**دانشگاه ارومیه**

**دانشکده فنی و مهندسی**

**گروه کامپیوتر**

**پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی فناوری اطلاعات (شبکه‌های کامپیوتری)**

**عنوان:**

# زمانبندی و تشکیل پیکربندی همزمان در شبکه‌های WiMAX حالت مش

**اساتید راهنما :**

**دکتر صالح یوسفی**

**دکتر جمشید باقرزاده**

**نگارش:**

**میثم بیانی‌راد**

**مهر ۱۳۹۱**

بسم الله الرحمن الرحيم

**تقدیم به پدر و مادرم عزیزم**

**و**

**همه قلب‌های مهربانی که تا به اینجا یاری‌ام کردند.**

# من ستایشگر معلمی هستم که اندیشیدن را به من بیاموزد نه اندیشه‌ها را

با سپاس فراوان از همه اساتیدی که اندیشیدن را در طی این دو سال به من آموختند.

## چکیده

در شبکه‌های WiMAX که مورد مطالعه ما در این تحقیق می‌باشند، هدف، مهیا نمودن دسترسی بی‌سیم باند وسیع به اینترنت و اترنت برای مشترکین شهری است. افزایش گذردهی در شبکه‌های بی‌سیم مش به طور کلی و WiMAX به طور خاص، اخیراً مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. به طور خلاصه، عمده این تحقیقات در راستای یافتن راهی برای این مهم است که تمامی مشترکین بتوانند در کوتاه‌ترین زمان ممکن اطلاعات درخواستی خود را با کیفیت مناسب دریافت کنند. از روش‌هایی که می‌توان برای بهبود گذردهی از آن‌ها استفاده کرد، می‌توان به استفاده از چند رادیو برای هر ایستگاه مشترک، استفاده از چند کانال متعامد در شبکه، کنترل توان ارسال آنتن‌ها به منظور کاهش تداخل میان ارسال کاربران، ساخت درخت مسیریابی بهینه و ارائه یک الگوریتم زمان‌بندی کارا اشاره کرد.در این پایان‌نامه هدف این است که فرآیند تخصیص منابع (جریان، کانال و شیار زمانی) به لینک‌های شبکه به نحوی باشد که در نهایت به بیشترین گذردهی بیانجامد. در این راستا ابتدا یک مسئله بهینه‌سازی خطی را با در نظر گرفتن محدودیت‌های شبکه اعم از برخورد لینک‌ها، پهنای باند درخواستی توسط ایستگاه‌های مشترک، ظرفیت لینک‌ها، ترافیک داخلی بین گره‌ها (کاربرد اترنت) و ترافیک خارجی (کاربرد اینترنت)، حل می‌کنیم. لازم به ذکر است که در مدل پیشنهادی، مسئله تداخل لینک‌ها و استفاده مجدد از فضای فرکانسی مد نظر قرار گرفته شده است. با حل مسئله بهینه‌سازی خطی به یک تقریبی از توزیع جریان بهینه بر روی لینک‌های شبکه دست می‌یابیم که مسیر حرکت داده‌های یک ایستگاه مشترک به سمت ایستگاه مرکزی یا یک ایستگاه مشترک دیگر را تعیین می‌کند. در مرحله بعد درخت مسیریابی را با توجه به جریان‌های روی لینک-ها ایجاد می‌کنیم. بدین ترتیب تقریبی از درخت مسیریابی بهینه شبکه را بدست می‌آوریم، که این به نوبه خود منجر به افزایش گذردهی و کاهش تاخیر کلی در شبکه می‌شود.

فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول: مقدمه‌ای بر شبکه‌های مش ..... ۱**

۱ – ۱ شبکه مش بی‌سیم ..... ۲

۱ – ۲ معماری شبکه مش ..... ۵

۱-۲-۱ شبکه ستون فقرات ساخت‌یافته ..... ۵

۱ – ۲ – ۲ شبکه کاربری ..... ۶

۱ – ۲ – ۳ شبکه ترکیبی ..... ۷

۱ – ۳ ویژگی‌ها ..... ۷

۱ – ۴ تفاوت با سایر شبکه‌های چندگامه ..... ۹

۱ – ۵ چالش‌های موجود در شبکه‌های مش بی‌سیم ..... ۱۰

**فصل دوم: مروری بر شبکه‌های WiMAX ..... ۱۳**

۲ – ۱ استاندارد IEEE 802.16 ..... ۱۴

۲ – ۲ مشخصات شبکه‌های WiMAX را به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌کنیم ..... ۱۵

۲ – ۲ – ۱ پوشش وسیع ..... ۱۵

۲ – ۲ – ۲ کیفیت خدمات (Qos) ..... ۱۶

۲ – ۲ – ۳ اتصال گرا بودن WiMAX ..... ۱۶

۲ – ۲ – ۴ مقیاس پذیری ..... ۱۶

۲ – ۲ – ۵ معماری انعطاف‌پذیر WiMAX ..... ۱۷

۲ – ۲ – ۶ برخورداری از ضریب امنیتی بالا ..... ۱۷

۲-۲-۷ ظرفیت بالا ..... ۱۷
۲-۳ مزایای ویژه WiMAX ..... ۱۷
۲-۳-۱ سرعت بالا ..... ۱۷
۲-۳-۲ تحرک ..... ۱۸
۲-۳-۳ مش ..... ۱۹
۲-۴ WiMAX از دید لایه ای ..... ۲۰
۲-۴-۱ لایه MAC در استاندارد 802.16 ..... ۲۰
۲-۴-۲ لایه فیزیکی ..... ۲۱
۲-۴-۳ مالتی‌پلکسینگ ..... ۲۳
۲-۵ کیفیت خدمات سرویس ..... ۲۴
۲-۵-۱ سرویس تخصیص بدون درخواست (UGS) ..... ۲۶
۲-۵-۲ سرویس سرکشی بلادرنگ (rtPS) ..... ۲۶
۲-۵-۳ سرویس سرکشی غیر بلادرنگ (nrtPS) ..... ۲۷
۲-۵-۴ سرویس مبتنی بر بهترین تلاش (BE) ..... ۲۸
۲-۵-۵ سرویس سرکشی بلادرنگ توسعه یافته (ertPS) ..... ۲۹
۲-۶ مدهای عملیاتی در WiMAX ..... ۳۰
۲-۶-۱ توپولوژی نقطه به نقطه ..... ۳۰
۲-۶-۲ توپولوژی نقطه به چند نقطه ..... ۳۱
۲-۶-۳ توپولوژی باز پخش چندگامه ..... ۳۱
۲-۶-۴ توپولوژی متحرک ..... ۳۲

۲ – ۶ – ۵ توپولوژی مش (Mesh) ..... ۳۳
۲ – ۷ زمان‌بندی در شبکه‌های WiMAX Mesh ..... ۳۴
۲ – ۷ – ۱ زمان‌بندی مرکزگرا ..... ۳۴
۲ – ۷ – ۲ زمان‌بندی توزیع شده ..... ۳۶
۲ – ۸ ساختار پایان‌نامه ..... ۳۷
**فصل سوم: تعریف مسئله ..... ۳۸**
۳ – ۱ افزایش گذردهی ..... ۳۹
۳ – ۱ – ۱ توپولوژی شبکه ..... ۴۱
۳ – ۱ – ۲ صفات مختلف پشته پروتکلی لایه ۳-۱ ..... ۴۱
۳ – ۲ پروتکل کنترل دسترسی به رسانه (MAC) در شبکه WiMAX Mesh ..... ۴۲
۳ – ۲ – ۱ بهبود با استفاده از حالت تک‌کاناله ..... ۴۳
۳ – ۲ – ۲ بهبود با استفاده از حالت چندکاناله ..... ۴۴
۳ – ۳ تخصیص منابع ..... ۴۵
۳ – ۳ – ۱ دسته‌بندی پروتکل‌های تخصیص کانال ..... ۴۶
نتیجه‌گیری ..... ۴۷
**فصل چهارم: ادبیات تحقیقی ..... ۴۸**
۴ – ۱مروری بر کارهای انجام گرفته ..... ۴۹
۴ – ۲دسته اول ..... ۴۹
۴ – ۲ – ۱ روش توزیعی ..... ۴۹
۴ – ۲ – ۲ روش متمرکز ..... ۵۰

