

802.16

۱. مروری بر سیستم های رادیویی پر سرعت

نحوه طبقه بندی شبکه های دیتا مبتنی فناوری بی سیم ، عموماً بر اساس طبقه مشاهده و دسترسی آن توسط کاربر طبقه بندی می شوند. عواملی نظیر fixed یا mobile بودن ، Point-to-point (PTP) و Point-to-multi point بودن ، باند فرکانسی licensed و Unlicensed ، هویت یک شبکه wireless را تشکیل می دهند. اما در واقع تنها دو نوع شبکه های wireless وجود دارند : fixed و mobile . استاندارد 802.16 یک تکنولوژی ارتباطی سیستم های Wireless است که به قصد برقراری ارتباط پرسرعت در شبکه های Nomadic Networks و Fixed Networks ایجاد شده است . Fixed Networks دسته ای از شبکه های بی سیم هستند که جهت برقراری ارتباط بین دو مکان ثابت ایجاد شده اند. نمونه چنین سیستمی ، شبکه های مبتنی بر استاندارد 802.11 می باشد و به کاربران آن در اصطلاح nomadic اطلاق می شود. کاربر nomadic به معنای یک کاربر در موقعیت مکانی ثابت است که محدود پوششی دیتا محدود در اطراف آن وجود دارد. سیستم های mobile به دسته دیگری از شبکه ها گفته می شود که کاربران سرویس دهی به کاربران سیار را در بر می گیرد. تا کنون با اضافه کردن تکنولوژی هایی نظیر EDGE ، GPRS ، 1XRTT ، 1XEVD0 جزء تکنولوژی mobile در زمره شبکه های VOICE ، Cellular و PCS Carriers اولین گام ها را برای ایجاد شبکه های دیتا سیار برداشته است. اما ضعف بزرگ این سیستم ها ، نرخ پایین سرعت انتقال دیتا است که به طور متوسط از 2 Mbps تجاوز نمی کند. تکنولوژی WIMAX که همانند شبکه WIFI ، ساختار آن بر شبکه بی سیم Spread Spectrum بنا شد ، فناوری است که به قصد ارائه ارتباطات شبکه های دیتا بیسیم “ Broadband ” ایجاد شده است. تجهیزات این تکنولوژی گاهی تا سرعت انتقال 500 Mbps را نیز منتقل می کند.

توانایی در انتخاب تجهیزات WIMAX ، به دو عامل نوع طراحی شبکه و سرویس های مورد نیاز وابسته است.

شبکه های استاندارد 802.16 یک تکنولوژی ارتباطی سیستم های Wireless است که به قصد برقراری ارتباط پرسرعت در شبکه های Nomadic Networks و Fixed Networks ایجاد شده است .

در ساده تری حالت Fixed Networks دسته ای از شبکه های بی سیم هستند که جهت برقراری ارتباط بین دو مکان ثابت ایجاد شده اند. همانطور که از تعریف آن مشخص است ، مثال آن می تواند مثال آن ارتباط بین دو یا چند ساختمان است . در واقع این شبکه ها جهت گسترش شبکه های دیتا طراحی شده اند که نسبت به یکدیگر مجزا هستند. از شبکه های fixed می توان برای متصل کردن منازل به شبکه و یا اتصال چندین عناصر شبکه که در فاصله نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند اشاره کرد . چنین لینک هایی عموماً به نام لینک های میکروویو RF معروف هستند. آنها از آنتن های High Directional استفاده می کنند تا محدود دسترسی مورد نیاز را تامین و Interference را کنترل نمایند. در این شبکه ها بر اساس نوع تکنولوژی انتخاب شده ، محدود فرکانسی متفاوت بوده و در نتیجه فاصله ارائه شده و سرعت انتقال دیتا نیز متفاوت هستند. در واقع این سیستم ها بگونه ای طراحی شده اند که تنها اتصال نقاط مختلف را به یکدیگر ممکن سازند. بنابر این چنین ارتباطاتی را می توان به دو دسته Point-to-Point و Point-to-Multi Point تقسیم کرد . یک شبکه مبتنی بر ارتباطات Point-to-Point ، متشکل از چندین path است که مکان های متعددی را نظیر به نظیر به یکدیگر متصل می کند. در قسم دیگر ، ارتباطات Point-to-Multi Point ، Master Station ، ها دیگر از آنتن های Directional برای ارتباط با سایرین استفاده می کنند. در عوض مزیت این سیستم در آن است که می توان از یک آنتن با پوشش وسیع استفاده کرد که امکان سرویس دهی به چندین station را داراست. در آن سو ، ضعف این ساختار در آن است که بدلیل محدوده

