

بسمه تعالی

# شبکه های بی سیم وایمکس

گرد آورنده : احمد فرهمند

[Farahmand.a@live.com](mailto:Farahmand.a@live.com)

# فهرست مطالب

صفحه	عنوان
4.....	فصل اول : آشنایی با شبکه های بی سیم وایمکس .....
4.....	(1) چکیده.....
5.....	(2) مقدمه.....
6.....	(3) تاریخچه وایمکس.....
8.....	(4) وایمکس چیست؟.....
9.....	(5) مشخصات شبکه های وایمکس.....
12.....	(6) بخش های اصلی سیستم وایمکس .....
13.....	(7) مزایا و برتری های وایمکس.....
14.....	(8) یک سیستم وایمکس شامل دو بخش کلی است.....
14.....	(9) استاندارد های فناوری وایمکس.....
15.....	(10) خصوصیات سیستم وایمکس.....
15.....	(10-1) برتری های وایمکس نسبت به دیگر سرویس های بی سیم.....
17.....	(11) تفاوت wimax و wi-fi چیست؟.....
17.....	(12) تفاوت اینترنت پر سرعت ADSL و WIMAX .....
18.....	(13) وایمکس در ایران و جهان.....
18.....	(14) وایمکس در عمل.....
19.....	(15) سخت افزار های وایمکس.....
21.....	(16) کاربرد های عملی وایمکس.....
22.....	(17) بن بست جهانی.....
24.....	(18) ارتباط سرویس های ماهواره و wimax .....
25.....	فصل دوم : آشنایی با قطعات سخت افزاری وایمکس .....
25.....	(19) آنتن های وایمکس.....
29.....	(19-1) رادیو های وایمکس.....

29.....	20) وایمکس CPE.....
30.....	21) کارت شبکه وایمکس.....
30.....	22) سایر تجهیزات شبکه های وایمکس.....
30.....	22-1) روتر های وایمکس.....
31.....	22-2) رک های وایمکس.....
31.....	23) تجهیزات مربوط به ایستگاه های وایمکس.....
32.....	<b>فصل سوم : امنیت در شبکه های بی سیم .....</b>
32.....	24) امنیت در شبکه ها.....
32.....	24-1) مقدمه ای بر امنیت در شبکه های بی سیم.....
36.....	24-2) اصول امنیت در شبکه های وایمکس.....
37.....	24-3) امنیت در شبکه های وایمکس.....
42 .....	نتیجه گیری .....
43.....	ضمائم .....
44 .....	تصاویری از شبکه های وایمکس.....

## فصل اول : آشنایی با وایمکس

### 1- چکیده :

وای مکس (WiMax) ارتباط پرسرعت و بی سیم

وای مکس (WiMax) برگرفته از کلمات World wide Interoperability for Microwave Access میباشد. یک فناوری ارتباطاتی است که انتقال بی سیم اطلاعات با استفاده از طیف وسیعی از روشهای انتقال را فراهم می کند. از ارتباطات یک نقطه ای به چند نقطه ای تا ارتباطات سیار و دسترسی های سیار به اینترنت . این فناوری سرعتی معادل 72 مگا بیت بر ثانیه را بدون نیاز به سیم فراهم می کند. وای مکس بر مبنای استاندارد IEEE 802.16 (دسترسی بی سیم با پهنای باند بالا) بوده و برای اولین بار، نام آن توسط ، انجمن وای مکس که در سال 2001 تاسیس شد، پیشنهاد گردید. این انجمن ، وای مکس را به عنوان یک استاندارد مبتنی بر فناوری ( last mile ) که می تواند جایگزین خوبی برای ارتباطات باسیم و DSL باشد ، معرفی کرد . موسسات تحقیقاتی به دقت در حال آزمایش وای مکس برای ارتباطات دور برد هستند. نتیجه این فعالیت ها ممکن است منجر به کاهش قیمت هم برای کاربردهای خانگی و هم تجاری شود و یا امکان دسترسی به مکانهایی که از نظر اقتصادی به صرفه نیستند را فراهم سازد. لازم به ذکر است که وای مکس کارایی خود را در تسونامی 2004 اندونزی نشان داد به طوری که تمام ارتباطات با مناطق آسیب دیده ، از طریق وای مکس صورت گرفت زیرا همه زیر ساختهای ارتباطی موجود، به کلی تخریب شده بود و امکان ارتباط با بازماندگان از طریق آنها میسر نبود .

همچنین شرکت اینتل از وای مکس برای کمک به FCC (کمیته ارتباطات فدرال) برای ایجاد ارتباطات در مناطقی که دچار طوفان کاترینا شده بودند ، استفاده کرد .

## 2- مقدمه :

### موارد کاربردی wimax :

- 1) اتصال به اینترنت از طریق Wi-Fi hotspots
- 2) جایگزین مناسب ارتباطات با سیم و DSL
- 3) ایجاد سرویس های دیتا و ارتباطات از دور (telecommunications)
- 4) فراهم ساختن ارتباطات سیار

از سال ۱۳۸۳ با ارایه مجوزهای PAP ، با موافقت اصولی سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی به برخی از شرکت های علاقمند به فعالیت در حوزه بی سیم باند وسیع ، مجوز راه اندازی شبکه رادیویی اعطا شد . بدین ترتیب این شرکت ها براساس فناوری وای مکس و فناوری مشابه آن ، نسبت به راه اندازی شبکه های باند وسیع در سطح تهران و مشهد اقدام کردند و در سال ۱۳۸۶ پس از تکمیل مراحل استاندارد سازی فناوری وای مکس در جهان، رگولاتوری اعطای مجوزهای جدید وایمکس را در دستور کار خود قرار داد. این امر به برگزاری مزایده فناوری وایمکس در تابستان و پاییز ۸۷ و اعطای مجوز به چهار شرکت ایرانی در این زمینه منجر شد . کنسرسیوم مبین پایا در ۳۰ استان ، شرکت ایرانسل در استان های تهران ، آذربایجان شرقی ، اصفهان ، خراسان رضوی ، فارس و خوزستان ، اسپادان در اصفهان و رایانه دانش گلستان در استان گلستان برندگان این مزایده اعلام شدند.

در مجوز پروانه وای مکس ، ترکیبی از همه خدمات وجود دارد به طوری که کسانی که مجوز وایمکس را دریافت کنند ، همه مجوزهای قبلی ISP ، ICP ، تلفن اینترنتی (voip) اورجینیشن و تلفن ثابت را نیز در اختیار خواهند داشت .

### 3- تاریخچه وایمکس :

یکی از مواردی که در عصر ارتباطات همواره مورد توجه بوده و هست ، سرعت دسترسی به اطلاعات است. کاربران در انواع و اقسام شبکه های مختلف ، همواره در پی دستیابی به سرعت های بالاتر در انتقال اطلاعات هستند و به نظر می رسد که اشتیهای سیری ناپذیری در این زمینه وجود دارد. پیشرفت ها و فعالیت های صورت گرفته در این زمینه، شاهد و گواه این مسأله است.

از طرفی دیگر با وجود آمدن شبکه های بی سیم، روز به روز بر تعداد کاربران این نوع شبکه ها افزوده می شود. دسترسی آسان و فراگیر که کاربران را قادر می سازد تا فارغ از مسائلی مانند کابل شبکه، به شبکه دلخواه خود متصل شوند. بنابراین سرعت دسترسی به اطلاعات و همچنین دسترسی به صورت بی سیم، دو مسئله ای هستند که در کنار یکدیگر در قالب شبکه بی سیم پر سرعت و با برد مناسب مطرح می شوند. کاربران خواهان شبکه ای هستند که سرعت مناسب و بالایی برای انتقال اطلاعات داشته باشد و علاوه بر آن برد مؤثر این شبکه در حدی باشد که آن ها را محدود به موقعیت و وسعت جغرافیایی خاصی نکند.

همانطور که در بخش قبلی اشاره شد، شبکه های مادون قرمز اولین دسته از شبکه های بی سیم بودند که از آن ها برای انتقال اطلاعات در محیط های کامپیوتری استفاده شد. این نوع شبکه ها سرعت چندان بالایی نداشتند و از طرفی دیگر برد مناسب و کاربر پسندی برای آن ها وجود نداشت. به همین دلیل و دلایل مشابه، استقبال و پیشرفت چندان نا داشتند و رفته رفته فراموش شدند.

در اوائل دهه 90 میلادی، نسل جدید از شبکه های بی سیم با عنوان شبکه های بی سیم Wi-Fi وارد بازار شدند. این دسته از شبکه ها در مقایسه با شبکه های مادون قرمز، سرعت و برد مناسبی داشتند ولی همچنان از دید بسیاری از کاربران مورد تمسخر قرار می گرفتند. عده ای از آن ها سرعت پایین در مقایسه با شبکه های کابلی و عده ای دیگر نبود امنیت و یا برد پایین را بهانه و دلیلی برای استفاده نکردن از این شبکه ها مطرح می کردند.

اما شبکه های Wi-Fi<sup>1</sup> به رشد صعودی خود ادامه دادند و با وجود آمدن استانداردها و نسل های جدید از این نوع شبکه، تعداد کاربران آن ها روز به روز بیشتر و بیشتر شد. انواع جدید شبکه های Wi-Fi، سرعت مناسب، برد خوب و همچنین امنیت بیشتر را به همراه داشتند.

نسل اول شبکه های Wi-Fi سرعتی در حدود 11Mbps داشتند و می توانستند کاربران را تا محدوده ای چند ده متری مورد پوشش قرار دهند. همچنین نسل های بعدی این نوع شبکه ها، سرعت هایی برابر با 22Mbps و حتی 54 Mbps دارند و می توانند کاربران را تا محدوده ای چند صد متری مورد پوشش قرار دهند.

اما باز هم شبکه های Wi-Fi نتوانسته اند به نیازهای رو به رشد کاربران پاسخ بدهند. زیرا برای دسترسی های بالا مانند 54 Mbps کاربران مجبور به پرداخت هزینه های سنگینی هستند در حالی که با همین مقدار هزینه می توان یک شبکه کابلی بسیار مناسب را طراحی و تجهیز کرد. از طرفی دیگر برد شبکه های Wi-Fi در حد چند صد متری است و این برد برای شبکه های کوچک و خانگی مناسب است و نمی توان از آن برای ایجاد و یا توسعه یک شبکه تجاری و بزرگ (مانند شبکه ای که در سطح یک شهر گسترده است) استفاده کرد.

نکته: البته در شبکه های Wi-Fi می توان از انواع آنتن های شبکه برای گسترش برد و توسعه آن ها استفاده کرد اما این کار هزینه در خور توجهی دارد و حتی با مصرف این هزینه نمی توان به شبکه با برد دلخواه دسترسی پیدا کرد. در حالی که با همین هزینه می توان یک شبکه کابلی با سرعت و امکانات مناسب را طراحی و پیاده سازی کرد.

مطالب بیان شده در مورد شبکه های Wi-Fi بدان معنا نیست که این نوع شبکه ها مناسب و یا مفید نیستند. بلکه می توان نتیجه گرفت که شبکه های Wi-Fi برای محیط های کوچک و یا حداکثر متوسط مفید و مناسب هستند و نمی توانند به نیازهای کاربران در شبکه های بزرگ و گسترده پاسخ بدهند.

بنابراین هنوز پاسخ مشخص و روشنی به کاربرانی که نیازمند شبکه های بی سیم با برد و سرعت مناسب هستند، داده نشده بود. در اوایل هزاره جدید، گروهی از متخصصان، طراحان و صاحب نظران در زمینه شبکه

---

<sup>1</sup> . Wireless Fidelity

های کامپیوتری به خصوص شبکه های بی سیم، ایده و ساختاری را پیشنهاد کردند که بر اساس آن نسل جدیدی از شبکه های بی سیم یا قابلیت هایی که بتواند به دو نیاز اصلی برد و سرعت مناسب کاربران پاسخ بدهد، معرفی شدند.

این نوع از شبکه با عنوان تبادل و استفاده از اطلاعات در سطح جهانی از طریق امواج بی سیم مایکرو ویو، مطرح شد که به آن به طور اختصار WIMAX<sup>2</sup> گفته می شود. هسته اصلی وایمکس بر اساس برد و سرعت بالا طراحی شده است تا بتواند به نیاز کاربران پاسخ بدهد و مشکلات و معایب شبکه های قبلی مانند Wi-Fi را برطرف کند.