۴ – ۲ – ۳ ترکیبی(توزیعی – متمرکز) ..... ۵۲
۴ – ۳ دسته دوم ..... ۵۳
۴ – ۳ – ۱ روش پویا ..... ۵۳
۴ – ۳ – ۲ روش ترکیبی ..... ۵۴
۴ – ۴نتیجه‌گیری ..... ۵۴
**فصل پنجم: الگوریتم پیشنهادی MCFA-M ..... ۵۵**
۵ – ۱مقدمه ..... ۵۶
۵ – ۲ مقدمه‌ای بر مسائل بهینه‌سازی ..... ۵۶
۵ – ۳ تعاریف به کار برده شده در مسئله ..... ۵۷
۵ – ۳ – ۱ گراف اتصال ..... ۵۷
۵ – ۳ – ۲ تداخل ..... ۵۸
۵ – ۳ – ۳ گراف تداخل ..... ۶۰
۵ – ۳ – ۴ پهنای باند درخواستی ..... ۶۰
۵ – ۳ – ۵ محدودیت‌های کافی و لازم ..... ۶۱
۵ – ۳ – ۶ محدودیت‌های لازم ..... ۶۳
۵ – ۴ درخت مسیریابی بهینه ..... ۶۴
۵ – ۵ راه‌حل اکتشافی ..... ۶۵
۵ – ۵ – ۱ فاز اول ارائه و حل مدل ماکزیمم جریان همزمان ..... ۶۵
۵ – ۵ – ۲ فاز دوم ساخت درخت ..... ۶۷
۵ – ۶ مدل برنامه ریزی خطی پیشنهادی با در نظر گرفتن ترافیک داخلی بین گره‌ها ..... ۶۹

۵ – ۷ مثال ..... ۷۱
۵ – ۸ ارزیابی عملکرد راهکار پیشنهادی (MCFA-M) ..... ۷۴
۵ – ۹ نتیجه‌گیری ..... ۷۷

**فصل ششم: شبیه‌سازی ..... ۷۸**

۶ – ۱ شبیه‌سازی با NS-2 ..... ۷۹
۶ – ۲ مثال ..... ۸۲
۶ – ۳ ارزیابی عملکرد راهکار پیشنهادی ..... ۸۴

**فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ..... ۸۸**

۷ – ۱ مقدمه ..... ۸۹
۷ – ۲ نتیجه‌گیری ..... ۸۹
۷ – ۳ پیشنهادات ..... ۹۰

# فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول ۲-۱. مدولاسیون و کدینگ وفقی بر اساس SNR ..... ۲۲
جدول ۵-۱: درخواست پهنای باند هر گره برای توپولوژی ۱۶ گره‌ای. ..... ۷۲
جدول ۶-۱: پارامترهای شبیه‌سازی ..... ۸۰

