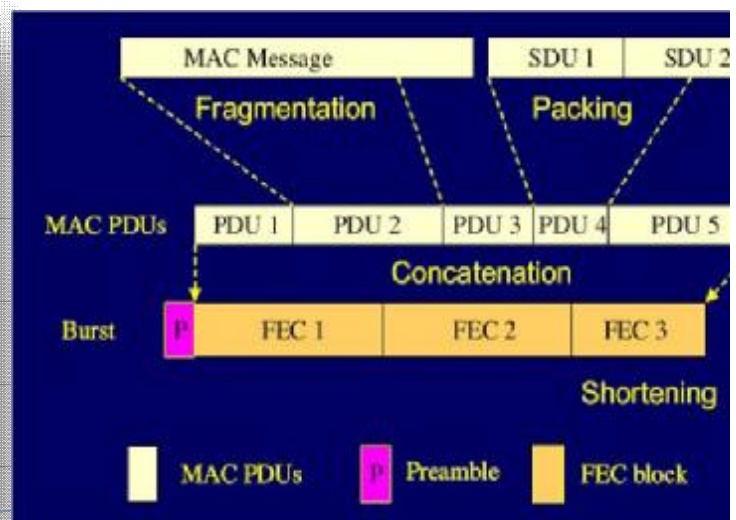
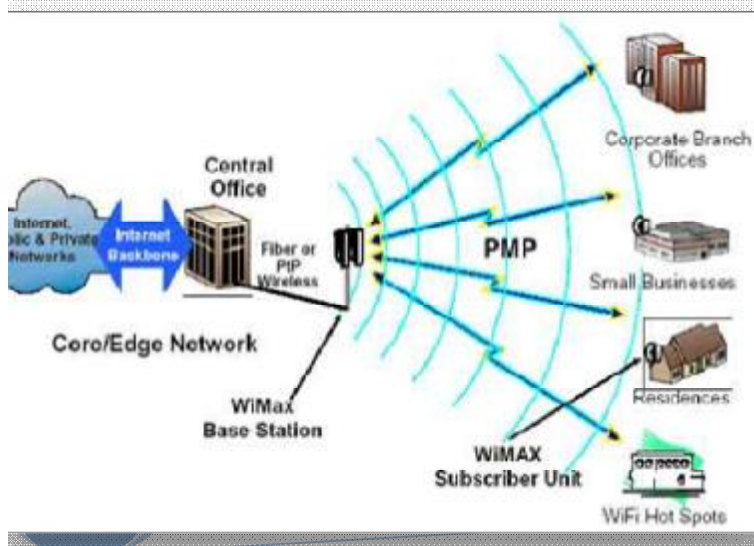


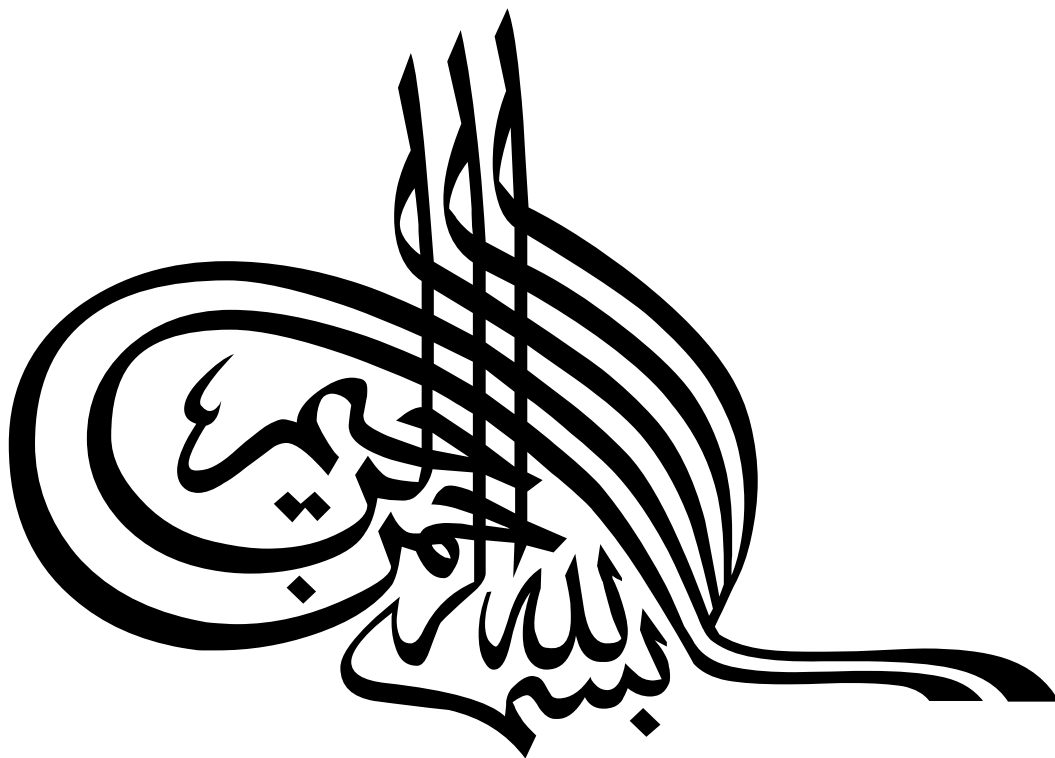


(Worldwide Interoperability for Microwave Access)
(quality of service)

تهیه کننده :

صادق خیراللهی





فهرست

۵	چکیده
۶	مقدمه
فصل اول : معرفی و تاریخچه شبکه وایمکس	
۷	۱-۱- تعریف وایمکس
۸	۲-۱- وایمکس و تلفن همراه
۸	۳-۱- راهی به سوی WiMAX
فصل دوم : استانداردهای وایمکس	
۹	۱-۲- استاندارد IEEE 802.16
۱۰	۲-۲- اتحادیه وایمکس
۱۱	۳-۲- استانداردهای پر کاربرد وایمکس
فصل سوم : بررسی مشخصات لایه فیزیکی و MAC وایمکس و معماری شبکه وایمکس	
۱۴	۱-۳- لایه فیزیکی در ۸۰۲.۱۶
۱۵	۱-۱-۳- سیستم OFDM (Orthogona Frequency Division Multiplexing)
۱۸	۲-۱-۳- مزایا و معایب OFDM در وایمکس
۱۹	۲-۳- لایه MAC در وایمکس
۲۱	۱-۲-۳- MESH و PMP
۲۴	۲-۲-۳- سازوکارهای دسترسی به کانال
۲۴	۳-۲-۳- کیفیت خدمات QOS
۲۸	۳-۳- معماری شبکه مرجع
۳۱	۴-۳- پیاده سازی Wimax
۳۲	۵-۳- عوامل مؤثر بر کیفیت WiMax
فصل چهارم : مزایا ، کاربردها و ویژگی های شبکه وایمکس و قیاس آن با سایر شبکه ها	
۳۴	۱-۴- مزیت های فناوری ارتباطی وایمکس

۳۷	۴-۲- ویژگی‌ها و مزایای فنی WiMax
۴۱	۴-۳- برخی از روش‌های به کارگیری وایمکس
۴۲	۴-۴- سرویس‌های کاربردی وایمکس
۴۳	۴-۵- اشکالات وایمکس
۴۳	۴-۶- مقایسه وایمکس با دیگر فن‌آوری‌ها
۵۰	اختصارات
۵۲	منابع

چکیده

در این مطالعه ، در مرحله اول جهت آشنایی به توضیح مختصری از تکنولوژی وایمکس IEEE 802.16 می پردازیم و سپس به بحث (QOS (quality of service) وارد می شویم . فناوری وایمکس در حال حاضر پشتیبانی بسیار قوی از قابلیت های QOS انجام می دهد. لایه MAC در وایمکس از معماری اتصال گرا برخوردار است. وایمکس با استفاده از این معماری می تواند از کاربردهای گوناگون نظیر سرویس های صوت و ارتباطات چند رسانه ای پشتیبانی کند. همچنین این معماری نرخ بیت ثابت ، نرخ بیت متغیر ، جریان ترافیک بلادرنگ و به طور کلی مدیریت بهینه ترافیک داده را پشتیبانی می کند. طراحی لایه MAC به گونه ای است که امکان پشتیبانی همزمان از تعداد زیادی کاربر ، آن هم با ملزومات QOS متفاوت را مقدور ساخته است.

مقدمه

آنچه نسل های مختلف فناوری بی سیم را از هم متمایز می کند سرعت و وسعت دسترسی آنهاست. در این مسیر ، وایمکس به عنوان پدیده ای بی بدیل در عرصه ارتباطات، از لحاظ سهولت دسترسی ، پهنای باند وسیع، ظرفیت سرویس دهی و پوشش رادیویی، عملکرد مناسبی را در کارنامه خود به ثبت رسانیده و ورود IT به حوزه های مختلف بشری به افزایش تقاضای باند وسیع در هر محل و در هر زمان منجر شده است.

واژه Wimax برگرفته از عبارت (Worldwide Interoperability for Microwave Access) است که در سال ۲۰۰۱ از اتحادیه ای برگرفته از همین نام موسوم به Wimax Forum متولد شد. هدف این اتحادیه ایجاد زمینه رشد و توسعه و همگرا کردن فعالیت ها جهت راه اندازی شبکه های بی سیم گسترده شهری (WMAN)، بر مبنای استاندارد IEEE 802.16 بود، استاندارد که آن را پیش تر کمیته استاندارد سازی IEEE در سال ۱۹۹۹، تدوین کرده بود. اولین نسخه این فناوری، استاندارد Wimax ثابت است که برای دسترسی بی سیم ثابت و بر اساس استاندارد 2004 – IEEE 802.16 بهینه شده است. اولین محصولات شرکت های تولید کننده تجهیزات Wimax بر اساس این استاندارد استوار بوده و در حال حاضر نیز سرمایه گذاری بسیاری برای افزایش کیفیت، کاهش هزینه ها و شاید از همه مهم تر طراحی و ساخت تراشه ارزان قیمت Wimax به منظور تعبیه در رایانه های قابل حمل نظیر تراشه های (Wi – Fi) انجام شده است. نسخه دوم Wimax، بر اساس استاندارد IEEE 802.16e – 2005 و به منظور حمایت از قابلیت حمل و تحرک پذیری طراحی شده که به Wimax سیار مشهور است. افزوده شدن دو ویژگی تحرک پذیری و قابلیت ارائه سرویس های سیار، Wimax را نسبت به سایر فناوری های باند وسیع برتری داده و زمینه شکل گیری آن را به عنوان رقیبی قدرتمند برای شبکه های تلفن همراه ایجاد کرده است.

فصل اول



WiMAX

Worldwide Interoperability
of Microwave Access

معرفی و تاریخچه شبکه وایمکس

مدت ها بود که شبکه های سیمی، دنیای مخابرات را زیر سلطه داشتند. دولت ها، تولید کنندگان و اپراتورها مجبور بودند تا هزینه سنگین سیم کشی را تا آخرین کاربر در دورترین نقطه متحمل شوند. بی شک راه اندازی اولین شبکه های بی سیم، تحولی بزرگ در صنعت مخابرات بود و درهای تازه ای را پیش روی مهندسان و تولید کنندگان گشود. با گذشت زمان روز به روز بر قابلیت های فن آوری های بی سیم افزوده شد. تا امروز که حجم عظیمی از اطلاعات، صوت و تصویر را می توان در کسری از ثانیه به دورترین نقاط ارسال کرد. متخصصین و مهندسين، آینده صنعت بی سیم را بسیار روشن می دانند و امیدوارند روزی بتوانند تمام نیازهای کاربران را در همه ابعاد پاسخ گویند.

همان طور که می دانید بعضی از فناوری های ارتباطی نظیر کابل های نوری، هزینه های بسیار بالایی دارند و این خود یک نقطه ضعف برای این نوع فناوری ها به حساب می آید. در کشورهای در حال توسعه که دارای اقتصاد خوبی نیستند، استفاده از چنین فناوری با این هزینه ی گزاف مقرون به صرفه نخواهد بود. این خود مسئله ای برای پیدایش نوع جدیدتری از فناوری های ارتباطی شد که هم هزینه ی کمتری داشت و هم سرعت تبادل اطلاعات بالاتر بود. این نوآوری وایمکس نام گرفت. در حقیقت وایمکس یک فناوری جدید ارتباطی از نوع بی سیم با پهنای باند وسیع می باشد. به بیان تخصصی تر، وایمکس نسل دوم پروتکل های ارتباطات بی سیم می باشد که از پهنای باند بالاتری استفاده می کند و از تداخل امواج جلوگیری می کند؛ که از این طریق می توان برای افزایش سرعت انتقال داده ها در مسافت های زیاد بهره برد.

۱-۱) تعریف وایمکس :

مجمع وایمکس ، گروهی که بر توسعه و گسترش این فن آوری متمرکز است ، وایمکس را به عنوان یک فن آوری استاندارد که نقل و انتقال دسترسی باندپهن بی سیم در مقیاس وسیع را به عنوان جایگزین اتصال کابلی و DSL فراهم می کند تعریف کرده است. به بیان دیگر وایمکس اتصال اینترنت پر سرعت دستگاه های همراه و ثابت را به کاربران ارائه می دهد تا بتوانند با سرعت بالا به داده های زیاد دسترسی یابند.

وایمکس مخفف عبارت Worldwide Interoperability for Microwave Access است که توسط کمیته ی IEEE تدوین شده است. این تکنولوژی برای ارتباطات با سرعت بالا و فواصل طولانی تا ۵۰ کیلومتر، طرح شده است. براساس آخرین اعلام وایمکس فروم، تا پایان ماه ژانویه ۲۰۱۰ تعداد اپراتورهای که شبکه وایمکس خود را راه اندازی کرده اند و یا در حال راه اندازی هستند به ۵۵۵ اپراتور رسیده است.

خیلی از مردم وایمکس را با نام Like WiFi, only to the max می شناسند!

۲-۱) وایمکس و تلفن همراه :

به دلیل تارخچه وایمکس در کشورهای در حال توسعه و تاثیری که این سرویس در مواجه شدن با فجایع طبیعی داشته است بیشتر تمرکز توسعه وایمکس از سوی دولت ها و شرکت های تجاری بر روی راه حل های وایمکس ثابت بوده است. اگرچه طی سال های اخیر تمایل روبه رشدی در مورد وایمکس موبایل ایجاد شده است. وایمکس موبایل امکان اتصال گوشی های تلفن همراه به اینترنت بسیار پرسرعت تر را به وجود می آورد و موجب افزایش انتقال داده بر روی گوشی های تلفن همراه می شود. به این معنا که افرادی که قصد استفاده از سرویس های پرسرعت اینترنتی بر روی تلفن های همراه خود دارند می توانند وایمکس را به عنوان راهی برای رسیدن به هدف خود انتخاب کنند.



شکل ۱-۱: زیرساخت به همراه تنوعی از سرویس های وایمکس

۳-۱) راهی به سوی WiMAX :



شکل ۲-۱: شاون مالونی

مخترع :

آروگیاسوامی پاولرای (یکی از موسسین communications beceem)

بسیاری او را استاد دانشگاه کمبریج و پدر wimax می دانند. البته او تنها کسی نبود که در توسعه این فناوری نقش داشت اما موفق شد که شرکتش را به اینتل بفروشد و آن را متقاعد کند که به سرمایه گذاری و پشتیبانی از این فناوری ادامه بدهد. او همچنین دارنده حق اختراع انحصاری آنتن خاص گیرنده های wimax است که در موفقیت این فناوری نقش اصلی را ایفا می کنند.

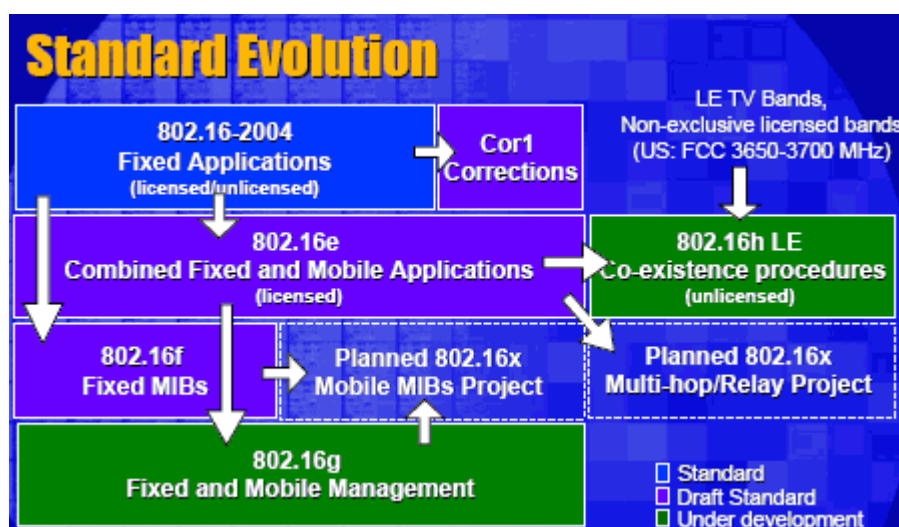
به نظر می رسد این ابرفناوری جدید بیشتر از سهم معمول فناوری ها، افراد نام آور صنعت فناوری را زیر نام خود گرد آورده است

داستان wimax داستانی عجیب و متفاوت، از افراد و شرکت هایی است که با منافع و سلیقه های مختلف گرد هم آمدند و در خلق و ترویج فناوری ای کوشیدند که می تواند یک میلیارد کاربر جدید برای اینترنت به ارمغان بیاورد؛ آن هم از مناطقی که تا به حال هیچ دسترسی ای به اینترنت نداشته اند. این فناوری در کشور های توسعه یافته هم باعث رقابت سنگین میان شرکت های ارائه خدمات کابلی، ماهواره ای و مخابراتی خواهد شد که به نوبه خود به بهبود خدمات و قیمت ها منجر می شود.

فصل دوم

استانداردهای وایمکس

طی سال ها استانداردهای مختلفی برای وایمکس ارائه شده است که هر کدام برای هدف خاصی مناسب می باشند. در شکل زیر این استانداردها را می توانید مشاهده کنید.



شکل ۲-۱: سیر تکاملی استانداردهای وایمکس

۲-۱) استاندارد IEEE 802.16 :

هنگامی که پیرامون خصوصیات و ویژگی های فناوری وایمکس صحبت می شود، دیدگاه وسیع تری از این فناوری مورد توجه قرار می گیرد و آن استاندارد ۸۰۲.۱۶ است که توسط مؤسسه استانداردسازی IEEE به تصویب رسیده است. عدد ۱۶ در این استاندارد نشان دهنده گروه کاری است که بر روی دستیابی بی سیم باند وسیع فعالیت دارند که در سال ۱۹۹۹ توسط این مؤسسه استانداردسازی تشکیل شد. این استاندارد شامل مجموعه خصوصیات و قابلیت های اولیه ای است که در ارتباطات گسترده و جهانی مورد استفاده قرار گرفته و در گروه شبکه های باند وسیع بی سیم شهری جای دارد. چنین شبکه هایی، قابلیت پشتیبانی و پوشش محدوده وسیعی همانند نواحی شهری را دارا بوده و می توانند در محیطی با ارتباطات مش بی سیم اعمال شوند.

کنترل و نظارت بر این فناوری، توسط سازمان های صنعتی و مؤسساتی بدون سودآوری صورت می پذیرد که در قالب گروهی تحت عنوان WiMAX Forum فعالیت دارند؛ که مأموریت آن توسعه و ترویج و اعطای مجوز به محصولات بی سیمی است که قابلیت سازگاری و تعامل با یکدیگر دارند.

۲-۲) اتحادیه وایمکس :

استانداردهای IEEE ۸۰۲.۱۶ فقط معرف و به وجود آورنده تکنولوژی وایمکس هستند و لازم است یک سازمان دیگر وظیفه تایید، هماهنگی و تطابق را به عهده گیرد که این وظیفه ی همان اتحادیه وایمکس است. اتحادیه وایمکس به طور رسمی در سال ۲۰۰۱ با هدف دادن تاییدیه و هماهنگی بین تولیدات IEEE ۸۰۲.۱۶ کار خود را آغاز کرد. بعد از یک دوره تقریباً کوتاه که با عدم رونق و کم کاری اتحادیه توام بود، در سال ۲۰۰۳ این گروه دوباره فعال شد. در ابتدا اینتل و کمی بعد نوکیا، نقش رهبری و هدایت را در اتحادیه وایمکس بر عهده گرفتند. البته نقش نوکیا به دلیل تمرکز روی فن آوری های نسل سوم کم رنگ تر از اینتل بود. اما رفته رفته نوکیا نیز مکان خود را در اتحادیه تثبیت کرد. اعضای اتحادیه وایمکس اغلب تولید کنندگان سیستم ها و نیمه هادی ها، فروشندگان تجهیزات، اپراتوری شبکه ها، دانشگاهیان و دیگر مجریان مخابراتی هستند.

اتحادیه وایمکس در کارگروه های مختلف سامان دهی شده است.

• گروه کاری کاربردی (AWG)

• گروه کاری گواهی و تاییدیه (CWG)

• گروه کاری بازاریابی (MWG)

• گروه کاری شبکه (NWG)

• گروه کاری تنظیمی (RWG)

• گروه کاری تکنیکی و فنی (TWG)

• گروه کاری ارائه دهنده خدمات (SPWG)

اتحادیه وایمکس اولین آزمایشگاه تایید سازی خود را در فوریه ۲۰۰۶ در مالاگای اسپانیا با نام "آزمایشگاه ستکام" افتتاح کرد. در اواخر همان سال، دومین آزمایشگاه را در سئول کره جنوبی و سومی را در چین راه اندازی کرد. این اتحادیه اکنون در بیش از ۱۵۰ نقطه دنیا در حال کار می باشد. در سیر استاندارد سازی IEEE ۸۰۲.۱۶ استانداردهای نسبتاً زیادی توسط کمیته IEEE ۸۰۲.۱۶ توسعه و انتشار یافته که در این جا به چند استاندارد اشاره می شود.

