۳۱
شکل ۲-۴) ترتیب ارسال لینک‌ها در استاندارد.....۳۳
شکل ۲-۵) فرآیند سه بخشی ایجاد یک Data schedule ۳۶

فصل سوم

شکل ۳-۱) ساختارفریم مش.....۴۱
شکل ۳-۲) گره‌های SS1 , SS2 , SS3 همسایگان تک-گامی..... ۴۲
شکل۳-۳) گره پنهان..... ۴۳
شکل۳-۴) مدت زمان خاموشی ایستگاه بعد از ارسال..... ۴۴
شکل۳-۵) مکانیزم تعیین زمان ارسال بعدی ۴۵
شکل۳-۶) همسایگان رقیب برای یک txmt خاص.....۴۶
شکل ۳-۷) نتایج تحلیل حاصل از تغییر مقدار ثابت عدد ۴ در بازه زمانی مابین ارسال پیام‌های MSH-DSCH ۴۷
شکل ۳-۸) بازه دسترسی (برحسب واحد زمان) در مقایسه با تعداد شکاف در هر فریم.در دوحالت طول فریم برابر با ۱۰ و ۴ میلی ثانیه..... ۴۸
شکل۳-۹) بازه دسترسی (برحسب slot) در مقایسه با تعداد همسایگان دو-گامی ۴۹
شکل۳-۱۰) بازدهی شبکه grid با درنظر گرفتن مکانیزم بهبود مجادله (DyExp) و بدون آن (static EXP) در مقایسه با تغییر تعداد گره‌های شبکه (nodes)..... ۵۰

فصل چهارم

شکل ۴-۱) توپولوژی شبکه..... ۵۹
شکل ۴-۲) مقایسه عملکرد شبکه در حالت استاندارد و الگوریتم پیشنهادی در حالت فروسو..... ۶۰
شکل ۴-۳) مسیریابی در شبکه در حالت فروسو..... ۶۱
شکل ۴-۴) مقایسه طول صف‌ها در نرخ ارسال2Mb ۶۱
شکل ۴-۵) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 4Mb ۶۲
شکل ۴-۶) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 6Mb ۶۲
شکل ۴-۷) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 8Mb ۶۳
شکل ۴-۸) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 10Mb ۶۳
شکل ۴-۹) توپولوژی شبکه در حالت همتا به همتا..... ۶۴
شکل ۴-۱۰) مقایسه عملکرد شبکه در حالت استاندارد و الگوریتم پیشنهادی در حالت همتا به همتا..... ۶۴
شکل ۴-۱۱) مقایسه طول صف‌ها در نرخ ارسال2Mb ۶۵
شکل ۴-۱۲) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 4Mb ۶۵
شکل ۴-۱۳) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 6Mb ۶۶
شکل ۴-۱۴) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 8Mb ۶۶
شکل ۴-۱۵) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 10Mb ۶۷
شکل ۴-۱۶) توپولوژی شبکه در حالت فراسو..... ۶۷
شکل ۴-۱۷) مقایسه عملکرد شبکه در حالت استاندارد و الگوریتم پیشنهادی در حالت فراسو..... ۶۸
شکل ۴-۱۸) مقایسه طول صف‌ها در نرخ ارسال2Mb ۶۸
شکل ۴-۱۹) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 4Mb ۶۹
شکل ۴-۲۰) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 6Mb ۶۹
شکل ۴-۲۱) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 8Mb ۷۰
شکل ۴-۲۲) مقایسه متوسط طول صف در نرخ ارسال 10Mb..... ۷۰

فهرست اختصارات

ACK	Acknowledgement
AMC	Adaptive Modulation and Coding
AODV	Ad-hoc On Demand Distance Vector
BRAN	Broadband Radio Access Network
BS	Base Station
BWA	Broadband Wireless Access
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DSDV	Destination-Sequenced Distance Vector
EBTT	Expected Burst Transmission Time
FBWA	Fixed Point Broadband Wireless Access
GPS	Global Positioning System
H-ARQ	Hybrid-Automatic Repeat Request
IAN	Incident Area Network
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LMCS	Local Multipoint Communication Systems
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
MAC	Medium Access Control
MIMO	Multi Input Multi Output
MMDS	Multipoint Multichannel Distribution Service
MUP	Multi-radio Unification Protocol
N-WEST	National Wireless Electronics Systems Tested
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OSPF	Open Shortest Path First
PMP	Point to Multipoint
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
RCP	Rate Control Protocol
RIP	Routing Information Protocol
RTT	Round Trip Time
SS	Subscriber stations
TCP	Transmission Control Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
UDP	User Datagram Protocol
UWD	Ultra Wide band
VoIP	Voice over IP
WCETT	Weighted Cumulative Expected Transmission Time
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WMN	WiMAX Mesh Network
AHA	Adaptive Holdoff algorithm.