Coverage وسیعتر ، PTMP نسبت به PTP دارای قدرت قدرت کمتری است ، زیرا توان در یک محدوده باز تقسیم می شود ، این امر باعث می شود تا این ساختار نیاز به High Gain Antenna داشته و فاصله کمتری را نسبت لینک های Point-To-Point تحت پوشش قرار دهد. بدلیل اینکه توان هر سیستمی در سرویس دهی به تعداد کاربران محدود است ، لذا همانند هر سیستم دیگری بررسی میزان کاربران یک عامل اساسی در طراحی این شبکه های محسوب می شود.



شبکه های Point-to-Point و Point-to-Multi-Point را می توان با بهره وری از شبکه های تعریف شده مبتنی بر استاندارد 802.11 و 802.16 اعمال کرد . انتخاب یکی از این دو راهکار وابسته به فاکتور هایی نظیر محدود پوشش ، ظرفیت ، Frequency Range ، کیفیت و تضمین شبکه می باشد.

۱-۱. شبکه های WIFI

دسته دیگر Nomadic Network هستند که در طبقه PMTP قرار می گیرند. باند فرکانسی 2.4 GHz در استاندارد 802.11b/g بدین منظور ایجاد شده است. شبکه های داخلی بی سیم از انواع پر

کاربردی این ساختار می باشد. لازم به تذکر است که با وجود اینکه مسافت شبکه های Fixed تا کیلو متر ها ادامه دارد ولی مسافت این قبیل شبکه ها از چند صد متر بیشتر تجاوز نمی کند. به علاوه علی الرقم وجود Mobility ، هیچ یک از این دو به عنوان تکنولوژی های کاملاً Mobile مطرح نمی شوند. استانداردهای 802.16e ، 802.20 و CDMA2000 تحت عنوان تکنولوژی های کاملاً Mobile معرفی می شوند که به دلیل هزینه های گزاف در تجهیزات همچنان کاربری شبکه های Wifi برای اهدافی همانند WISP ترجیح داده می شوند.

باند فرکانسی 2.4GHz ، استاندارد 802.11b می تواند سرعتی معادل 1,2,5.5,11 Mbps داشته باشد. در این باند ۱۴ کانال فرکانس تعریف شده است که دارای Interval های 5MHz نسب به یکدیگر هستند. در این استاندارد جهت جلوگیری از Overlap شدن باند ها باید از 1, 6 و 11 استفاده کرد .

نکته : در صورت انتخاب کانال های فرکانسی مجاور ، Inter-Carrier Interference ایجاد می شود. در چنین حالتی همچنین سیستم کار می کند ، اما این امر Noise Floor ایجاد می کند که تاثیر منفی بر روی Throughput و Range دارد .

استاندارد 802.11b از Modulation های BPSK و QPSK برای تا 5.5 MHz و از CCK برای ارسال تا 11 Mbps استفاده می کند. در این استاندارد به منظور برقراری Multi-User Sharing از CSMA/CA استفاده می شود.

تکنولوژی نوینی که امروزه جایگزین 802.11b شده است 802.11g می باشد. این تکنولوژی با 802.11b کاملاً Backward Compatible بوده و می تواند تا سرعتی معادل 54 Mbps را عرضه می کند. این استاندارد از Modulation به کار رفته در 802.11a ، ملقب به OFDM استفاده می کند. OFDM سیگنال دیتا را به ۴۸ Sub Carrier برای ارسال تبدیل می کند. هر یک از این Sub Carrier ها با توجه به سرعت مورد نیاز ، از Modulation های PSK یا QSK استفاده می کند. به