جدول ۱-۲: استانداردهای پر کاربرد وایمکس به همراه سال انتشار

استاندارد	۱۶/۸۰۲	۱۶/۸۰۲a	۸۰۲.۱۶- ۲۰۰۴	۸۰۲.۱۶e	۸۰۲.۱۶m
سال تصویب	۲۰۰۱	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۹

استانداردهای دیگری از قبیل IEEE802.16 b,d,g,h,j, ... نیز به تصویب رسیدند اما نسبت به مواردی که در جدول آمده از ارزش کمتری برخوردارند. در واقع می توان گفت IEEE802.16 مجموعه ای از استانداردهاست، نه یک استاندارد واحد و یک پارچه. اولین نسخه استاندارد Wimax که در آوریل ۲۰۰۲ روانه بازار شد، یک سیستم یک نقطه به چند نقطه (pmp) بود که در بازه فرکانسی ۱۰ تا ۶۶ گیگاهرتز کار می کرد. انتقال داده در این فرکانس، نیازمند دید مستقیم بود و این که امکان آن در بسیاری از شهرها و مناطق وجود نداشت، نقطه ضعفی برای آن به شمار می آمد، به همین جهت، در نسخه اصلاح شده این استاندارد IEEE 802.16 b که در ژان ۲۰۰۳ منتشر شد مشخصه فرکانسی به محدوده ۱۱ تا ۲۲ گیگاهرتز انتقال داده شد تا نیاز به داشتن دید مستقیم در ارتباطات رفع شود.

مشترکان و نقاط دسترسی Wimax در دو باند فرکانسی کار می کنند: ۵ گیگاهرتز و ۳/۵ گیگاهرتز باند ۵ گیگاهرتز نیاز به مجوز ندارد و می توان تا توان ۱۰۰ میلی وات سیگنال ارسال کرد. با این توان امکان پوشش داده محدوده ۳۰ متری درون محل های بسته و محدوده وسیع تری در خارج آن وجود دارد، اما کار در باند ۳/۵ گیگاهرتز نیاز به مجوز دارد و با توانی در حدود یک وات، می توان به برد ۵۰ کیلومتر رسید میزان توان مورد استفاده در سیستم به نوع مجوز و استاندارد سیستمی که در محل به کار گرفته شده است، بستگی دارد.

از میان استانداردهای موجود، IEEE 802.16-2004 برای کاربردهای ثابت به کار می رود و اغلب با نام وایمکس ثابت شناخته می شود. گاهی این استاندارد با IEEE802.16d، یکی انگاشته می شود. اما IEEE802.16d چندی قبل از IEEE 802.16-2004 و با هدف توجه به استانداردهای انستیتو استانداردسازی مخابرات اروپا (ETSI) به وجود آمد و عملاً با IEEE 802.16-2004 متفاوت است.

IEEE 802.16e در واقع اصلاحیه ای بر IEEE 802.16-2004 بود که به آن پشتیبانی از کاربردهای سیار اضافه شده بود و از آن اغلب به عنوان وایمکس سیار یاد می شود. این استاندارد جدید تمام قابلیت های استانداردهای قبل از خود را داراست. IEEE 802.16m استاندارد جدید و در حال توسعه وایمکس است. این نسخه جدید شامل دسترسی سیار پیشرفته و سرویس های صوتی و کاندیدای قرارگیری در تکنولوژی های جدید ITU (IMT-Advanced) است. اتحادیه وایمکس نیز متعهد شد تا سازگاری و مطابقت این استاندارد جدید را با استاندارد IEEE 802.16e حفظ کند تا اپراتورها بتوانند تجهیزات بر پایه IEEE 802.16m را روی شبکه های فعلی خود گسترش دهند.

جدول ۲-۲: مقایسه ای بین استانداردهای مختلف و فرکانس کاری و نرخ بیتی آن ها [1]

استاندارد	شرح		
	فرکانس	Bit Rate	Fixed / Mobile
802.16a	2-11 GHz	32-134 Mbps at 28MHz	Fixed (NLoS)
802.16b	5 , 6 GHz	32-134 Mbps at 128 MHz	Fixed (NLoS)
802.16c	66 -10 GHz	32-134 Mbps at 128 MHz	Fixed (LoS)
802.16d	2-11 GHz	Up to 75 Mbps at 20 MHz	Fixed (NLoS)
802.16e	2-11 GHz	Up to 15 Mbps at 5 MHz	Mobile (NLoS)

۳-۲) استانداردهای پر کاربرد وایمکس :

: IEEE 802.16a

برای جبران کاستی های موجود در استاندارد قدیمی 802.11 که در BWA داخلی و WLAN ها استفاده می شوند ، استاندارد 802.16a با ویژگی های زیر ارائه شد :

۱. ایجاد ارتباط از طریق تکنولوژی 256 Point FFT OFDM که با HiperMAN نیز سازگار است.
۲. قابلیت استفاده در BWA های خارجی
۳. پهنای باند و ظرفیت بالا
۴. ارتباط LOS و NLOS
۵. امکان ارسال و دریافت صوت و تصویر با کیفیت بالا
۶. نیاز به پهنای باند کمتر برای ارسال اطلاعات با نرخ ۷۰Mbps در مقایسه با CDMA

: IEEE 802.16-2004

برخی مزایای 802.16-2004

- استفاده از مدولاسیون با پیچیدگی کمتر:
- OFDM مدولاسیونی با پیچیدگی کمتر نسبت به SOFDMA است و راحت تر پیاده سازی می شود .
- استفاده از باندهای آزاد (بدون نیاز به مجوز):
- سرویس های سیار به استفاده از باند فرکانسی مجوزدار نیاز دارند تا بتوانند منطقه وسیعی را پوشش دهند. اما در پیاده سازی ثابت می توان در مناطقی که تداخل در سطح قابل قبولی باشد، شبکه را با موفقیت در باندهای آزاد پیاده سازی کرد. بنابراین بسیاری از باندها، بدون نیاز به اخذ مجوز در این استاندارد مورد استفاده قرار می گیرد.
- توان عملیاتی بالاتر

: IEEE 802.16e

این استاندارد دقیقاً ویژگی های 802.16a را دارد با این تفاوت که 802.16a برای کاربرهای ثابت و 802.16e برای کاربر های متحرک تدوین شده است.

برخی مزایای 802.16e :

- پشتیبانی از تحرک پذیری
- محصولات مبتنی بر 802.16e برای تحرک پذیری بهینه شده و از hand off تا سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت، پشتیبانی می کنند. همچنین استفاده از حالت ذخیره، توان عمر باتری های را در گوشی هایی سیار این استاندارد افزایش می دهد.
- پوشش درون ساختمانی بهتر
- پوشش درون ساختمانی بهتر در استاندارد 802.16e به دلیل کانالیزه کردن و استفاده از آنتن های افقی در هر دو حالت استفاده ثابت و سیار، از مزایای این استاندارد است.

• انعطاف پذیری بیشتر در مدیریت منابع فرکانسی

کانالیزه کردن، توانایی تخصیص فرکانس هوشمند به کاربر را می دهد. این عمل منجر به استفاده بهتر از پهنای باند، توان عملیاتی بالاتر و پوشش بهتر درون ساختمانی خواهد شد و حتی با انجام آن می توان هزینه های پیاده سازی را کاهش داد. این مسأله مخصوصاً برای اپراتورهایی که از مشکل محدودیت طیف فرکانسی رنج می برند، مفید است.

802.16-2004 یا 802.16e کدامیک ؟

اما از همه این مسائل که بگذریم انتخاب بین 802.16-2004 و 802.16e بیش از هر مسأله دیگری به مدل تجاری نوع سرویس های اپراتور بستگی دارد.

در بعضی مواقع انتخاب ساده و واضح است. یک اپراتور تلفن همراه ممکن است به راحتی 802.16e و یک سرویس دهنده اینترنتی بی سیم (WISP) که ایجاد ارتباط نقاط کم جمعیت و روستایی به اینترنت را برعهده دارد 802.16-2004 را انتخاب می کنند. علاوه بر این مسائل، اپراتورها باید پارامترهای دیگری را که ممکن است بر انتخاب آنها تأثیر گذار باشد در نظر بگیرند.

پیاده سازی شبکه سیار و ثابت به پیش زمینه های بسیاری از جمله بررسی بازار هر یک، سرویس های قابل ارائه، تخصیص فرکانس، نیازهای فنی (بیت بر ثانیه مورد نیاز، SLA و...) و... نیاز دارد. در پیاده سازی به منظور دسترسی ثابت، هر دو نسخه 802.16-2004 و 802.16e عملکرد نسبتاً مشابهی دارند.

ماکزیمم بیت بر ثانیه خروجی برای یک سکاتور در هر دو نسخه در حدود 15Mbps (برای کانال ۵ مگاهرتز) و 35Mbps (برای کانال ۱۰ مگاهرتز) است. گسترش پوشش ایستگاه پایه (BS) در نواحی پر جمعیت و متراکم می تواند تا چند کیلومتر (بسته به انواع CPE، باند فرکانسی، تحرک پذیری،...) هم برسد. توجه شود که هر چند 802.16-2004 برای استفاده ثابت و 802.16e برای استفاده سیار بهینه شده اند، اما هر دو می توانند در شبکه های ثابت به کار روند.

IEEE 802.16m :

جدیدترین استاندارد وایمکس می باشد که از مهمترین خصوصیات آن ارائه پهنای باند پایدار تا سقف ۱۰۰ مگابیت در ثانیه به کاربرانی که با سرعت ۶۰ تا ۲۵۰ کیلومتر در ساعت در حال حرکت هستند خواهد بود که این امر در صورت عملی شدن نقطه عطف بزرگی در صنعت آی تی است و یک فرد عادی می تواند زمانی را که در سفر یا در حال رفت و آمد به محل کار خود است با ارتباط ۱۰۰ مگابیت مثل یک کابر در محل کار، تمامی امکانات مختلف از جمله ویدئو کنفرانس و انتقال پرسرعت اطلاعات و اینترنت پرسرعت را باهم در اختیار داشته باشد و تغییر فواصل از دکل های اصلی هر میزان هم در پهنای باند تأثیر بگذارد در کار مشترک تأثیر چندانی نخواهد داشت

همچنین برای کاربران ثابت (Low Mobility) سرعت یک گیگابایت را ارائه خواهد داد. البته شاید امروزه به صورت پوینت تو پوینت به روش لیزر امکان چنین ارتباطی به صورت خیلی محدود برقرار شده اما قطعاً در آینده به روشهای پوینت تو مالتی پوینت و فواصل طولانی با پایداری بالا میسر خواهد شد. مزیت مهم دیگر استاندارد جدید 802.16m برای وایمکس، سازگاری با نسل سوم و چهارم موبایل دنیا خواهد بود که روی این امر نیز تلاش خواهد شد.

فصل سوم

بررسی مشخصات لایه فیزیکی و MAC وایمکس و معماری شبکه وایمکس

۳-۱) لایه فیزیکی در ۸۰۲.۱۶:

در شروع لازم است تعریف ساده‌ای از مدولاسیون داشته باشیم. اساساً در مخابرات به هر نوع تبدیل و تغییری که یک سیگنال را آماده عبور از یک محیط ارتباطی خاص می‌نماید، مدولاسیون اطلاق می‌شود. دستگاه مودم مثلاً بسیار خوبی از کاربرد مدولاسیون می‌باشد که علائم دیجیتالی یک کامپیوتر را به علائم آنالوگ شبیه به صدا تبدیل می‌کند تا امکان گذر از محیط شبکه تلفن را بیابند.

امواج رادیویی گونه‌ای از امواج الکترومغناطیسی بوده که دارای شکل سینوسی و سرعت سیری برابر با سرعت نور می‌باشند. این امواج برحسب فرکانس نوساناتشان دسته‌بندی می‌گردند و قادر به حرکت در فواصل طولانی و از طریق هوا هستند.

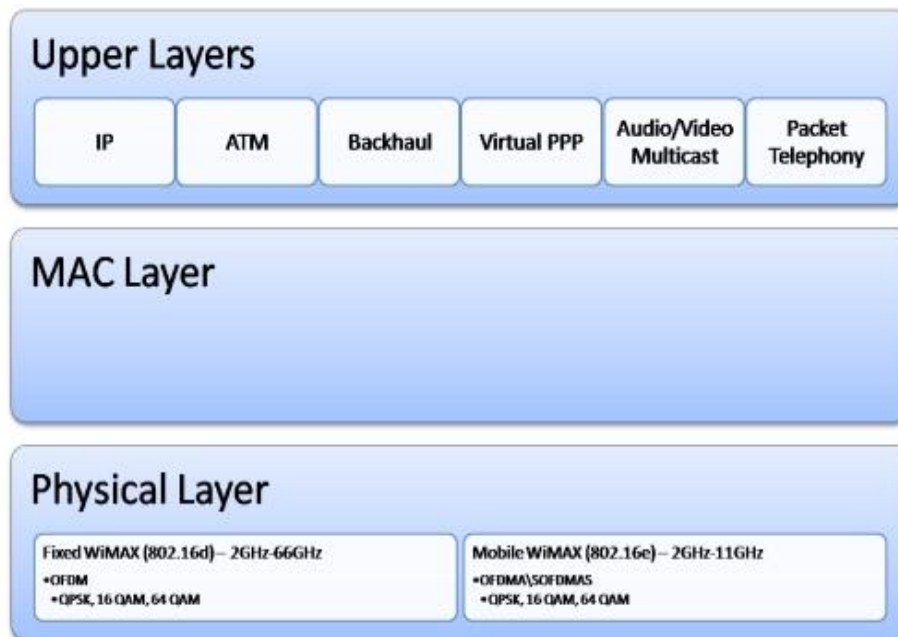
در صورتی که از امواج فوق جهت حمل اطلاعات استفاده می‌شود با نام سیگنال حامل (Carrier) شناخته می‌شوند. فرکانس سیگنال حامل مشخصات خاص آن را تعیین می‌کند. برای مثلاً امواج رادیویی با فرکانس پایین‌تر از ۱۰ گیگاهرتز قادر به عبور از میان اجسام صلب (برای مثلاً ساختمان‌ها) هستند. همین امر دلیل استفاده از طیف فرکانسی ۹۰۰ و ۱۸۰۰ مگاهرتز برای تلفن‌های همراه سیستم GSM می‌باشد.

اساساً مدولاسیون در سیستم‌های بی‌سیم با تغییر یکی از مشخصه‌های موج رادیویی متناسب با علائم اطلاعاتی (صفر و یک‌ها) انجام می‌گیرد. سه تکنیک اصلی وجود دارد که با تغییر در دامنه (ASK)، فرکانس (FSK) و فاز (PSK) کار می‌کنند.

اصولاً کارایی یک تکنیک مدولاسیون متناسب با تعداد علائم اطلاعاتی (بیت‌ها) است که در هر نوسان موج رادیویی منتقل می‌کند. برای مثال مدولاسیون فاز چهارتایی (QPSK) در هر نوسان دو بیت را حمل می‌کند. افزایش تعداد بیت‌ها با افزایش نرخ انتقال اطلاعات منجر می‌گردد و البته دارای حدی است که معمولاً با حداکثر فضای قابل پوشش سیستم ارتباط بی‌سیم، رابطه عکس دارد.

تکنیک مدولاسیون پیشرفته‌تر QAM تلفیقی از دو روش دامنه و فاز می‌باشد که دستیابی به نرخ‌های بالاتر را (در فرکانس برابر) امکان‌پذیر می‌سازد. تکنیک QAM 16 چهار بیت را در هر نوسان و QAM 64 تا ۱۶ بیت را در هر نوسان منتقل می‌کند.

هنر Wimax استفاده بهینه از تکنیک‌های پیشرفته گوناگون است. در فواصل کوتاه آنتن مرکزی، تکنیک QAM 64 و در فواصل دورتر از QAM 16 استفاده می‌شود. تکنیک فازی چهارتایی (QPSK) نیز برای مشترکین در فواصل بسیار دور به کار گرفته می‌شود. انتخاب تکنیک مناسب به طور هوشمند و پویا انجام می‌شود.



شکل ۱-۳: لایه‌ها در وایمکس

در اغلب استانداردهای وایمکس از داپلکسینگ تقسیم زمانی (TDD) استفاده می‌شود. داپلکسینگ یا عملیات دوسویه عبارتست از عملکرد دستگاه‌های فرستنده و گیرنده بدون قطع و وصل در فواصل زمانی یا فرکانسی مختلف. می‌توان از داپلکسینگ تقسیم فرکانسی FDD نیز استفاده کرد. اما روش تقسیم زمانی مزیت‌های چشم‌گیرتری دارد. مثلاً جهت انتقال داده از مشترک به ایستگاه پایه (UpLink) و انتقال داده از ایستگاه پایه به مشترک (DownLink) از یک کانال استفاده می‌کند. حال آن‌که در شیوه تقسیم فرکانسی، این عملیات در دو کانال مجزا به انجام می‌رسد. هم‌چنین روش تقسیم زمانی برای ارتباطات دیتایی بهترین گزینه است و طراحی گیرنده‌های با داپلکسینگ تقسیم زمانی پیچیدگی کم‌تری دارد و ارزان‌تر است و فن‌آوری آنتن‌های هوشمند در این روش بهتر اجرا می‌شود. اما هم‌گام‌سازی سیستم‌های TDD پیچیدگی زیادی دارد.

لایه فیزیکی وایمکس مبتنی بر مالتی پلکسینگ تقسیم فرکانسی متعامد (OFDM) است. OFDM شمای انتقال مؤثر و در عین حال ساده‌ای است که در آن امکان ارسال داده‌های با نرخ بالا، ویدئو و ارتباطات چندرسانه‌ای میسر می‌شود. OFDM توسط سیستم‌های باندوسیع تجاری مختلف از قبیل خط مشترک دیجیتال (DSL)، وای‌فای و ویدئوی دیجیتال باند پهن (DVB) به کار گرفته شده است. هم‌چنین در آینده شبکه‌های نسل چهار از این تکنیک برای دسترسی کانال استفاده خواهند کرد. این روش دارای کارایی بسیار بالایی در استفاده از طیف فرکانسی بوده و ایمنی خوبی در برابر پدیده فیدینگ ناشی از مسیرهای چندگانه دارد.

۱-۱-۳) سیستم OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [3] و [1]

انتشار چند مسیره از مهمترین عوامل محدود کننده ارسال اطلاعات با نرخ بیت بالا می باشد. ارسال نرخ بیت بالا در فرکانسهای محدوده گیکاهرتز مقدور می باشد که بزرگترین مشکل در این باند فرکانسی انتشار چند مسیره است. تکنیک OFDM با تقسیم سیمبلهای ارسالی بین چندین زیر حامل و ارسال همزمان آنها، در مقابله با اثرات نامطلوب انتشار چند مسیره بسیار مقاوم و کارا می باشد. با رشد روز افزون سیستمهای پر ظرفیت، کاربردهای این تکنیک روز به روز افزایش می یابد.

در سالهای اخیر با رشد روز افزون ارتباطات چند رسانه ای شامل صوت، تصویر و دیتا در شبکه های کامپیوتری مانند اینترنت و افزایش تقاضا برای استفاده از سرویسهای موبایل، سعی می شود سیستمهایی طراحی شود که برای ارسال نرخ بیت بالا بر روی کانالهای همراه با فیدینگ، بازدهی مناسبی داشته باشند. یک گزینه بسیار مناسب برای شبکه های بی سیم پر ظرفیت، مدولاسیون چند حاملی و بویژه تکنیک تقسیم فرکانسی متعامد OFDM می باشد. OFDM حالت خاصی از سیستمهای چند حاملی است که در آن اطلاعات با نرخ بیت بالا به چند دسته موازی با نرخ بیتهای پایین تر تفکیک می شوند و هر کدام به وسیله زیر حاملهای مختلف مدوله می شوند. انگیزه اصلی استفاده از OFDM، مقاومت این سیستم در کانالهای چند مسیره می باشد. به علت کاهش نرخ بیت مربوط به هر زیر حامل نسبت به نرخ بیت اصلی، دوره زمانی سمبل افزایش می یابد، در حالی که دوره زمانی سیگنال تداخل ثابت است. بنابراین تداخل بین سمبل یا ISI (Inter Symbol Interference) کاهش یافته و در نتیجه کارایی سیستم در کانالهای چند مسیره بهبود می یابد. ارسال موازی اطلاعات و تقسیم فرکانس یا FDM که ایده اولیه آن به دهه ۱۹۵۰ برمی گردد، بطور مشخص در دهه ۱۹۶۰ مطرح شده و مورد توجه قرار گرفت. بر خلاف دیگر سیستمهای چند حاملی، در تکنیک OFDM حاملها برهم عمود می باشند. تعامد حاملها باعث می شود حاملهای مختلف علیرغم اینکه در حوزه فرکانس همپوشانی دارند، در گیرنده از یکدیگر قابل تفکیک باشند. مزیت این روش بازدهی طیفی بیشتر بوده و به همین دلیل مورد توجه قرار گرفته است. در سال ۱۹۷۱ وینستون و ابرت ایده استفاده از تبدیل فوریه گسسته را برای پیاده سازی OFDM مطرح کردند که تحولی اساسی در کاهش پیچیدگی سیستم ایجاد کرد. قدم مهم دیگر توسط پلد و رویز در سال ۱۹۸۰ برداشته شد که استفاده از پسوند تکرار یا گسترش تکرار را جهت حل مشکل تعامد حاملها ارائه دادند. تحقیقات زیادی به منظور اصلاح و افزایش کارایی OFDM در مباحث مختلف آن صورت گرفته است. از جمله این مباحث نقش کدینگ کانال در OFDM می باشد.