فصل اول:

شبکه‌های بی‌سیم مش

مقدمه

شبکه‌های بی‌سیم مش[1] (WMN) به عنوان یک تکنولوژی امید بخش نقش بسیار مهمی را در نسل آینده شبکه‌های بی‌سیم و سیار ایفا خواهند کرد [۲].

از ویژگی‌های این شبکه‌ها می توان به خود سازماندهی، خود التیامی در گسترش سریع شبکه[2]، خود تنظیمی[3]، نگهداری و حفظ آسان شبکه، کم هزینه بودن، مقیاس پذیر و قابل اطمینان بودن سرویس‌ها و بهبودی ظرفیت شبکه اشاره کرد. به خاطر این ویژگی‌ها و خصوصیت‌ها، استانداردهای بین المللی مانندIEEE802.16 , IEEE802.15 , IEEE802.11 از این توپولوژی به طور به سزایی بهره برده‌اند [۱,۲].

برخلاف شبکه‌های سلولی که خرابی یک ایستگاه مبنا (BS)[4] در شبکه منجر به قطع ارتباط در ناحیه جغرافیایی بزرگی می‌شود، درWMN ها حتی اگر تعدادی از گره‌ها[5] از بین رود، شبکه ارتباطش را همچنان حفظ خواهد کرد و ترافیک توسط دیگر گره‌ها هدایت می شود [۲].

با توجه به برتری‌های شبکه‌های بی‌سیم مش بر سایر شبکه‌های بی‌سیم، این شبکه‌ها در حال توسعه و پیشرفت سریعی هستند و هر روز جای خود را در کاربردهای جدیدتری باز می‌کنند. یکی از مهم ترین کاربردهای این شبکه‌ها ایجاد زیر ساخت بی‌سیم برای دسترسی به اینترنت در مناطقی است که زیر ساخت[6] سیمی (فیبر نوری، زوج سیم و کابل کواکس و ...) وجود ندارد. بنابراین در این مناطق از این تکنولوژی که بسیار ارزان تر و سریعتر از پیاده سازی زیر ساخت سیمی است استفاده می‌شود [۱,۲]. همچنین با گسترش عظیم شبکه‌های Ad-hoc، WMNها تبدیل به یک توپولوژی مهم در تکمیل زیر ساخت شبکه‌های بی‌سیم شده‌اند.

آزمایشات و تجربیات بدست آمده از مطالعات و پیاده سازی این شبکه‌ها، نوید دهنده تحولی بزرگ در شبکه‌های بی‌سیم آتی است. علیرغم این که این شبکه‌ها بر اساس فن آوریهای کنونی قابل پیاده سازی هستند، ولی نمونه‌های ساخته شده مختلف نشان می‌دهند که عملکرد این شبکه‌ها بسیار پایین تر از انتظارات می‌باشد لذا طراحی مجدد لایه‌های مختلف WMNها از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد [۱].

طراحی مسیریاب‌های مش قابل انعطاف جهت ایجاد یک شبکه زیرساخت قابل اعتماد که مسیریابی ترافیک در کل شبکه را به نحوی مناسب انجام دهند، از اهمیت زیادی برخوردار است لذا ارائه روش‌ها و پروتکل‌هایی جهت رویارویی با ترافیک‌های محلی و گذری در مسیریاب‌های مش حائز اهمیت خواهد بود [۱].

---

[1] - Wireless Mesh Networks
[2] - self-healing to enable quick deployment
[3] - self-organization
[4] - base station
[5] - node
[6] - infrastructure

در فصل اول پس از معرفی توپولوژی و معماری شبکه‌های بی‌سیم مش به بررسی لایه‌های شبکه این تکنولوژی می‌پردازیم و در انتهای این فصل مبحث مدیریت شبکه و طراحی میان لایه‌ای را مطرح می‌کنیم.