# فهرست شکل‌ها

**عنوان** **صفحه**


شکل ۱-۱. نمایی از شبکه LAN بی‌سیم ..... ۲
شکل ۱-۲. شبکه سیار موردی ..... ۳
شکل ۱-۳. نمای کلی شبکه مش ..... ۴
شکل ۱-۴. ستون فقرات ساخت یافته ..... ۶
شکل ۱-۵. مدل کاربر ..... ۷
شکل ۱-۶. نمایی از مدل ترکیبی ..... ۸
شکل ۲-۱. نمای کلی شبکه WiMAX ..... ۱۵
شکل ۲-۲. استفاده از تکنولوژی بی‌سیم در WiMAX ..... ۱۸
شکل ۲-۳. مدل ۷ لایه‌ای OSI. در WiMAX فقط ۲ لایه ابتدایی تعریف می‌شود ..... ۱۹
شکل ۲-۴. زیر لایههای، لایه MAC در 802.16 ..... ۲۱
شکل ۲-۵. نمایی از مدل OFDM ..... ۲۲
شکل ۲-۶. روش‌های مالتی‌پلکسینگ ..... ۲۳
شکل ۲-۷. عملیات سرکشی تک پخشی توسط BS ..... ۲۴
شکل ۲-۸. تخصیص فضا به حالت piggyback در یک فریم 802.16 ..... ۲۵
شکل ۲-۹. سرویس تخصیص بدون درخواست ..... ۲۶
شکل ۲-۱۰. سرویس سرکشی بلادرنگ ..... ۲۷
شکل ۲-۱۱. سرویس سرکشی غیر بلادرنگ ..... ۲۸
شکل ۲-۱۲. سرویس مبتنی بر بهترین تلاش ..... ۲۸
شکل ۲-۱۳. توپولوژی نقطه به نقطه ..... ۲۹
شکل ۲-۱۴. توپولوژی نقطه به چند نقطه ..... ۳۰
شکل ۲-۱۵. توپولوژی باز پخش چندگامه ..... ۳۱
شکل ۲-۱۶. توپولوژی متحرک ..... ۳۲
شکل ۲-۱۷. توپولوژی مش ..... ۳۳
شکل ۲-۱۸. مکانیزم ارسال درخواست SS ها در زمان‌بندی مرکزگرا ..... ۳۵
شکل ۳-۱. ارسال همزمان در شبکه تک کاناله ..... ۳۹
شکل ۳-۲. تغییرات توپولوژی شبکه با توجه به تغییرات در درخواست پهنای‌باند توسط SS ها ..... ۴۰
شکل ۳-۳. ارسال همزمان در حالت چند کاناله ..... ۴۴
شکل ۵-۱: نمایی از توپولوژی شبکه و گراف اتصال مربوطه ..... ۵۸

شکل ۵-۲: نمایی از گراف اتصال و گراف تداخل مربوطه ..... ۶۰
شکل ۵-۳: آرایه‌های فراسو و فروسو به منظور ارسال درخواست‌ها ..... ۶۱
شکل ۵-۴: آرایه دو بعدی جهت پذیرش پهنای باند ..... ۶۱
شکل ۵-۵. آنالیز برخورد لینک‌ها ..... ۶۲
شکل ۵-۶. الگوریتم ساخت درخت پوشا ..... ۶۶
شکل ۵-۷. تاثیر مش در مسیر ارسال اطلاعات ..... ۶۷
شکل ۵-۸. تاثیر تخصیص وزن به یال‌ها با توجه به میزان جریان ارسالی توسط گره‌ها ..... ۷۰
شکل ۵-۹. نمایی از توپولوژی گیردی برای ۱۶ گره ..... ۷۱
شکل ۵-۱۰. گراف‌های وزندار اتصال شبکه ..... ۷۳
شکل ۵-۱۱. نسبت قبولی از پهنای‌باند SS ها زمانی که فقط ترافیک خارجی داریم ..... ۷۴
شکل ۵-۱۲. نسبت قبولی از پهنای‌باند SS ها زمانی که فقط ترافیک داخلی داریم ..... ۷۵
شکل ۵-۱۴. تأثیر افزایش گره‌ها در نسبت قبولی درخواست ss ها برای ترافیک‌های ترکیبی ..... ۷۵
شکل ۵-۱۳. درصد بار ترافیکی بر روی BS ..... ۷۶
شکل ۶-۱. نمایی از توپولوژی شبکه ..... ۸۰
شکل ۶-۲. درخت‌های مسیریابی تولید شده توسط سه روش استاندارد 802.16، MCFA-C، MCFA-M ..... ۸۲
شکل ۶-۳. متوسط تاخیر برای هر گره ..... ۸۳
شکل ۶-۴. متوسط بازدهی شبکه برای حالت‌های MCFA-M، MCFA-C و استاندارد 802.16 ..... ۸۳
شکل ۶-۵. متوسط بازدهی شبکه برای سه روش استاندارد 802.16، MCFA-C، MCFA-M زمانی که فقط ترافیک داخلی داریم ..... ۸۴
شکل ۶-۶. متوسط بازدهی شبکه برای سه روش استاندارد 802.16، MCFA-C، MCFA-M زمانی که ترافیک ترکیبی (داخلی و خارجی) داریم ..... ۸۵
شکل ۶-۷. متوسط تأخیر شبکه برای سه روش استاندارد 802.16، MCFA-C، MCFA-M زمانی که فقط ترافیک داخلی داریم ..... ۸۵
شکل ۶-۸. متوسط تاخیر شبکه برای سه روش استاندارد 802.16، MCFA-C، MCFA-M زمانی که ترافیک ترکیبی (داخلی وخارجی) داریم ..... ۸۶
شکل ۶-۹. متوسط بهره‌وری لینک‌ها ..... ۸۶