در مخابرات بی سیم بویژه در فرکانسهای بالا، پدیده انتشار چند مسیره مهمترین مانع در ارسال با نرخ بیت بالا می باشد، زیرا باعث ایجاد تداخل میان سمبل ISI می شود. اگر گستره تاخیر کانال برابر T_m باشد و سمبلها با دوره زمانی T ارسال شوند، در سیستم تک حاملی هر سمبل دریافتی تحت تأثیر $\frac{T_m}{T}$ سمبل قبلی قرار می گیرد، که برای داده های با نرخ بیت بالا به دلیل کوچک بودن دوره زمانی مربوط به هر سمبل، نسبت $\frac{T_m}{T}$ مقدار بزرگی خواهد بود. حال اگر اطلاعات را بوسیله چندین زیر حامل ارسال کنیم، رشته سمبلهای ورودی با دوره زمانی سمبل T به N رشته، هر کدام با دوره زمانی طولانی تر $N.T$ تقسیم می شوند. ارسال این سمبلها در کانال چند مسیره باعث می شود هر سمبل تحت تأثیر $\frac{T_m}{N.T}$ سمبل قبلی قرار گیرد. بدین ترتیب ملاحظه می شود خطای ISI در سیستم چند حاملی به مراتب از سیستم تک حاملی کمتر است.

تکنیک OFDM حالت خاصی از سیستمهای چند حاملی است که بازدهی پهنای باند بیشتری دارد. علت آن در این نکته نهفته است که در این روش فاصله بین زیر حاملها کمتر است و در عین حال که حاملها همپوشانی دارند در گیرنده قابل تفکیک می باشند، چرا که فاصله فرکانسی زیر حاملها به گونه ای است که متعامد بودن آنها تضمین می شود.

اگر بخواهیم توضیحی کامل تر در مورد این مدولاسیون بدهیم ابتدا توضیح خیلی مختصری در مورد مدولاسیون QAM یا Quadrature Amplitude Modulation می پردازیم و سپس مدولاسیون OFDM را تعریف می کنیم .

فرض کنید یک پریود از یک موج سینوسی با یکی از فازهای ۰ یا ۴۵ یا ۹۰ یا ۱۳۵ درجه و دامنه ۱ یا ۲ داشته باشیم. چون فاز دارای ۴ حالت و دامنه دارای ۲ حالت است ، ۸ حالت به وجود می آید. یعنی می توانیم ۳ بیت را انتقال دهیم. بدین صورت که به جای ۳ بیت اطلاعات، یک پریود موج سینوسی با فرکانسی مشخص (و نسبتاً زیاد) و با یکی از فازها و دامنه های گفته شده در بالا ارسال می کنیم.

در مدولاسیون OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) تعداد زیادی از این شکل موج های تولید شده در روش QAM با استفاده از Carrier های (موج های سینوسی با فرکانس بالا) در حوزه فرکانس، به نحوی کنار هم در فرکانس هایی (tone) چیده می شوند که با وجود تداخل فرکانسی آنها، به علت انتخاب مناسب فرکانس های Carrier ، امکان جدا سازی آنها به طور کامل وجود دارد.

OFDM یک روش مدولاسیون Multicarrier است. یعنی برای ارسال یک پیام از چند Carrier استفاده می شود. یکی از نقاط ضعف OFDM، نیاز به دقت بالای تطابق فرکانس و فاز در گیرنده و فرستنده است. یعنی گیرنده و فرستنده باید با دقت بالایی سنکرون باشند. در عمل، چند Carrier در OFDM برای اطلاعات کانال (channel estimation) و چند بیت اضافه برای یافتن و تصحیح خطا اختصاص داده می شود و اصطلاحاً به این روش COFDM (Coded OFDM) گفته می شود.

OFDM هم اکنون بیشتر در تکنولوژی وایرلس Wireless مورد استفاده است. خصوصیت اصلی OFDM، مقاومت بالا در برابر multipath effect است. وقتی سیگنال ارسال می شود، به علت وجود موانعی مانند ساختمان ها، انعکاس موج از زمین، وسایل نقلیه و ... موجی که به گیرنده می رسد حاصل ترکیب نمونه های تاخیر یافته سیگنال اصلی است و به این اثر multipath effect یا multipath fading گفته می شود. استفاده مناسب از عرض باند کانال (efficiency spectral) و مقام در مقابل تداخل RF (RF inference) از دیگر مزیت های OFDM است

OFDM قابلیت استفاده چندین کاربر از یک محدوده عرض باند را نیز فراهم می کند (Multiple Access) بدین صورت که به هر کاربر یک سری Carrier (tone) مخصوص برای انتقال اطلاعاتش اختصاص داده می شود و کنترل این اختصاص Carrier (channel allocation) بر حسب امروزه با رشد پردازنده ها این تکنولوژی در برخی روش های خصوصی شبکه های بی سیم شهری در استاندارد های جدید شبکه محلی بی سیم، ADSL و مخابرات با استفاده از شبکه قدرت PLC مورد استفاده قرار گرفته است. ایده اصلی OFDM از FDM گرفته شده است. هر سیگنال دارای یک sub-carrier بوده که با دیتا مدوله می شود. در FDM این فرکانس ها از هم به اندازه مشخصی جدا می شوند تا از تداخل جلوگیری شود. در گیرنده این سیگنال ها دمدوله می شوند. در تصویر زیر می تواند یک FDM را با ۹ sub-carrier ببینید. در OFDM فاصله بین فرکانس ها کمتر شده و باهم همپوشانی نیز دارند. به علت تعامل بین فرکانس ها با وجود همپوشانی فرکانسی، هیچگونه تداخلی ایجاد نمی شود. بنابراین در OFDM از باند فرکانسی بهتر استفاده شده است و پهنای باند مورد نیاز برای ۹ sub-carrier کمتر خواهد شد. این مسئله را در تصویر زیر می توانید مشاهده کنید.

برای دمدوله کردن سیگنال OFDM نیاز به DFT داریم. که این امر با استفاده از چپ های FFT به سادگی انجام پذیر است. حال اگر از OFDM با تعداد ۲۵۶ ساب کاریر sub carrier استفاده شود. تعداد ۱۹۲ تا از آن ها دیتا، ۸ تا پیلوت و ۵۶ تا پوچ می باشند. در ابتدایی ترین شکل، هر ساب کاریر می تواند خاموش یا روشن باشد که بیانگر یک بیت صفر یا یک بیت از اطلاعات است. البته از روش های

مدولاسیون PSK (phase shift keying) و (QAM Quadrature Amplitude Modulation) برای افزایش تعداد بیت ارسالی در هر sub carrier استفاده می شود . بنابر این در این حالت هر جریان از اطلاعات باید به ۱۹۲ جریان داده موازی شکسته شود که هر یک با نرخ ۱۹۲/۱ برابر نرخ اصلی ارسال می شود . هر جریان به یک sub carrier نگاشت می شود و توسط PSK و QAM مدوله می گردد . sub carrier های پیلوت یک مرجع برای کاهش شسفت فاز و فرکانس ایجاد می کنند و sub carrir های پوچ امکان ایجاد باند های محافظ و DC را فراهم میسازند. در شکل زیر تصویری از OFDM با ۲۵۶ ساب کاریر را می توانید ببینید.

۳-۱-۲) مزایا و معایب OFDM در وایمکس: [3] و [1]

در اینجا به برخی از مزایا و معایب مالتی پلکسینگ تقسیم فرکانسی متعامد (OFDM) پرداخته می شود. از جمله مزایای این مالتی پلکسینگ که در وایمکس بکار رفته است شامل:

کاهش پیچیدگی محاسبات OFDM :

براحتی توسط FFT و IFFT پیاده سازی می شود و تغییرات رشد پردازش با افزایش نرخ داده یا پهنای باند، کمی بیشتر از حالت خطی است.

افت یکنواخت عملکرد سیستم با افزایش تأخیر:

هنگامی که در یک سیستم OFDM زمان تأخیر کانال بیشتر از مقدار در نظر گرفته شده برای طراحی باشد، عملکرد OFDM بطور یکنواخت و هموار کاهش می یابد.

در واقع با بکارگیری کدینگ و مدولاسیون (Adaptive Modulation and Coding - AMC) ، OFDM این امکان را فراهم می سازد که با آگاهی از شرایط کانال، اندازه نمودار فلکی (Constellation Diagram) و نرخ بیت ارسالی خود را کاهش دهد تا در برابر گسترش تأخیر زمانی (Delay Spread) پایداری بیشتری داشته باشد.

استفاده از دایورسیتی فرکانسی :

در این تکنیک با ارسال چند نسخه از پیام در حوزه زمان، فرکانس و فضا و دریافت آن در گیرنده، می توان قابلیت ارسال سیگنال از مسیرهای مختلف فراهم می شود.

وایمکس با استفاده از ترکیب OFDM ، درهم نهی زیرحامل ها در حوزه فرکانس و FEC ، عملکرد سیستم را در برابر خطای برست (Burst) که در نتیجه محو عمیق (Deep Fade) قسمتی از طیف ارسالی بوجود آمده است، بهبود می بخشد. وایمکس در واقع جایگزینی از زیر کانال ها تعریف می کند که به سیستم اجازه بازیابی آن را می دهد.

استفاده به عنوان تکنیک دسترسی چند گانه :

OFDM از طریق اختصاص زیرحامل ها به کاربرهای مختلف می تواند به عنوان یک شمای دسترسی چند گانه مورد استفاده قرار می گیرد که به OFDMA موسوم بوده و در وایمکس سیار بکار می رود.

پایداری در برابر تداخل باند باریک :

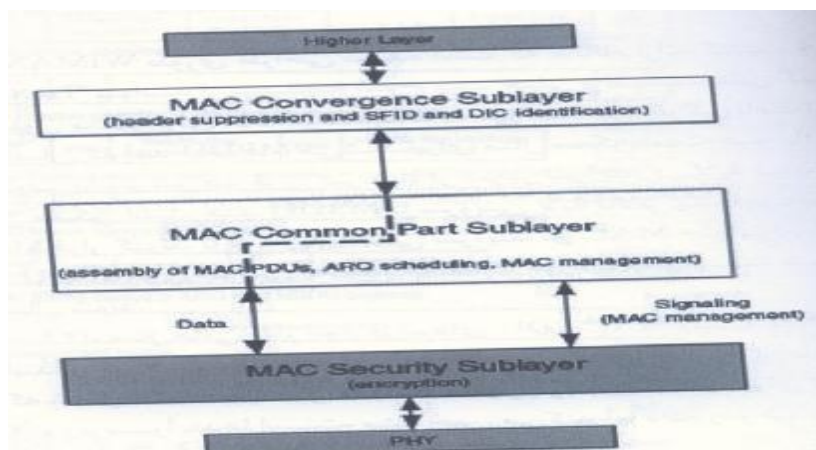
از آنجائیکه تداخل باند باریک تنها بر روی بخشی از هر زیرحامل تأثیر می گذارد، OFDM در برابر این تداخل بطور نسبی مقاوم است. در بین مزایایی که عنوان شد، تکنیک OFDM با معایبی نیز همراه است:

نسبت توان حداکثر به توان متوسط (PAPR) در سیگنال OFDM بالا است که این امر منجر به اعوجاج برشی سیگنال می شود. سیگنال OFDM نسبت به لرزش فاز و پراکنش فرکانسی، بسیار حساس است و این امر از آنجایی است که لرزش فاز عمل همزمانی را با مشکلاتی مواجه نموده و پراکنش فرکانسی، تعامد بین سمبل های هر زیر حامل را از بین می برد و در نتیجه باعث افت عملکرد سیستم می شود. یکی از معایب اساسی سیستم های ارسال موازی مانند OFDM پیچیدگی تحقق و پیاده سازی سیستم می باشد. چرا که برای مدولاسیون و دمدولاسیون، به تعداد زیادی بلوک مدولاتور و دمدولاتور یکسان نیاز است.

۲-۳) لایه MAC در Wimax :

وظیفه اصلی لایه MAC در Wimax، ایجاد یک واسط بین لایه های انتقال بالاتر و لایه فیزیکی است. لایه MAC بسته ها را از لایه بالاتر می گیرد و آنها را برای انتقال از طریق هوا در قالب واحدهای داده پروتکل MAC (MAC protocol Data Units : MPDUs) سازماندهی می کند. این بسته ها واحدهای داده سرویس MAC (MAC Service Data Units : MSDUs) نامیده می شوند. برای بسته های دریافت شده، لایه MAC عکس عملیات بالا را انجام می دهد. طراحی MAC در استانداردهای IEEE 802.16 - 2004 و IEEE 802.16e، از یک زیرلایه همگرایی برخوردار است. این زیرلایه می تواند با پروتکل های گوناگون در لایه بالاتر مانند ATM (Asynchronous Transfer Mode)، صدای TDM، اترنت، IP و یا هر پروتکل ناشناخته دیگری که در آینده خواهد آمد، ارتباط برقرار کند. اتحادیه Wimax با توجه به توافق IP و اترنت در صنعت تصمیم گرفته است تنها IP و اترنت را پشتیبانی کند. در کنار ایجاد یک نگاشت از لایه های بالاتر، زیر لایه همگرایی باعث کاهش سرآیند اضافی لایه بالاتر بر روی هر بسته می شود. مهم ترین وظایف لایه MAC در Wimax عبارتند از :

- تفکیک یا به هم پیوستن MSDU های دریافتی از لایه های بالاتر و قرار دادن آن ها در MPDU ها.
- انتخاب پروفایل برست (Burst Profile) مقتضی و سطح توان مورد استفاده برای انتقال MPDU ها
- ارسال مجدد MPDU هایی که با خطا دریافت می شوند، در زمان استفاده از درخواست تکرار خودکار (ARQ)
- کنترل Qos و بررسی تقدم برای MPDU های متعلق به حامل های داده و سیگنالینگ متفاوت
- برنامه ریزی کردن منابع لایه فیزیکی برای ارسال MPDU ها
- پشتیبانی از لایه های بالاتر برای مدیریت تحرک پذیری
- ایجاد مد ذخیره توان



شمای کلی لایه MAC در Wimax

لایه MAC در وایمکس از سه زیر لایه مجزا تشکیل شده است که عبارتند از: [2]

۱. زیر لایه همگرایی سرویس معین (CS : Convergence Sublayer)

۲. زیر لایه بخش مشترک

۳. زیر لایه امنیت

زیر لایه همگرایی :

واسطی بین MAC و لایه ۳ است و بسته ها را از لایه بالاتر دریافت می کند. این بسته ها واحدهای داده سرویس (MSDU) MAC نامیده می شوند. CS مسؤول اجرای عملیاتی است که به ماهیت پروتکل لایه بالا بستگی دارد، مانند فشردگی سرآیند و نگاشت آدرس.

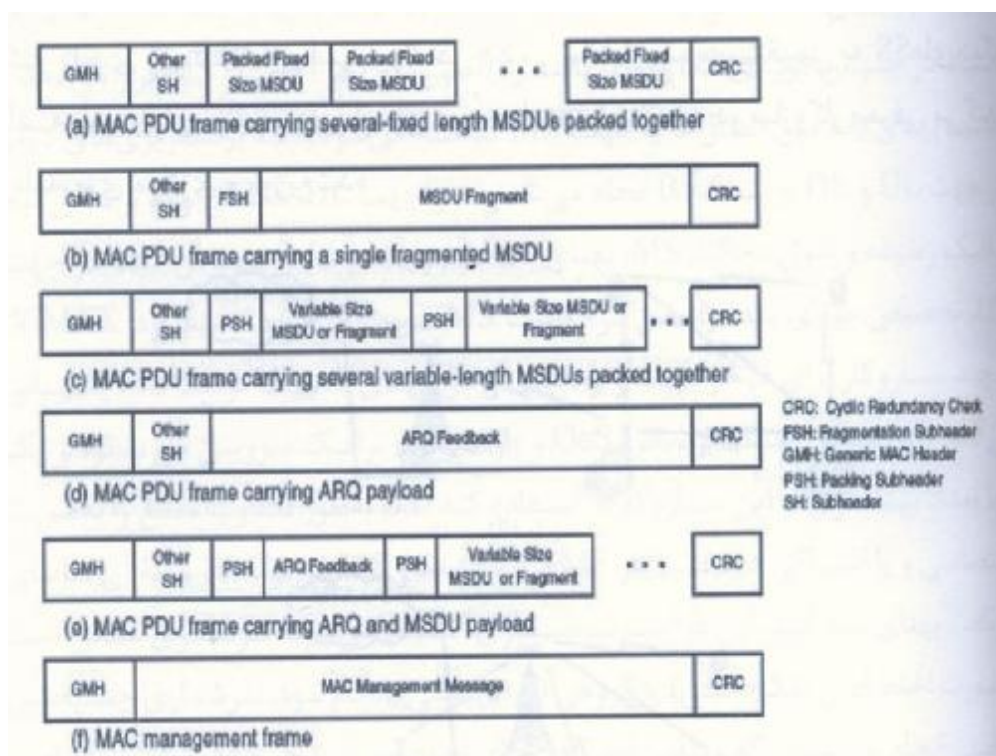
زیر لایه بخش مشترک :

انجام تمام عملیات بسته ای که مستقل از لایه های بالاتر باشند را بر عهده دارد، مانند تفکیک یا ترکیب MSDU ها درون MPDU ها، ارسال MPDU ها، کنترل QOS و ARQ.

زیر لایه امنیت :

این زیر لایه مسؤول رمزنگاری، واگذاری و ردوبدل صحیح و امن کلیدهای رمزنگاری بین MS و BS است.

MAC در Wimax طوری طراحی شده است که هنگام ارائه کیفیت خدماتی نظیر ATM و DOCSIS: Data Over Cable service (Interface Specification) بتواند از بیشینه نرخ بیت خیلی بالا پشتیبانی کند. MAC در Wimax از طول متغیر برای MPDU استفاده می کند این ویژگی باعث ایجاد انعطاف زیادی جهت ارسال کارآمد MPDU می شود. برای مثال ممکن است چند MPDU با طول یکسان یا متفاوت پشت سر هم قرار گیرند تا از سربار سرآیند در لایه فیزیکی جلوگیری شود. همچنین ممکن است چند MSDU با سرویس لایه بالاتر یکسان به هم به پیوندند و در یک MPDU قرار گیرند تا از سربار اضافی سرآیند در MAC جلوگیری شود. برعکس، ممکن است MSDU های طولانی به چند MPDU کوچک تر شکسته شده و از طریق چند فریم ارسال شود. در ابتدای هر فریم یک سرآیند MAC عمومی (GMH : Generic MAC Header) قرار دارد. این سرآیند علاوه بر این که شامل مشخصه اتصال (CID : Connection Identifier)، طول فریم، بیت هایی برای تعیین چگونگی حضور (CRC : Cyclic Redundancy Check) و زیر سرآیندها است، مشخص می کند آیا داده رمز شده است و اگر رمز شده، با چه کلیدی این امر صورت گرفته است. داده در MAC می تواند یک پیام انتقالی یا یک پیام مدیریتی باشد. در کنار MSDU ها، داده انتقالی ممکن است تقاضای پهنای باند یا تقاضای ارسال مجدد را شامل شود. نوع داده انتقالی توسط زیر سرآیندی که جلوتر از آن می آید مشخص می شود. زیر سرآیندهای بسته بندی و زیر سرآیندهای قطعه بندی کردن، مثالی از زیر سرآیندها هستند. MAC در Wimax از ARQ پشتیبانی می کند. ARQ می تواند برای درخواست ارسال مجدد MSDU های قطعه بندی نشده و همچنین قطعه هایی از MSDU بکار گرفته شود. حداکثر طول فریم ۲۰۴۷ بیت است که با ۱۱ بیت در GMH نمایش داده می شود. [1]



مثال هایی از انواع فریم های MAC PDU

۳-۲-۱) PMP و MESH :

استاندارد IEEE 802.16 از ۲ توپولوژی مختلف نقطه به چند نقطه (PMP) و چند نقطه به چند نقطه (Mesh) پشتیبانی می کند. [2]

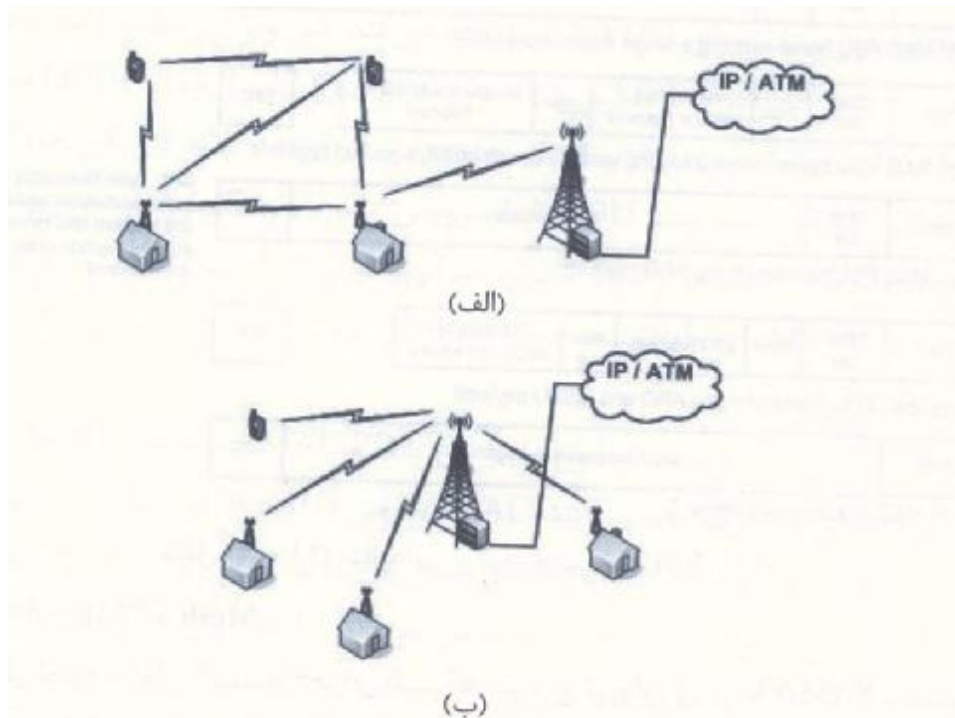
- نقطه به چند نقطه (PMP: Point to MultiPoint)

- چند نقطه به چند نقطه (MPMP or Mesh : Multipoint to Multipoint Multipoint)

مکانیزم QOS برای PMP استاندارد IEEE 802.16 و زمان بندی ایستگاه پایه (BS : Base Station) پیشنهاد می شود. سرویس کیفیت خدمات در شبکه های بیسیم Wimax، میانگین تاخیر Wimax، بار متوسط Wimax، متوسط توان عملیاتی Wimax در ایستگاه پایه تجزیه و تحلیل می شود و مقایسه ای بین زمان بندی مختلف بین ایستگاه پایه و گره های ثابت می شود. استاندارد IEEE 802.16 برای خدمت به ایستگاه های مشترک (SSs : Subscriber Stations) از طریق ایستگاه پایه (BS) مرکزی به کار برده شده که در توپولوژی PMP توسعه داده شده است. در حالت PMP، هر ایستگاه مشترک (SS) ارتباط مستقیمی با ایستگاه پایه (اصلی) دارد. Wimax، به آسانی سرویس های مختلفی برای کاهش هزینه ها از طریق شبکه سیمی فراهم می کند استاندارد IEEE 802.16 با درک و ذهن QOS توسعه داده شده است. [2]

در PMP چندین مشتری توسط یک ارائه دهنده خدمات مرکزی تغذیه می شوند. ارسال در جهت UL از مشترک به سمت ایستگاه پایه، در فریم های زمانی مجزا صورت می گیرد. در جهت DL ایستگاه پایه MAC PDU ها را به سمت پخش ارسال می کند و SS کافی است تا MAC PDU هایی را پردازش کند که برای او یا برای همه SS ها آدرس دهی شده اند. در حالت مش گره ها به صورت ad hoc سازماندهی شده اند. برخلاف PMP در این حالت تفکیک صریحی بین زیر فریم های DL و UL وجود ندارد. هر ایستگاه قادر است تا با دسته ای از ایستگاه های دیگر در سیستم مخابره داشته باشد. به هر حال ممکن است گره هایی با عملکرد مشابه BS وجود داشته باشند که

شبکه را به بک هال متصل کنند. نکته کلیدی در Mesh این است که هر SS می تواند لینک مستقیمی به SS های دیگر داشته باشد. برای برنامه ریزی (Scheduling) ارسال در مد Mesh، استاندارد دو ساز و کار معرفی می کند: برنامه ریزی مرکزی و توزیع شده.