علاوه ۴ کانال به عنوان Reference جهت کاهش فرکانس و Phase Shift هنگام اتصال استفاده می شوند. این استاندارد نیز همانند 802.11b و 802.11a از CSMA/CA استفاده می کند. استاندارد 802.11a دارای سه Range فرکانس متفاوت 5.15-5.25 GHz ، 5.25-5.35 GHz و 5.725-5.825 GHz می باشد. در چنین حالتی ۱۲ کانال هر یک با طول 20 MHz موجود می باشد که با یکدیگر Overlap نمی کنند. قابل تذکر است که هر یک از این کانال ها دارای محدودیت های فرکانسی خاص خود می باشند. Range این استاندارد در مقایسه کمتر است که به این امر به دو لیل فرکانس عملیاتی و Modulation اعمالی آن می باشد. ولی در محیط های بسته می تواند با سرعت بیشتری دیتا را منتقل کند.

استاندارد 802.11 دارای دو محدودیت بزرگ می باشد : ۱. امکانات امنیتی آن ضعیف است ۲. از QoS پشتیبانی نمب کند. به دلیل اینکه شرکت های متعددی وجود دارند که تولیدات سیستم های Wireless انجام می دهند ، استاندارد ی به نام Wifi ایجاد شده که تجهیزاتی که دارای تائیدیه این موسسه را دارند ، با یکدیگر سازگاری و Compatibility دارند.

از حیث RF Power و EIRP ، استاندارد 802.11 محدود به قوانین FCC Part 15 می باشد. بیشترین محدودیت این استاندارد بر روی آنتن های Omni directional می باشد. دلیل این امر میزان Interference زیادی است که بر محیط پیرامون می گذارد . حداکثر توان EIRP هنگام استفاده از آنتن های Omni معادل 1 Watt است. در صورت از آنتن های Directional ، تا 4 Watt توان EIRP مجاز است .

ارتباطات سیستم Indoor بسیار مشابه شبکه های مبتنی بر Ethernet می باشد. الگوریتم به کار رفته در برقراری ارتباط CSMA/CA می باشد. قابل توجه است که در ساختار Indoor ، تمامی station همدیگر را می بینند. در چنین حالتی به Activity بر روی کانال قبل از ارسال کاملاً گوش می دهند. اگر carrier دیگری بر روی لینک شنیده شود ، station متوجه می شود که کانال مورد

استفاده است و در نتیجه برای مدت زمان **Back off** ، **Random** (عقب نشینی) می کند. پس از اتمام این زمان ، **station** مجدداً **Activity** را بررسی می کند و در صورت عدم ارسال **Station** دیگری ، ارسال می کند. در محیط های **Outdoor** این سیستم کمی متفاوت است . تفاوت این امر در آن است که **station** ها یکدیگر را نمی بینند. لذا پس از **Load** شدن ، تمامی **station** بطور همزمان می توانند شروع به ارسال نمایند که این امر موجب پیدایش **Interference** و **Packet Loss** می شود. لذا الگوریتم **CSMA/CA** دیگر مفید نمی باشد. عامل منفی دیگر ، پدیده **near far** می باشد. این بدان معناست که **User** هایی که نزدیک **Base Station** می باشند دسترسی بهتری به پهنای باند دارند. این امر به دلیل **Signal Strength** بیشتر کاربران نزدیک تر می باشد. راه مقابله از فعال کردن **CTS/RTS** می باشد. در چنین حالتی کاربران قبل از ارسال اجازه می گیرند و منتظر می مانند تا **Packet** حاوی **All Clear** ارسال گردد. ولی بدلیل اینکه کاربران نمی دانند که این پاسخ در ارتباط با **RTS** آنها صادر شده است یا خیر ، همچنان امکان رخ دادن **collision** است . به علاوه **RTS/CTS** کمی **Overhead** اضافه می کند که می تواند پهنای باند واقعی را کاهش دهد.

۱-۲. تکنولوژی WIMAX

تکنولوژی جایگزین 802.11 استاندارد 802.16 می باشد که از تکنولوژی **CSMA/CA** استفاده نمی کند لذا دارای دغدغه های آن نیز نمی باشد. 802.16 تکنولوژی است که به منظور برقراری ارتباطات **Broadband PMTP** در نظر گرفته شده است . این استاندارد تحت باند فرکانسی 10-66 GHz و 2-11 GHz عمل می کند. این سیستم از ساختار توامان **TDM** و **FDM** استفاده می کند که اجازه ارتباطات **Half-duplex** و **Full-duplex** را می دهد.