نکته: یکی از گروه های اصلی و بنیان گذار شبکه های وایمکس، گروه WiMAX Forum است. در حال حاضر این گروه علاوه بر توسعه و ارتقاء شبکه های وایمکس، برنامه های متعددی را برای همگانی و فراگیر کردن این نوع شبکه بی سیم، در دستور کار خود قرار داده است.

#### 4- Wimax چیست؟

Access World Wide interoperability for Microwave Access یا همان WiMAX که به مفهوم رویکردی همگانی برای دسترسی به امواج مایکروویو در سطح جهانی است. انجمن جهانی WiMAX با تعریف استاندارد بر پایه فن آوری شبکه های بدون سیم جهش عمده ای را در فن آوری های بیسیم موجب شده است. با پیاده سازی و گسترش شبکه WiMAX سرویس بیسیمی با باند پهن و بازده بالا و با هزینه کمتر خواهیم داشت. که قابلیت های ویژه ای را در مقایسه با WiFi ارائه می دهد.

WiMAX سیستم ارتباطی و دیجیتالی بی سیم می باشد. همچنین به عنوان پروتک 16 . 802 (توسط IEEE) شناخته شده است که جایگزینی برای شبکه های بی سیم نواحی شهری تعیین شده است. WiMAX می تواند دستیابی بی سیم پهن باند فراهم سازد (BWA) که تا ۳۰ مایل (۵۰ کیلومتر) برای ایستگاه های ثابت و ۳ تا ۱۰ مایل (۵ تا ۱۵ کیلومتر) برای ایستگاه های سیار را پوشش می دهد. برعکس، استانداردهای شبکه های بی

---

<sup>2</sup>. World wide Interoperability Microwave Access



سیم محلی برای سیستم Wi-Fi در پروتکل 802-11 در اکثر حالت‌ها به تنها 100 تا 300 فوت (30 تا 100 متر) محدود شده‌است.

با WiMAX، سرعت داده‌ها در شبکه‌هایی مانند Wi-Fi به سادگی پشتیبانی می‌شود. اما موضوع تداخل امواج کاهش می‌یابد. WiMAX بر روی هر دوی فرکانس‌های مجاز و غیر مجاز قابل اجراست که بدین وسیله محیطی تحت کنترل فراهم ساخته و الگوی اقتصادی قابل رشدی را برای امواج قابل حمل بی سیم ایجاد می‌سازد.

WiMAX می‌تواند برای شبکه‌های بی سیم دقیقاً به طور مشابه‌ای با پروتکل‌های رایج Wi-Fi مورد استفاده قرار گیرد. WiMAX نسل دوم پروتکلی است که استفاده موثرتری از پهنای باند و جلوگیری از تداخل امواج را امکان پذیر ساخته و امکان سرعت‌های بالاتری بر روی مسافت‌های طولانی تر ممکن می‌سازد.

استاندارد 802.16 که توسط موسسه IEEE به تصویب رسیده‌است، ویژگی‌های تکنیکی از پروتکل‌های ارتباطی را تعیین می‌سازد. گروهی تحت عنوان WiMAX Forum وسیله‌ای برای تست تجهیزات تولید کنندگان برای سازگاری بیشتر پیشنهاد می‌کند، درست همان گونه که برای یک گروه صنعتی نیز چنین محیطی را فراهم می‌سازد که مختص گسترش‌های تجاری و توسعه ی فناوری می‌باشد.

WiMAX می‌تواند یک نقطه مرکزی را برای مشتریان فراهم سازد. علاوه بر آنکه چنین امکاناتی برای فراهم کنندگان خدمات، تولید کنندگان، تحلیل گران و محققانی که به تکنولوژی WiMAX، خدمات و محصولات آن علاقه مندند نیز امکان پذیر است. به زودی، WiMAX اصطلاحی به خوبی شناخته شده‌ای برای توصیف دستیابی اینترنت بی سیم در سرتاسر دنیا به حساب می‌آید.

## 5- مشخصات شبکه های وایمکس :

به طور کلی شبکه های وایمکس با دو نوع سرویس اصلی به کاربران خدمات و سرویس های لازم را ارائه می دهند که عبارتند از :

الف : سرویس بدون دید مستقیم : به این سرویس NLOS<sup>3</sup> گفته می شود و بر اساس آن نیازی نیست

---

<sup>3</sup> . Non- Line of sight

تا فرستنده و گیرنده در نقطه و دید مستقیم یکدیگر باشند. از این سرویس برای مکان هایی استفاده می شود که موانع زیادی بین فرستنده و گیرنده وجود دارد. مکان های شهری و ساختمان های پیچیده از جمله مکان هایی هستند که سرویس NLOS برای آن ها مناسب است.

ب: سرویس دید مستقیم: به این سرویس LOS<sup>4</sup> گفته می شود و بر اساس آن فرستنده و گیرنده باید در نقطه دید و مستقیم یکدیگر قرار بگیرند. از این سرویس برای مکان هایی استفاده می شود که موانع فیزیکی وجود ندارد. اتوبان ها و مناطق خارج از شهرها، از جمله مکان هایی هستند که سرویس LOS برای آن ها مناسب است.

- محدوده تحت پوشش: شبکه های وایمکس که بر اساس سرویس NLOS طراحی پیاده سازی شده اند، می توانند محدوده ای را تحت الشعاع 6 تا 9 کیلومتری (معادل 65 کیلومتر مربع) تحت پوشش خود قرار دهند. همچنین سرویس LOS می تواند محدوده ای با شعاع 50 کیلومتر (معادل 9300 کیلومتر مربع) را تحت پوشش خود قرار دهد. البته محدوده تحت پوشش به نوع آرایش محیط بسیار وابسته است. بدیهی است که هر چه محیط فشرده تر و بین فرستنده و گیرنده موانع بیشتری وجود داشته باشد، برد محدوده تحت پوشش شبکه کمتر می شود.

- سرعت ارسال: یکی از نکات جالب توجه در شبکه های وایمکس، سرعت ارسال اطلاعات در این نوع از شبکه ها است. هر دو نوع سرویس LOS و NLOS می توانند اطلاعات را با سرعت میانگین 70 Mbps منتقل کنند. این سرعت به صورت میانگین است و بدیهی است که هر چه پارامترهای انتقال و کیفیت افزایش پیدا کنند، سرعت شبکه نیز افزایش پیدا خواهد کرد. در شبکه های وایمکس سرعت انتقال حداکثر 268 Mbps است.

**نکته:** به طور کلی دو نوع سرعت انتقال برای شبکه های وایمکس وجود دارد. نوع اول به سرعت انتقال سیار معروف است و مربوط به کاربرانی است که در حال حرکت هستند که به آن ها کاربران بسیارگفته می

---

<sup>4</sup> . Line of sight

شود. به این دسته از شبکه های وایمکس، شبکه های وایمکس سیار<sup>5</sup> گفته می شود. و سرعت ارسال اطلاعات در آن ها به طور میانگین 15 mbps است. این سرعت در محدوده 3 تا 5 کیلومتری بین فرستنده و گیرنده برقرار است. نوع دوم شبکه های وایمکس، شبکه هایی هستند که در کاربران آن ها به صورت ثابت هستند که به آن ها شبکه های وایمکس ثابت<sup>6</sup> گفته می شود. سرعت ارسال در این نوع شبکه ها به صورت میانگین 70mbps است و محدوده تحت پوشش آن ها نیز وابسته به نوع سرویس وایمکس (LOS یا NLOS) است.

**تعداد کاربران:** با توجه به محدوده تحت پوشش در شبکه های وایمکس، تعداد کاربران این شبکه ها بسیار زیاد است. از نقطه نظر تئوری محدودیتی برای تعداد کاربران در یک شبکه وایمکس وجود ندارد اما برای این که کاربران بتوانند از خدمات شبکه مانند سرعت و پهنای باند به شکل مناسب بهره مند باشند، تعداد میانگین 1000 کاربر برای یک شبکه ساده وایمکس در نظر گرفته می شود. این تعداد به صورت میانگین است و برای نرخ ارسال 70 Mbps در نظر گرفته می شود. به عبارت دیگر، در یک شبکه وایمکس ثابت، با سرعت میانگین 70 Mbps می توان تعداد 1000 کاربر داشت که سرعت حداقل هر کدام از آن ها 70 Kbps است.

این تعداد برای یک شبکه وایمکس سیار با سرعت میانگین 15 Mbps برابر با 215 کاربر سیار است که سرعت حداقل هر کدام از آن ها، 70 Kbps است. البته در عمل مقدار این سرعت حتی به مقادیر مگابایت ثانیه هم می رسد. بنابراین در یک جمع بندی کلی می توان گفت که شبکه های وایمکس از فرکانس های 2 GHZ تا 66 GHZ برای ارسال اطلاعات استفاده می کنند و محدوده تحت پوشش آن ها، شعاع 6 تا 50 کیلومتری دارد. سرعت ارسال میانگین در آن ها برابر با 15Mbps تا 70 Mbps است و می توانند تعداد 215 تا 1000 کاربر را تحت پوشش خود قرار دهند.

---

<sup>5</sup> . Mobile WiMAX

<sup>6</sup> . Fixed WiMAX

## 6- بخش های اصلی یک شبکه وایمکس :

هر شبکه وایمکس می تواند به دو صورت LOS و NLOS به کاربران سرویس دهی کنند. اما جدا از نوع سرویسی که شبکه به کاربران ارائه می دهد، هر شبکه وایمکس از دو بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از :

- برج وایمکس : به این بخش از شبکه وایمکس، دکل<sup>7</sup> گفته می شود. عملکرد برج وایمکس مانند دکل های موجود در سیستم تلفن همراه است. هر دکل وایمکس می تواند به صورت تنهایی و منفرد، منطقه بسیار بزرگی، نزدیک به 8000 کیلومتر مربع را پوشش دهد. یکی دیگر از نام های برج وایمکس، ایستگاه پایه<sup>8</sup> است که به آن به طور اختصار BS گفته می شود.

- گیرنده وایمکس<sup>9</sup>: هر کاربر یا ایستگاه کاری که بخواهد از خدمات شبکه وایمکس استفاده کند، بایستی از گیرنده مخصوص خود استفاده کند. این گیرنده تشکیل شده است از یک آنتن و یک کارت شبکه (مخصوص شبکه های وایمکس) که امکان استفاده از شبکه را برای کاربران یا ایستگاه های کاری فراهم می کند.

یکی دیگر از نام های گیرنده های وایمکس، ایستگاه مشتری<sup>10</sup> است که به آن به طور اختصار SS گفته می شود.

**نکته :** هر شبکه بی سیم وایمکس می تواند یک یا چندین دکل داشته باشد. اتصال بین دکل های مختلف در یک شبکه وایمکس، از طریق سرویس Los صورت می گیرد. در این حال Tower اول با Tower دوم به صورت LOS در ارتباط است. از این طریق می توان محدوده تحت پوشش شبکه را به نحو چشمگیری افزایش داد. همچنین به اتصال بین دو دکل در شبکه های وایمکس Backhaul گفته می شود.

---

<sup>7</sup> . Tower

<sup>8</sup> . Base Station

<sup>9</sup> . WiMAX Receiver

<sup>10</sup> . Subscriber Station

## 7- مزایا و برتری‌های وایمکس: ویژگی‌ها و خصوصیات فنی :

مهم‌ترین خصوصیت و برتری WiMax قابلیت سیار بودن آن است که موجب می‌شود که این فناوری را وارد لپ‌تاپ‌ها، کامپیوترهای دستی و در حتی گوشی‌های تلفن‌های همراه کند و این امکان را به آن‌ها می‌دهد که دیگر کاربران برای استفاده از اینترنت بر سرعت نیاز به استقرار در یک مکان خاص نداشته باشند و بتوانند در هر حال و حتی در حال حرکت نیز با سرعت‌های بالا از این امکان بهره‌مند شوند. نیاز به بستر سازی بنیادی شبکه‌ها در کشور امری ضروری به نظر می‌رسد که با ایجاد و برقراری این تکنولوژی جدید (وایمکس) امید است که بتوان ضعف‌ها و نقص‌هایی که در شبکه‌های کشوری وجود دارد رفع گردد و امکانات و قابلیت‌های جدیدی به آن افزوده شود. شبکه‌های بنا شده با تکنولوژی WiMAX، جزء شبکه‌های wireless شهری محسوب می‌شوند که به راحتی می‌توانند با وجود منطقه‌ی بسیار وسیعی که دکل‌های WiMAX تحت پوشش خود قرار می‌دهند، کل شهر و یا شهرک‌های صنعتی و مناطق استراتژیک را پوشش دهند و قابلیت استفاده‌ی اینترنت بسیار بر سرعت را از طریق این تکنولوژی برای سازمان‌ها، ارگان‌ها و شرکت‌های تجاری و همچنین منازل مسکونی امکان‌پذیر سازند. به کمک WiMAX، سرعت داده‌هایی مانند Wi-Fi، پشتیبانی می‌شوند و موضوع تداخل امواج نیز کاهش می‌یابد. یکی از ویژگی‌های این تکنولوژی عدم نیاز به دید مستقیم بین مشترکان و دکل‌های BTS می‌باشد. از جمله خصوصیات WiMAX آن است که علاوه بر داده، صدا و تصویر را نیز به خوبی پشتیبانی می‌کند و سرویسی که ارائه می‌شود به صورت کاملاً نامحدود می‌باشد و هیچ‌گونه محدودیت حجمی و یا زمانی ندارد و این بدان معناست که کاربر می‌تواند بدون هیچ محدودیت زمانی، در تمام شبانه‌روز به هر مقدار و حجمی که پهنای باندش اجازه می‌دهد download و یا upload داشته باشد.