نحوه تعامل اجزای شبکه (الف) PMP (ب) Mesh

برنامه ریزی مرکزی :

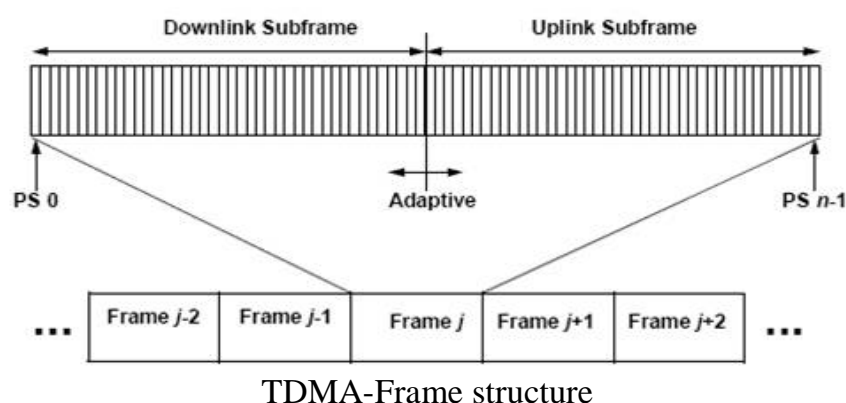
در برنامه ریزی مرکزی، BS مثل یک سرشاخه عمل کرده و چگونگی به اشتراک گذاری کانال توسط SS ها را تعیین می کند.

برنامه ریزی توزیع شده :

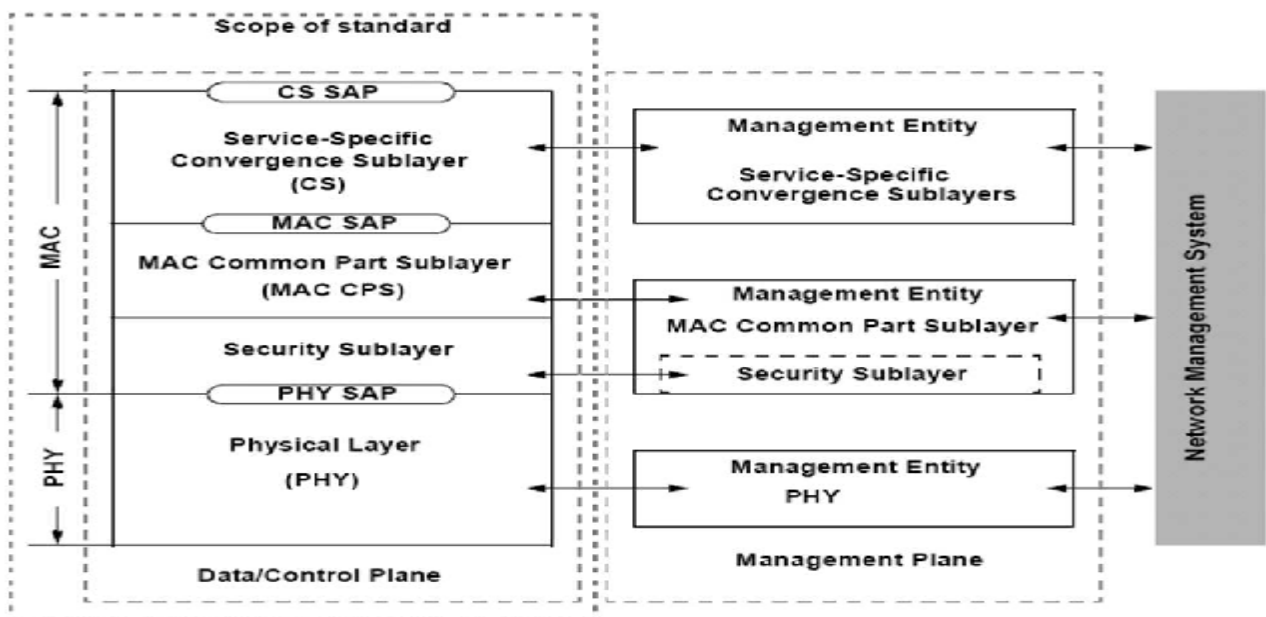
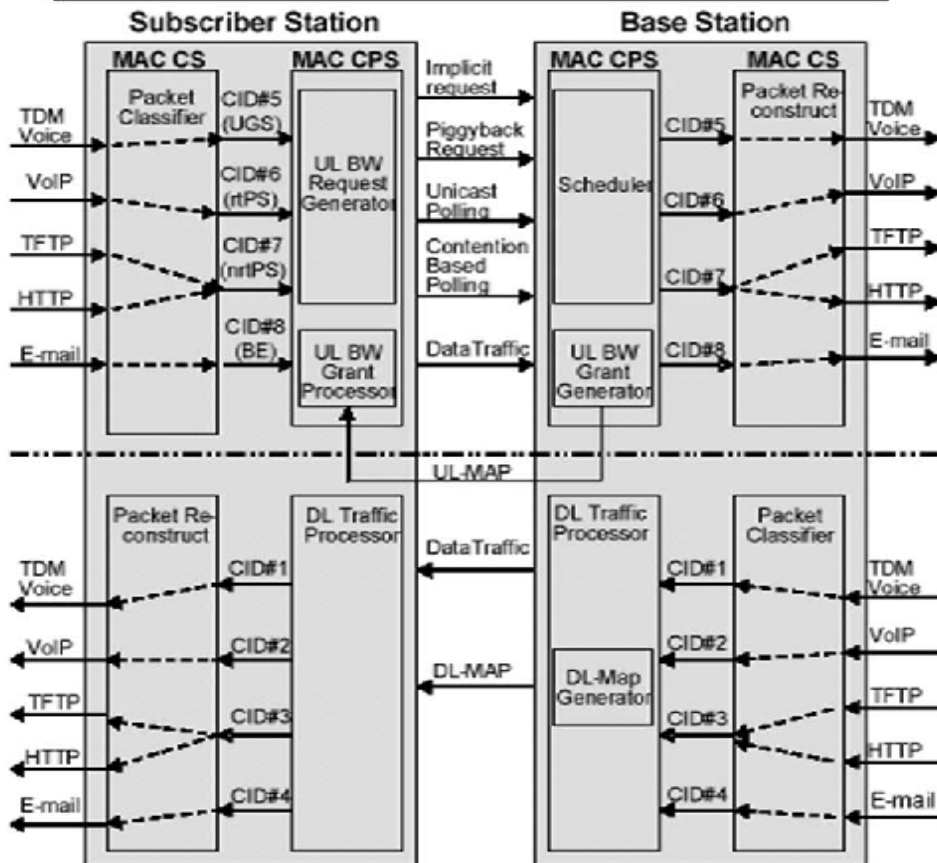
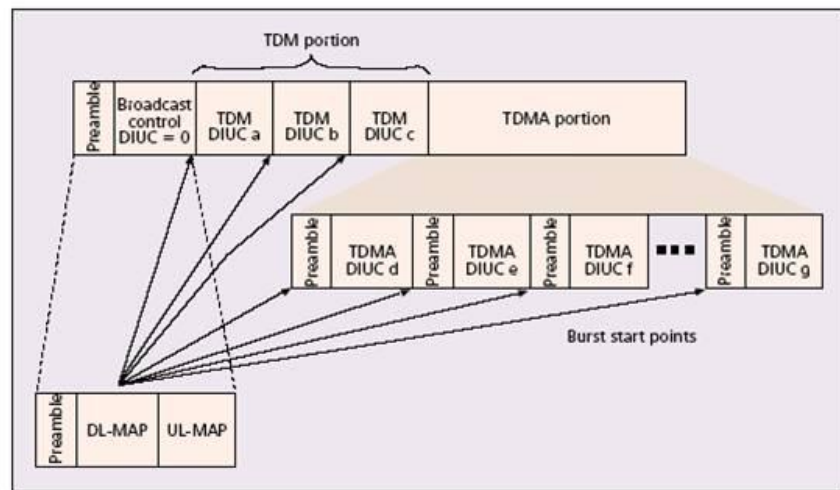
در برنامه ریزی توزیع شده، هر گره با استفاده از الگوریتم انتخاب شبه تصادفی، برای دسترسی به کانال با سایرین رقابت می کند. این الگوریتم ها براساس اطلاعات برنامه ریزی همسایه های قرار گرفته در دو قدمی (two-hop) گره مربوطه عمل می کنند.

در حالت PMP، لایه های MAC (Medium Access Control) کنترل دسترسی رسانه و فیزیکی، نقش مهمی را بین ایستگاه پایه (BS) و ایستگاه مشترکین (SSs) بازی می کند. یک جریان خدمات که معرف و شناسه SFID است. [2]

معماری و ساختار PMP، شامل یک BS تحت کنترل چندین SS است. انتقال بین BS و SS با فریم های اندازه ثابت به وسیله تقسیم زمان دسترسی چند گانه (time division multiple access) TDD / TDMA (time division duplexing) تقسیم زمان انجام می شود. ساختار فریم شامل زیر لایه downlink برای انتقال از BS به SS و یک زیر لایه uplink برای انتقال در جهت عکس است [1] و [2]



TDMA-Frame structure



۳-۲-۲) سازوکارهای دسترسی به کانال :

در Wimax، لایه MAC در ایستگاه پایه به طور کامل در هر دو جهت UL و DL مسئول تخصیص پهنای باند به همه کاربران است. MS تنها در زمان برقراری چندین نشست یا اتصال با BS، می تواند تا حدودی بر روی تخصیص پهنای باند، کنترل داشته باشد. در چنین موردی BS پهنای باند را به طور یکجا در اختیار MS قرار می دهد و تقسیم پهنای باند بین اتصال ها به عهده MS گذاشته می شود. همه برنامه ریزی های دیگر در جهت UL و DL توسط BS انجام می شود. در جهت DL، BS می تواند بر اساس نیاز ترافیک رسیده و بدون دخالت MS، پهنای باند لازم را به هر MS اختصاص دهد. در جهت UL، تخصیص پهنای باند بر اساس درخواست MS صورت می گیرد. استاندارد Wimax از چند سازو کار برای درخواست و بدست آوردن پهنای باند UL توسط MS پشتیبانی می کند. MS ممکن است بر اساس QOS و پارامترهای ترافیک سرویس مورد نظر، از یک و یا تعداد بیشتری از این ساز و کارها استفاده کند. BS به طور متناوب منابع را به صورت اختصاصی و یا اشتراکی در اختیار هر MS قرار می دهد و MS می تواند به وسیله آن تقاضای دریافت پهنای باند کند. این فرآیند، سرشماری (Polling) نامیده می شود. سرشماری چند پخش زمانی انجام می شود که پهنای باند کافی برای اختصاصی به هر MS به طور اختصاصی وجود نداشته باشد. هنگامی که سرشماری به طریق چند پخش انجام می شود، اسلات اختصاص داده شده برای تقاضای پهنای باند، یک اسلات اشتراکی است که همه MS های سرشماری شده سعی دارند از آن استفاده کنند. Wimax برای مواقعی که بیش از یک MS برای استفاده از اسلات اشتراکی تلاش می کند، یک دسترسی رقابتی و سازو کاری مشخص تعریف می کند. اگر از قبل تخصیصی برای ارسال ترافیک وجود داشته باشد، دیگر MS ها سرشماری نمی شوند. به جای آن به MS اجازه داده می شود تا از سه طریق تقاضای پهنای باند بیشتری داشته باشد [1] و [4]

۱. ارسال MPDU مستقل برای درخواست پهنای باند
۲. ارسال درخواست پهنای باند از طریق کانال تعیین برد (Ranging)
۳. انتقال درخواست پهنای باند از طریق بسته های عمومی MAC

۳-۲-۳) کیفیت خدمات QOS :

پشتیبانی از QOS بخش اساسی طراحی لایه MAC در Wimax است. لایه MAC در وایمکس از معماری اتصال گرا برخوردار است. وایمکس با استفاده از این معماری می تواند از کاربردهای گوناگون نظیر سرویس های صوت و ارتباطات چند رسانه ای پشتیبانی کند. همچنین این معماری نرخ بیت ثابت، نرخ بیت متغیر، جریان ترافیک بلادرنگ و به طور کلی مدیریت بهینه ترافیک داده را پشتیبانی می کند. طراحی لایه MAC به گونه ای است که امکان پشتیبانی همزمان از تعداد زیادی کاربر، آن هم با ملزومات QOS متفاوت را مقدور ساخته است. Wimax بخشی از ایده های خود برای طراحی QOS را از استاندارد مودم کابلی (DOCSIS: Data Over Cable service Interface Specification) الهام گرفته است. کنترل قدرتمند QOS از طریق به کارگیری معماری اتصال گرا در MAC قابل حصول است. تمام اتصالات UL و DL، توسط BS پوششی (serving BS) کنترل می شوند. پیش از ارسال هر گونه داده ای، یک پیوند (link) منطقی تک جهت بین لایه های MAC در BS و MS شکل می گیرد که اتصال (connection) نامیده می شود. هر اتصال توسط یک مشخصه اتصال (CID : Connection Identifier) مشخص می شود. این مشخصه به عنوان یک آدرس موقتی برای ارسال داده روی یک لینک خاص به کار می رود. علاوه بر اتصال هایی که برای انتقال داده کاربر استفاده می شوند، MAC در Wimax، ۳ اتصال مدیریتی پایه، اولیه و ثانویه را تعریف می کند که در عملیاتی نظیر تعیین برد کارایی دارد.

استاندارد IEEE 802.16 می تواند چندین سرویس ارتباطی مانند داده ، صدا و تصویر با نیازهای QOS متفاوت را پشتیبانی کند. لایه MAC مکانیزم سیگنالینگ QOS و وظایفی که می تواند کنترل کند ، انتقال داده BS و SS را تعریف و تعیین می کند. downlink انتقال نسبتاً ساده ای است ، زیرا BS تنها یک انتقال ، طی یک زیر لایه downlink است. همه بسته های داده broadcast ، SS هستند و یک SS ، تنها گوش می کند روی مقصد بسته ها. در BS ، Uplink تعیین می کند شماره اسلات های زمان را برای هر SS که اجازه انتقال در زیر لایه uplink داده شده است. این اطلاعات به وسیله BS از طریق پیام نقشه uplink در آغاز هر فریم پخش می شود . نقشه uplink (UL_Map) شامل اطلاعات منحصر به فرد (IE) هر SS است که شامل فرصت های انتقال برای هر SS است. برای مثال اسلات های زمان در یک SS می تواند طی یک زیر لایه uplink انتقال یابد. BS مازول زمان بندی uplink را به وسیله پیام درخواست پهنای باند که از ایستگاه های مشترک به ایستگاه پایه ارسال می کند را تعیین کند. در استاندارد IEEE 802.16 درخواست های پهنای باند به صورت نرمال در دو حالت انتقال داده شده اند: ۱. حالت رقابت و مشاجره و ۲. حالت رقابت و مشاجره آزاد (سرشماری) . در حالت رقابت ، SS ها درخواست های پهنای باند را طی یک دوره کشمکش و مشاجره ارسال می کنند . در رقابت و کشمکش مصمم است به وسیله BS به کاربرده شده در استراتژی پشت نمائی. در حالت رقابت آزاد ، BS هر SS را نظرسنجی می کند و یک SS در جوابش درخواست BW ارسال می کند. [2]

استاندارد IEEE 802.16 – 2004 در سال ۲۰۰۴ تعریف شده است. در ۱۱-۲ گیگاهرتز اجرا می شود و همچنین باند اصلی ۶۶ - ۱۰ گیگاهرتز است و نرخ متوسط داده را فراهم می کند و از (Point to Point) PTP و (Point to Multipoint) PMP برای مشترکین ثابت تنها پشتیبانی می کند. تنها از ارتباطات LOS(line_of_sight) و NLOS(non line-of-sight) پشتیبانی می کند. هنگامی که ارتباط LOS امکان پذیر نیست (مثلاً وقتی که فرستنده و گیرنده ، وسایل داخل خانه باشند) سیگنال های فرستاده شده دارای تضعیف و اعوجاج می شوند. [2]

وایمکس دو نوع سرویس بی سیم را ارائه می دهد :

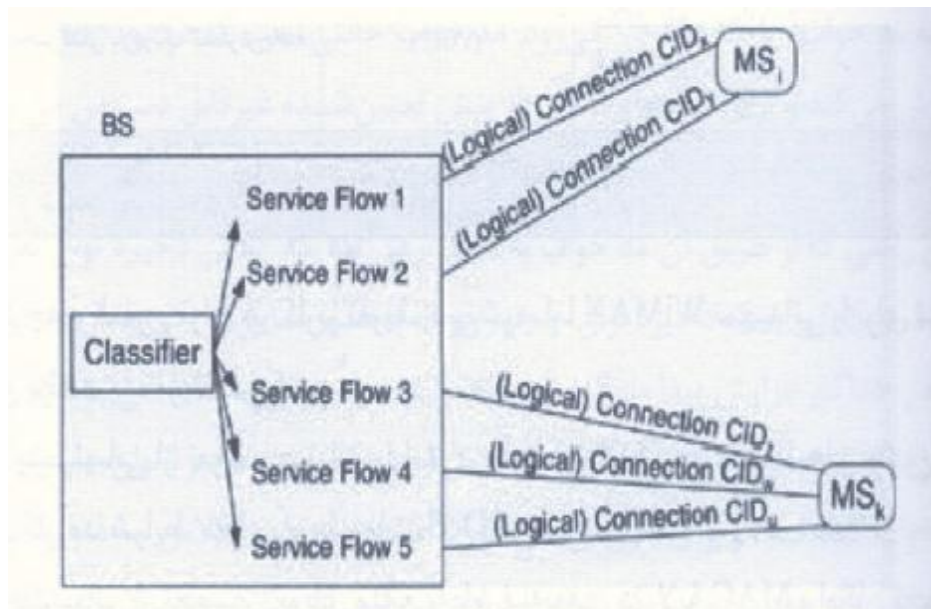
سرویس خارج از خط دید : (NLOS) پشته های پروتکلی منطبق بر IEEE 802.16 MAC است. این نوعی از سرویس wi-fi می باشد که در آن یک آنتن کوچک روی رایانه مشترک (کاربر) به برج متصل است. در این سرویس، وایمکس از فرکانس پایین تری مشابه wi-fi استفاده می کند. این فرکانس بین ۲ GHz و ۱۱ GHz می باشد. به دلیل استفاده از طول موج کوتاه سرویس NLOS می تواند از موانع عبور کند.

سرویس روی خط دید : (LOS) در این نوع سرویس یک آنتن بشقابی بر روی سقف یا نقاط قطب یک برج وایمکس نصب می شود. این نوع ارتباط پر قدرت تر و پایدار تر می باشد و می تواند حجم بزرگی از اطلاعات را با خطای کمتر بفرستد. این نوع ارتباط از فرکانس بالاتری تا حد 66 GHz استفاده می کند. در فرکانس های بالا تداخل کمتر است و پهنای باند زیادتری در دسترس می باشد. با کاربرد آنتن های قدرتمند LOS ، ایستگاه وایمکس می تواند اطلاعات را به رایانه ها و روترها بفرستد، البته روترها و رایانه هایی که فناوری وایمکس را پشتیبانی می کنند و در ۳۰ مایلی فرستنده هستند. ۳۰ مایل حداکثر محدوده مخابراتی وایمکس می باشد.

از نقطه نظر سرمایه گذاری، توان عملیاتی (throughput) بالا و استفاده بهینه از طیف فرکانسی به اپراتور این امکان را می دهد که ترافیک بیشتری را منتقل کرده و تعداد ایستگاه پایه (BS) کمتری برای حجم داده مشخص مورد نیاز باشد. تعداد BS های کمتر، هزینه های سرمایه گذاری (CAPEX) شبکه را کاهش می دهد و هزینه نگهداری تجهیزات شبکه نیز پایین می آید که باعث پایین آمدن هزینه های عملیاتی (OPEX) نیز می گردد. این مزیت موجب می شود که این فن آوری در حد تجاری قابل پیاده سازی باشد.