# فهرست علائم اختصاری

| | |
|---|---|
| Advanced Encryption Standard | AES |
| Access Point | AP |
| Bas Station | BS |
| Basic service set | BSS |
| Best Effort | BE |
| Connection Identifier | CID |
| Convergence Sublayer | CS |
| Extended Real-time Polling Service | ertPS |
| Frequency Division Duplexing | FDD |
| Integer Linear programming | ILP |
| Linear Programming | LP |
| Line Of Side | LOS |
| MAC Common Part Sublayer | MAC CPS |
| Mesh Centralized scheduling | MSH-SCH |
| Mesh Centralized Scheduling Configuration | MSH-SCF |
| Mesh Distributed scheduling | MSH-SCH |
| Mesh Network Configuration | MSH-CFG |

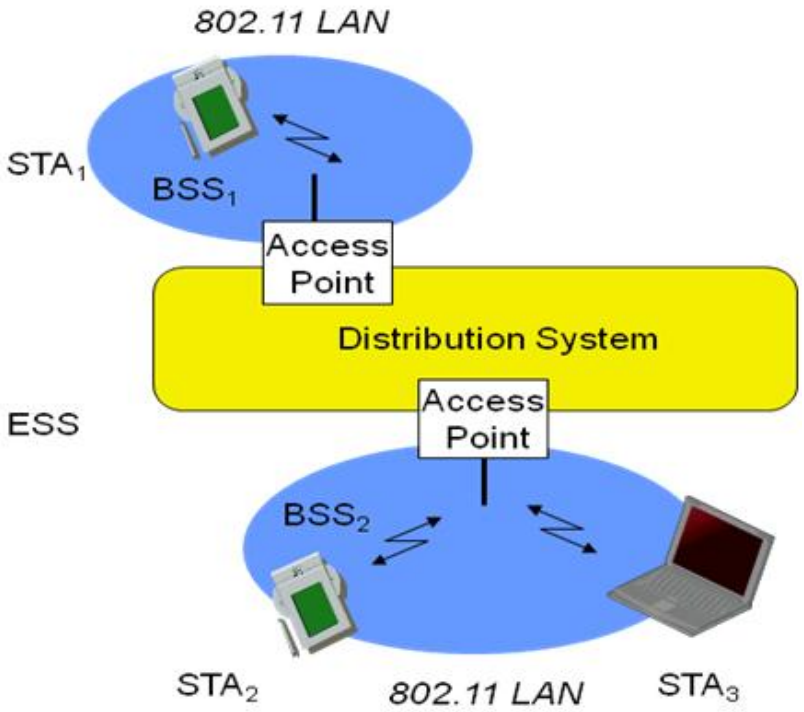
| | |
|---|---|
| Mesh Network Entry | MSH-ENT |
| Non Line Of Side | NLOS |
| non-real-time Polling Service | nrtPS |
| Orthogonal frequency-division | OFDM |
| Point to Multi Point | PMP |
| Point to Point | PTP |
| Quality of service | Qos |
| real-time Polling Service | rtPS |
| Relay Station | RS |
| Subscribe station | SS |
| Time Division Duplexing | TDD |
| Unsolicited Grant Service | UGS |
| Voice over IP | VOIP |
| Worldwide Interoperability for Microwave Access | WMAN |