در اسناد 10-66 GHz ، دو ساختار MAC Subsystem مختلف برای انتقال سیستم های Basic ATM و IP-Based ایجاد شده است. در کشور هایی اروپایی و آسیا باند های فرکانسی 28 MHz می باشد. پروفایل PHY تماما یکسان می باشد مگر Channel width و Symbolic Rate . هر همانطور که اشاره شد هر کدام از Profile ها دارای دو Duplexing Mode یکی برای FDM و دیگری برای TDM می باشد. به علاوه ، بدلیل اینکه این سیستم ها برای فعالیت در سیستم های LOS نیز تعبیه شده است ، QAM Modulation نیز همچنان استفاده می شود.

در استاندارد کانال های 2-11 GHz ، تحت نام 802.16a خوانده می شود. این استاندارد جهت عملکرد LOS و NLOS ایجاد شده است . بدلیل عارضه Multi Path در ساختار NLOS ، لذا بجای استفاده از QAM از OFDM استفاده می شود. پروفایل های 802.16a جهت عملکرد این استاندارد برای ارتباطات IP-Based برای طیف های Licensed و Unlicensed طراحی گردیده است.

۱-۲. WIMAX چیست ؟

تکنولوژی WIMAX که تحت استاندارد 802.16 شناخته می شود توسط IEEE ایجاد شده است و استاندارد این سیستم که سال ۲۰۰۲ منتشر شده است. این تکنولوژی به منظور ایجاد ارتباط بیسیم Broadband ، در محدود پوشش شهری (Metropolitan) ایجاد شده است که از ساختار PPTP استفاده می کند. قصد از ایجاد این فناوری ، ارتباطات پرسرعت last mile که مقرون به صرفه بوده و در انعطاف پذیر هستند و عین حال تمامی چالش های ساختار wire line را از میان بردارد. استفاده از WIMAX در طراحی یک شبکه به منظور دستیابی حداقل یکی از اقلام زیر صورت می پذیرد.

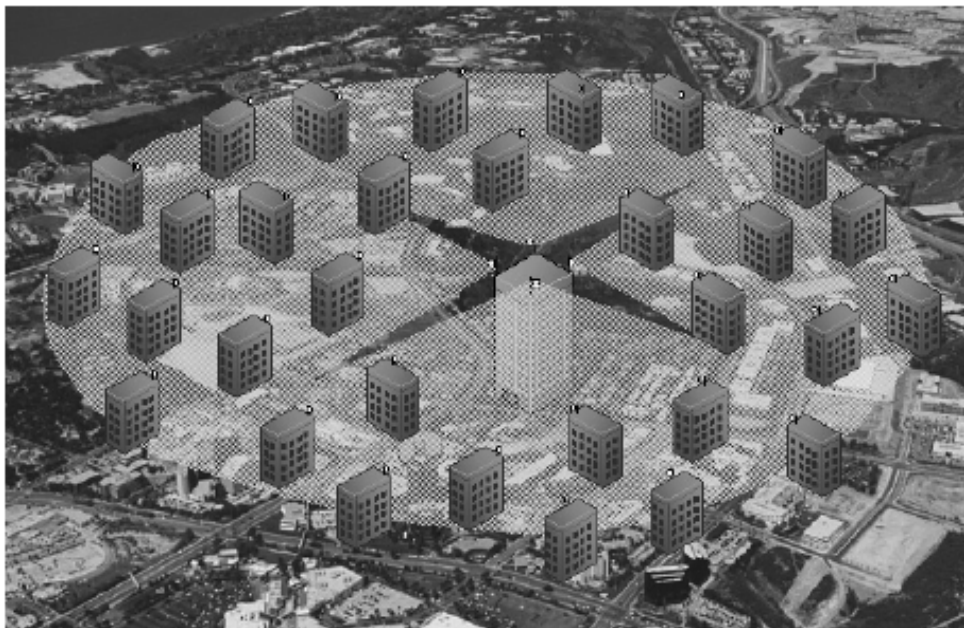
۱. **Spectrum**: در یک تعریف ساده ، 802.16 به استفاده از پهنای باند در باند های فرکانسی مجاز 10-66 GHz و 2-11 GHz تکیه می کند که باند های licensed و unlicensed را شامل می شود.