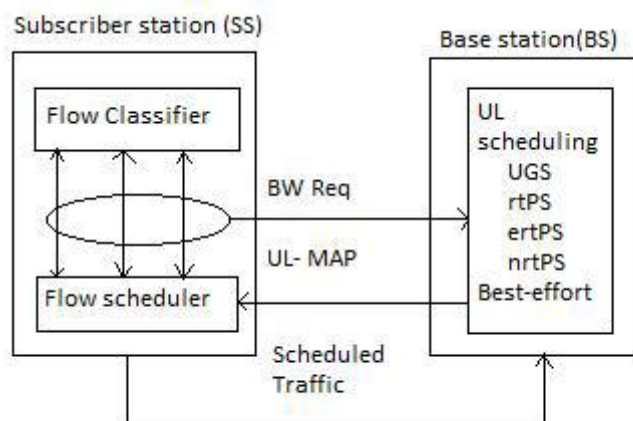
پشته های پروتکل منطبق بر IEEE 802.16 MAC LAN ای که بوسیله Wi-Fi برقرار شده است با وایمکس بصورت پشت سر هم کار می کند (خروجی یکی ورودی دیگری است NLOS). (معمولاً بین LAN مشترک (کاربر) و ایستگاه های اصلی قرار می گیرد. در حالی که LOS بین دو ایستگاه اصلی مورد استفاده قرار می گیرد.

Wimax همچنین مفهوم جریان خدمات (service Flow) را تعریف می کند. یک جریان خدمات، جریانی تک جهت از بسته ها به همراه مجموعه ای خاص از پارامترهای QOS است و توسط یک مشخصه جریان خدمات با ۳۲ بیت شناسانده شده (SFID : service Flow Identifier) مشخص می شود. Wimax یک پروتکل ارتباط اتصال دار است. این ارتباط اتصال گرا یک زمان بندی را برای درخواست های پهنای باند و تخصیص ترافیک و پارامترهای QOS، با جریان خدمات فراهم می کند. این ارتباط با ۱۶ بیت شناسانده شده است که معرف CID است. پارامترهای QOS می تواند شامل تقدم ترافیک، حداکثر ترافیک قابل تحمل، حداکثر نرخ برست، حداقل نرخ قابل قبول، نوع برنامه ریزی، نوع ARQ، حداکثر تاخیر، لغزش مجاز، نوع واحد داده سرویس و اندازه آن، سازو کار درخواست پهنای باند مورد نیاز، قوانین شکل دهی ارسال MPDU و مواردی از این قبیل باشد. ایستگاه پایه مسئولیت صدور SFID و نگاشت آن به CID های یکتا را برعهده دارد. [1] و [2]



دسته بندی جریان خدمات و نگاشت آن ها به اتصالات در ایستگاه پایه

برای پشتیبانی از دسته وسیعی از کاربردها و درخواست های مختلف بسته ها بر اساس محدودیت های QOS، Wimax ۵ سرویس تعریف می کند. این سرویس ها باید توسط برنامه ریز MAC ایستگاه پایه، برای انتقال داده از طریق یک اتصال، پشتیبانی شده باشند. جدول زیر انواع سرویس ها و پارامترهای مربوط به آن ها را نشان می دهد. [4] و [3] و [2] و [1]



جدول انواع کیفیت خدمات و پارامترهای مربوطه

نوع کیفیت خدمات	کاربرد	پارامترهای کیفیت خدمات
UGS Unsolicited Grant Service خدمات عمومی بدون درخواست	VOIP	حداکثر سرعت پشتیبانی شده بیشترین تاخیر مجاز لغزش مجاز
RTPS Real_Time Polling Service خدمات سرکشی بلادرنگ	انتقال رشته های صوتی و تصویری	حداقل نرخ رزرو شده حداکثر سرعت پشتیبانی شده حداکثر تاخیر مجاز تقدم ترافیک
NRTPS Non_Real_Time Polling Service خدمات سرکشی غیر بلادرنگ	پروتکل انتقال پرونده (FTP)	حداقل نرخ رزرو شده حداکثر سرعت پشتیبانی شده تقدم ترافیک
ERTPS Extended_Real_Time Polling Service خدمات سرکشی بلادرنگ گسترش یافته	صدا با کشف فعالیت (VOIP)	حداقل نرخ رزرو شده حداکثر سرعت پشتیبانی شده حداکثر تاخیر مجاز لغزش مجاز تقدم ترافیک
BE Best_Effort خدمات بهترین تلاش	انتقال داده ، گشت و گذار در وب و غیره	حداکثر سرعت پشتیبانی شده تقدم ترافیک

اگر چه برنامه ریز برای هر کاربر تعریف نمی شود ، اما Wimax تمهیداتی را برای تسهیل تحقق برنامه ریز تعریف می کند :

- پشتیبانی از تعریف جزئیات پارامتری ملزومات QOS و سازو کارهای متنوع برای ایجاد کارآمد شرایط مخابره و ملزومات QOS در جهت UL
- پشتیبانی از تخصیص پویای منابع به طور سه بعدی در لایه MAC و امکان تخصیص منابع در حوزه زمان (اسلات های زمانی) ، فرکانس (زیر حامل ها) و فضا (چند آنتنی)
- پشتیبانی از فیدبک سریع از اطلاعات کیفیت کانال و قادر ساختن برنامه ریز به گزینش کدینگ و مدولاسیون مقتضی برای هر تخصیص
- پشتیبانی از تخصیص زیر حامل مجاور مانند AMC و در نتیجه اجازه دادن به برنامه ریز برای بهره برداری از دایورسیتی چند کاربری از طریق اختصاص قویترین زیر کانال مربوط به کاربر به آن کاربر .

باید توجه داشت که تحقق یک برنامه ریز کارآمد ، نقش مهمی در ظرفیت کلی و عملکرد سیستم Wimax دارد .

توصیف زمان بندی بسته ها می تواند در ۲ نوع زیر باشد : نگهداری و حفظ کار و نگهداری و حفظ شبکه . برای مثال زمان بندی نگهداری و

حفظ کار ، الگوریتم هایی شامل GPS: Generalized Processor Sharing ، WRR : Weighted Round Robin ، DWRR ،

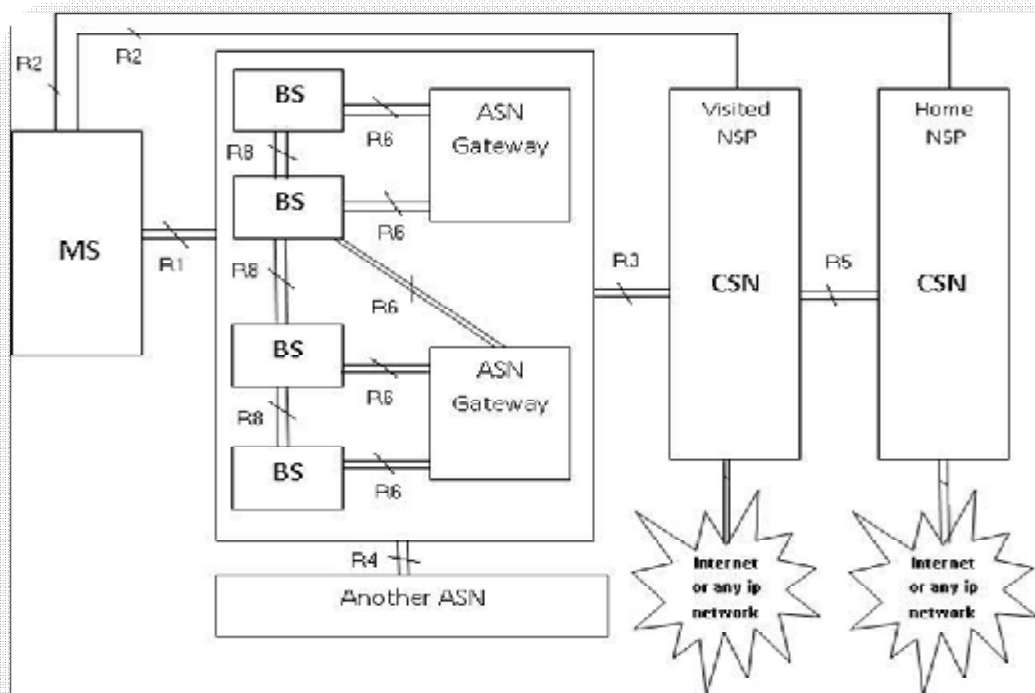
Deficit Weighted Round Robin ، WFQ : Weighted Fair Queueing ، SCFQ : Self Clocked Fair

Queueing دارد که در مقاله مذکور الگوریتم های WFQ و DWRR را با هم مقایسه کرده که از نظر تاخیر ، نرخ انتقال داده ، رابط IP خروجی ، WFQ عملکرد بهتری نسبت به DWRR دارد.[2]

۳-۴) معماری شبکه مرجع :

هرچند استاندارد IEEE802.16e-2005 ویژگی های واسط هوایی را مشخص می کند، اما یک شبکه کامل سرتاسری را برای وایمکس تعریف نمی کند. گروه کاری شبکه اتحادیه وایمکس مسؤولیت توسعه ملزومات شبکه سرتاسری ، معماری و پروتکل های شبکه وایمکس با استفاده از واسط هوایی IEEE802.16e-2005 را برعهده دارد.

این گروه کاری یک مدل مرجع برای شبکه تعریف کرده است تا به عنوان چارچوب معماری وایمکس در پیاده سازی شبکه به کار رود. از این طریق اطمینان لازم برای قابلیت همکاری بین تجهیزات و اپراتورهای مختلف وایمکس حاصل می شود. مدل مرجع شبکه شامل تمام کاربردهای ثابت، کوچنده و سیار است و براساس سرویس های مبتنی بر IP بنا نهاده شده است.



شکل ۳-۲: مدل مرجع شبکه وایمکس

شبکه کلی از سه قسمت تشکیل شده است :

۱. ایستگاه سیار که توسط کاربر نهایی برای دسترسی به شبکه استفاده می شود.
۲. شبکه دسترسی به خدمات (ASN) ، که از یک یا چند ایستگاه پایه و دروازه ASN تشکیل شده است و شبکه دسترسی رادیویی را تحقق می بخشد.
۳. شبکه اتصال به خدمات (CSN) ، که اتصالات IP و تمام عملیات مربوط به شبکه های IP را فراهم می کند.

معماری سه ماهیت تجاری مجزا را در نظر گرفته است :

- تامین کننده دسترسی به شبکه (NAP) ، که ASN را در تملک دارد و روی آن عمل می کند.

- تامین کننده خدمات (NSP) ، که خدمات وایمکس و اتصالات IP را برای مشترکین فراهم می کند. این کار از طریق زیر ساخت ASN صورت می گیرد که ممکن است متعلق به یک یا چند NAP باشد.
- تامین کننده خدمات کاربردی (ASP) ، که می تواند خدمات ارزش افزوده ای مثل چند رسانه ای از طریق IMS (زیر سیستم های چند رسانه ای مبتنی بر IP) و VPN (شبکه خصوصی مجازی) را ارائه کند.
- چنین تفکیکی بین NAP ، NSP و ASP در راستای تحقق یک اکوسیستم غنی برای وایمکس صورت گرفته است که نتیجه آن رقابت بیشتر و خدمات بهتر است.
- مدل شبکه مرجعی که توسط گروه کاری شبکه اتحادیه وایمکس توسعه داده شده است ، دسته ای از ماهیت های عملیاتی و واسط های بین آنها را تعریف می کند. به واسط ها ، نقاط مرجع نیز گفته می شود. شکل قبل بخشی از ماهیت های عملیاتی مهم تر را نشان می دهد.

ایستگاه پایه :

BS مسئول فراهم کردن واسط هوایی استاندارد وایمکس برای MS است. عملکردهای دیگر که ممکن است بخشی از BS باشند، عبارتند از :

- عملیات مربوط به مدیریت تحرک پذیری مانند راه اندازی پاس کاری و ایجاد تونل
- مدیریت رادیویی
- اجرای سیاست های QOS
- کلاس بندی ترافیک
- پروکسی DHCP
- مدیریت کلید
- مدیریت نشست
- مدیریت گروه چند پخش

دروازه شبکه دسترسی به خدمات (ASN-GW) :

دروازه ASN معمولاً به عنوان نقطه تراکم ترافیک لایه دو در ASN عمل می کند. عملکردهای دیگری که ممکن است جزئی از ASN-GW باشند عبارتند از :

- مدیریت مکان درون ASN ای و فراخوانی
- مدیریت منابع رادیویی و کنترل پذیرش
- حافظه موقتی برای پروفایل کاربر و کلیدهای رمزنگاری

- عاملیت مشتری AAA
- ایجاد و مدیریت تونل مربوط به تحرک پذیری با BS
- QOS و اجرای سیاست ها
- عمل کردن به عنوان عامل خارجی (FA) برای پوشش IP سیار و مسیریابی به سمت CSN انتخاب شده

شبکه اتصال به خدمات (CSN) :

CSN اتصال به اینترنت ، ASP و سایر شبکه های عمومی را فراهم می کند. CSN در تملک NSP بوده و شامل سرورهای AAA برای انجام عملیات تشخیص هویت وسیله و کاربر و خدمات ویژه است. همچنین CSN مدیریت سیاست های کیفیت خدمات و امنیت را برای هر کاربر برعهده دارد و مسئول مدیریت آدرس IP ، پشتیبانی از رومینگ بین NSP های مختلف، مدیریت مکان بین ASN ها و تحرک پذیری و رومینگ بین ASN ها است. علاوه بر این ، CSN می تواند راه ها و دروازه هایی برای برقراری ارتباط با سایر شبکه ها مثل PSTN ، 3GPP و 3GPP2 فراهم کند.

چارچوب معماری شبکه وایمکس ، امکان تفکیک و یا ترکیب انعطاف پذیر ماهیت های عملیاتی را ایجاد می کند. به طور مثال ASN ممکن است به سه قسمت ترنسپورهای ایستگاه پایه (BTS) ، کنترل کننده های ایستگاه پایه (BSC) و ASN-GW تفکیک شود. این تفکیک مشابه مدل GSM است که در آن BTS ، BSC و SGSN وجود دارد. همچنین می توان BS و ASN-GW را در یک واحد قرار داد و به آن به عنوان یک مسیریاب وایمکس نگریست. چنین طرحی اغلب معماری توزیع شده یا مسطح نامیده می شود.

علاوه بر ماهیت های عملیاتی ، معماری مرجع واسطه هایی را تعریف می کند که نقاط مرجع نامیده می شوند و بین ماهیت های عملیاتی قرار می گیرند. این واسطه ها علاوه بر حامل های داده ، برای پشتیبانی از عملیاتی مثل جابه جایی ، امنیت و QOS ، پروتکل های کنترلی و مدیریتی را نیز حمل می کنند. در جدول زیر نقاط مرجع و عملکرد آنها آمده است.

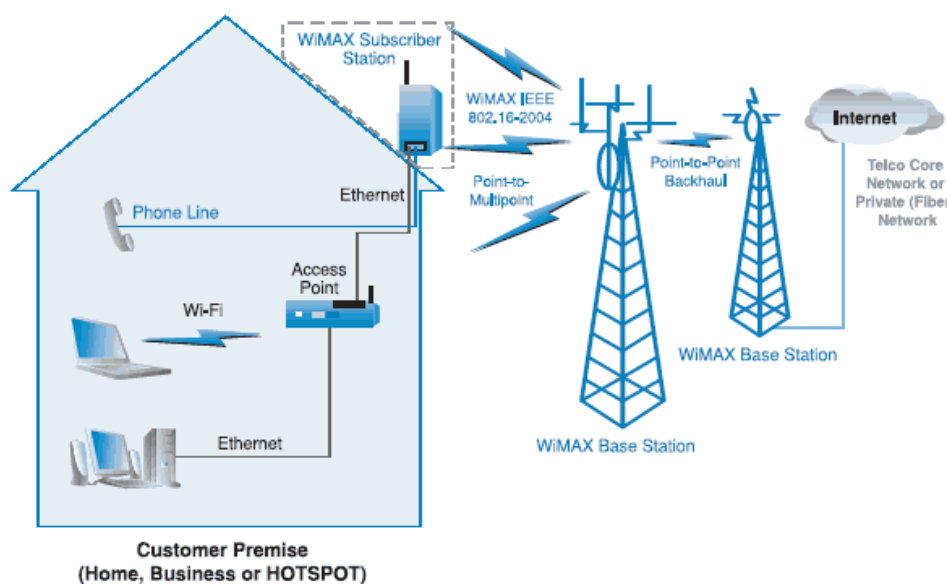
جدول ۲-۳ : نقاط مرجع و عملکرد آنها

نقاط مرجع	نقاط انتهایی	توضیحات
R1	MS&ASN	پیاده سازی مشخصات واسطه هوایی IEEE802.16e برای MS
R2	MS&CSN	بررسی هویت، واگذاری جریان، مدیریت پیکربندی IP و مدیریت تحرک پذیری
R3	ASN&CSN	پشتیبانی از AAA ، اجرای سیاست های تعیین شده و توانایی های مدیریت تحرک پذیری
R4	ASN&ASN	مجموعه ای از پروتکل های سطح حامل و کنترل بین قابلیت های عملیاتی درون ASN که جابه جایی کاربر سیار را بین ASN ها فراهم می کند.
R5	CSN&CSN	مجموعه ای از پروتکل های سطح حامل و کنترل برای پشتیبانی از رومینگ بین شبکه خانگی و میزبان

مجموعه ای از پروتکل های سطح حامل و کنترل برای برقراری ارتباط بین BS و ASN-GW	ASN-GW&BS	R6
مجموعه ای انتخابی از پروتکل های سطح حامل و کنترل برای همکاری بین دو گروه از توابع تعریف شده در R	ASN-GW	R7
مجموعه ای از پیام های کنترلی بین BS ها برای اطمینان از پاس کاری سریع و بی سیم	BS&BS	R8

۵-۳) پیاده سازی Wimax :

تجهیزاتی که برای پیاده سازی شبکه های شهری مورد استفاده قرار می گیرند در سه لایه تجهیزات سمت مشترک (CPE) تجهیزات مربوط به Base Station ها و تجهیزات مربوط به سمت مشترک به طور کلی به گونه ای پیکربندی می شوند تا بتوانند کلیه اطلاعات مربوطه را با فرکانس های رادیویی به نزدیک ترین Base Station انتقال دهند. مرحله بعدی در ایجاد شبکه شهری بی سیم ایستگاههای ارائه دهنده سرویس است که به POP یا CO معروفند، این ایستگاه ها باید به گونه ای طراحی شوند که امکان تخصیص پهنای باند حداقل 1 Mbps را برای هر مشترک تضمین نماید. هر گونه ارتباطی با شبکه سایر ارائه دهندگان سرویس از طریق این نقاط صورت می پذیرد.



شکل ۳-۳: نحوه ی ارتباط NODE ها و آنتن ها در فناوری وایمکس

در لایه ی فیزیکی ۸۰۲.۱۶ مانند تمامی شبکه ها، استفاده از کدهای همینگ (Hamming) به منظور تصحیح خطا استفاده می شود. تقریباً در تمامی شبکه ها به کدهای کشف خطا بسنده می شود و هر گاه فریم دریافتی دارای خطا باشد ارسال مجدد صورت می گیرد، ولی از آنجا که در محیط های باز و در نرخ ارسال بالا، احتمال بروز خطا در حین انتقال خیلی بیشتر است، لذا گذشته از عملیات کشف خطا (که در لایه های بالاتر انجام می شود) در لایه ی فیزیکی نیز عملیات تصحیح خطا صورت می گیرد.

استاندارد ۸۰۲.۱۶، دو نوع تخصیص پهنای باند تدارک دیده شده است:

تخصیص پهنای باند به ازای هر ایستگاه

تخصیص پهنای باند به ازای هر اتصال (pre-connection)

در روش اول، ایستگاه نصب شده در یک ساختمان، کلیه ی تقاضای کاربران را به صورت یکجا جمع کرده و به نیابت از همه ی آنها تقاضای پهنای باند می کند و اگر توانست پهنای باند در خواستی را بدست بیاورد، این پهنای باند را به تناسب بین کاربران تقسیم می کند. در روش دوم، ایستگاه ثابت هر اتصال را مستقیماً مدیریت می کند.

۶-۳) عوامل مؤثر بر کیفیت WiMax :

- عوامل محیطی مانند پوشش گیاهی منطقه، ارتفاع درختان، وجود کوهها، درهها و حتی سطح آب رودخانهها و دریاچهها باعث ایجاد انعکاس و چند مسیریهای رادیویی می شوند.
- شرایط آب و هوایی
- معماری شهرهای مختلف، حتی در بهترین طراحیها نیز ممکن است نقاط کوری را ایجاد کند.
- آلودگیهای فرکانسی در پهنای باند مورد استفاده نیز سطح سیگنال دریافتی را تخریب می کند.

به طور کلی مشکلات استفاده از امواج رادیویی عبارتند از :

- وجود نویز (Noise) در محیط
- تداخل امواج رادیویی
- تضعیف امواج رادیویی
- انعکاس امواج رادیویی

تأثیر وضعیت جغرافیایی و آب و هوا بر شبکه های بی سیم :

شبکه های بی سیم به شدت تحت تأثیر متغیرهای خارجی و داخلی قرار می گیرند که از آن جمله می توان به پدیده های آب و هوایی مانند: باد، باران، برف، مه، دما و فشار که همگی ناشی از موقعیت جغرافیایی منطقه مورد نظر می باشد اشاره کرد. لازم به ذکر است که امواج حامل در شبکه های بی سیم از نوع الکترومغناطیس (EM) می باشند.