# فصل اول: مقدمه‌ای بر شبکه‌های مش

در این فصل مقدمه‌ای بر شبکه‌های مش بی‌سیم، کاربردها و خصوصیات آن‌ها ارائه خواهد شد.

## ۱-۱ شبکه مش بی‌سیم

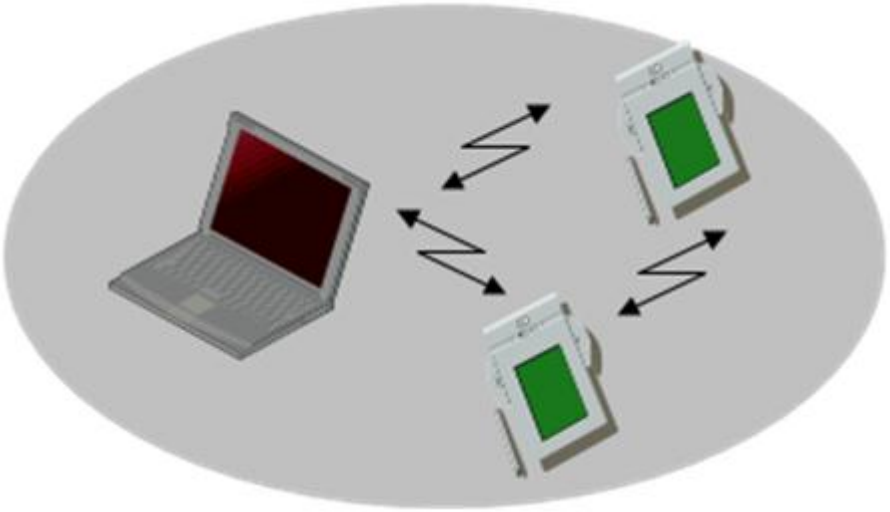
پیاده‌سازی‌های اولیه شبکه‌های بی‌سیم مبتنی بر استاندارد IEEE 802.11، متشکل از چندین BSS[1] است. درون هر BSS یک ایستگاه به نام نقطه دسترسی (AP[2]) وجود دارد که برای دسترسی به ساختار سیمی به کار برده می‌شود، BSS ها از طریق LAN های اترنت (ساختار سیمی) به هم متصل می‌شوند یا به اینترنت دسترسی پیدا می‌کنند. همان‌طور که در شکل ۱-۱ نشان داده شده است، دو ایستگاه پایه وجود دارد و در هر کدام یک نقطه دسترسی قرار گرفته است.




شکل ۱-۱. نمایی از شبکه LAN بی‌سیم

[1] Basic service set
[2] Access Point

نقاط دسترسی به شبکه سیمی وصل می‌شوند و از این طریق بین دو BSS ارتباط ایجاد می‌شود. این چنین شبکه‌هایی، شبکه‌های تک گامه[1] با معماری ثابت هستند که قابلیت انعطاف‌پذیری پایین و هزینه پیاده‌سازی بالایی دارند. برای تأمین تحرک پذیری[2] گره‌ها و چندگامه[3] بودن شبکه، شبکه‌های سیار موردی[4] به وجود آمدند که حالت بدون ساختار را تشکیل می‌دهند. در این حالت ایستگاه‌ها بدون هیچ هماهنگ کننده مرکزی مثل نقطه دسترسی و یا یک سیستم توزیعی (ساختار سیمی) به هم متصل می‌شوند و گره‌ها کاملاً خودگردان هستند (شکل ۱-۲).