۲. **توپولوژی** : قابلیت پشتیبانی از AP رادیویی متفاوت را داشته باشد. WIMAX یک فرم صنعت جهانی در حیطه ارتباطات میکروویو است که بر روی توسعه این تکنولوژی نظارت داشته و همخوانی بین محصولات تولید کنندگان متعدد را تضمین می کند. چنین امری توسط تست های سازگاری در لابراتور ها بین تجهیزات مختلف در حیطه استاندارد 802.16 صورت می گیرد و در نهایت یک Certificate تاییده به سازندگان آن اعطا می گردد.

۳. **Internetworking**: این سیستم به گونه ای طراحی شده که بتواند یک ارتباط و سازگاری جامع بین شبکه های WIFI ، 3GPP ، و شبکه های core مبتنی بر IP نظیر DSL ، ATM و E1/T1 را از طریق رابط هایی که IP-Based هستند ایجاد نماید.

۴. **IP Connectivity**: این استاندارد همزمان از IPv4 و IPv6 پشتیبانی نموده و قابلیت ایجاد Interconnection بین آنها را داراست.

۵. **Mobility management**: می توان شبکه های fixed را گسترش داد تا mobility و انتقال سرویس ها Multimedia را بر روی بستر broadband ایجاد کرد.

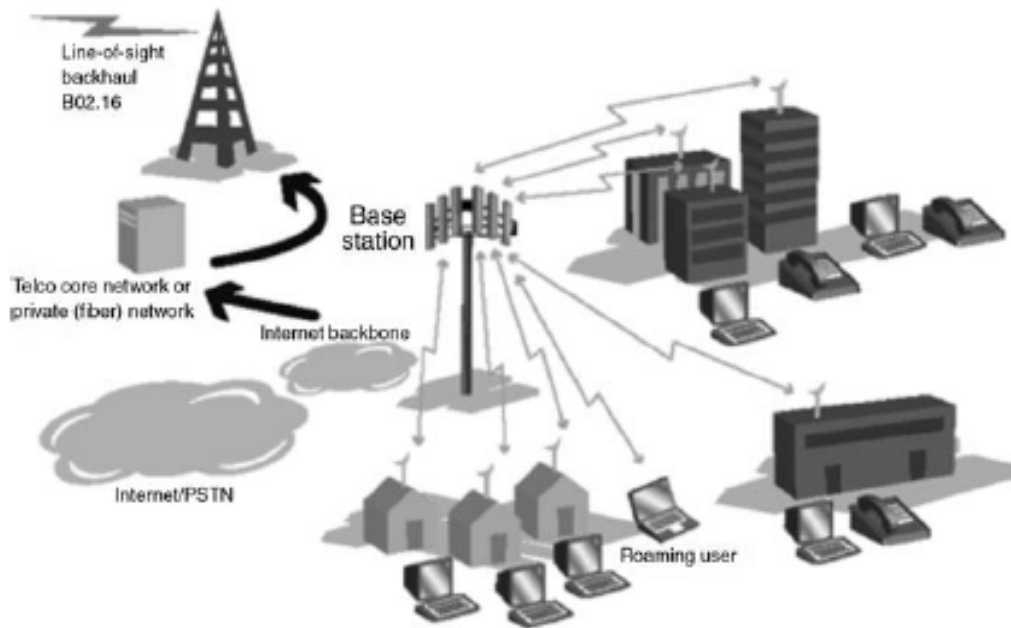


۲-۲. مزایای Wimax

تکنولوژی WIMAX دارای ۳ مشخصه ویژه است. شرح این ویژگی ها به شرح زیر است :