در فصل دوم به معرفی مختصر شبکه‌های WiMAX پرداخته و در ادامه با معرفی مد مش استاندارد IEEE 802.16 و بیان مفهوم زمان بندی[1]، با جنبه‌های تحقیقاتی مختلف در این زمینه آشنا خواهیم شد.

در فصل سوم به بررسی جزئیات بیشتری از مفهوم زمان بندی توزیعی پرداخته شده است. در ادامه به بررسی ضعف این طرح زمانبندی اشاره شده و کارهای صورت گرفته در این موضوع بیان شده است. در این فصل الگوریتم پیشنهادی نیز بیان شده است.

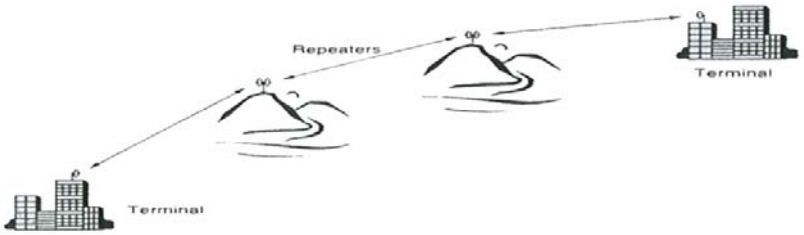
در فصل چهارم به بررسی کارایی شبکه با استفاده از الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با حالت استاندارد خواهیم پرداخت.

[1] - scheduling

۱-۱ توپولوژی شبکه

۱-۱-۱ توپولوژی نقطه به نقطه[1] (PTP)

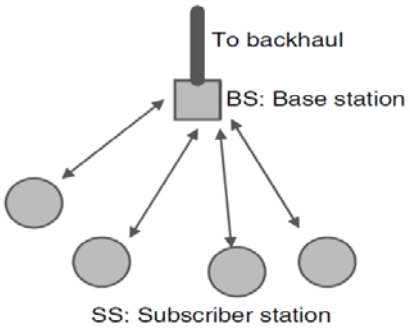
شبکه نقطه به نقطه از یک یا چند لینک ثابت تشکیل می‌شود و در این حالت معمولاً آنتن‌های گیرنده و فرستنده با سمت‌گرایی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل (۱-۱)).



شکل ۱-۱) شبکه PTP بین دو شهر با استفاده از دو تکرار کننده [۲].

۱-۱-۲ توپولوژی نقطه به چند نقطه[2] (PMP)

در حالت نقطه به چند نقطه همان‌طور که در شکل ۱-۲ ملاحظه می‌کنید، ایستگاه مبنا (BS) نقش مهمی در هماهنگ کردن و برقراری ارتباطات دارد و ایستگاه‌های مشترک[3] (SS) باید قبل از این که با SSهای دیگر تبادل داده داشته باشند تحت مدیریتBS ابتدا با BS ارتباط برقرار کنند و از طریق BS با SS دیگر تبادل داده کنند. این توپولوژی شبیه معماری شبکه‌های سلولی است [۳].



شکل ۱-۲) توپولوژیPMP [۲و۳]

۱-۱-۳ توپولوژی مش

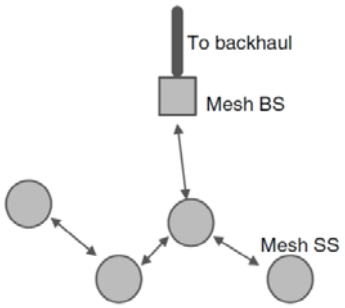
این توپولوژی به طورکلی هم به صورت حلقه و هم به صورت ساختارهای شاخه‌ای پیاده‌سازی می‌شود. مزیت عمده این مدل این است که شبکه مش مسیرهای غیرمستقیم برای اتصال مشتریانی را فراهم

[1] - Point-To-Point
[2] - Point-to-MultiPoint
[3] - subscriber

می‌کند که ممکن است دچار فقدان دید مستقیم[1] نسبت به BS باشند. از این طریق تعداد مشتریان متصل به شبکه را افزایش می‌دهد. لذا ترافیک هر مشتری باید در بعضی مواقع از طریق چندین گره مسیردهی شود .

در این توپولوژی ممکن است به گذردهی کمتری نسبت به شبکه‌هایPMP دست یابیم. زیرا در شبکه‌هایPMP فقط یک گام[2] برای اتصال SS به BS وجود دارد ولی در عوض پوشش بیشتری در شبکه‌های مش خواهیم داشت.