یکپارچگی مودم، فرستنده و گیرنده‌ی رادیویی در سایز بسیار کوچک و قابل حمل و امکان نصب بسیار آسان آن نیز جزو برتری‌هایی محسوب می‌شود که نسبت به سایر فن‌آوری‌های مشابه خود داراست. امکان مدیریت مودم کاربر از راه دور توسط شرکت و کارشناسان فنی و قابلیت به روز رسانی نرم‌افزارهای مودم نیز در زمره‌ی این گونه موارد قرار می‌گیرند. عدم نیاز به دید مستقیم میان مودم سمت کاربر و آنتن مرکزی و شعاع فوق‌العاده زیاد تحت پوشش آن در حین سرعت بالای انتقال داده نیز از جمله ویژگی‌های دیگر آن محسوب می‌شود. که توپولوژی‌های پیشرفته (شبکه‌های mesh) و تکنیک‌های آنتنی (beam-forming, STC) و تنوع آنتن می‌تواند برای پوشش برد بیشتری به کار روند که این تکنیک‌های پیشرفته همچنین می‌توانند

برای افزایش کارایی طیفی، ظرفیت، استفاده مجدد، توان خروجی ماکزیمم و میانگین برای هر کانال RF (فرکانس رادیویی) مفید واقع گردند. خصوصیت interoperability در این تکنولوژی، بدین معناست که کاربر می‌تواند هر محصول مورد علاقه‌ی خود را خریداری کند (با ویژگی‌های مورد نظرش) و مطمئن باشد که این محصول با سایر محصولات مورد تایید مشابهش هماهنگی و سازگاری خواهد داشت که این امر رقابت بین شرکت‌ها، بهتر شدن کیفیت محصولات و کاهش قیمت‌ها را در پی خواهد داشت.

#### 8- یک سیستم WiMAX شامل دو بخش است :

ایستگاه اصلی (Base Station) که شامل برج WiMAX و تجهیزات الکترونیک داخلی آن است و گیرنده WiMAX که شامل گیرنده و آنتن WiMAX که می‌تواند یک باکس کاملاً مستقل باشد که در کامپیوتر یا لپ‌تاب شما جای گیرد. دسترسی به ایستگاه مرکزی WiMAX شبیه دسترسی به یک نقطه خاص در یک شبکه WiFi است، البته با پوششی بیشتر. می‌توان WiMAX را با WiFi از نظر سطح پوشش و سرعت با یکدیگر مقایسه نمود. هات اسپاتهای WiFi از حدود 100 فوت شعاع پوششی پشتیبانی می‌کنند در حالیکه WiMAX شعاع بالای 10 کیلومتر را پوشش می‌دهد. بیشینه نرخ داده شده برای استاندارد 802.11 وای فای 20MHz با پهنای باند کانال 54 MBPS است در حالیکه این پارامترها برای استاندارد 802.16 وای مکس به ترتیب 20-15MHz بیشینه نرخ داده 100 MBPS پهنای باند کانال است. استاندارد 802.16 که در آینده به آن اشاره می‌شود با برخورداری و پشتیبانی از لایه‌های فیزیکی PHY دسترسی چند گانه (MAC), Coverage, Trans mission مزایای بیشتری را نسبت به وای فای و استاندارد 802.11 ارائه می‌دهد. لایه MAC با استفاده از الگوریتم زمانبندی بهره‌وری را افزایش داده و ارائه سرویس به چند کاربر را ممکن می‌سازد. در حالیکه در ترمینالها برای دسترسی به نقطه بیسیم بایستی از روش ارسال وقفه بهره‌جویند. همچنین لایه فیزیکی قابلیت پشتیبانی از کاربرد های موبایل را با استفاده از تکنیک چند آنتنی و ارتباط چند ورودی- چند خروجی امکانپذیر می‌سازد و بکار گیری دوباره فرکانس نیز از مزایای WiMAX است.

#### 9- استانداردهای فن آوری wimax :

فن آوری WiMAX مورد استفاده در شبکه MAN است و پهنای باند 5MHz را تا 20MHz پوشش می‌دهد. استاندارد WiMAX (لایه‌های فیزیکی PHY) و (MAC لایه‌های دسترسی چندگانه) را تحت پوشش قرار می‌دهد و امکان برقراری ارتباط چند مسیره را داراست. در واقع این استاندارد برای تطبیق

سیستمهای TDD و FDD جهت ارتباط Half Duplex و Full Duplex در ترمینالهای FDD طراحی شده و امکان استفاده از اینترنت به صورت سیار بدین طریق وجود دارد استاندارد IEEE802.16 استاندارد برای سیستم های بی سیم باند پهن (BWA) با استفاده از طراحی زیر ساخت یک به چند نقطه با پشتیبانی از معماری بدون نیاز به دید مستقیم است (در محدوده 2 تا 12 گیگا هرتز). این استاندارد در گسترش و شتاب بخشیدن به روند ایجاد سیستمهای باند پهن برای چند کیلومتر آخر مسیر در مناطق شهری و روستایی به ما کمک خواهد کرد، بدین طریق کارایی سرویس دهنده ها و قابلیت اطمینان به سیستم افزایش یافته در حالیکه هزینه تجهیزات کاهش خواهد یافت. محدوده های فرکانسی برای استاندارد بسیار عریض بوده و از 2 تا 66 گیگا هرتز را شامل می شود. فرکانسهای بالا برای روشهای خط دید مستقیم است در حالیکه ظرفیتهای بدون نیاز به دید مستقیم زیر 11 گیگا هرتز بدست می آید. استاندارد EE802.16e که به عنوان WiMAX سیار شناخته می شود، استاندارد قبلی را با نرخ داده ای بالا و پیوسته بهینه کرده و کنترل در دسترسی چندگانه و حمایت بلادرنگ از چند رسانه ای ها و کاربردهای همزمان همانند (VOIP) را امکانپذیر ساخته است. فن آوری WiMAX سیار در بین فن آوریهای موجود در زمینه گسترش پروژه های بدون سیم باند پهن بی همتاست و گفته می شود با این فن آوری دسترسی به شبکه های بدون سیم پهنای باند وسیع با کارایی بالا و با هزینه کم در مناطق مسکونی و در اماکن تجاری کوچک امکانپذیر است. شبکه های بدون سیم بر پایه استاندارد IEEE 802.16 با شعاع برد پوششی 50 کیلومتر تا ایستگاه اصلی و سرعت بیش از 70 مگابیت (در هر ثانیه در باند های فرکانسی 2 تا 11 گیگا هرتز) بدون نیاز به دید مستقیم بین ایستگاه اصلی و گیرنده و 10 تا 66 گیگا هرتز به صورت line of sight چنانکه گفته شد به ارائه سرویس می پردازند. در واقع می توان گفت WiMAX توان کار با طیف های فرکانسی متفاوت را به طریق بدون سیم دارد و در عین حالیکه گسترش این شبکه به آسانی و به سرعت امکانپذیر است به ارائه سرویس های صوتی - تصویری (ویدئویی) و دیتا پرداخته و اینترنت باند پهن را ارائه می دهد.

#### 10- خصوصیات سیستم WiMAX :

#### 10-1) برتریهای wimax نسبت به دیگر سرویسهای بیسیم :

- معماری انعطاف پذیر WiMAX : (Flexible Architecture) چندین سیستم مختلف از جمله یک نقطه به یک نقطه، یک نقطه به چند نقطه و سیستم با پوشش همه گیر را پشتیبانی می کند.

در واقع از جمله لایه های استاندارد 802.16 لایه های دسترسی چند گانه است که با (MAC) زمانبندی برای هر یک از ایستگاه مشترکین (SS) سرویس یک به چند نقطه و همه گیر را ارائه و پشتیبانی می کند .

- برخورداری از ضریب امنیتی بالا (High Security) : با رمزدار کردن لینکهای بین مشترکین و ایستگاه مرکزی ارتباط از امنیت بالایی برخوردار می گردد. همچنین WiMAX از داده های ارسالی توسط چندین کاربر به یک ایستگاه مرکزی حفاظت می کند.

- کیفیت بالا در وای مکس (WiMAX quality) : می توان وای مکس را در برابر اختلاط ترافیکی بهینه ساخت .

- گسترش سریع (Quick Deployment) : در مقایسه با روشهای باسیم، WiMAX به تاسیسات و وسایل خارجی کمتر و یا اصلاً احتیاجی ندارد. و به محض آنکه آنتن و تجهیزات نصب شده و شروع به کار کنند، سرویسهای WiMAX آماده سرویس دهی هستند. اغلب اوقات گسترش و راه اندازی WiMAX در چندین ساعت امکانپذیر است در حالیکه در دیگر روش ها این مدت ، چندین ماه به طول می انجامد .

- ظرفیت بالا (High Capacity) : سیستم وای مکس می تواند پهنای باند اصلی را حتی برای آخرین کاربر نیز حفظ کند .

- پوشش وسیع (High Coverage) .

- عملیات بدون نیاز به دید مستقیم (Non-line-of-sight operation) .

- مقرون به صرفگی (صرفه اقتصادی) (Cost effective) : وجود استاندارد بین المللی برای وای مکس با ایجاد هماهنگی های لازم موجب کاهش هزینه ها می شود .

- ارائه خدمات به صورت سیار (Mobility) .

- قابلیت همکاری با اپراتورهای دیگر (Introperability) : این قابلیت کمک می کند تا از سرمایه اولیه اپراتورها در هنگام تهیه تجهیزات محافظت شود و به تبع آن هزینه ها با این هماهنگی به عمل آمده کاهش یابد .

- سرویسی با چندین سطوح (Multi level service) : یک سرویس دهنده می تواند سطوح متفاوتی از سرویس را به مشترکین و یا حتی کاربران متفاوت در یک ایستگاه مشترکین ارائه دهد .



این سطوح متفاوت از خود سرویس دهنده آغاز شده و به آخرین کاربر ختم می گردد .

- قابلیت انتقال (Portability): به طور کلی شبکه های ثابت وای مکس، دارای توان گیرندگی بالاتری به علت یک سوئیچ و جهت دار بودن آنتن ها، دارند؛ که این خاصیت باعث افزایش برد و عملکرد وای مکس می شود. در حالی که شبکه های سیار وای مکس معمولاً از گیرنده ها و دستگاه های سیار استفاده می کنند مثلاً مودم وای مکس در یک لپ تاب . دستگاههای سیار وای مکس معمولاً آنتن های همه جهته دارند که این مساله باعث کاهش گیرندگی آنها می شود ولی در عوض امکان سیار بودن را فراهم می کند . در عمل، این نکته به این معناست که وای مکس های سیار توان ارتباطی تا سرعت 10 مگابیت بر ثانیه در فواصل حداکثر 10 کیلومتری را خواهند داشت . و حتی در مناطق شهری ممکن است کاربران تنها امکان ارتباطی 10 مگابیت در ثانیه تا فواصل 2 کیلومتری را داشته باشند.