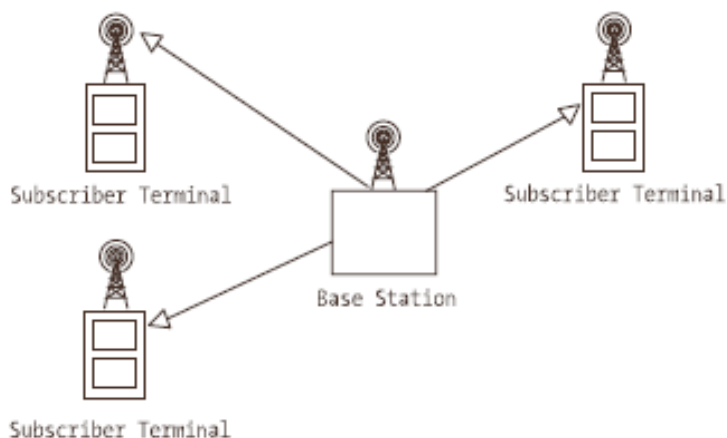
سرعت بالا : MAC Layer در این استاندارد به گونه ای طراحی شده که از چندین لایه فیزیکی متفاوت و Regulation های آنها به طور همزمان پشتیبانی می کند. استاندارد 802.16 قابلیت انتقال با سرعت بسیار بالا برای download و upload از base station برای فواصل طولانی را داراست. لذا می تواند برای کاربری سرویس دهی VOIP ، IP Connectivity ، TDM Voice و دیتا یک راهکار بسیار ایده آل و مطمئن معرفی شود. با عنایت به تعریف WIMAX ، شاید بتوان آنرا استاندارد wireless شبکه های Ethernet که جایگزین سرویس های broadband نظیر cable modem ، DSL و E1\T1 شده است. چنین روش عرضه تحت نام First/last mile

access خوانده می شود ، زیرا دستگاه های Transmission تنها وسیله و مسیر ارتباطی بین Telco و/یا سرویس دهنده هستند. در واقع استاندارد 802.16 بگونه ای ایجاد شده است تا ارتباطات و سرویس های IP-Based را به شکل کاملا بهینه ارائه نماید. همانطور که اشاره شد ، تکنولوژی WIMAX می تواند به راحتی جایگزین فن آوری های circuit-transmission شود. حتی ساختار این سیستم بگونه ای است که توانایی رقابت با بستر ATM را نیز داراست. مکانیزم های QoS سیستم WIMAX بگونه ای طراحی شده است که می تواند از ترافیک های bursty و continuous پشتیبانی کند. تکنولوژی WIMAX بگونه ای ایجاد شده که بتواند تمام ارتباطات پرسرعت را بر روی ساختار شبکه منتقل کند. Modulation و Coding را می توان برای هر subcarrier به صورت مجزا و حتی در حین transmission تغییر داد تا با تغییرات محیطی RF منطبق شود.



ارتباطات پرسرعت بیسیم (Broadband wireless) یک تکنولوژی است که ارتباطات با سرعت بالا را بر روی بستر هوا (air) میسر می کند. این تکنولوژی از امواج رادیویی برای ارسال و دریافت دیتا به شکل On-demand استفاده می کند. این ارتباطات به شکل PPTP بوده و از یک

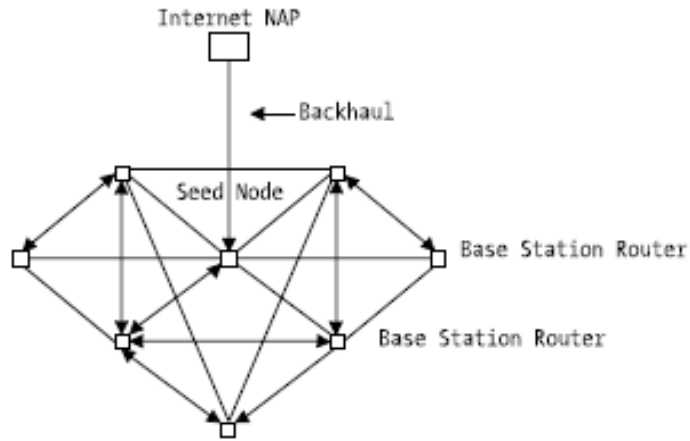
base station و CPE ایجاد شده است. به جای استفاده از زوجهای های ، از آنتن ها برای ارسال و دریافت استفاده می شود. چنین عملی ، نیاز به توسعه بستر سیم را کاهش داده و راه کار last-mile به صرفه ای را ارائه می کند.