همان‌طور که در شکل ۱-۳ ملاحظه می‌کنید در این توپولوژی برخلاف حالتPMP در ارتباط SSها تفکیک واضحی میان لینک فروسو[3] و لینک فراسو[4] وجود ندارد و هر SS می‌تواند به صورت مستقیم با دیگر گره‌های همسایه‌اش بدون کمک BS ارتباط برقرار کند. در این توپولوژی عموماً یک یا چند گره نقش BS را دارند و تشکیل زیر ساخت شبکه بی‌سیم را داده و شبکه مش را به شبکه‌های خارجی دیگر مانند اینترنت متصل می‌کنند. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید در این توپولوژی بر خلاف دو حالت قبل بین BSو SS مقصد چند گام می‌تواند قرار بگیرد. در بخش بعد شبکه‌های بی‌سیم چندگامی را معرفی می‌کنیم [۳].



شکل۱-۳) توپولوژی مش [۲ و ۳]

۱-۲ شبکه‌های بی‌سیم چند گامی[5]

شبکه‌های بی‌سیم چندگامی مطابق شکل (۱-۴) عمدتاً به شبکه‌های زیر تقسیم می‌شوند [۲]:

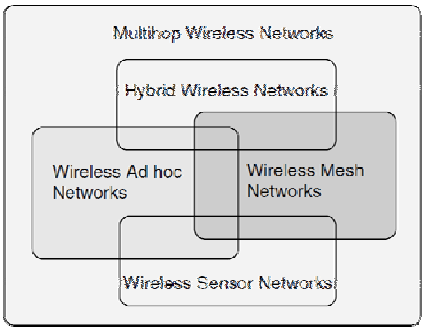
- شبکه‌های بی‌سیمAd-hoc
- شبکه‌های بی‌سیم حسگر[6]
- شبکه‌های بی‌سیم مش
- شبکه‌های بی‌سیم هایبرید[7]

[1] - Line-of-sight
[2] - Hop
[3] - Downlink
[4] - uplink
[5] - Multihop wireless networks
[6] - sensor
[7] - Hybrid

شبکه‌های Ad-hoc اساساً شبکه‌های فاقد زیرساخت هستند که توپولوژی شبکه آنها از تحرک نسبتاً بالایی برخوردار است.

شبکه‌های حسگر از یک سری گره‌های حسگر کوچک تشکیل شده‌اند. این گره‌ها قادر به جمع‌آوری اطلاعاتی نظیر پارامترهای فیزیکی محیط می‌باشند. وظیفه این گره‌ها در واقع ارسال اطلاعات به گره‌های مونیتورینگ می‌باشد. در این نوع شبکه‌ها ارتباطات به صورت تک‌گامی و یا چندگامی انجام می پذیرد.

شبکه‌های هایبرید به طور هم زمان می‌توانند از ارتباطات چند گامی و تک گامی بهره بگیرند. شایان ذکر است که شبکه‌های سلولی و شبکه‌های بی‌سیم در حلقه‌های محلی جزء شبکه‌های تک‌گامی محسوب می‌شوند. شبکه‌های مش نیز از ارتباطات چندگامی استفاده می‌کنند .



شکل ۱-۴) تقسیم بندی شبکه‌های چند گامی [۲]

۱-۳ معماری شبکه‌های بی‌سیم مش

شبکه‌های بی‌سیم مش با توجه به توپولوژی آن‌ها به سه گونه زیر طراحی می‌شوند [۲] :

- شبکه‌های بی‌سیم مش مسطح[۱]
- شبکه‌های بی‌سیم مش سلسله مراتبی[۲]
- شبکه‌های بی‌سیم مش هایبرید

۱-۳-۱ شبکه‌های بی‌سیم مش مسطح

در شبکه‌های مسطح، شبکه از یک سری گره‌های مشتری[۳] تشکیل شده است که این گره‌ها هم نقش گره‌های میزبان و هم نقش گره‌های مسیریاب را در شبکه ایفا می‌کنند. بنابراین در این نوع معماری همه گره‌ها در یک سطح قرار دارند. گره‌های مشتری با همکاری یکدیگر مسیریابی شبکه، تنظیمات ارسال و دریافت و تأمین سرویس دهی مناسب و به طور کلی سایر امور مربوط به شبکه را انجام می‌دهند.

---

[1] - Flat
[2] - Hierarchical
[3] - Client