#### 11- تفاوت Wi-Fi و WiMax:

از آنجایی که هر دو این مفاهیم در مسائل ارتباط بی سیم استفاده می شوند و هر دو نیز با Wi شروع می شوند ممکن است با هم اشتباه گرفته دشوند. اما اولین عاملی که آنها را به طور مشخص از هم متفاوت می کند در وسعت ارتباطات است به طوری که از Wi-Fi در ارتباطات محلی تا برد حداکثر 100 متر استفاده می شود در حالی که از WiMax در شبکه هایی تا برد 50 کیلومتر استفاده می شود.

#### 12- تفاوت اینترنت پرسرعت ADSL و WiMAX:

فناوری ADSL در بستر سیم تلفن قرار دارد، اما WiMax سیستمی بی سیم بوده و هیچ نیازی به سیم ، دستگاه و شاز تلفن ندارد . در WiMax محدودیت سرعت و مکان وجود ندارد ، اما در ADSL منوط به مراکز مخابراتی و خط تلفن شاهد محدودیت هایی هستیم .

WiMax به عنوان تلفیقی از Wi-Fi و شبکه های مخابراتی نسل سوم تلفن های همراه محسوب می شود و بر این اساس سازمان همکاری و توسعه اقتصادی پیش بینی می کند با افزایش میزان استفاده از آن می تواند اینترنت پرسرعت را به روستاها ببرد .

### 13- Wimax در ایران و جهان :

بر طبق پیش بینی های انجام شده استفاده همگانی از WiMAX تا سال 2010 همگانی می شود و سرانجام به تجارت بیسیم ثابت چیره خواهد شد. در این میان بحث پهنای باند و فرکانس به WiMAX و نیز گرفتن مجوز به کارگیری این فن آوری به صورت ملی و یا منطقه ای امری است که در بسیاری کشور ها از جمله ایران دنبال می گردد. پروانه های اپراتوری به دو صورت ملی و منطقه ای قابل واگذاری خواهد بود. در حال حاضر ایران رگلاتوری پیشنهاد صدور پروانه WiMAX را به صورت منطقه ای در دستور کار خود قرار داده است. که هر منطقه شامل تعدادی استان و شهر های پردرآمد و کم درآمد می شود. طبق بررسی های انجام شده حق لایسنس در باند فرکانسی 3/5 گیگا هرتز برای اپراتوری به صورت ملی در حدود 29 میلیارد تومان برآورد شده است. حق لایسنس برای دریافت اجازه فعالیت در باند فرکانسی مربوطه بر اساس ویژگیهای هر منطقه برآورد خواهد شد و حداقل 4 اپراتور WiMAX مجوز فعالیت دریافت خواهند کرد. در حال حاضر صدور پروانه WiMAX برای شهر تهران در دستور کاری رگلاتوری قرار ندارد، به سبب آنکه مدل تجاری تهران نسبت به شهر ها و استانهای دیگر متفاوت است و نیز به علت آنکه شرکتهای PAP پیش از این اقدام به نصب تجهیزات کرده اند. و دولت در نظر دارد حق امتیاز اینترنت بی سیم را بفروشد. بازار رو به گسترش و استفاده از خدمات اینترنتی وای مکس ثابت و سیار در بازارهای جهانی و نیز محدودیت در اختصاص پهنای باند و تخصیص فرکانس برای استفاده از این تکنولوژی باعث شد که سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی اقدام به انتخاب مشاور به منظور تهیه چارچوب کلی طرح برای برگزاری مزایده صدور پروانه در زمستان سال جاری کند.

### 14- وایمکس در عمل :

اگر چه شبکه های وایمکس نسبت به سایر شبکه های بی سیم مانند Wi-Fi از ضریب نفوذ به مراتب بیشتر و بهتری برخوردار هستند، اما عوامل مختلفی بر عملکرد و کارایی یک شبکه وایمکس تأثیر گذار هستند که مهمترین آن ها عبارتند از :

- عوامل محیطی : عواملی مانند پوشش گیاهی، ارتفاع درختان، وجود کوه ها و دره ها، سطح آب رودخانه ها و دریاچه ها از عواملی هستند که بر روی عملکرد کارایی شبکه های وایمکس مؤثر

هستند. هر کدام از این عوامل می توانند منجر به منحرف شدن (انعکاس) و یا عدم رسیدن سیگنال های بی سیم شوند.

- معماری و بافت شهری : اگر چه شبکه های وایمکس یک سرویس جداگانه تحت عنوان NLOS را برای محیط های شلوغ با بافت پیچیده ارائه می کند، اما باز هم امکان به وجود آمدن نقاط کور در این نوع شبکه ها وجود دارد.

- شلوغ بودن باندهای فرکانسی : همان طور که اشاره شد، شبکه های وایمکس از فرکانس های مایکروویو در رنج 2 تا 66 گیگا هرتز استفاده می کنند و ممکن است در آینده این باند شلوغ و پر استفاده شود. اما به طور کلی، عوامل مؤثر بر عملکرد و کارایی شبکه های وایمکس، نسبت به سایر شبکه های بی سیم مانند Wi-Fi به مراتب کمتر است و می توان گفت که به جز موارد خاص و مشخص شده، مشکلی برای این شبکه ها به وجود نخواهد آمد.

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر رشد و توسعه شبکه های وایمکس، هزینه ها و قیمت های این نوع شبکه ها است. به هر حال وایمکس یک تکنولوژی جدید است و مانند هر تکنولوژی جدید دیگری، هزینه بر و گران است. اما با رشد تکنولوژی و به وجود آمدن تکنیک ها و روش های جدید ساخت، در آینده نزدیک می توان از وایمکس به صورت همه جانبه و همگانی استفاده کرد. بر این اساس سه نوع و دسته از محصولات وایمکس در بازار وجود دارند که برای کاربران تجاری، خانگی و کاربران سیار طراحی شده اند.

## 15- سخت افزار های وایمکس :

یکی از تجهیزات مهم در شبکه وایمکس، دکل (tower) است. دکل یک سامانه فیزیکی است که امکان نصب و سوار شدن سایر تجهیزات شبکه را فراهم می کند. به عبارت دیگر هر دکل به عنوان محلی برای ساماندهی تجهیزات شبکه است. به طور کلی از دکل های وایمکس به دو شکل استفاده می شود که عبارتند از :

**الف) دکل های مورد استفاده در سرویس NLOS :** از این دکل ها برای سرویس دهی به کاربران در سیستم های بدون دید مستقیم یا NLOS استفاده می شود. این دکل ها می توانند در هر جایی نصب شوند و ارتفاع آنها چندان مورد اهمیت نیست. زیرا کاربران بدون دید مستقیم می توانند به آنها متصل شوند.

ب- دکل های مورد استفاده در سرویس LOS: از این دکل برای سرویس دهی به کاربران در سیستم های با دید مستقیم یا LOS استفاده می شود. نصب و راه اندازی این دکل ها مستلزم رعایت قوانین و استانداردهایی است. در نصب دکل های LOS، مسأله بسیار مهم، ارتفاع دکل ها است. زیرا کاربران بایستی به صورت مستقیم با این دکل ها در ارتباط باشند. به طور کلی باری محاسبه ارتفاع دکل ها از رابطه یا فرمول فرنل استفاده می شود. یکی از محاسبات و ملاحظات مهم در ارتباط نقطه به نقطه در شبکه هایی بی سیم، موضوع ناحیه فرنل است. هر گاه یک سیگنال الکترومغناطیسی به صورت بی سیم بین دو نقطه منتقل شود. به صورت خط مستقیم طی مسیر نمی کند و انرژی آن سیگنال به صورت یک منطقی بیضی شکل پخش و منتقل می شود. مهم ترین دلیل این امر انحنای زمین است که موجب می شود تا سیگنال مورد نظر به شکل مستقیم طی مسیر نکند.

بنابراین برای غلبه بر این مشکل، هر دکل باید ارتفاع مشخصی داشته باشد که در محاسبه آن باید به مسأله ناحیه فرنل نیز توجه کرد. بر این اساس، رابطه فرنل به صورت  $h = k_f \times \sqrt{\frac{d}{4f}}$  تعریف می شود. در این رابطه،  $h$  ارتفاع ناحیه فرنل است که بر حسب فوت محاسبه می شود. همچنین  $K_f$  ضریب فرنل است که مقدار آن  $43/3$  یا  $72/1$  است. از مقدار  $43/3$  برای محاسبات تجربی و نچندان دقیق و از مقدار  $72/1$  برای محاسبات دقیق استفاده می شود. در این رابطه مقدار  $d$  عبارت است از فاصله بین دو دکل و مقدار  $f$  نیز بیانگر فرکانس کاری است که تجهیزات مورد نظر و نصب شده بر روی دکل از آن استفاده می کنند.

نکته: در رابطه فرنل مقدار  $h$  بر حسب فوت و مقدار  $d$  بر حسب مایل است. هر فوت معادل  $0/304804$  متر یا  $30$  سانتی متر است و همچنین هر مایل معادل  $1609/27$  متر یا  $1/5$  کیلومتر است البته در محاسبات دقیق بایستی از مقادیر آن ها استفاده کرد.

نکته: ارتفاع فرنل در نقطه وسط بین دو دکل، به حداکثر مقدار خود می رسد همچنین برای محاسبه ارتفاع

ناحیه فرنل در هر نقطه از ناحیه فرنل و بین دو دکل، از رابطه  $h = k_f \times \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f(d_1 + d_2)}}$  استفاده می شود. در

این رابطه  $h$  ارتفاع مورد نظر و بر حسب فوت است. مقدار  $K_f$  برابر است با ضریب فرنل که می تواند  $43/3$  یا  $72/1$  باشد. همچنین  $d_1$  مقدار فاصله نقطه مورد نظر از دکل اول است و مقدار  $d_2$  فاصله نقطه مورد نظر از دکل دوم است. مقدار  $d_1+d_2$  نیز فاصله مستقیم به دو دکل و مقدار  $f$  نیز فرکانس مورد استفاده تجهیزات نصب شده بر روی دکل است. نکته: در هر ناحیه فرنل یا ارتباط LOS نباید موانع طبیعی مانند درختان، تپه و موانع غیر طبیعی مانند ساختمان ها، مواد جاذب سیگنال یا پخش کننده سیگنال قرار داشته است.

به عنوان مثال اگر بخواهیم ارتفاع دو دکل به شکل LOS را محاسبه کنیم ابتدا بایستی ارتفاع ناحیه فرنل آن ها را حساب کنیم. به عنوان مثال اگر فاصله بین دو دکل برابر با 10 مایل (معادل 16 کیلومتر) باشد و تجهیزات نصب شده بر روی دکل، در فرکانس 12 گیگا هرتز کار کنند، مقدار ارتفاع ناحیه فرنل به صورت تقریبی و با ضریب  $43/3$  برابر خواهد بود با 6 متر و با ضریب  $72/1$  این مقدار به حدود 13 متر می رسد.

در بعضی موارد، دکل های وایمکس بر روی پشت بام ساختمان های بزرگ نصب می شوند. در این حالت ارتفاع محل نصب شده را نیز باید جز ارتفاع دکل محاسبه کرد.

## 16- کاربردهای عملی وایمکس:

یکی از ویژگی های جالب و قابل توجه در این مورد بار گذاری اطلاعات بر روی گوشی های تلفن همراه می باشد که می تواند برای جنبه های تبلیغاتی بسیار موثر واقع گردد و آن هم بدین صورت است که مثلاً فردی که در حال گذر از یک پل هوایی است به یک باره حجمی از اطلاعات بر روی گوشی وی فرستاده می شود که می تواند در قالب تصویر، صوت و یا انیمیشن باشد که برای جنبه های تبلیغاتی بکار گرفته شود و یا تعداد قابل توجهی افراد که روزانه از مترو استفاده می کنند که در هر ایستگاه نوع خاصی از تبلیغات می تواند برای این افراد فرستاده شود که این جنبه ها موج جدیدی از این فن آوری فوق العاده را در دنیای امروزی نمایان می سازند. یکی از دلایل همه گیر نشدن استفاده کاربردی از کارت های بانکی و حذف پول از سیستم پرداخت ها در برخی کشورها از جمله ایران، عدم وجود زیر ساخت های لازم جهت گسترش شبکه های انتقال داده برای برقراری ارتباط بین هزاران دستگاه POS و ATM موجود در کشور می باشد. لذا این تکنولوژی به عنوان فن آوری پیشرفته در عرصه فن آوری اطلاعات می تواند موثرترین و کاراترین راه حل موجود باشد تا این خلل موجود را حل کند و سیستم خرید از فروشگاه ها، سازمان ها و شرکت های تجاری را آسان سازد.