Mobility : WIMAX یک تکنولوژی بیسیم شهری است که ارتباط بیسیم Broadband را برای کاربران fixed ، portable و nomadic عرضه می کند. ساختار مبتنی بر OFDM و NLOS می تواند یک backhaul برای شبکه های سلولی (cellular) ، 802.11 hotspots و wireless LAN ها فراهم نماید. به علاوه تکنولوژی WIMAX در حال توسعه تکنولوژی جدید است که امکان ارتباط با وسائط نقلیه سیار را که حتی بدون LOS مستقیم با base station را نیز میسر سازد. به بیانی دیگر ، توانمندی های WIMAX بگونه ای است که می تواند تا ده ها کیلومتر ، صد ها Mbps دیتا را با یک base station سرویس دهی کند. با عنایت به آنچه تا کنون بیان شده است ، براحتی می توان دریافت که سرعت توسعه و انعطاف این تکنولوژی بسیار است و می تواند جایگزین سایر تکنولوژی های انتقال شود.

قابل دیگری که اهمیت این استاندارد را بیش از پیش آشکار می کند ، پشتیبانی آن از ساختار شبکه های Mesh است. این بدان معناست که دستگاه هایی WIMAX-Enabled هستند ، به عنوان یک Relay عمل کرده و سیگنال ها را از یک دستگاه به دیگری منتقل می کنند تا در نهایت

توسط base-station مقصد دریافت شود. این امر باعث می شود که در صورت جابجایی کاربران ، ارتباط آنها با base station همچنان حفظ مانده و حالت roaming ایجاد شود. استفاده از Relay این امکان را می دهد که محدود پوشش هر AP را افزایش داده و یک شبکه organic ایجاد نمود.



به علاوه برخی قابلیت ها در ساختار MAC این استاندارد گنجانده شده که امکان بهره وری بهینه تر از application های mobile را امکان پذیر می کند :

• ۴ نوع class of service :

1. unsolicited grant service (UGS)
2. real-time polling service (rtPS)
3. non-real-time polling service (nrtPS)
4. best effort (BE)

• مکانیزم های header compression ، packing و fragmentation برای استفاده بهتر از spectrum

- Private Key Management (PKM) جهت امنیت MAC Layer . حتی نسخه ۲

PKM از EAP نیز پشتیبانی می نماید.

- پشتیبانی از Broadcast و Multicast

- استفاده از high-speed Handover و mobility management

- سه وضعیت Power Management : normal ، sleep و idle

قابلیت های فوق در کنار مزیت های 802.16 OFDM را به یکی بهترین راهکار ها برای

انتقال دیتا با سرعت بالا و Multimedia Application که دارای ترافیک bursty یا

isochronous هستند ، تبدیل می کند.

امنیت :

Mobile Wimax تمامی بهترین تکنولوژی های امنیتی را به کار گرفته تا بهترین سطح

امنیتی را به کاربران Wimax ارائه کند. قابلیت های امنیتی موجود در تکنولوژی Wimax به شرح

زیر است .

- PKDMv2: مبنای امنیت در WIMAX بر روی PKDMv2 بنا شده است. این پروتکل

امنیت MAC را تضمین می کند. PKM EAP Authentication ، Traffic

Encryption Control ، Handover Key Exchange و امنیت Broadcast /

Multicast توسط این پروتکل انجام می شود.

- Device / User Authentication : تکنولوژی Mobile Wimax از Device / User

Authentication پشتیبانی می کند. Credentials لازم از ۴ قابل تامین است :

- SIM-Based
- USIM-Based

- Digital Certificate
- Username / Password Based
- EAP-SIM , EAP-AKA, EAP-TLS, EAP-MSCHAPv2

- Traffic Encryption: کلید رمزنگاری AES-CCM برای محافظت از MAC Interface کاربران MAC استفاده می شود. این کلید توسط EAP تولید می شود.
- Control Message Protection: برای محافظت از Control data از AES-Based CMAC یا MD5-Based HMAC
- پشتیبانی از Fast Handover: برای استفاده از قابلیت از Fast Handover از 3 way handshake استفاده می شود. این مکانیزم از نفوذ حملات Man-In-The-Middle جلوگیری می کند.

نویسنده: ایمان منصوری

Emmsr88@hotmail.com

تابستان ۸۶