شکست امواج الکترومغناطیسی در اتمسفر :

امواج شبکه های بی سیم در لایه تروپوسفر که از سطح زمین شروع شده و بسته به موقعیت زمین و شرایط جوی به ارتفاع ۱۰ تا ۱۷ کیلومتر هم می رسد، انتشار می یابد. لایه تروپوسفر شامل مجموعه ای از گازها و همچنین بخار آب می باشد با افزایش ارتفاع به ازای هر ۳۰۰ متر دما ۲ درجه کاهش می یابد. سرعت فاز جبهه موج در ارتفاعات بالاتر کمی بیشتر خواهد بود که باعث ایجاد انحنای موج EM می شود. مسیر انتشار جبهه موج با عبور از اتمسفر انحنای پیدا می کند که به این خم شدگی ((پدیده شکست)) می گویند. این ضریب شکست به عوامل زیر بستگی دارد:

۱) فشار کلی اتمسفر

۲) فشار بخار آب

تاثیر باران بر انتشار امواج EM :

باران از ۳ طریق بر امواج EM تاثیر می گذارد :

(۱) قطرات باران با شعاعی کمتر از طول موج تابشی، انرژی موج را با استفاده از تاثیر گرمایی جذب می کنند و باعث کاهش انرژی موج می شوند که به شدت وابسته به فرکانس موج تابشی می باشد.

(۲) قطرات بزرگ تر باران که تقریباً اندازه طول موج تابشی هستند، باعث پراکندگی طول موج می شوند و این امر باعث کاهش دامنه موج می شود.

میزان پراکندگی به عوامل زیر بستگی دارد :

(الف) میزان توزیع قطرات باران

(ب) جهت گیری قطرات باران

(ج) شدت قطرات باران

(۳) قطرات باران باعث می شوند قطبیت موج تابشی به دلیل پراکندگی از بین برود و موج تابشی تضعیف گردد که به عوامل زیر بستگی دارد :

(الف) میزان توزیع قطرات باران

(ب) جهت گیری قطرات باران

(ج) شدت قطرات باران

(د) میزان مسیری که موج در معرض باران قرار دارد

تاثیر مه و برف بر امواج EM :

مه که همان مجموعه ای از قطرات بخار آب می باشد و دانه های برف موجود در هوا به دلیل شکل کروی که دارند، باعث ایجاد پراکندگی در امواج الکترومغناطیس و در نتیجه تضعیف امواج می شوند .

میزان تضعیف هم به عوامل زیر بستگی دارد:

(۱) طول موج نور تابشی

(۲) میزان تراکم و اندازه دانه های برف

(۳) طول مسیری که موج در معرض برف و مه قرار دارد

درخشش اتمسفری و تاثیر آن بر امواج الکترومغناطیسی :

درخشش اتمسفری یکی از پدیده های حاصل از شکست نور مرئی است. این پدیده از تغییرات سریع دما و رطوبت حاصل می شود. درخشش زمین در بیابان های داغ و چشمک زدن ستاره ها از نمونه های این پدیده هستند.

در مناطقی که وسعت حوزه درخشش از میزان توسعه پرتو کمتر است، پرتو پراکنده می شود و دامنه سیگنال کاهش می یابد. به عبارتی باعث کمرنگ شدن سیگنال نوری و کاهش میزان سیگنال به نو یز تا حد آستانه می شود. میزان تاثیر این اثر بر امواج الکترومغناطیس، بستگی به وسعت حوزه درخشش دارد.

تاثیر باد بر شبکه های بی سیم :

وزش باد با فشار وارد بر روی آنتن ها و ایجاد لرزش و انحراف در آنها از کارایی شبکه های بی سیم می کاهد. دو عامل زیر باعث کاهش میزان پوشش آنتن و در نتیجه افت شدید سیگنال دریافتی می شود :

(۱) تغییر جهت آنتن

(۲) لرزش آنتن

فصل چهارم

مزایا ، کاربردها و ویژگی های شبکه وایمکس و قیاس آن با سایر شبکه ها

۴-۱) مزیت های فناوری ارتباطی وایمکس :

در ارتباط با استفاده از وایمکس ، تداخل امواج کاهش پیدا می کند WiMAX بر روی هر دو فرکانس های 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 می سازد. از جمله خصوصیات WiMAX آن است که علاوه بر داده، صدا و تصویر را نیز به خوبی پشتیبانی می کند و سرویسی که ارائه می شود به صورت کاملاً نامحدود می باشد و کاربر می تواند در طول شبانه روز بدون توجه به حجم و زمان به دانلود و آپلود بپردازند. تجهیزات وایمکس ، اعم از مودم و فرستنده و گیرنده رادیویی بسیار کوچکتر از سایر فناوری های بی سیم می باشد . قابلیت سیار بودن آن موجب می شود این فن آوری وارد لپ تاپ ها، رایانه های دستی و در نهایت گوشی های تلفن های همراه شود. مودم کاربر از راه دور توسط کارشناسان فنی قابل مدیریت است و به روز رسانی نرم افزارهای مودم نیز از راه دور توسط شرکت انجام می شود.

از جمله ویژگی های دیگر آن می توان به عدم نیاز به دید مستقیم میان مودم سمت کاربر و آنتن مرکزی و شعاع فوق العاده زیاد تحت پوشش آن در حین سرعت بالای انتقال داده نام برد. که توپولوژی های پیشرفته شبکه های (mesh) و تکنیک های آنتنی (beam - formin) ، STC و

تنوع آنتن می‌توانند برای پوشش برد بیشتری به کار روند که این تکنیک‌های پیشرفته همچنین باعث افزایش کارایی طیفی، ظرفیت، استفاده مجدد، توان خروجی ماکزیمم و میانگین برای هر کانال (Rf) فرکانس رادیویی می‌شود.

توسعه سرویس‌های تبلیغاتی

همچنین از وایمکس برای تبلیغات نیز استفاده می‌شود. به طور مثال در اماکنی مانند مترو و فرودگاه‌ها افراد زیادی رفت و آمد می‌کنند و به یک باره حجمی از اطلاعات بر روی گوشی وی فرستاده می‌شود که می‌تواند در قالب تصویر، صوت و یا انیمیشن باشد. که این جنبه‌ها موج جدیدی از این فن آوری فوق العاده را در دنیای امروزی نمایان می‌سازند.

توسعه شبکه‌های بانکی

یکی از دلایل رایج نشدن استفاده کاربردی از کارت‌های بانکی و حذف پول از سیستم پرداخت‌های خرد در برخی کشورها از جمله ایران، عدم وجود زیر ساخت‌های لازم جهت انتقال داده برای ارتباط بین دستگاه POS و ATM می‌باشد. لذا این تکنولوژی می‌تواند کاراترین راه حل موجود باشد و سیستم خرید از فروشگاه‌ها را آسان سازد.

عدم وجود محدودیت مکانی:

شبکه‌های بنا شده با تکنولوژی WiMAX، جزء شبکه‌های wireless شهری محسوب می‌شوند که به راحتی می‌توانند با وجود منطقه بسیار وسیعی که دکل‌های WiMAX تحت پوشش خود قرار می‌دهند، کل شهر و یا شهرک‌های صنعتی و مناطق استراتژیک را پوشش دهند و قابلیت استفاده اینترنت بسیار پر سرعت را از طریق این تکنولوژی برای سازمان‌ها، ارگان‌ها و شرکت‌های تجاری و همچنین منازل مسکونی امکان پذیر سازند.

توسعه ظرفیت تجارت الکترونیکی نیز از دیگر جنبه‌هایی است که حائز اهمیت می‌باشد. راه اندازی تدارک الکترونیکی در کشورهای 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 شیوه پیاده سازی این گونه سیستم‌ها در کشورهای در حال توسعه مورد نیاز است.

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.

وایمکس همه فناوری‌هایی هم چون FTTH، BPL، xDSL، HSDPA، EvDo و EDGE را پشت سر گذاشته است و از آن جایی که هیچ یک از این فناوری‌ها همه سرویس را هم زمان فراهم نمی‌کند وایمکس بهترین راهکار موجود برای ارائه چنین سرویس‌هایی به حساب می‌آید که این امر مطمئناً امتیاز بزرگی برای مصرف کنندگان این سرویس نیز به حساب می‌آید.

این فناوری از بردی معادل با ۳۱ مایل و بدون نیاز به دید مستقیم برخوردار است که در واقعیت، بسته به شرایط مختلف، کمتر از این مقدار می‌باشد. سرعت انتقال داده در این فناوری نیز ۷۰ مگابیت در ثانیه می‌باشد و همان گونه که می‌دانیم، توان خروجی و عملی چنین فناوری‌هایی از مقدار تعیین شده کمتر می‌باشد.

چنین فناوری ای می تواند ۶۰ مرکز تجاری را با فناوری T1 پشتیبانی کند یا آنکه ۱۰۰۰ منزل مسکونی را با سرعت ۱ مگابیت در ثانیه پوشش دهد که باز هم در واقعیت، اندکی کمتر از این آمارها خواهیم داشت.

در تابستان سال ۲۰۰۶، سرعت ۵۰۰ کیلو بیت در ثانیه را برای مراکز تجاری داشتیم که بسته به موقعیت فیزیکی این مناطق و توپولوژی موجود، تا ۲ مگابیت در ثانیه نیز می رسید.

یکی از ویژگی های جالب فناوری وایمکس، امکان بکارگیری آنتن های کنونی و شبکه های سلولی ای که در حال حاضر استفاده می کنیم، می باشد. بدین ترتیب می توان از دکل های مخابراتی کنونی و با سازگار کردن عملکردها و قابلیت های آن ها، بدون نیاز به امکانات پیشرفته ای، از زیرساخت های کنونی برای راه اندازی شبکه وایمکس اقدام کرد. بدین منظور دکل های تلفن همراه می توانند گزینه های مناسبی برای این راه حل ها به حساب آیند.

WiMax در فجایع طبیعی

اینترنت وایمکس برای ایجاد ارتباطات اینترنتی پس از سونامی در اندونزی به کار گرفته شد. به جز رادیوهای آماتور، تمام بسترهای ارتباطی در اندونزی از بین رفت و ارتباط با ناحیه بیرون از فاجعه غیرممکن شده بود. با کمک وایمکس توانستند جریان اطلاعات را مجدداً راه اندازی کنند.

همچنین وایمکس برای برقراری ارتباطات در مناطق طوفان زده کاترینا نیز به کار رفت و با کمک سرویس های VoIP و شبکه های Wi-Fi اطلاعات به سرعت در آن ناحیه به جریان افتاد.

اینترنت وایمکس کاربردهای دیگری نیز دارد و می تواند در زمینه های زیر به کار آید:

- اتصال نقاط داغ (hotspot) Wi-Fi به اینترنت
- راه حل دوم و نهایی برای نقاطی که امکان دسترسی DSL وجود ندارد
- ارائه خدمات مخابراتی و دیتا

بک هال نقاط تحت پوشش WiFi

اماکنی که در آنها خدمات WiFi ارائه می شود با سرعت روزافزونی در سراسر جهان در حال گسترش هستند. اپراتورهای وای فای ممکن است بتوانند با تجهیزاتی به ارزش چند هزار دلار محوطه ای را تحت پوشش قرار دهند، اما نکته اینجا است که محل مزبور باید به نحوی به شبکه اصلی متصل شود که این اتصال هم اغلب از طریق فناوری های یمی انجام می شود. روند سریع گسترش نقاط تحت پوشش فناوری وای فای نیاز مبرم به یک شبکه بک هال مطمئن و مقرون به صرفه را ایجاب می کند. یکی از موانع برای رشد نواحی تحت پوشش این فناوری با توجه به گستره و برد این شبکه ها، فقدان یک بک هال مقرون به صرفه و پرمصرفیت برای آن است. این مشکل می تواند به خوبی با Wimax برطرف شود. همچنین با قابلیت جابجایی فناوری Wimax، امکان پرکردن شکاف بین هرناحیه وای فای (نواحی کور که تحت پوشش قرار نگرفته اند) توسط وایمک فراهم می شود.

ایجاد و گسترش شبکه های آموزشی

ادارات آموزش و پرورش می توانند از وایمکس برای ایجاد اتصال به مدارس استفاده کنند. با شبکه های آموزشی ایجاد شده توسط وایمکس می توان ارتباط تلفنی، انتقال دیتای مربوط به پرونده دانش آموزان، ایمیل، دسترسی به اینترنت و اینترنت و آموزش از راه دور به صورت ویدیویی بین اداره مرکزی با تمامی مدارس و بین مدارس با یکدیگر را برقرار ساخت.

استفاده در مخبرات دریایی

صنایع نفت و گاز می توانند از تجهیزات وایمکس برای ایجاد لینک های ارتباطی بین سکوها های نفتی دریایی و مراکز مربوط در خشکی، به منظور کنترل و مراقبت از انجام عملیات اکتشاف، حفاری و استخراج، ایجاد امنیت و نیز انجام ارتباطات معمولی مانند تلفن، پست الکترونیکی، دسترسی به اینترنت، ویدئو کنفرانس و... استفاده کنند. از مصادیق کنترل عملیات می توان به ارسال تصاویر ویدیویی مربوط به نقص یا خرابی تجهیزات از سکوها به مراکز واقع در خشکی برای بهره مندی از دانش و راهنمایی سریع متخصصان حاضر در آن و از مصادیق امنیت به اخطار های دیدبانی و نظارت ویدیویی اشاره کرد. شبکه های وایمکس حتی می توانند به سرعت و سادگی پیاده سازی شوند، این امر در ایجاد سکوها موقت و یا انتقال سکو به مکانی دیگر، مزیت مهمی است. بدیهی است در این زمینه، فناوری های سیمی حرفی برای گفتن ندارند.

تشکیل شبکه های موقتی برای سازمانهای عمرانی

سازمانها عمرانی می توانند از وایمکس برای ایجاد لینک بین اداره مرکزی و دیگر سایت های فعال در انجام یک طرح، اداره های مرتبط با فعالیت های عمرانی و سایر سازمانهای همکار در انجام پروژه مانند سایر شرکتهای معماری و مهندسی، انبارهای کالا و مصالح و...، استفاده کنند.

به کارگیری دردوربین های مدار بسته برای حراست و امنیت سازمانها

امروزه در بسیاری از سازمانها دوربین های مدار بسته در جهت اهداف نظارتی و امنیتی به خدمت گرفته می شوند. در این میان، نیاز به یک زیرساخت مناسب برای کنترل یکپارچه و بهینه این دوربین ها و نیز دشواری نصب دوربین های نظارتی در مناطق دوردست و مناطقی که دسترسی به آنها با روشها و زیرساخت های قدیمی یا سیمی بسیار گران و یا دشوار است، مشکلاتی هستند که سازمانها با آن دست به گریباند. وایمکس به آسانی می تواند با رفع این موانع، امکان نصب آسان و سریع دوربین های نظارتی را در سیستم های امنیتی و نظارتی جدید و در حال توسعه فراهم سازد.

۴-۲) ویژگی ها و مزایای فنی WiMax:

- رنج فرکانس از ۲GHZ تا ۶GHZ
- پهنای باند از ۱.۵MHZ تا ۲۰MGHZ
- نرخ تبادل اطلاعات تا ۷۰Mbps
- تحت پوشش قرار دادن محدوده ای به شعاع ۵۰KM
- تبادل اطلاعات بین فرستنده و گیرنده به صورت line-of-sight و non-line-of-sight
- امکان اتصال به لینک های کابلی DSL و T1/E1

• قابلیت سازگاری با تکنولوژی‌هایی مانند WiFi

• پشتیبانی از توپولوژی‌های تحت استاندارد IEEE مانند Token Ring و نیز ساختارهایی خارج از استاندارد IEEE مانند LLC

• حذف کابل کشی‌های طولانی

• صرفه جویی در هزینه‌های توسعه و نگهداری شبکه

• قابلیت ایجاد ارتباط با کاربران

در زیر تعدادی از مزایای فنی این فناوری را به اختصار بیان می‌کنیم :

معماری انعطاف پذیر (Flexible Architecture) :

Wimax از ساختارهای مختلف سیستمی شامل ارتباطات نقطه به نقطه، نقطه به چند نقطه و پوشش همه جانبه حمایت می‌کند. لایه MAC در Wimax ارتباطات نقطه به چند نقطه و پوشش همه جانبه را به وسیله زمان بندی کردن یک شیار زمانی برای هر ایستگاه کاربر (SS) انجام می‌دهد. اگر تنها یک SS در شبکه باشد، ایستگاه پایه Wimax با آن، بر اساس روش نقطه به نقطه، ارتباط برقرار می‌کند. یک، ایستگاه پایه (BS) در ساختار ارتباطی نقطه به نقطه می‌تواند یک پرتو آنتنی باریک تر را به منظور پوشش ناحیه وسیع تر به کار گیرد.

امنیت بالا:

Wimax از استاندارد پیشرفته رمزگذاری (AES) و استاندارد رمزگذاری سه گانه (DES^۳) استفاده می‌کند. با رمزگذاری بیت لینک‌های BS و SS، Wimax کاربر را در برابر استراق سمع ایمن می‌کند. امنیت بالا از سرقت سرویس‌ها (استفاده کردن از سرویس‌ها بدون اجازه اپراتور) نیز جلوگیری کرده، از متضرر شدن اپراتورها جلوگیری می‌کند. Wimax در بطن خود از فناوری VLAN برخوردار است این فناوری از دیتا هنگام ارسال از یک BS و به وسیله کاربران متفاوت حفاظت می‌کند.

پیاده سازی سریع:

در مقایسه با پیاده سازی فناوری‌هایی سیمی، می‌توان گفت که نصب تجهیزات Wimax زحمتی ندارد! زیرا به کندن زمین به منظور قرار دادن کابل نیازی ندارد. هنگامی که آنتن‌ها و تجهیزات، نصب شده و راه بیفتد؛ Wimax برای سرویس دهی آماده است. در مواردی پیاده سازی Wimax در چند ساعت انجام می‌شود.

سرویس دهی چند سطحی (Multi level service) :

شیوه‌ای که در آن کیفیت سرویس مطلوب به کاربر می‌رسد در حالت کلی بر مبنای یک سطح تراز توافق خدمات (SLA) بین سرویس دهنده و کاربر نهایی است.

یک سرویس دهنده می‌تواند 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 می‌گردد .

در استاندارد Wimax یک سرویس دهنده می‌تواند سرویس‌هایی را با SLAهای متفاوت به مشترکان متفاوت در شبکه یا حتی کاربران متفاوت در همان BS ارائه دهد.

قابلیت همکاری درونی :

از آنجایی که Wimax بر اساس یک استاندارد بین‌المللی شکل گرفته است، استفاده از آن برای کاربران نهایی و سرویس‌دهندگان آسان‌تر است؛ زیرا قابلیت همکاری و تعامل درونی ناشی از یکسان بودن استاندارد، هم به کاربران اجازه استفاده از SSهای خود را در مکان‌های مختلف می‌دهد و هم به سرویس‌دهندگان امکان می‌دهد که تجهیزات مورد نیاز خود را از سازندگان متفاوت خریداری و نصب کنند.

تحریک پذیری :

در الحاقیه استاندارد IEEE ۸۰۲.۱۶e، در لایه‌های فیزیکی OFDM و OFDMA تغییراتی به منظور حمایت از تحریک‌پذیری و داشتن قابلیت استفاده در سلول‌های سیار اعمال شده است. این ارتقا شامل طراحی OFDMA قابل مقیاس‌بندی و حمایت از حالت Idle/Sleep و Hand-off در شبکه است که مجموعاً اجازه ایجاد ارتباط در حال حرکت تا سرعت ۱۶۰ کیلومتر در ساعت را می‌دهد.

مقرون به صرفه بودن (Cost effective) :

Wimax بر اساس یک استاندارد باز بین‌المللی است. تقاضای فراوان برای این استاندارد و تولید انبوه تراشه‌های مربوط به آن باعث کاهش محسوس هزینه‌ها می‌شود. این امر منجر به ایجاد فضای رقابتی‌تر در بازار خواهد شد، فضایی که مسلماً به نفع تولیدکننده، سرویس‌دهنده و کاربر نهایی خواهد بود.

گستره وسیع پوشش :

Wimax به طور پویا از سطوح چند مدولاسیونی شامل 16QAM، QPSK، BPSK و ۶۴QAM استفاده می‌کند. هنگامی که با یک تقویت‌کننده توان بالا مجهز شود و از مدولاسیون‌های سطح پایین (مانند BPSK یا QPSK) استفاده کند، قادر خواهد بود ناحیه جغرافیایی وسیعی را مخصوصاً در نواحی یکدست و بدون مانع، پوشش دهد.

کار کردن در خط غیر مستقیم NLOS :

Wimax بر اساس فناوری OFDM است که قابلیت استفاده به صورت NLOS را دارد. این قابلیت به محصولات Wimax کمک می‌کند که پهنای باند وسیعی را به صورت دید در خط غیرمستقیم برای انتقال دیتا فراهم آورد، در حالیکه بسیاری از فناوری‌های بی‌سیم دیگر چنین قابلیتی ندارند.

ظرفیت بالا (High Capacity) :

استفاده از مدولاسیون‌های سطح بالا (مثل ۶۴QAM) و پهنای باند کانال بالاتر (۷ مگاهرتز) می‌تواند ظرفیت قابل ملاحظه‌ای را برای کاربر نهایی فراهم کند. استفاده از روش‌های MIMO و روش‌های کانالیزه کردن انعطاف‌پذیر، کدینگ و مالتی پلکسینگ پیشرفته، باعث می‌شوند که سرعت انتقال دیتا (با در نظر گرفتن کانال‌های ۱۰ مگاهرتزی) در پایین سو تا ۶۴Mbps و در بالاسو تا ۲۸Mbps در هر سکتور برسد. آنچه که به طور معمول در رابطه با حداکثر برد شبکه‌های WiMax در متون فنی اعلام می‌شود، برد ۵۰km است. این حداکثر برد در شرایط بهینه جوی و محیط عاری از ساختمان و موانع دیگر و با نرخ بیت پایین امکان‌پذیر است. به طور معمول، برد این شبکه‌ها برای کاربردهای داخل خانه (NLOS) حدود ۵km و برای کاربردهای خارج از خانه که آنتن در بالای ساختمان نصب می‌گردد (LOS)، برابر ۱۵km است.