توسعه ی ظرفیت تجارت الکترونیکی نیز از دیگر جنبه‌هایی است که حائز اهمیت می‌باشد. راه اندازی تدارک الکترونیکی در کشورهایی نظیر ایران، به توسعه ICT و افزایش قابلیت‌های دولت و پردازش تراکنش‌ها به شکل موثرتری منجر خواهد شد که فواید آن در بخش‌های دیگر نظیر پرداخت‌ها و مالیات‌ها، تخصیص منابع مالی و تامین اجتماعی آشکار می‌شود. که البته تحقیقات بیشتری برای یافتن بهترین شیوهی پیاده سازی این گونه سیستم‌ها در کشورهای در حال توسعه مورد نیاز است. قابلیت امنیت بالای داده‌هایی که در این شبکه وجود دارد موجب می‌شود تا داده‌ها به صورت رمز گذاری شده منتقل شوند و دسترسی به داده‌ها فقط با داشتن مجوز مربوطه (به صورت username و password) امکان پذیر باشد و کاربران و علی‌الخصوص کاربران سیار بتوانند در هر نقطه‌ای با داشتن چنین اجازه‌ای به این شبکه متصل شده و از امکانات ویژهی آن برخوردار گردند. علاوه بر این همانطوری که ذکر شد در برنامه‌های این تکنولوژی، استفاده از سرویس‌هایی همچون VoIP نیز گنجانده شده‌است که ممکن است این تکنولوژی را به عنوان یکی از رقبای سیستم موبایل کلاسیک تبدیل کند. ایجاد یک شهر یا شهرک الکترونیکی نیز از جمله اهداف این تکنولوژی برای رسیدن به آن می‌باشد که بدین وسیله بتوان موجبات آماده سازی چنین بستری را فراهم سازیم.

#### 17- بن بست جهانی :

سودای سازمان تنظیم مقررات برای صدور اولین پروانه تجاری مهمش در زمان مدیریت جدید خود در حالی شکل جدی تری می گیرد که تمامی آمارهای جهانی حکایت از آغاز سالهای سخت برای فن آوریهای نوپای WiMAX به عنوان فراگیرترین شکل اینترنت بیسیم دارد. آخرین گزارش ناامید کننده در این خصوص متعلق به آژانس معتبر آنالایزیس (Analysys) است که در بررسی تجاری خود برای پتانسیل های مالی بازار WiMAX این بازار را فاقد پتانسیل های لازم برای بازگشت راضی کننده سرمایه گذاری ها خواند. ظاهراً مشکل قضیه اینجاست که بازارهای کشورهای در حال توسعه مانند ایران ، به علت ضریب پایین نفوذ اینترنت و پراکندگی مکانی مراکز استفاده بازارهای اصلی استفاده از فناوری WiMAX هستند و به همین دلیل اغلب غولهای اپراتوری WiMAX روی همین کشورها سرمایه گذاری می کنند. ولی مشکل قضیه این جاست که علیرغم هزینه های بالای راه اندازی شبکه های WiMAX که بی شباهت به راه اندازی یک شبکه تلفن همراه نیست در آمدهای آن به هیچ وجه رضایت بخش نیست . چراکه از یک سو کشور های در حال توسعه در ضریب نفوذ رایانه های شخصی به ویژه لپ تاپ ها آمار ضعیفی دارند پس بازارهای هدف این فناوری ها عملاً بسیار محدود است. از سوی دیگر قدرت خرید، در این کشور ها پایین است که باعث می شود ، در آمدهای شبکه WiMAX بسیار کمتر از سرمایه گذاری سنگین اولیه باشد .

به این جریان رقابت اصلی میان سرویس های نسل سوم تلفن همراه (3G و WiMAX) را هم اضافه کنید که کار شرکت های WiMAX را بسیار دشوار می کند. به علت آنکه در حال حاضر زمزمه هایی مبنی بر حضور احتمالی اپراتورهای تلفن همراه ایران در پروژه WiMAX به گوش می رسد فرایند منطقی این قضیه است چون الگوهای جهانی در کشور هایی چون ایالات متحده و منطقه اروپای غربی نشان می دهد اپراتورها به سبب در اختیار داشتن بخشی از زیر ساخت فیزیکی مورد نیاز WiMAX و تجربه مرتبط، مناسب ترین گزینه ها برای حضور در بازارهای وسیع WiMAX هستند . برای مثال شرکت Clearwire Sprint آمریکا در نظر دارد با ایجاد یک شبکه پهن باند بزرگ در سرتاسر آمریکا تا سال 2008 با 100 میلیون مشترک زیر ساخت شبکه را گسترش دهد. هرچند که در حال حاضر فقط هزینه دارد و هیچ درآمدی کسب نمی کند. مثالی از گسترش شبکه در تایوان یکی از اهداف مهم به منظور تقویت برنامه در ساختار ICT تایوان و سرویسهایی برای فراهم آوردن محیطی با دسترسی باند پهن بیسیم با یک کلاس جهانی برای کاربران اینترنت است .

برای دسترسی به این هدف دولت با حمایت از همه شرکت ها برای همکاری با کمپانیهای بین المللی نه تنها برای پروژه های داخلی بلکه همچنین برای دستیابی به توافقات جهانی، خصوصاً:

- افزایش ساختارهای ICT: کاهش تقسیم دیجیتال با دسترسی به پوشش باند پهن بیسیم در مناطق شهری تا 80%-90% و در مناطق روستایی تا 30-40% .
- بهبود امکانات ظرفیت تجهیزات مخابراتی: دسترسی به بیش از 50 درصد سودمندی تجهیزات بومی.
- ایجاد زیر ساختهای صنعتی سرویس داده سیار: دایر کردن سرویسهای داده سیار داخلی.
- ساخت یک محیط صنعتی سیار قابل رقابت: با انتصاب شبکه ثابت 2-3 اپراتور برای آزمایش و ایجاد سرویس های داده مجتمع ویدئو و IPTV برنامه شرکت مخابرات سیار تایوان M-T برای تهیه سرویس موبایل مجتمع از این قرار است. این شبکه ها به یک آزمایش بزرگ برای آزمایش گسترش تکنولوژی جدید و سرویس های کاربردی ترتیب خواهند داد. برای دسترسی به این اهداف استراژی بعدی با گسترش برنامه های M-T و پروژه های WiMAX مرتبط تطبیق داده می شود :
- ایجاد یک اکوسیستم WiMAX که شامل CPE, chipset, ایستگاه مرکزی، عناصر شبکه ای، سیستم مجتمع کاربردها و عملکردی تماس است .
- توسعه کاربردهای متفاوت همانند پخش تلوزیونی و رادیویی IPTV تحت WiMAX .
- طراحی یک شبکه WiMAX/WiFi برای نفوذ و تغییر صنعت در تایوان .

- استفاده از تحقیقات مورد حمایت دولت و گسترش پروژه ها برای تکنولوژیهای پایه همانند پروژه (WiMAX acceleration) .

• شرکت در فعالیتهای استانداردهای بین المللی و همبستگی با سازمانها یا نقش آفرینان بین المللی برای شتاب بخشیدن به توسعه محصولات کارخانه ها و توسعه تجاری محمد شکوری رییس بخش بازاریابی اتحادیه WiMAX می گوید: "رسیدن به این اهداف، به تلاش و کار بسیاری نیاز دارد اما همه، از اپراتورهای شبکه تا سازندگان تجهیزات، منتظر تحقق این اهداف هستند. استانداردهای WiMAX و WiFi سبب توسعه و پیشرفت قابلیت interoperable بین شبکه ها شده است. این مسئله مخصوصاً در کشور تایوان که اخیراً شبکه WiMAX با قابلیت پشتیبانی از طرح های کاربردی سیار و پرتابل و ثابت را در گستره ملی راه اندازی کرده است بیشتر خود را نشان می دهد. شکوری می گوید: "تایوانی ها شبکه های WiMAX و WiFi را نصب کرده اند و نشان داده اند که چگونه می توان با این دو تکنولوژی فعالیت کرد و بین آنها تعامل ایجاد کرد. طبق گفته و نظر حامیان WiMAX، از آنجا که WiMAX سیار نتوانسته است به خوبی با پرتابل تعامل کند، در راه اندازی همه شبکه ها اعم از ثابت یا سیار زیاد مورد نظر واقع نشده است شرکت Intel قصد دارد تا سال آینده از قابلیت های WiMAX در گستره بسیار عظیم تری چه در حوزه خدمات سیار و چه خدمات پرتابل، استفاده کند. .

#### 18-ارتباط سرویسهای ماهواره و WiMAX :

ایجاد اشتراک بین سرویسهای وای مکس و ماهواره سخت است که تفاوت در سطح توان مورد استفاده در این سرویس ها، وجود سرویسهای یک نقطه به چند نقطه و وجود کاربران سیار و غیر ثابت را از جمله دلایل این امر می توان برشمرد. توضیح دقیقتر در این زمینه با بیان خصوصیات مذکور بدین شرح است:

- سیگنالهای وای مکس تقریباً 1000 برابر بزرگتر از سیگنالهای ماهواره هستند به نحوی که سیگنالهای توان بالای سیگنالهای ماهواره را محو می کنند.
- سیگنالهای Down link ماهواره از نظر توان پایین هستند، زیرا ماهواره ها در ارتفاع 36000 کیلومتری بالای زمین WiMAX قرار گرفته اند.
- برد سیگنالهای WiMAX تنها ده ها مایل بوده و توان بالایی دارند. سرویسهای میکرو زمینی کنونی نقطه به نقطه هستند (با یک مرکز فرستنده و یک ایستگاه گیرنده) و از آنتن های مستقیم (direct) استفاده زیادی می کنند. در حالیکه گسترش WiMAX در باند فرکانسی 3/5 با کاربردهای یک نقطه به چند نقطه روبرو می شوند. پرتوهای عریض WiMAX با افزایش در پهنای پرتو ها میزان تداخل در این سیگنالها را کاهش می دهند.



- سرویسهای استفاده کننده از WiMAX غیر ثابت بوده در حالیکه سرویسهای زمینی مورد هدف ماهواره ثابت هستند بنابراین اشتراک غیر ممکن است .

اتحادیه رادیو تلوزیون آسیا - اقیانوسیه (ABU) هشدار داده است اگر WiMAX در باند فرکانسی لینک ماهواره پیاده سازی شود، ممکن است عملکرد ماهواره در تمام این باند غیر عملی گردد. این باندها جزو پرکاربردترین باند های فرکانسی برای مخابرات ماهواره ای در آسیا هستند. به هر حال وجود تداخل سیگنالهای WiMAX و ماهواره وجود دارد. و روش کاهش و یا جلوگیری از تداخل این امواج از این قرار است :

- رعایت فاصله کافی بین فرستنده WiMAX و ایستگاه دریافت ماهواره .
- شیلد ایستگاههای زمینی برای محافظت از WiMAX بر طبق گزارش کنفرانس اروپایی اداره مخابرات و پست (cept) حداکثر فاصله لازم برای ایستگاههای مرکزی BWA بین 270KM تا 320KM است که ضرورت وجود این فواصل تا حداقل 10 کیلومتر واضح است و اهمیت استفاده از تکنیکهای خاص برای سیستمهای BWA برای کاهش فواصل تفکیک قابل اثبات است .

این در حالیست که انجمن جهانی WiMAX اجازه اشتراک این شبکه را در باند C ، سرویس ثابت (FSS) ماهواره را صادر کرده است . در حالیکه عملاً در جایی که ماهواره از این باند استفاده می کند عملی نیست . اپراتورهای FSS و وای مکس که به طور طبیعی در توسعه ساختار ICT هم پیمان هستند :

- ایجاد امکانات لازم برای اتصال زمینی به ایستگاههای مرکزی
- wimax ارتباط در راههای باریک روستایی و یا با تراکم جمعیت کمتر
- ماهواره می تواند شبکه WiMAX را گسترش دهد .

**فصل دوم : آشنایی با قطعات سخت افزاری وایمکس**

### **19- آنتن های وایمکس :**

به طور کلی یکی از اجزا اصلی هر شبکه بی سیم، آنتن شبکه است. از آنتن برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده می شود. در یک شبکه بی سیم، فرستنده و گیرنده از آنتن برای تبادل اطلاعات استفاده می کنند. هر آنتن مشخصات فیزیکی و فنی خاص خود را دارد که در ادامه با آن ها آشنا می شویم.