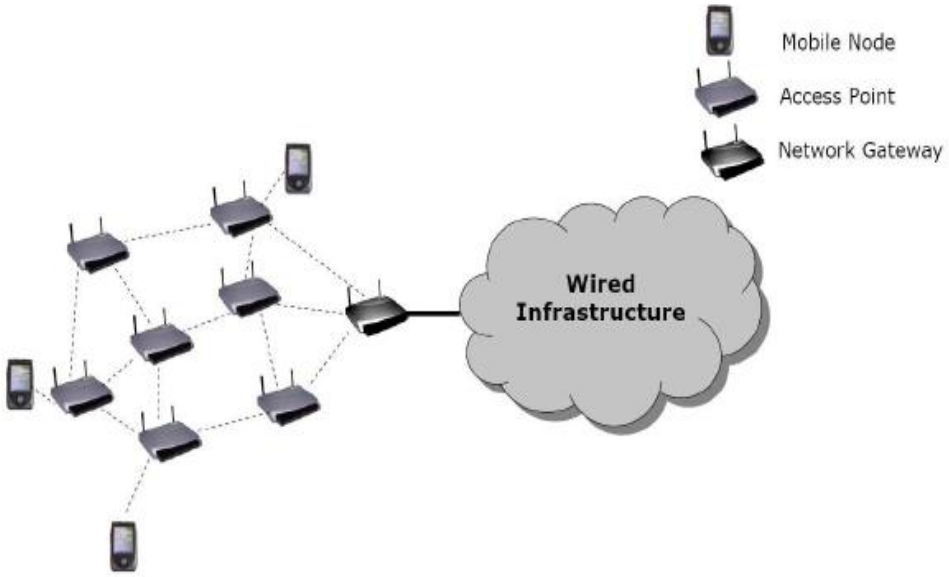
شکل ۱-۲. شبکه سیار موردی

شبکه‌های سیار موردی برای بسیاری از کاربردها مناسب نیستند چون همان‌طور که تحرک و چندگامه بودن مورد نیاز است دسترسی به اینترنت و مجتمع شدن[5] با شبکه‌های دیگر نیز مورد نیاز است. بنابراین حالت دارای ساختار[6] و حالت بدون ساختار با هم ترکیب شده‌اند و یک نوع جدید از شبکه‌های چندگامه به نام مش بی‌سیم را به وجود آورده‌اند.

شبکه بی‌سیم مش یک شبکه متشکل از چندین گره است که به طور بی‌سیم با هم ارتباط دارند و همان‌طور که از نام آن پیدا است بین همه گره‌ها به طور مستقیم یا غیرمستقیم مسیر ارتباطی وجود دارد. هر گره نه تنها به صورت یک میزبان[7] عمل می‌کند بلکه یک مسیریاب نیز هست و بسته‌ها را به گره‌های

---

[1] Single-hop
[2] Mobility
[3] Multi-hop
[4] Ad-hoc networks
[5] Integration
[6] Infrastructure
[7] Host




شکل ۱-۳. نمای کلی شبکه مش

دیگر که ممکن است در محدوده انتقال[1] گره مقصد نیز نباشند ارسال می‌کند. شکل ۱-۳ نمای کلی از شبکه مش را نشان می‌دهد.

یک شبکه مش بی‌سیم به صورت یک شبکه خودگردان[2] با تنظیم خودکار[3] است که گره‌های موجود در آن به طور اتوماتیک ارتباط را در میان خودشان راه‌اندازی و حفظ می‌کنند. این ویژگی مزیت‌های زیادی مثل هزینه پایین، نگه‌داری آسان شبکه، استحکام و ارائه سرویس قابل اعتماد برای شبکه‌های بی‌سیم مش ایجاد کرده است. گره‌هایی از قبیل desktop، laptop، PDA و ... به کارت‌های شبکه بی‌سیم مجهز هستند و به طور مستقیم به شبکه مش وصل می‌شوند. مشتری‌های بدون کارت بی‌سیم از طریق وصل شدن به مسیریاب‌های مش بی‌سیم مثلاً با اتر نت به شبکه مش دسترسی پیدا می‌کنند. بنابراین شبکه‌های مش بی-سیم به کاربران کمک می‌کنند تا در هر زمان و هر مکانی فعال باشند. علاوه بر این توانایی‌های دروازه[4] در مسیریاب‌های مش، امکان مجتمع شدن شبکه مش بی‌سیم را با شبکه‌های بی‌سیم موجود از قبیل حسگر[5]، Wi-Fi، Wi-MAX، Wi-Media و ... می‌دهد. در نتیجه از طریق یک شبکه مش مجتمع، کاربران درون شبکه مش می‌توانند از سرویس‌های موجود در شبکه‌های دیگر استفاده کنند، شبکه‌های مش بی‌سیم برای