برد معمول در مناطق دورافتاده و روستایی برای کاربرد خارج از خانه برابر 15km و در مناطق شهری برای کاربردهای خارج از خانه برابر 1km است. بنابراین مشاهده می‌شود که تفاوت زیادی بین آنچه در متون فنی به عنوان حداکثر برد این فناوری ذکر می‌شود، با برد معمول وجود دارد.

در متون فنی برای توصیف شبکه‌های WiMax از عبارات زیر استفاده می‌شود:

• تا 50km برد قابل پوشش؛ • تا 75Mbps به ازای هر کانال رادیویی؛ • تا 300Mbps نرخ قابل ارائه توسط ایستگاه پایه. اما به کار بردن عبارت "تا" در این جملات دارای نوعی ابهام است که در ادامه هر یک را توضیح خواهیم داد. پوشش 50 کیلومتری: به توان ارسال بسیار بالایی نیاز دارد و باید از آنتن‌های خارج از خانه استفاده نمود. نوع آنتن باید LOS باشد و مانعی در بین نباشد و محیط کاملاً عاری از آلودگی هوا و شرایط جوی کاملاً مساعد باشد. به علاوه باید از مدولاسیون‌های با قابلیت اطمینان بالا استفاده کرد که به معنی مرتبه پایین‌تر در مدولاسیون بوده که این نیز به معنی نرخ بیت کمتر است. برآورده ساختن این نیازها در باندهای فرکانسی بدون مجوز امکان‌پذیر نیست. بنابراین در شرایطی کاملاً ایده‌آل با نرخ بیت پایین و توان بسیار بالا می‌توان تصور نمود که چنین پوششی را بتوان فراهم ساخت.

نرخ 75Mbps به ازای هر کانال رادیویی: این عبارت با فرض کانال‌های 20 مگاهرتزی مطرح شده است که عملاً در فرکانس‌های مجوزدار پایین چنین باندی به سختی در دسترس است. برای دست‌یافتن به این نرخ بیت نیز باید شرایط جوی کاملاً مساعد، توان ارسال بسیار زیاد و فاصله ارسال بسیار کم (در حد کمتر از 200 متر) باشد.

نرخ 300Mbps به ازای هر ایستگاه پایه: این نرخ نیز در شرایط جوی کاملاً ایده‌آل، توان بالا و فاصله کم امکان‌پذیر است و به پهنای باند بسیار زیادی نیاز دارد که عملاً در باندهای فرکانسی امکان‌پذیر نیست.

علاوه بر نکاتی که در اینجا بیان نمودیم، به دو نکته دیگر نیز باید توجه داشت:

اولاً با توجه به اینکه این استاندارد نیز برای دسترسی کانال پهنای باند موجود بین کاربران را تقسیم می‌کند، با افزایش تعداد کاربران، پهنای باند کمتر می‌شود و بنابراین حداکثر نرخ بیتی که می‌توان در اختیار کاربران قرار داد با افزایش تعداد کاربران کاهش می‌یابد. در نتیجه آنچه به عنوان نرخ بیت معمول در این استاندارد بیان می‌شود نیز در عمل بین کاربران تقسیم می‌شود و سهم کاربران از نرخ بیت ممکن است بسیار کم شود. نکته دوم کاهش برد ارسال در مناطق شلوغ است. برای اینکه در مناطق پر تراکم بتوان نرخ بیت مناسبی را در اختیار کاربران قرار داد، باید شعاع سلول‌ها را کاهش داد که به معنی کمتر شدن برد ارسال از آنچه به عنوان برد ارسال معمول مطرح می‌شود، است.

قابلیت همکاری با اپراتورهای دیگر (Interoperability):

این قابلیت کمک می‌کند تا از سرمایه اولیه اپراتورها در هنگام تهیه تجهیزات محافظت شود و به تبع آن هزینه‌ها با این هماهنگی به عمل آمده کاهش یابد. خصوصیت interoperability در این تکنولوژی، بدین معناست که کاربر می‌تواند هر محصول مورد علاقه 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.

خدمات ارزش افزوده:

در فناوری ارتباطی وایمکس کاربر علاوه بر استفاده از اینترنت، می‌تواند از خدماتی همچون: تلفن اینترنتی (VoIP)، شبکه‌ی اختصاصی مجازی (VPN)، انتقال داده‌ها همچون فایل‌های موسیقی، تصویری، ویدئویی و ... و بسیاری موارد دیگر استفاده کند.

Virtual Private Network نوعی از پیکربندی های شبکه است که به دلیل امنیت فوق العاده بالاتری که نسبت به دیگر توپولوژی های شبکه های کامپیوتری دارد با استقبال بی نظیری مواجه شده است. در حقیقت با ایجاد یک تونل اختصاصی میان فرستنده و گیرنده اطلاعات، امکان دسترسی کاربران متفرقه به اطلاعات مبادله شده در شبکه را از میان می برد. هر چند بسته اطلاعاتی را به صورت کپسولی در آورده و ارسال می نماید که این کار سبب می شود داده ها در حین پروسه ارسال برای کاربران متفرقه به هیچ عنوان قابل دسترسی نباشند و امنیت داده ها را تا پایان این پروسه تضمین میکند. شبکه ای است کاملاً ایده آل برای سازمان ها و شرکت هایی با تعداد شعبات بالا و پراکنده که برای آنها امنیت داده ها در حین پروسه ارسال و دریافت مهمترین نکته به شمار می رود.

Video on Demand یا به اختصار VOD سرویس پخش ویدیو و فایل های تصویری بر روی بستر IP می باشد که کاربرد آن در پخش برنامه های تلویزیونی، پخش زنده همایش ها، کنفرانس ها و یا مسابقات ورزشی می باشد. در این سرویس محتوا از طریق دریافت کننده های ماهواره ای، دریافت کننده های تلویزیونی و یا دوربین های تلویزیونی دریافت و از طریق دستگاه ها یا کارتهای PCI و AGP وارد سیستم می شود و بوسیله سرورهای Encoding به یکی از استانداردهای قابل پشتیبانی توسط سیستم تبدیل، فشرده و آماده پخش می شود.

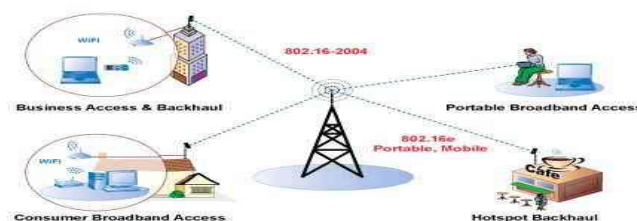
کنفرانس ویدئویی Video Conferencing :

در یک تعریف ساده و اولیه می توان گفت Video Conferencing یعنی امکان برقراری ارتباط بین دو یا چند مکان داخل شهری، بین شهری، بین کشوری و یا ترکیبی از آنها به نحوی که در هر مکان شخص یا گروه شرکت کننده در کنفرانس بتواند صدا، تصویر، اطلاعات دیجیتال و مدارک کاغذی (مستندات، نقشه ها و ...) اشخاص و گروه های دیگر شرکت کننده در کنفرانس را بشنوند و ببینند.

۳-۴) برخی از روش های به کارگیری وایمکس :

- به عنوان زیرساخت (Backhaul) در شبکه های مخابراتی :
- کاربردهای آن عبارتند از: زیر ساخت بی سیم سلولی، زیر ساخت بی سیم سرویس دهنده های بی سیم، شبکه های بانکی، شبکه های آموزش از اره دور، ارتباط بین سازمان های امنیتی (پلیس، آتش نشانی، اورژانس و ...)، ارتباطات ساحلی (شرکت های گاز و نفت و ...)، شبکه های موقت مخابراتی (همایش ها، سمینارها و ...) و چندین کاربرد دیگر از همین دست.
- به عنوان شبکه های عمومی :

در این مورد نیز می توان به شبکه دسترسی جهت سرویس دهنده های بی سیم و ارتباطات روستایی اشاره کرد.



شکل ۴-۱: انواع کاربردهای وایمکس

۴-۴) سرویس های کاربردی وایمکس :

سرویس کاربردی ثابت

نحوه ارائه این سرویس بدین گونه است که مشتری برای سرویس پهن باند ثابت وایمکس ثبت نام می کند. اپراتور، یک مودم وایمکس، یک شناسه سرویس، کلمه کاربری و رمز عبور به مشترک می دهد. مشترک، مودم ایستگاه مشترک (Station Subscriber) را در محلی با پوشش مناسب سیگنال های وایمکس قرار می دهد و به شبکه وصل می شود. این روش ابتدایی ترین شیوه بهره برداری از شبکه وایمکس است. این سرویس به دو روش : سرویس ثابت خارجی با محدوده تحت پوشش بیشتر (outdoor fixed) و سرویس ثابت داخلی با محدوده پوششی کمتر (indoor fixed) ارائه می شود. تا حدودی می توان سرویس ثابت وایمکس را با سرویس پهن باند کابلی (DSL) مشابه دانست.

سرویس کاربردی کوچی

در این روش، مشترک یا مودم مستقل دارد یا مازولی که روی لپ تاپ سوار می شود. بر خلاف روش ثابت، مشترک می تواند اتصال خود را قطع کند و از نقطه ای دیگر به شبکه وصل شود. یعنی در حین اتصال ثابت بوده ولی مکان و موقعیت مشترک می تواند تغییر کند.

سرویس کاربردی قابل انتقال

مشترک می تواند در حین اتصال به شبکه در اطراف با سرعت قدم زدن حرکت کند و هم چنان به شبکه وصل باشد. هر گاه به انتهای محدوده تحت پوشش یک ایستگاه پایه (station base) نزدیک شود، مودم عملیات تحویل ایستگاه پایه را انجام می دهد. تحویل ایستگاه پایه (HandOver) با قطعی بسیار کوتاهی همراه است که ممکن است اتفاقاتی مانند دیرکرد زمانی، کاهش کارایی و حتی از دست دادن بسته های داده در هنگام تغییر ایستگاه پایه رخ دهد.

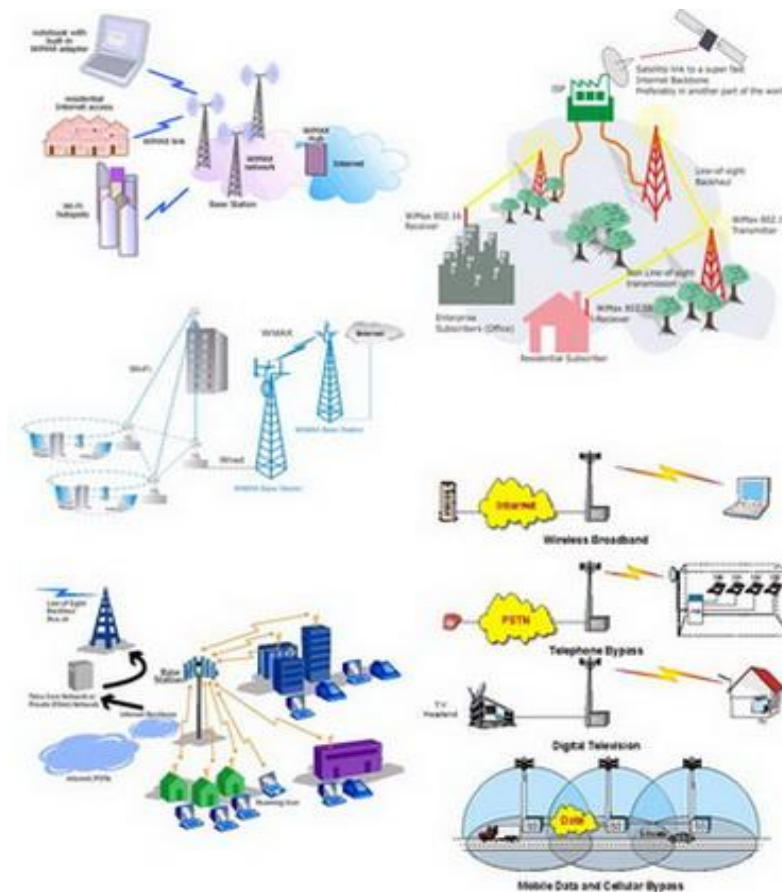
سرویس کاربردی سیار ساده

مشترک می تواند با سرعتی بین ۰ تا ۶۰ کیلومتر بر ساعت بدون قطعی در اثر تحویل ایستگاه، با تداوم اتصال به شبکه حرکت کند. با این سرعت هیچ کاهش کارایی مشاهده نخواهد شد. در سرعت های بالاتر از ۶۰ کیلومتر بر ساعت، هم قطعی کوتاه و هم افت کارایی به دنبال خواهد داشت.

سرویس کاربردی سیار کامل

مشترک سیار، چه در موقعیت ثابت، چه در موقعیت متحرک با سرعت های حتی بالاتر از ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت، بدون قطعی و با تداوم اتصال و بدون افت کارایی به شبکه متصل است. در این سرویس، دیرکرد زمانی کمتر از ۵۰ms است و احتمال از دست دادن بسته های اطلاعاتی کمتر از ۱٪ است. این ویژگی کاربرد سیار کامل را برای امکاناتی چون VoIP مناسب گردانده است.

از وایمکس می توان در زیر ساخت شبکه های لن سیمی و بی سیم، شبکه های سلولی و انواع دیگر شبکه ها استفاده کرد. در این مقوله به چند تصویر از شبکه های وایمکس بسنده می کنیم.



شکل ۴-۲: انواع سرویس های ارائه شده در وایمکس

۵-۴) اشکالات وایمکس :

وایمکس البته با دو مشکل هم روبه رو است. اول این که این سرویس بی حد و مرز می تواند امنیت دولت ها را به خطر اندازد از همین رو به موازات تأمین تجهیزات فنی و امکانات فیزیکی، باید مسائل حقوقی آن نیز با دقت بررسی و قوانین لازم و دقیقی برای آن تدوین شود. موضوع دوم بحث هزینه وایمکس برای کاربران است که در مورد آن شیوه های عمل متفاوتی وجود دارد. در برخی کشورها، مانند تلفن همراه از مشترکان «وایمکس» هزینه اتصال برحسب مدت دریافت می شود و در بسیاری از کشورها نیز مشتری هزینه اشتراک ثابتی را می پردازد. مسئولان ذیربط باید به گونه ای برنامه ریزی کرده و این پروژه ارزشمند را پیش ببرند که همزمان با ارائه این سرویس به کاربران، تمام بسترهای قانونی، حقوقی و مسئله قیمت آن نیز حل شده باشد.

مزایای استفاده از WiMax

۶-۴) مقایسه وایمکس با دیگر فن آوری ها :



شکل ۴-۳: مقایسه محدوده پوشش در وایمکس و وای فای

وای فای یک فن آوری پهن باند بی سیم خصوصی است و نام دیگر استاندارد IEEE 802.11 است که در شبکه های محلی بی سیم (WLAN) به کار می رود و در سال ۹۷ اولین استاندارد آن به تصویب رسید. معمولا از باندهای فرکانسی ۲/۴ و ۵ گیگا هرتزی استفاده می کند که فرکانس های بدون مجوز هستند. نرخ بیتی برابر با حداکثر ۵۴Mbps دارد که بسته به نوع استانداردهای وای فای شامل استانداردهای IEEE 802.11, a, b, e, g, h, I, n است. برای کاربردهای عمومی و مردمی از g 802/11 استفاده می شود. لپ تاپ ها و تلفن های همراه هوشمند تقریبا همه دارای سیستم وای فای داخلی هستند. اما برای رایانه های شخصی، می توان یک کارت وای فای نصب کرد که می تواند در قالب کارت های PCMCIA باشد و به صورت اکسترنال و از طریق USB قابل عرضه هستند. تکنیک مدولاسیون در این فن آوری OFDM است. مقایسه وایمکس و وای فای، مقایسه دو ساختار و چارچوب مختلف است. از نظر تاریخچه، (چه در استاندارد سازی و چه تولیدات صنعتی) وایمکس تقریبا شش سال پس از وای فای به وجود آمده است. در کاربرد نیز وای فای در شبکه های محلی بی سیم و وایمکس در شبکه های شهری بی سیم به کار می روند. برد وایمکس به مراتب از برد وای فای بیشتر است. هم چنین در قابلیت تحرک بین سلولی، مدیریت کیفیت سرویس، راندمان و بازده طیف های مورد استفاده از وای فای بهتر است. اما به خاطر فرکانس و تجهیزات پیچیده، با قیمت بالاتری عرضه می شود. اگر از فکر قیاس این دو فن آوری خارج شویم، خواهیم دید که در پیاده سازی شبکه ها، می توانند مکمل های خوبی برای هم باشند. چرا که وایمکس می تواند زیر ساخت شبکه های کوچک وای فای باشد و به عنوان نقطه اتصال به شبکه بی سیم به کار رود و می تواند Spot Hot ها را به هم وصل کند. Spot Hot مکانی است که می توان به یک شبکه بی سیم عمومی وصل شد.

جدول ۴-۱: مقایسه ی بین فناوری وایمکس و وای فای

Wi-Fi	Wimax
دامنه	۹.۵ کیلومتر
توان	72 Mbps
امنیت	پنهان سازی چند سطحی
کیفیت سرویس QoS	تخصیص پویای پهنای باند، مناسب برای صدا و تصویر

سیستم های سلولی نسل سوم (3G):

3G یک فن آوری در محدوده ون بی سیم (WWAN) است. وایمکس در محدوده فرکانسی بالاتری نسبت به 3G استفاده می شود که این امر توان دریافتی کمتر و توان ارسالی با محدودیت های عملیاتی بیشتری را موجب می شود. اما همین طیف فرکانسی بالا در بسیاری از کشورها، ارزان تر از فرکانس سیستم 3G است. (مجوز UMTS در اروپا و به خصوص در آلمان و انگلیس بسیار گران به فروش می رسد. 3G سیستمی است که اکنون در دسترس است. تجهیزات آن شامل نرخ داده بالا در شبکه HSDPA است و از سال ۲۰۰۵ در برخی کشورها از تجهیزاتش استفاده می شود. در کل می توان گفت در سطح جهان از نظر میزان به کارگیری و پیشرفت، 3G وضعیت بهتری دارد. وایمکس

لایه ی فیزیکی بر پایه ی OFDM دارد. تکنیکی شناخته شده برای انتقال که از طیف فرکانسی نسبتاً بالایی سود می جوید. طرح هایی وجود دارد تا OFDM در 3G نیز باعث بهبود کیفیت و تکامل این فن آوری شود، که البته کمی تا پیاده سازی فاصله دارد. طیف فرکانسی وایمکس ممکن است از یک کشور تا کشور دیگر تغییر کند و این، کار را برای تولیدکنندگان تجهیزات مشکل کرده است. این عدم تطابق، موجب ساخت تجهیزات سیار چند فرکانسی شده که البته هزینه بالاتر تجهیزات را موجب می شود. هم چنین برخی کشورها برای استفاده از فرکانس های وایمکس دچار محدودیت هستند و یا این که رگولاتور می تواند از گسترش وایمکس سیار توسط اپراتورها جلوگیری کند. 3G سلولی، از یک پشتیبانی و حمایت بسیار قوی توسط تولیدکنندگان برجسته ای چون نوکیا برخوردار است و علاقه شرکت ها و تولیدکنندگان دیگر، به 3G هنوز بیشتر از علاقه مندان وایمکس است. اما از سوی دیگر، وایمکس، حامیان غول پیکری چون اینتل، سامسونگ، KT و ... دارد که وجود این حامیان، بازار رقابت را بسیار داغ کرده است. رقابت بین وایمکس و 3G مانند رقابت در حوزه های دیگر (مثال PS3 و X-box یا رقابت سازندگان خودرو) بستگی به کیفیت این فن آوری ها و جلب علاقه و رضایت عموم دارد و زمان، پیروز این میدان را مشخص خواهد کرد.

جدول ۴-۲: مقایسه بین چند فناوری بی سیم

نوع سیستم بی سیم	فرکانس عملیاتی (GHZ)	مجوز فرکانسی	بهنای باند یک کانال (MHZ)	تعداد کاربر در هر کانال	برد (km)
GSM / EDGE	0.9-1.8...	با مجوز	0.2	2-8	30
UMTS	1.9	با مجوز	5	>25	5
WiFi (11a)	2.4	بدون مجوز	5	1	0.1
WiFi (11b)	5	بدون مجوز	20	1	0.1
WiMAX (2004,e)	2.3-2.5-3.3-3.5-5-5.8...	با مجوز بدون مجوز	3.5-7-10-20-...	>100	@2004 = 50 @e = 20

پذیرش وایمکس در IMT-2000 : در اکتبر ۲۰۰۷، اتحادیه مخابرات بین المللی (ITU)، وایمکس را جزء استانداردهای ارتباط سیار IMT-2000 پذیرفت و وایمکس ششمین واسطه رادیویی IMT-2000 پس از 3G قرار گرفت. در چنین شرایطی وایمکس می تواند در باندهای فرکانسی اختصاص یافته به فن آوری های 3G نیز فعالیت کند. فن آوری ای که در خانواده IMT-2000 قرار گیرد، قابلیت سازگاری و هماهنگی با سیستم های نسل سوم مخابرات سیار را دارد. این استانداردها از چهار تکنیک دستیابی CDMA، TDMA، FDMA و OFDMA پشتیبانی می کنند. پذیرش وایمکس به عنوان IMT-2000، راه را برای ارائه خدماتی چون VoIP هموارتر کرد. حال وایمکس نیز مانند، فن آوری های نسل سوم می تواند از باندهای ۲/۴۹-۲/۶۹ گیگا هرتزی جهت ارائه خدمات اینترنتی سیار بهره برد. هر چند اتحادیه GSM و اپراتورهای انگلیسی O2، T-Mobile، و ژیمنس و اتحادیه UMTS با این تصمیم مخالفت کردند، اما مجوز باند فرکانسی ۲/۶ GHZ به بسیاری از کشورها واگذار شده یا خواهد شد. باید توجه داشت که تصمیم پذیرش وایمکس به عنوان یک خصوصیت IMT-2000 به این معنی نیست که اپراتورهای 3G و دیگر اپراتورها موظف گردند از وایمکس در محصولات و خدماتشان استفاده کنند. بلکه این یک آینده نگری جهت ایجاد فرصت های جدید سرمایه گذاری است.