الف - مشخصات فنی آنتن : مشخصات فنی هر آنتن، نحوه عملکرد و کارایی آن را مشخص می کند. به طور کلی مهمترین مشخصات فنی هر آنتن عبارت است از :

- مقدار دسی بل یا dB آنتن: این مقدار مشخص کننده توان سیگنال آنتن است. این مقدار به ورت (ده لگاریتم در مبنای ده) بیان می شود.

**نکته :** دسی بل یا dB یکی از واحدها و صورت های نمایش ریاضی اعداد است که از آن برای نمایش بهره افت و سطح توان سیگنال استفاده می شود. نمایش این مقادیر بر اساس دسی بل راحت تر است زیرا توان یک سیگنال به صورت لگاریتمی کاهش یا افزایش می یابد و به همین دلیل می توان به راحتی این مقادیر را جمع، تفریق و یا مقایسه کرد. به عبارت دیگر انجام عملیات ریاضی ساده تر است. دسی بل معیاری از نسبت بین دو سطح سیگنال است و به صورت  $N_{dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$  نمایش داده می شود. در این رابطه مقدار  $N_{dB}$ ، تعداد واحد دسی بل است،  $P_1$  سطح توان ورودی و  $P_2$  سطح توان خروجی است به عبارت ساده تر، اگر در یک سیستم انتقال (کابلی یا بی سیم)، مقدار توان سیگنال ورودی به اندازه  $P_1$  وایمکس مقدار توان سیگنال خروجی به اندازه  $P_2$  باشد، مقدار افت یا تقویت توان سیستم برابر با  $N_{dB}$  خواهد بود. اگر مقدار  $N_{dB}$  به صورت منفی باشد، به معنای افت و کاهش توان است. یعنی این که در سیستم مورد نظر، توان خروجی کمتر از توان ورودی است و به نوعی افت توان اتفاق افتاده است. در نقطه مقابل، اگر مقدار  $N_{dB}$  به صورت مثبت باشد، به معنای افزایش توان است، یعنی این که در سیستم مورد نظر توان خروجی بیشتر از توان ورودی است و به نوعی افزایش توان اتفاق افتاده است.

مقدار dB برای هر آنتن، در هر نقطه متغیر است به عنوان مثال در یک نقطه خاص، یک آنتن می تواند مقدار dB مثبت و در یک نقطه دیگر مقدار dB منفی داشته باشد. به عبارت دیگر در نقطه اول، آنتن افت توان و در نقطه دوم، آنتن افزایش توان داشته است.

**نکته :** به عنوان مثال وقتی گفته می شود که یک آنتن، در انتقال امواج بی سیم از یک نقطه به نقطه دیگر مقدار دسی بل اتلاف توان داشته است، به معنای آن است که انرژی سیگنال برای رسیدن از یک نقطه به نقطه دیگر، 20- به میزان صدبرابر کاهش یافته است. همچنین وقتی گفته می شود که یک آنتن، مقدار 30 دسی بل افزایش توان داشته است، به معنای آن است که انرژی سیگنال برای رسیدن از یک نقطه به نقطه دیگر مقدار هزار برابر افزایش یافته است. محاسبات این مثال نمونه به صورت زیر است :

$$-20 = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = 10^{-2} = \frac{1}{100}$$

$$+30 = 10 \log \frac{P_1}{P_2} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = 10^{+3} = 1000$$

بنابراین هر آنتن یک مقدار دسی بل دارد که می تواند به صورت مثبت (به معنای افزایش توان) و یا به صورت منفی (به معنای کاهش توان) باشد.

- مقدار dBi (دی - بی - آی) آنتن : به صورت معمول، مقدار توان هر آنتن را یک آنتن را با یک آنتن مرجع و پایه به نام آنتن ایزوتروپیک اندازه گیری می کنند. هر چقدر مقدار dBi یک آنتن بیشتر باشد، مقدار بهره آنتن بیشتر می شود. بدیهی است که برای انتقال امواج بی سیم به صورتی که توان بیشتری داشته باشد، از آنتن با dBi بیشتر استفاده می شود.

**نکته :** آنتن ایزوتروپیک<sup>3</sup> یک آنتن تئوری و مرجع است که عملکرد سایر آنتن ها با آن سنجیده می شود. این آنتن، می تواند امواج بی سیم را به صورت 360 درجه کامل و به شکل کروی منتقل کند. در عمل ساختن آنتن ایزوتروپیک، مشکل است به همین دلیل آنتن های ساخته شده را با این آنتن مقایسه می کنند.

- خط دید : هر آنتن برای خود یک خط دید تعریف شده دارد و در صورتی که از این خط خارج شود، سایر آنتن ها و یا ایستگاه ها نمی توانند با آن رابطه داشته باشند. در انتقال امواج در فاصله های بسیار طولانی، از آنتن های جهت دار استفاده می کنند. آنتن های جهت دار برای خود خط دید دارند

---

<sup>3</sup>. isotropic

و در صورتی که از خط دید خود خارج شوند، نمی توانند ارتباط داشته باشند. به عبارت دیگر هر دو آنتن فرستنده و گیرنده بایستی به طور مستقیم در خط دید و زاویه دید همدیگر باشند. در استفاده از آنتن های جهت دار بایستی به ناحیه فرنل و ارتفاع آن نیز توجه کرد تا هر دو آنتن در خط دید یکدیگر قرار گیرند.

ب- مشخصات فیزیکی آنتن ها : مشخصات فیزیکی هر آنتن، بیان کننده شرایط نصب وایمکس شکل ظاهری آنتن است و مهم ترین آن ها عبارتند از :

- آنتن داخلی و خارجی : محیط های بی سیم را می توان به دو دسته کلی محیط های داخلی<sup>4</sup> و خارجی<sup>5</sup> تقسیم کرد. بدیهی است که برای هر محیط بایستی از سخت افزارها و تجهیزات خاص و مخصوص آن محیط استفاده کرد. این قضیه در مورد آنتن های شبکه نیز صادق است. آنتن های داخلی برای نصب در محیط داخل و شبکه های داخلی استفاده می شود. به طور معمول آنتن های داخلی از لحاظ ابعاد و اندازه کوچک و ظریف هستند. آنتن های خارجی برای نصب در محیط های خارجی و شبکه های خارج از ساختمان ها، ساخته شده اند. این آنتن ها از لحاظ ابعاد بزرگتر هستند و مواد به کار رفته در تهیه آن ها به شکلی انتخاب شده اند تا بتوانند در انواع شرایط محیطی مقاوم باشند.

- شکل ظاهری آنتن ها : هر آنتن کاربرد خاص خود را دارد و از این رو طراحی و شکل ظاهری آنتن ها نیز متفاوت است. براین اساس می توان آنتن ها را به انواع سقف کوب<sup>6</sup> یا سقف آویز<sup>7</sup> (مناسب برای نصب در محیط های داخلی)، آنتن های قابل نصب بر روی پایه یا دکل<sup>8</sup> (مناسب برای محیط های خارجی)، دیوار کوب<sup>9</sup> (مناسب برای محیط های خارجی یا داخلی) و آنتن های بشقابی<sup>10</sup>

---

4 . indoor  
5 . outdoor  
6 . Ceiling Mount  
7 . Ceiling Patch  
8 . Mast Mount  
9 . Wall Patch  
10 . Dish Parabolic

(مناسب برای محیط های خارجی) تقسیم کرد.

✓ در شبکه های وایمکس از آنتن های داخلی برای سرویس دهی به کاربران داخل ساختمان ها، مراکز

تجاری و به طول کلی محیط های داخلی استفاده می شود.

✓ از آنتن های خارجی برای سرویس دهی به کاربران در محیط های خارجی و یا ارتباط به صورت

مستقیم استفاده می شود.

### 19-1) رادیوهای وایمکس :

یکی از تجهیزاتی که در شبکه های وایمکس از آن استفاده بسیار زیادی می شود، رادیوهای وایمکس<sup>11</sup>

است. هر ایستگاه پایه (BS) از رادیو وایمکس برای ارسال و یا دریافت اطلاعات استفاده می کند. در حقیقت

در یک شبکه وایمکس، رادیو وایمکس اطلاعات ارسالی خود را در اختیار آنتن شبکه قرار می دهد و آنتن

وایمکس نیز آن را ارسال می کند. همچنین آنتن وایمکس اطلاعات دریافتی خود را در اختیار رادیو وایمکس

قرار می دهد. هر رادیو وایمکس ویژگی های خاص خود را دارد که به عوامل مختلفی از جمله نوع سرویس

شبکه وایمکس LOS یا (NLOS)، نوع آنتن وایمکس و رنج فرکانسی شبکه، بستگی دارد.

### 20- وایمکس CPE :

یکی دیگر از تجهیزات مهم و کلیدی در شبکه های وایمکس، تجهیزات پایه مشتری یا CPE<sup>12</sup> است. هر

ایستگاه کاری مشتری (SS) در شبکه های وایمکس از یک یا چند CPE برای ارسال و یا دریافت اطلاعات

استفاده می کند. به طور کلی دو نوع CPE در شبکه های وایمکس وجود دارد که عبارتند از :

الف - نوع CPE داخلی : از این نوع CPE برای ایستگاه های مشتری استفاده می شود که در آن کاربران

شبکه در محیط داخلی قرار گرفته اند.

---

<sup>11</sup> . WiMAX Radio

<sup>12</sup> . Coustumer Premises Equipment

ب-نوع CPE خارجی : از این نوع CPE برای ایستگاه های مشتری استفاده می شود که در آن کاربران شبکه در محیط خارجی قرار گرفته اند و محیط شبکه به صورت خارجی است.

همانند رادیوهای وایمکس، هر CPE مشخصات خاص خود را دارد که به عوامل مختلفی از جمله نوع شبکه وایمکس (LOS,NLOS)، رنج فرکانسی شبکه، نوع کاربران (ثابت یا سیار بودن) بستگی دارد.

## 21- کارت شبکه وایمکس :

یکی از ارکان جدا نشدنی در هر شبکه، اعم از کابلی یا بی سیم کارت شبکه است که به طور اختصار به آن NIC<sup>13</sup> گفته می شود. در شبکه های وایمکس، کاربران برای اتصال به شبکه از کارت شبکه استفاده می کنند. هر کاربر می تواند از طریق کارت شبکه خود به نزدیکترین CPE متصل شود و از خدمات و سرویس های شبکه استفاده کند. به طور کلی دو نوع کارت شبکه وایمکس وجود دارد که عبارتند از :

- نوع ثابت : از این نوع کارت شبکه برای کاربرانی استفاده می شود که در شبکه به صورت ثابت هستند. این نوع کارت های شبکه به صورت داخلی در کامپیوترهای شخصی کاربران نصب می شود.
- نوع متحرک : از این نوع کارت شبکه برای کاربرانی استفاده می شود که در شبکه به صورت متحرک هستند. این نوع کارت شبکه در کامپیوترهای همراه کاربران نصب می شوند و کاربران می توانند به صورت متحرک و سیار به نزدیکترین CPE متصل و در نهایت به شبکه وایمکس متصل شوند.

22- سایر تجهیزات شبکه های وایمکس : علاوه بر تجهیزات و سخت افزارهای معرفی شده برای شبکه های وایمکس، تجهیزات دیگری نیز وجود دارند که استفاده از آن ها به صورت تکمیلی است و موجب می شود تا کارایی و یا عملکرد شبکه بهبود پیدا کند. مهم ترین این تجهیزات عبارتند از :

## 22-1) روترهای وایمکس :

یکی از تجهیزات مورد استفاده در شبکه های کابلی یا بی سیم، روتر<sup>14</sup> یا مسیریاب است. وظیفه اصلی روتر

<sup>13</sup> . Network Interface Card

<sup>14</sup> . WiMAX Router

برقراری ارتباط بین دو یا چند شبکه است که از لحاظ فیزیکی یا فنی با یکدیگر اختلاف دارند. به عنوان مثال برای ارتباط بین شبکه بی سیم و شبکه کابلی از روتر استفاده می شود. به طور کلی از روترهای وایمکس به دو شکل استفاده می شود. یا این که این روترها دو وظیفه اصلی دارند که عبارتند از :

- اتصال شبکه های کابلی به شبکه های وایمکس : در این حالت از مسیر یاب برای اتصال شبکه بی سیم به یک شبکه کابلی مانند شبکه اینترنت استفاده می شود.