[1] Transmission range
[2] Self-organize
[3] Self-configure
[4] Gateway
[5] Sensor

تعداد زیادی از کاربردها از قبیل شبکه‌بندی خانگی، شبکه‌بندی شهری، شبکه‌بندی شهری و ... استفاده می‌شوند [۱].

در قسمت‌های بعد از این فصل به معرفی شبکه‌های مش بی‌سیم از جنبه‌های مختلف پرداخته می‌شود.

## ۱-۲ معماری شبکه مش

شبکه مش بی‌سیم شامل دو نوع گره است: ۱.مسیریاب ۲-کاربر

علاوه بر توانایی مسیریابی همانند شبکه‌های بی‌سیم قبلی یک مسیریاب مش بی‌سیم شامل توانایی‌های مسیریابی اضافی برای راه‌اندازی و تأمین شبکه‌بندی مش است. برای بهبود بیش‌تر شبکه مش، یک مسیریاب مش معمولاً به چندین واسط[1] بی‌سیم مجهز می‌شود که بر اساس تکنولوژی‌های دسترسی بی‌سیم، مختلف یا یکسان ساخته می‌شوند. در مقایسه با مسیریاب‌های قبلی یک مسیریاب مش می‌تواند به پوشش یکسان با توانایی انتقال کمتر از طریق ارتباطات چندگامه برسد. با وجود این مسیریاب‌های مش بی‌سیم و مسیریاب‌های قبلی بر اساس یک بستر سخت‌افزاری یکسان ساخته می‌شوند. مسیریاب‌های مش می‌توانند بر اساس سیستم‌های کامپیوتری جاسازی‌شده یا بر اساس سیستم‌های کامپیوتری چند منظوره[2] ساخته شوند.

کاربران مش همچنین قابلیت کافی برای شبکه‌بندی مش را دارند و بنابراین می‌توانند به صورت یک مسیریاب کار کنند، اگر چه توابع دروازه یا پل[3] در این گره‌ها وجود ندارد. به علاوه کاربران مش معمولاً تنها یک واسط دارند. بستر سخت‌افزار و نرم‌افزار برای کاربران مش آسان‌تر از مسیریاب‌ها ساخته می‌شود. کاربران مش تنوع محصول بیشتری نسبت به مسیریاب‌ها دارند و می‌توانند desktop، laptop، PDA و... باشند.

معماری شبکه مش بی‌سیم می‌تواند به سه گروه اصلی دسته‌بندی شود:

### ۱-۲-۱ شبکه ستون فقرات[4] ساخت‌یافته

این نوع از شبکه مش بی‌سیم شامل مسیریاب‌های مش است و یک زیر ساختار را برای اتصال کاربران به آن‌ها ایجاد می‌کند. این مدل می‌تواند از چندین نوع تکنولوژی رادیویی استفاده کند ولی عمدتاً از استاندارد IEEE 802.11 استفاده می‌کند. مسیریاب‌های مش، لینک‌های خودگردان و خودشفا[5] را در بین خود ایجاد می‌کنند. با توانایی دروازه بودن مش، مسیریاب‌ها می‌توانند به اینترنت متصل شوند. این کاربرد

---

[1] Interface
[2] General purpose
[3] Bridge
[4] Backbone
[5] Self-healing