WiMAX در رقابت با WLAN

WiMax با برتری برابر ۵۰ کیلومتر و سرعت دسترسی معادل ۷۰ مگا بیت بر ثانیه، در حال تکامل بخشیدن به فناوری ASL است .

نقطه ضعف بزرگ فناوری های باند پهن فعلی آن است که به دلیل نیاز به سیم کشی، نمی توانند همه مناطق را پوشش دهند. زیرا امکان سیم کشی در همه جا وجود ندارد. فناوری WiMax آمده تا این مشکل را مرتفع کند WiMax می تواند امکان دسترسی به باند پهن را برای مشترکان معمولی و تجاری به صورت بی سیم فراهم کند. البته WiMax رقیب LAN بی سیم نیست. اما انحصار آن را به چالش می کشد. WiMax اینترنت را با سرعت ۷۰ مگابیت بر ثانیه و در محدوده ای ۵۰ کیلومتری به مجتمع ها و ساختمان ها می رساند و از آن جا به بعد، ایستگاه های کاری از طریق Wlan یا شبکه سیمی به اینترنت متصل می شوند.

این فناوری کجا از WLAN جدا می شود؟

از نظر تئوری، WiMax و WLAN می توانند با هم تداخل کاری داشته باشند. زیرا در برخی کشورها شبکه های WLAN از همین محدوده فرکانسی استفاده می کنند. اما زیمنس اطمینان داده است که WiMax از محدود فرکانسی ۲.۴ تا ۲.۸۳۴ گیگاهرتز به منظور استفاده در WLAN استفاده نکند.

آنتن های هوشمند در ۸۰۲.۱۶ به منظور افزایش محدوده تحت پوشش و بالا بردن بازدهی، امکان استفاده از آنتن های هوشمند نیز فراهم شده است. یعنی به جای یک آنتن از چهار آنتن استفاده می شود. هر یک از این چهار آنتن، در بازه های زمانی معینی، عملیات ارسال و دریافت داده را انجام می دهند. این آنتن ها یا سیگنال های مختلفی را ارسال می کنند یا جریان داده اضافی می فرستند. این تکنیک آخر، برای استفاده در WiMax یک روش ایده آل است. زیرا باعث می شود علی رغم موانع مختلفی که در مسیر ارتباطی وجود دارد، مانند ساختمان ها و درختان، حداقل یک سیگنال، شانس رسیدن را بیاید و دیگر نیازی به ارسال مجدد نباشد.

طبق بررسی اینتل، بازدهی این آنتن های چهارگانه که به MIMO یا چند ورودی-چند خروجی معروفند، چهار برابر آنتن های تکی است. برای رسیدن به توان مشابه در آنتن های معمولی، باید میلیون ها بار توان بیشتری مصرف کرد. البته، سیستم هایی که از آنتن های MO-MI استفاده می کنند، برای مدیریت صحیح سیگنال ها نیاز به پردازش بیشتری دارند.

اینتل بر این باور است که این آنتن ها در سیستم های انتقال داده آینده، حتما مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین می توان بدون پرداخت هزینه بالا، از این آنتن ها در PC ها و نوت بوک ها استفاده کرد، زیرا هزینه تمام شده هر آنتن، کمتر از یک دلار خواهد بود.

IEEE802.16 علاوه بر استفاده از آنتن های هوشمند، از شبکه های Mesh نیز، که برای تحت پوشش قراردادن مناطق گسترده تر کاربرد دارند، پشتیبانی می کند. در شبکه های Mesh تلفن های همراه، PDAها، نوت بوک ها، بازی های الکترونیکی، و PC ها به عنوان نقاط تقویت سیگنال شبکه مورد استفاده قرار می گیرند تا به این ترتیب، دامنه تحت پوشش شبکه به میزان زیادی گسترش یابد. ویژگی این شبکه ها در این است که ادوات به کار رفته، ارسال را با توان پایین انجام می دهند تا نیاز به مصرف انرژی زیادی وجود نداشته باشد. این ویژگی در شبکه هایی که ادوات به کار رفته در آن، مانند تلفن های همراه یا PDAها، از باتری استفاده می کنند، بسیار مهم است.

با وجود ADSL جایگاه WiMAX کجاست؟

در برخی از کشورهای نظیر کره ی جنوبی که از زیر ساخت های شبکه ی کابل مسی انبوه برخوردار است و ضریب نفوذ تلفن ثابت آنان از مرز ۹۰ افزون است سرمایه گذاری اولیه روی کابل مسی سالها می تواند توسعه اینترنت پر سرعت را با فن آوری ADSL تضمین نماید.

در کشوری مثل افغانستان که فاقد زیر ساخت های شبکه کابل مسی می باشد (ضریب نفوذ تلفن ثابت در این کشور کمتر از ۱۰ است و ضریب نفوذ تلفن همراه این کشور ۱۳.۵ می باشد) ، برای استفاده از اینترنت پر سرعت تلفن همراه نسل سوم 3G راه حل موثر تری است. در ایران که شبکه تلفن ثابت ۲۵ میلیونی دارد و تلفن همراه نسل ۲۰ حدود ۴۵ میلیون مشترک دارد. راه حل دیگری چاره ساز است .نتیجه گیری اینکه در هر کشور می توان با بررسی دقیق شبکه های موجود و توسعه یافتگی و عدم توسعه یافتگی الگوی مناسبی طراحی کرد.

در شهر اصفهان که از فن آوری PCM (استفاده از یک زوج سیم مسی برای چند مشترک) در شبکه تلفن ثابت استفاده شده در آن مناطقی که توسعه با PCM صورت گرفته بازار بکری برای فن آوری WIMAX وجود دارد. چرا که به اندازه کافی برای هر مشترک کابل مسی وجود ندارد و نیز مقرون به صرفه هم نیست که توسعه کابل مسی صورت گیرد و بعد ADSL مشکل اینترنت پرسرعت آن را حل نماید، لذا می توان از فن آوری بدون سیم ویمکس در این مورد بهره برد

در شبکه ی مخابراتی کشور با توجه به حفاری ها و توسعه های شهری شبکه های مسی خیلی پایدار نیستند و عمر مفید آنها گاه به کمتر از ۱۰ سال می رسد. توسعه شبکه ی کابلی که گاه بالاتر از ۷۰٪ سرمایه گذاری را شامل می شود مقرون به صرفه نخواهد بود. کما اینکه حفاری معابر شهرها نیز برای مردم و مسئولین مشکلاتی بوجود می آورد

لذا می توان نتیجه گیری کرد که اگر در کره جنوبی تا سال ۲۰۰۸ فقط ۲۰۰ هزار مشترک پرسرعت WIMAX وجود دارد بقیه متقاضیان پر ظرفیت از طریق ADSL مشکلشان مرتفع گردیده و با فرسودگی شبکه کابل ناگزیر توسعه به سمت و سوی فن آوری جدید می رود، این یعنی استفاده از 4G، ۳G و WIMAX و LTE اجتناب ناپذیر خواهد بود.

اگر توسعه اینترنت پر سرعت با تکنولوژی WIMAX در کره جنوبی از رشد خوبی برخوردار نیست مشابهت فن آوری WIMAX 802.16.D با فن آوری (مکان مشترک ثابت است به تعبیری دیگر مشترک قابلیت تحرک ندارد ADSL) می باشد که به دلیل شبکه کابل مسی در شرایط فعلی ADSL را اقتصادی نموده ولی با فرسودگی شبکه مسی توسعه شبکه بدون سیم WIMAX اجتناب ناپذیر خواهد بود. به هر حال آمدن فن آوری WIMAX 802.16.e و WIMAX 802.16.M که برخورداری از سرعت بالاتر را دارند و مشتری در حال حرکت نیز می تواند از سرویس امن و با کیفیت بالا استفاده کند با توجه به فرسودگی شبکه های مسی ناگزیر توسعه جدید به سمت WIMAX بدون سیم خواهد بود.

انگیزه مشتری برای جذب فن آوری WIMAX بیشتر است چرا که 25 :میلیون تلفن ثابت همه از کابل مسی برای ارتباطات استفاده نمی نمایند و از PCM نیز در شبکه استفاده شده و یا کهنگی شبکه ی کابل مسی نیز استفاده از ADSL را با مشکل مواجه می کند و نیز شبکه ی ۴۵ میلیونی تلفن همراه نسل ۲ تا ۲.۷۵ ارائه خدمات ارزش افزوده نظیر SMS ، GPRS و MMS و کوچکی صفحه نمایش تلفن همراه رغبت مشتری را به این فن آوری ارضاء نمی نماید و فن آوری جدیدتر نظیر WIMAX چاره ساز است که با سرعت بالا قابلیت ارائه همه نوع خدمات اینترنتی نیز می باشد. (دریافت اطلاعات تا 5.5 مگابیت)

لذا نتیجه می گیریم، استفاده از فن آوری جدید WIMAX هم اقتصادی تر است و هم استفاده از آن سهل تر است. بشرط آنکه با استراتژی (نقشه راه) بدنبال توسعه آن باشیم.

رقبای وایمکس

با توجه به استانداردهایی همچون وای‌فای و نسل سوم ارتباطات سیار (3G)، برخی از متخصصان اعتقاد دارند که فناوری وایمکس قادر نخواهد بود تا مشترکان بسیاری را در سطح عموم به خود اختصاص دهد و این در حالیست که همچنان فناوری‌های جدیدی پا به عرصه ظهور می‌گذارند. یکی از دلایل عنوان شده نیز ارائه سرعت ارسال داده‌ای قابل قیاس با این فناوری است.

پاسخ آن است که هر چند تقاضای اولیه برای این فناوری کم باشد، تجهیزات مبتنی بر وایمکس که تا کنون از رشد خوبی برخوردار بوده‌اند، می‌توانند به راحتی آن را بهبود بخشند. به عبارتی دیگر، هر چه دستیابی این فناوری به بازارهای جهانی زمان‌بر باشد، از سوی دیگر، استانداردهای شبکه‌های موجود نیز نیاز دارند تا سریع‌تر عمل کرده و از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار باشند. شرکت اینتل نیز معتقد است که طبیعت دستیابی باز شبکه‌های وایمکس و ارائه تراشه‌های جدید سیار وای‌فای/ وایمکس، می‌تواند در پذیرش این فناوری در سطح جهانی بسیار مؤثر باشد.

در این بین، فناوری LTE نیز که به عنوان یکی از رقبای فناوری وایمکس پا به عرصه ظهور گذاشته است، با استقبال خوبی از سوی برخی کشورها و به خصوص کشورهای اروپایی مواجه شده است. شرکت‌هایی نیز تصمیم به استفاده از این تکنولوژی جهت توسعه شبکه‌های باند وسیع خود دارند. در این میان، بیانیه‌هایی از سوی دو شرکت Verizon Wireless و Nokia Siemens Networks به چشم می‌خورد که شرکت اول تصمیم به توسعه شبکه نسل چهارم خود با بهره‌گیری از فناوری رقابتی LTE را دارد و دومین شرکت نیز آزمایشات خود را به کمک این فناوری با موفقیت به پایان رسانیده است.

فناوری LTE از جانشینان بالقوه فناوری‌های نسل سوم ارتباطات سیار به حساب می‌آید و از دیدگاه نظری، سرعت داده‌ای تا ۱۷۰ مگابیت در ثانیه را پشتیبانی می‌کند. تأثیری که فناوری LTE ممکن است بر روی وایمکس سیار داشته باشد همچنان نامعلوم است. تحلیل‌گران بر این باورند که گرچه وایمکس سیار از دید توسعه استانداردها و ارائه تجهیزات، پیش‌تاز سایر فناوری‌های رقیب می‌باشد ولی این امر نامحتمل است که این فناوری تنها برنده رقابت 4G باشد.

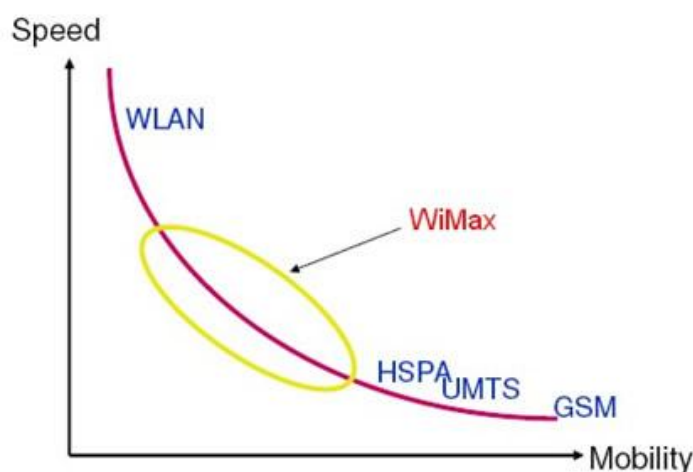
فناوری بی‌سیم EVDO نیز توانسته است تا کنون سهم خوبی از بازارهای جهانی را به خود اختصاص دهد. این فناوری که از قابلیت سیار پشتیبانی می‌کند، مشترکان بسیاری را به خود جذب کرده است و این در حالیست که هزینه‌های بسیاری را نیز برای متقاضیان خود به همراه دارد. بدین ترتیب، موضوعی که در مورد فناوری وایمکس مطرح می‌شود آن است که این فناوری باید قیمت‌های نهایی خود را پائین آورد تا بتواند در رقابت با فناوری‌های مشابه پیشی گیرد.

فناوری	WiMAX	WiFi	xDSL
برد قابل دسترسی	- طراحی شده برای ارسال اطلاعات در حدود 6 تا 10 کیلومتر بدون نیاز به دید مستقیم - قابلیت افزایش برد تا 50 کیلومتر با دید مستقیم	- طراحی شده برای پشتیبانی از مسافتی در حدود 100 متر - اضافه کردن Access Point و استفاده از آنتن پیشرفته تر از مسافتی در حدود 1 تا 5 کیلومتر - برد قابل دسترسی را افزایش می دهد. - بدون دید مستقیم	- طراحی شده برای پشتیبانی از مسافتی در حدود 100 متر - اضافه کردن Access Point و استفاده از آنتن پیشرفته تر از مسافتی در حدود 1 تا 5 کیلومتر - برد قابل دسترسی را افزایش می دهد. - بدون دید مستقیم
محولاسیون	- sub-carrier OFDM 256 using QPSK 16-QAM, 64-QAM	- QPSK	- DMT
سرعت انتقال	- بیش از 75Mbps در یک کانال 20MHz, 3.8 bps/Hz	- بیش از 54Mbps در یک کانال 20MHz, 2.7 bps/Hz	- تا 8Mbps غیر متقارن ADSL - تا 2Mbps متقارن SHDSL - تا 52Mbps متقارن VDSL
کیفیت خدمات (QoS)	- Grant-request MAC - تضمین پهنای باند برای کلیه سرویس های قابل انتقال مانند Data, Video و Voice پروی شبکه DSL Access و WiMAX - ارائه سرویس در تمامی سطوح امکان پذیر است. - کاملاً ایده آل برای شرکت ها و سازمان های بزرگ - HFDD/FDD/TDD متقارن یا نامتقارن	- 802.11e, CA/CSMA Contention-based MAC - در تلاش برای به دست آوردن این قابلیت می باشد. - TDD فقط نامتقارن - امکان ارائه سرویس در تمامی سطوح وجود ندارد.	- QoS پشتیبانی شده برای صدا و تصویر و اطلاعات - فقط مناسب برای کاربران خانگی

جدول ۴-۳: تفاوت فنی فناوری وایمکس با سایر فناوری ها

در مجموع مزایای وایمکس نسبت به دیگر انواع شبکه را می توان به صورت خلاصه اینگونه بیان کرد:

- کارآیی بالا
- ساختار استاندارد
- پشتیبانی از آنتن های هوشمند



شکل ۴-۴: نمودار سرعت نسبت به قابلیت تحرک پذیری وایمکس با سایر فناوری ها

اختصارات

3DES	Triple Data Encryption Standard
3G	third generation
AAA	Authentication Authority and Accounting
AA _s	Advanced Antenna System
AES	Advanced Encryption System
ACDMA	Asynchronous CDMA
AMC	Adaptive Modulation and Coding
ARQ	Automatic Request Query
ASM	Adjacent Subcarrier Method
ASN	Access Service Network
ASP	Application Service Provider
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AWGN	Additive White Gaussian Noise
BE	Best Effort
BLER	Block error rate
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Station Transceiver
CBR	Contention Bandwidth Request
CCI	Co – channel Interference
CDMA	Code Division Multiple Access
CID	Connection Identifier
CR	Contention Region
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Convergence Sublayer
CSN	Connectivity Service Network
DL	Down Link
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSL	Digital Subscriber Line
DSM	Diversity Subscriber Method
DVB	Digital Video Broadcast
EAP	Extensible Authentication Protocol
ERTPS	Extended rtps
EVDO	Evolution Data Optimized
FA	Foreign Agent
FBSS	Fast Base Station Switching
FCH	Frame Control Header
FD	Frequency Diversity
FDD	Frequency Diversity Duplexing
FEC	Forward Error Correction
FFT	Fast Fourier Transform
FIPS	Federal Information Processing Standard
FRF	Frequency Reuse Factor
FSF	Frequency Selective Fading

FTP	File Transfer Protocol
FUSC	Full Usage of Subcarrier
GMH	Generic MAC Header
GW	Gate Way
HA	Home Agent
HARQ	Hybrid ARQ
HHO	Hard Hand Over
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HUMAN	High Speed Unlicensed Metropolitan Area Network
IDFT	Invers DFT
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IFFT	invers FFT
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP	Internet Protocol
ISI	Inter Symbol Interference
ITU	International Telecommunications Union
LOS	Line Of Sight
LTE	Long Term Evolution
MAC	media Access Control
MBS	Multicast and Broadcast Service
MDHO	Macro Diversity Hand Over
MIMO	Multiple Input Multiple Output
ML – LFSR	Maximum Length – Linear Feedback Shift Register
MM	Multicarrier Modulation
MPDU	MAC Protocol Data Unit
MPMP	Multi Point to Multi Point
MS	Mobile Station
MSDU	MAC Service Data Unit
NAP	Network Access Provider
NLOS	Non LOS
NSP	Network Service Provider
Nrtps	Non rtps
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PARP	Peak to Average Power Ratio
PHY	Physical
PKM	Privacy and Key Management
PMP	Point to Multi Point
PSTN	Public Switched Telephone Network
PUSC	Partial Usage of Sub Carriers
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QOS	Quality Of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
SC	Single Carrier
SFID	Service Flow Identifier
SGSN	Serving GPRS Support Node

SINR	Signal to Interference Plus Noise Ratio
SM	Spatial Multiplexing
SNR	Signal to Noise Ratio
SOFDMA	Scalable OFDMA
SS	Subscriber Station
STBC	Space Time Block Code
STC	Space Time Coding
SVD	Singular Value Decomposition
RF	Radio Frequency
RSA	Rivest – Shamer- Adleman
Rtps	Real Time Polling Service
TDD	Time Division Duplexing
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
UGS	Unsolicited Grant Service
UL	Uplink
VOIP	Voice Over IP
VPN	Virtual Private Network
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
Wi-Fi	Wireless Fidelity
Wimax	Worldwide Interoperability for Microwave Access
3GPP	Third Generation Partnership Program

منابع :

- [1]-Masood KHOSROSHAHY , Vivien NGUYEN, April 2006; A Study of WiMax QoS Mechanisms. ,Project supervisor:Prof. Philippe Godlewski
- [2]-Harwinder Singh , Maninder Singh Kamboj , 12, July 2010 , Performance Analysis of QoS in PMP Mode WiMax NetworksDepartment of Computer Science, Punjabi University, Patiala, Punjab, India , *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887)Volume 3 – No.12, July 2010
- [3]-Submitted To: Dr. Mohammed Mikki. Submitted By: Mohammed Dawood. WiMAX & QoS
- [4]-Jianfeng Chen, Wenhua Jiao, Qian Guo,, An Integrated QoS Control Architecture for IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Systems,,Lucent Technologies, Bell Labs Research China

- کبیری، مرتضی و محمدرضا، مدیریت شبکه های بی سیم، چاپ اول ، انتشارات ارس رایانه ، تهران ۱۳۸۸

- یغمایی مقدم ، محمد حسین ، رضایی، عباسعلی، نصب و راه اندازی شبکه های فیبرنوری و بی سیم، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی

مشهد، بهار ۱۳۸۶

- شرکت مشاوران طیف شریف ، وایمکس تکنولوژی تجارت چشم انداز ، چاپ اول ، انتشارات هم پا ، تهران ، تیر ۱۳۸۸

- محمودی، علیرضا، مدرس هاشمی، سید محمود ، تاثیر گسترده تاخیر کانال بر بازدهی سیستم OFDM، دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان
- شبکه های دسترسی شهری بی سیم - حسین آجرلو
- پایگاه اطلاع رسانی فناوری اطلاعات و ارتباطات ایران ، <http://www.ictnews.ir>
- وبلاگ ایران وایمکس ، <http://www.wimax.blogfa.com>
- <http://www.achoopani.ir>
- پایگاه تخصصی برق و الکترونیک ایران ، <http://www.electronews.ir>
- قسمت مقالات کامپیوتر و فناوری اطلاعات ، <http://bebinim.mihanblog.com>
- شیراز پرداز نوین ، <http://www.shirazpardaz.ir>
- قسمت مقالات علمی ، <http://www.elc87.mihanblog.com>
- سایت ایرانسل ، <http://irancell.ir>