- اتصال شبکه های بی سیم و شبکه وایمکس : در این حالت از مسیر یاب برای اتصال یک شبکه بی سیم متفاوت با وایمکس، مانند Wi-Fi به شبکه بی سیم وایمکس استفاده می شود.

بنابراین می توان گفت که روترهای وایمکس، برای اتصال شبکه های وایمکس به شبکه های غیر از وایمکس، اعم از کابلی یا بی سیم استفاده می شود.

**22-2) رک های وایمکس:** یکی دیگر از تجهیزات جانبی هر شبکه رک<sup>15</sup> است. رک یا قفسه به صورت یک چهارچوب فلزی است که شکل قفسه، محلی برای نگهداری تجهیزات شبکه است به عبارت دیگر با استفاده از رک می توان به شبکه انسجام بخشید و مانع از آشفته گی محیطی ناشی از تجهیزات شبکه شد.

### 23- تجهیزات مربوط به ایستگاه های وایمکس :

هر شبکه وایمکس از دو بخش اصلی ایستگاه های پایه (BS) و ایستگاه های مشتری (SS) تشکیل شده است هر ایستگاه تجهیزات خاص خود را دارد که ترکیبی از سخت افزارهای مختلف است. بنابراین تجهیزات ایستگاه های وایمکس را می توان به شکل زیر بیان کرد.

- تجهیزات مربوط به ایستگاه های پایه : هر ایستگاه پایه از بخش های مختلفی تشکیل شده است که مهم ترین آن ها دکل، آنتن، رادیو وایمکس و رک است. در هر ایستگاه از یک دکل برای نگه داری آنتن ها استفاده می شود و هر آنتن نیز به رادیو وایمکس خود متصل است. به طور معمول رادیو

---

<sup>15</sup> WiMAX Rack

وایمکس را در رک ها نگه داری می کنند تا علاوه بر جلوگیری از دسترسی افراد ناشناس و نامربوط به شبکه، انسجام و یکپارچگی شبکه حفظ شود.

**نکته:** برای اتصال آنتن به رادیوهای وایمکس، از کابل های خاصی به نام کابل Pigtail استفاده می شود. این کابل ها گران قیمت هستند و توسط رابط های مخصوص ، به آنتن و رادیوهای وایمکس متصل می شوند و بین آن ها ارتباط برقرار می کنند هر چقدر کابل Pigtail طول کمتری داشته باشد، به مراتب بهتر است و موجب می شود تا افت توان کمتری حاصل شود.

● تجهیزات مربوط به ایستگاه های مشتری : هر ایستگاه مشتری از بخش های مختلفی تشکیل شده است که مهمترین آن ها CPE، کارت شبکه وایمکس و رک است. هر ایستگاه می تواند از یک یا چندین CPE تشکیل شده است که هر CPE به تعدادی مشخص از کاربران سرویس دهی می کند. کاربران شبکه نیز می توانند از طریق کارت شبکه خود (ثابت یا سیار) به شبکه متصل شوند. در صورتی که در ایستگاه های کاری، از تجهیزات جانبی دیگری استفاده شود، این تجهیزات در رک های مربوط قرار می گیرند.

## فصل سوم : امنیت شبکه های بی سیم

### 24- امنیت در شبکه ها :

#### 24-1) مقدمه ای بر امنیت در شبکه های بی سیم :

اهمیت و ارزش امنیت در شبکه های کامپیوتری بر هیچ کس پوشیده نیست. به طور کلی امنیت در شبکه شامل راهکارها و راه حلهایی است که از طریق آن ها بتوان از ورود و نفوذ افراد خارج از شبکه به داخل آن جلوگیری کرد. البته این تعریف کلی است ولی از همین جا می توان پی به این نکته برد که چرا بحث امنیت در شبکه تا اینقدر مهم و حیاتی است؟ به طور کلی بعد از پیدایش تکنولوژی شبکه و با به وجود آمدن این طرز فکر که افراد می توانند در منابع و اطلاعات یکدیگر سهیم و مشترک باشند، این سؤال مطرح شد که



این اشتراک در منابع و اطلاعات تا چه حد امکان پذیر است؟ و یا این که آیا حد و مرزی برای این کار وجود دارد؟ پاسخ گویی این سؤالات منجر شد تا مسأله امنیت در شبکه جایگاه ویژه ای پیدا کند.

به طور کلی خطراتی که یک شبکه را تهدید می کنند، شامل موارد زیر است :

- فاش سازی و استراق سمع : استراق سمع در یک شبکه شامل فاش کردن اطلاعات محرمانه یک شبکه بی سیم، ثبت و اعتبار سنجی نشده اند، این پتانسیل و عامل بالقوه را برای نفوذگرها و حمله کردن به شبکه فراهم می کند تا سرعت و استراق سمع خود را از یک کانال انجام دهند. به عبارت دیگر هکرها می توانند یک کانال ثابت برای نفوذ خود پیدا کنند و از این طریق می توانند مسیرهای دیگری برای نفوذ به سایر قسمت های شبکه و یا شبکه های مشابه پیدا کنند.
- جلوگیری کردن و تغییر در مدل انتقال اطلاعات : اگر یک هکر بتواند به یک شبکه نفوذ کند، می تواند به راحتی و به دلخواه خود از انتقال اطلاعات جلوگیری کند و یا در مدل های انتقال اطلاعات، تغییرات دلخواه خود را اعمال کند.
- انجام تغییرات در اطلاعات یک شبکه : نفوذگرهایی که به یک شبکه داخلی وارد شده اند می توانند با ایجاد مزاحمت، اطلاعات جاری و یا موجود در شبکه را جعل کنند و آن ها را با اطلاعات جدید جایجا کنند. این مزاحمت حتی می تواند شامل اطلاعات ارسالی از خارج به داخل شبکه نیز بشود. یادداشت : به عنوان مثال نفوذگرها می توانند یک نامه پست الکترونیکی<sup>3</sup> رسیده به شبکه را با یک مورد جعلی جایگزین کنند و ایجاد مزاحمت نمایند.
- انکار کردن سرویس و وجود شبکه : یک هکر می تواند نقشه خود را با انکار سرویس<sup>4</sup> پیاده سازی کند. در این نوع حملات که تحت عنوان DOS شناسایی می شوند، نفوذگرها می توانند با نفوذ به شبکه، علاوه بر ایجاد اختلال در شبکه، شبکه را از کار بیاندازند به طوری که کاربران گمان کنند

---

<sup>3</sup> . email

<sup>4</sup> . Denial of Service

شبکه به طور کامل قطع شده است. همچنین نفوذگرها می توانند با ایجاد ترافیک کاذب در شبکه،

سرعت و کارایی شبکه های بی سیم را کاهش دهند.

نکته : نفوذگرها حتی پای خود را از این حد فراتر گذاشته اند و می توانند با کنترل امواج در شبکه های بی

سیم، دستگاه های جانبی را راه اندازی کنند.

سرقت در منابع شبکه : نفوذگرهایی که به یک شبکه نفوذ می کنند، همواره در پی صدمه زدن و یا ایجاد

اختلال در شبکه نیستند، بلکه گاهی در پی سرقت در منابع شبکه و استفاده آسان و راحت از منابع شبکه

هستند. به عنوان مثال نفوذگران به یک شبکه می توانند اشتراک اینترنت موجود در شبکه را به راحتی تغییر

دهند و از آن استفاده کنند. همچنین نفوذگران در یک شبکه می توانند با وارد کردن ویروس های مخرب به

یک شبکه، انواع اطلاعات درخواستی خود را به دست آورند. در اکثر موارد، سرقت در منابع یک شبکه

روندی آرام و بی سر و صدا دارد و ممکن است کاربران متوجه حضور نفوذگران در شبکه نشوند و یا در

تشخیص آن ها با کاربران واقعی شبکه دچار اشتباه شوند.

• خطرات تصادفی : بعضی از ویژگی های شبکه بی سیم، به طور غیر ارادی از خطرات موجود در شبکه

استقبال می کنند. به عنوان مثال یکی از ویژگی های شبکه های بی سیم، در دسترس بودن آن در همه محیط

اطراف آن است. بنابراین یک کاربر عادی با کامپیوتر قابل حمل خود می تواند به طور تصادفی و ناخواسته به

شبکه بی سیم وارد شود و این در حالی است که این کاربر ممکن است هکر یا نفوذگر نباشد. البته این

مشکل و خطرات مشابه که تحت عنوان خطرات تصادفی مطرح می شوند، در شبکه هایی اتفاق می افتد که

امن نباشند، به عبارت دیگر با پیاده سازی یک مکانیزم مناسب در شبکه بی سیم می توان به طور کامل از

خطرات تصادفی جلوگیری کرد.

• شبکه های بی سیم غیر رسمی : در مکان هایی که از شبکه های بی سیم به طور رسمی استفاده نمی شود

و یا از قطعات سخت افزاری نامناسب استفاده می شود، سایر شبکه های بی سیم با مدیریت مرکزی می توانند

شبکه مورد نظر را در بر گیرند و خطراتی جدی برای آن ایجاد کند. در این حالت این شبکه عضوی از یک شبکه بزرگتر می شود و به طور کامل در اختیار شبکه بزرگتر قرار می گیرد.

در حقیقت راهکارهای مناسب برقراری امنیت در یک شبکه بی سیم، در مقابله و جلوگیری کردن از بروز این دسته از خطرات به وجود می آیند. هر چقدر راهکارهای امنیتی بتواند تعداد بیشتری از خطرات را کاهش دهند، به همان میزان از قابلیت بیشتری برخوردار هستند. مسأله امنیت در شبکه های بی سیم تا آنجا مهم و حائز اهمیت است که حتی بسیاری از سازمان ها و یا کاربران به دلیل نگرانی در مورد آن، به طور کلی از شبکه های بی سیم استفاده نمی کنند. یکی از دلایل این امر را می توان تصور غلط و اشتباهی دانست که در مورد رابطه تنگاتنگ بین شبکه های بی سیم و ناامنی در شبکه وجود دارد. از جمله مهمترین عوامل مؤثر در این تصور غلط، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- شایع بودن عدم اطمینان به شبکه های بی سیم : بعد از به وجود آمدن مشکلات اساسی در مکانیزم های اولیه برقراری امنیت در شبکه های بی سیم، بسیاری از سازمانها و افراد متخصص در شبکه، تصور غلط و اشتباهی در مورد شبکه های بی سیم پیدا کرده اند و حتی این مورد به صورت یک امر شایع و فراگیر در آمده است. از طرف دیگر وجود راهکارهای متعدد در برقراری امنیت در شبکه های بی سیم، که بعضی از آن ها استاندارد و برخی دیگر غیر استاندارد هستند منجر به آن شده است تا سازمان ها و اشخاص درگیر با شبکه های بی سیم دچار یک سردرگمی و اغتشاش فکری در زمینه امنیت این دسته از شبکه ها شوند.

- نامرئی بودن شبکه های بی سیم : یکی از مشکلات پایه در پیدایش تصور غلط و اشتباهی که در مورد شبکه های بی سیم وجود دارد، نامرئی بودن این گونه از شبکه ها است. به طور کلی مدیران و سرپرستان شبکه هایی که در محیط کابلی کار می کنند، می توانند با ردگیری و یا بازبینی کابل های شبکه و به طور کلی سخت افزار شبکه ، به وجود یا عدم وجود افراد مزاحم در شبکه پی ببرند ولی تصویری که در شبکه های بی سیم وجود دارد آن است که به دلیل نامرئی بودن مسیرهای ارتباطی در

این گونه شبکه ها، هیچ راهکار مناسبی برای جلوگیری از نفوذ افراد مزاحم و نفوذگرها به شبکه وجود ندارد. به عبارت دیگر اگر بتوان با استفاده از دیوارها و درهای بسته از شبکه کابلی محافظت کرد، این محافظت را نمی توان در مورد شبکه های بی سیم انجام داد. زیرا شبکه های بی سیم از آن سوی دیوارها و درهای بسته نیز قابل دسترسی است.

- عدم آگاهی بیشتر در مورد حفاظت از اطلاعات شبکه : بیشتر سازمان ها و ارگان ها برای حفاظت از اطلاعات خود، درخواست بالاترین سطح امنیتی برای شبکه بی سیم خود را مطرح می کنند و این در حالی است که به طور کلی در مورد مسأله امنیت و ضد امنیت و راهکارهایی که بتواند این سطح امنیتی را از بین ببرد، بد گمان هستند و اطلاعات کافی ندارند.

- کمبود آگاهی عمومی در مورد مسأله امنیت : این مورد به صورت یک نتیجه فرعی ظاهر می شود و منظور از آن کمبود و یا عدم وجود اطلاعات کافی در مورد قوانین و مقرراتی است که دولت ها و سازمان های قانون گذار مرتبط، در مورد امنیت در شبکه های بی سیم وضع می کنند.

به عنوان مثال در سال 1996 میلادی، دولت ایالات متحده آمریکا قانون «بیمه صحت انتقال اطلاعات و جواب گویی نتایج مرتبط با آن» را تحت عنوان HIPAA طراحی و تدوین کرده است که به منظور فراهم کردن شرایط مناسب برای انتقال صحیح و امن اطلاعات به کار گرفته می شود.

البته موارد دیگری نیز در ایجاد این تصور غلط مؤثر بوده و هستند که موارد فوق مهمترین آنها هستند. بنابراین درمسأله امنیت در شبکه های بی سیم دو مشکل اصلی وجود دارد که شامل مشکلات کلی مربوط به خطرات شبکه های کامپیوتری و مشکلات مربوط به بی اعتمادی شبکه های بی سیم است.

## 2-24) اصول امنیت در شبکه های وایمکس :

امنیت در هر شبکه کامپیوتری بسیار مهم است. این مسأله در شبکه های بی سیم از اعتبار و اهمیت بیشتری برخوردار است. در شبکه های وایمکس به دلیل گستردگی و وسعت بالای این شبکه ها، از روش ها و

تکنیک های خاصی برای برقراری امنیت استفاده می شود.

شبکه های بی سیم وایمکس از دو بخش اصلی تشکیل شده اند که شامل ایستگاه پایه یا BS و ایستگاه مشتری یا SS است. در این شبکه ها، کاربران از طریق SS ها می توانند به BS متصل شوند و همچنین سایر BS ها نیز با یکدیگر در ارتباط هستند. اولین استاندارد رسمی برای شبکه های وایمکس IEEE 802.16 نام دارد. این استاندارد برای برقراری امنیت در شبکه های وایمکس، از پروتکل یا روش امنیتی DOCSIS BPI+ استفاده می کند.

نکته: پروتکل امنیتی سرویس رابط تشخیص اطلاعات موجود در کابل، مبتنی بر تشخیص و جلوگیری همراه با تشخیص رابط یا DOCSIS BPI+ یک پروتکل و مکانیسم امنیتی است که مخصوص شبکه های کابلی است. به طور ساده و خلاصه می توان گفت که این پروتکل در شبکه های کابلی از اطلاعات موجود بر روی کابل شبکه، از طریق تشخیص رابطه فیزیکی، محافظت به عمل می آورد و محیط شبکه و انتقال اطلاعات را امن می کنند.

#### 24-3) امنیت در شبکه های وایمکس :

بعد از آشنایی با ساختار و نحوه تشکیل بسته های اطلاعاتی در 802.16 نوبت به امنیت و طریقه برقراری امنیت در این شبکه ها می رسد. به طور کلی شبکه های وایمکس و استاندارد IEEE 802.16، برای برقراری امنیت از پروتکل پنهان سازی و مدیریت کلید یا PKM<sup>19</sup> استفاده می کنند. از PKM برای ارتباط بین BS، SS استفاده می شود تا بتوان علاوه بر پنهان سازی، اطلاعات، مانع از سرقت سرویس های موجود در شبکه شد. به عبارت دیگر PKM برای شبکه های وایمکس، محرمانه بودن اطلاعات و محیط شبکه را به ارمغان می آورد.

نکته : پنهان کردن اطلاعات توسط کاربران شبکه صورت می گیرد و هدف از آن کنترل شخصی اطلاعات است و محرمانه کردن اطلاعات نوعی از محدودیت ها و قوانین شبکه است که کاربران قادر به دستبرد در

---

<sup>19</sup>-privacy and key mangement

آن نیستند و همه کاربران بایستی آن را بپذیرند. بنابراین دو نوع قوانین امنیتی وجود دارد که شامل پنهان کردن و نوع دوم توسط شبکه تنظیم می شود. پروتکل PKM از روش امنیت انطباق پذیر یا SA<sup>20</sup> استفاده می کند. اطلاعات موجود در SA تعیین می کند که نحوه تبادل اطلاعات، پیام ها و بسته های مختلف اطلاعات بین SS,BS به چه شکلی است. علاوه بر آن، SA تعیین کننده الگوریتم و روش برقراری امنیت در شبکه است. با استفاده از انجام تغییرات در SA، می توان به انواع بسته های اطلاعاتی امنیتی در شبکه دسترسی پیدا کرد. به عبارت دیگر، SA یک قالب و ساختار مشخص است که آن را می توان به شکل دلخواه خود تبدیل کرد. به طور کلی هر SA از دو بخش اطلاعات و هویت تشکیل شده است و علاوه بر آن هر SA ساختار مشخص و تعریف شده ای دارد و از بخش های مختلفی تشکیل شده است. بخش مربوط به اطلاعات SA شامل قسمت های زیر است:

- شماره منحصر به فرد یا SAID: به منظور تمایز قائل شدن برای هر SA
- الگوریتم پنهان سازی: به منظور پنهان ساختن پیام های منتقل شده.
- کلید پنهان سازی ترافیک یا TEK<sup>21</sup>: هر SA از دو TEK تشکیل شده است که از آن برای پنهان کردن وضعیت ترافیک شبکه استفاده می شود.
- علامت و نشانه هویت بسته: از این علامت برای مشخص کردن SA های دارای هویت و بدون هویت از یکدیگر استفاده می شود. هر SA دارای دو عدد علامت و نشانه هویت است که یکی از آن ها برای SA و دیگری برای TEK استفاده می شود.
- مدت زمان عمر TEK: هر TEK برای خود یک مدت زمان و عمر مفید دارد و اگر مدت زمان مورد نظر می شود، هویت و اعتبار TEK از دست می رود.

<sup>20</sup>-security Association

<sup>21</sup>- traffic Encryption key

- جدول تنظیمات TEK: هر TEK برای خود یک جدول مشخص دارد که اطلاعات آن شامل تنظیمات و مشخصات آن TEK است.
- بخش مشخص کننده نوع SA: به طور کلی دو نوع SA وجود دارد که شامل SA اولیه (برای اولین ارتباط بین BA,SS) و SA فعال (برای ارتباطات بعدی بین BS,SS) است این بخش مشخص می کند که نوع SA به چه شکلی است.
- بنابراین هر SA اطلاعاتی، از هفت بخش تشکیل شده است. در یک تقسیم بندی کلی تر می توان گفت که هر SA اطلاعاتی از چهار بخش کلی SAID (شماره منحصر به فرد SA)، الگوریتم پنهان سازی، نوع SA (شامل فعال یا اولیه) و TEK (پنهان سازی ترافیک) است. علاوه بر آن هر TEK از سه بخش جدول هویت، شماره منحصر به فرد و مدت زمان هویت تشکیل شده است.
- بخش دوم و اصلی هر SA، بخش هویت و اعتبار SA نام دارد که از بخش های زیر تشکیل شده است.
- اعتبار نامه: از اعتبار نامه به منظور اعتباربخشی به ساختار SA استفاده می شود.
- کلید تعیین هویت یا AK: از این کلید به منظور هویت و اعتبار سنجی به مسیر ارتباطی استفاده می شود.
- کلید پنهان سازی کلید KET: در حقیقت این کلید به صورت رمز است و روش پنهان سازی اطلاعات را مشخص می کند.
- کد مخلوط مربوط به تعیین هویت پیام ها یا HAMC: از این کد به منظور تعیین هویت و اعتبار بسته SA استفاده می شود.
- علاوه بر آن هر AK از دو بخش کلید منحصر به فرد یا KID (به منظور تمایز قائل شدن بین هر AK با سایر AKهای موجود) و مدت زمان اعتبار AK تشکیل شده است. همچنین SA از دو نوع HMAC متفاوت می کند که شامل نوع DHMAC برای ارتباط SS به BS و نوع UHMAC برای ارتباط برای ارتباط BS به SS است. در حقیقت و عمل هر دو بخش SA اطلاعاتی و SA اعتباری به یکدیگر گره می خورند و

تشکیل یک ساختار جامع به نام SA را می دهند. به طور کلی می توان گفت که در شبکه های بی سیم وایمکس، دو نوع اتصال وجود دارد که شامل اتصال مدیریتی و اتصال دیتا است. از نوع مدیریتی برای ارسال بسته های مدیریت شبکه استفاده می شود و همان طور که قبلا اشاره شد شامل سه نوع مقدماتی، اولیه و ثانویه است. همچنین از نوع اتصال دیتا برای انتقال دیتا استفاده می شود. در شبکه های وایمکس، شروع اتصال از SS آغاز می شود و هر SS در خواست خود را برای BS مورد نظر ارسال می کند. در حقیقت این درخواست به عنوان شروع و نقطه آغاز امنیت در وایمکس است. هر درخواست مطرح شده از طرف SS شامل دو بخش اصلی است که عبارتند از :

- شماره شناسایی: این بخش از 48 بیت تشکیل شده است و یک شماره منحصر به فرد و غیر تکراری است که هر SS از آن برخوردار است.

- مجوز X.509: از این مجوز برای ادامه فعالیت و ارتباط بین SS,BS استفاده می شود.

در بخش های قبلی مراحل مختلف ارتباط بین BS,SS را مورد بررسی قرار داده ایم اما در ادامه مراحل مختلف ارتباط بین BS,SS را از نقطه نظر امنیتی مورد بررسی قرار می دهیم. مراحل مختلف این ارتباط عبارتند از :

- مرحله اول : در ابتدا SS از طریق ارسال یک سیگنال به صورت Downlink خود را به BS معرفی می کند. بعد از این که BS مورد نظر، SS را شناسایی کرد، SS لایه فیزیکی خود را به صورتی تنظیم می کند تا بتواند با BS یک ارتباط را برقرار کند. علاوه بر آن SS موظف است تا پارامترهایی را تنظیم کند که از آن ها برای مدیریت کانال استفاده می شود.

- مرحله دوم که بعد از برقراری ارتباط اولیه، از طریق پروتکل PKM ارتباط امنیتی اولیه بین BS,SS برقرار می شود. در این مرحله BS,SS برای یکدیگر اعتبار سنجی می شوند و برای یکدیگر هویت پیدا می کنند.



- مرحله سوم: در مرحله بعدی، SS درخواست ثبت خود در BS را مطرح می کند. در این مرحله SS از BS درخواست می کند تا SS مورد نظر را در لیست ایستگاه های مشتری قرار دهد که BS مورد نظر به آن ها سرویس دهی می کند.
  - مرحله چهارم: در این مرحله BS از طریق ارسال یک پیام خاص، نتیجه درخواست SS را بیان می کند و در صورتی که مشکل خاصی (از لحاظ امنیتی و یا سخت افزاری) وجود نداشته باشد، BS یک کانال ارتباطی به SS اختصاص می دهد.
  - مرحله پنجم: در مرحله آخر، SS از طریق درخواست درخواست اتصال MAC یک ارتباط کامل را با BS برقرار می کند.
- بنابراین ارتباط بین BS,SS یک فرآیند پنج مرحله ای است. در این پنج مرحله، ابتدا اتصالات اولیه سخت افزاری برقرار می شود و در ادامه تنظیمات امنیتی مورد بررسی قرار می گیرد و در پایان نیز اتصال نهایی برقرار می شود.

## نتیجه گیری :

وایمکس در آینده ای نچندان دیر جایگزین شبکه های بیسیم wireless و شبکه های سیمی می شود .  
زیرا از همه لحاظ این شبکه ها قابلیت های بهتری نسبت به شبکه های دیگر دارند ، همانطور که در فصل یک گفته شد ، شبکه های وایمکس دارای خصوصیات بسیار خوبی نسبت به شبکه های دیگر می باشد البته در ایران چون به تازگی از این شبکه ها استفاده می شود پس متخصصان زیادی در این زمینه فعالیت نمی کنند در اینصورت عزیزان می توانند در این زمینه فعالیت و دوره های لازم را جهت گرفتن تخصص در این شبکه ها بگذرانند .

ضمائم

# تصاویری از آنتن های شبکه های بیسیم WiMAX



**WiMAX**

Worldwide Interoperability  
of Microwave Access

