

معرفی تکنولوژی وایمکس و کاربردهای آن

نادر ابوترابیان

مقدمه

دسترسی بی سیم باند پهن (BWA) برای چندین سال است که مورد استفاده اپراتورها و مراکز تجاری قرارگرفته و بیشترین رضایتمندی را برای کاربرانش داشته است . اما استاندارد جدید مبتنی بر IP که توسط IEEE 802.16 انتشار یافته به احتمال زیاد پذیرش استفاده از این تکنولوژی را تسريع خواهد بخشید ، وحوزه استفاده این فن آوری را درسایه عملکردهای زیر توسعه خواهد داد.

۱- امکان استفاده از باندهای فرکانسی مجوزدار (Licensed) و بدون نیاز به مجوز (Unlicensed)

۲- عملکرد منحصر به فرد انتشار به صورت دید غیر مستقیم (NLOS)

۳- پشتیبانی از QOS

۴- ارائه سرویسهای سیار

به طورهمزنمان انجمن (wimax forum) که توسط پیشگامان این صنعت ایجاد شده است . پذیرش همه جانبه دسترسی بی سیم باند پهن را به وسیله تاسیس یک عنوان تجاری برای این فن آوری وهمه‌انگ ساختن کارکرد بین محصولات آن را تقویت خواهد کرد.

مقصود این مقاله بر جسته نمودن وارزشیابی wimax به عنوان یک راه حل مناسب می باشد.

- گسترش پوشش نقطه ای (hot spots) wlan فعلی به پوشش با وسعت منطقه ای (hot zone) به طوری که این فن آوری درخانه وبا به صورت سیار مورد استفاده قرار گیرد.

- پوشش مناطق کلان شهری metropolitan برای ارائه سرویسهای دیتا به مشترک سیار

- ارائه دسترسی باند پهن در زواحی شهری وحومه جائی که کیفیت کابل مسی مطلوب نیست وبا نصب آن با دشواری رویرو می باشد.

- کاهش شکاف دیجیتالی در مناطق کم جمعیت جائی که عوامل اقتصادی و فنی توسعه باند پهن را با چالش رویرو ساخته است.

علاوه بر این کاربردها این مقاله دیگر کاربردهای بالقوه این تکنولوژی را نظیر، استفاده از آن برای ارتباطات تلفنی ، یا استفاده از آن به عنوان یک راه حل back hauling موثر نقطه به چند نقطه برای اپراتورها و مراکز تجاری را روشن خواهد ساخت .

wimax چیست ؟ استانداردهای مرتبه با

Wimax یک نام مشترک برای تمامی استانداردهای IEEE 802.16a ، 802.16d ، IEEE 802.16e میباشد این استاندارد به وسیله زیرگروه ۱۶ IEEE انتشار یافته است که در ابتدا فن آوری WLL را درطیف فرکانس از ۱۰ تا 66GHZ پوشش می داد ، اخیراً این مشخصات به طیف فرکانس زیر 10GHZ تغییر یافته است.

در ۲۰۰۳ IEEE jun ۲۰۰۳ مصوبه ۸۰۲.۱۶ را بعنوان یک اصلاحیه برای استاندارد ۸۰۲.۱۶ IEEE به تصویب رساند که برای انتشار به صورت دید مستقیم (LOS) تعیین شده است. در ۲۰۰۳ july ۲۰۰۴ از استاندارد ۸۰۲.۱۶ IEEE شناخته می شود جهت پشتیبانی از انتشار به صورت دید غیر مستقیم (NLOS) در محیط های داخلی (Indoor) به واسطه افزودن قابلیتهاي جدید رادیویی نظير ، beam forming آنتن ، واستفاده از تکنولوژي OFDM sub-channeling انتشار یافت.

در ابتدای سال ۲۰۰۵ ، استاندارد IEEE 802.16e جهت پشتیبانی از کاربردهای سیار ارائه شد نگاه کنید به شکل زیر کاربردهای هر کدام از این استانداردها

انجمن (wimax forum) قصد دارد همان اقدامی که کسرسیوم Wi-Fi برای ۸۰۲.۱۱ انجام داده است را برای استاندارد ۸۰۲.۱۶ انجام دهد بدین صورت که :

۱- هماهنگ ساختن استانداردها و تضمین کارکرد بین تجهیزات فروشنده‌گان مختلف که باعث افت قیمتها می‌شود

۲- ترویج و تاسیس یک عنوان تجاری برای این تکنولوژی

علل بکارگیری تکنولوژی Wimax

۱- گسترش پوشش محدود wlan به پوشش وسیع در مناطق شهری برای ارائه سرویسهای دیتا به صورت سیار است تا بدین طریق ایده اینترنت پرتابل به واقعیت بیایند.

۲- استفاده از این تکنولوژی به حای تجهیزات کابلی به دلیل دشواری دسترسی به این تجهیزات در برخی از مناطق شهری وحومه جهت اتصال مراکز تجاری و کاربران خانگی .

۳- ایجادیلی بر روی شکاف دیجیتالی با ارائه دیتا باند پهن در مناطق کم جمعیت .

در سایه استفاده از تکنولوژی‌های نو ، یک دسترسی بی سیم باند پهن با سرعت چندین مگابیت بر ثانیه و در محدوده چندین کیلومتر به کاربران اینترنتی ارائه خواهد کرد. همچنین سرویسهای پرسرعت دیتا را به همه ترمینال‌های سیار نظری (laptop) ها و PDA ها و غیره) ارائه می‌دهد این عملکرد همراه با ایجاد یک تعادل بهینه بین سرعت انتقال اطلاعات و محدوده پوشش صورت می‌گیرد. و درنهایت wimax برای کاربران سیار درخانه یا اداره اینترنت پرتابل را فراهم می‌سازد.

چگونه کار می‌کند Wimax

به طور کاربردی wimax شبیه به Wi-Fi عمل می‌کند اما در محدوده وسیعتر و با تعداد بیشتری کاربر. سیستم wimax شامل دو قسمت می‌باشد ۱- ایستگاه پایه (base station) ۲- تجهیزات مربوط به کاربر (CPE)

یک ایستگاه پایه wimax می‌تواند مستقیماً با استفاده از یک اتصال کابلی با پهنای باند زیاد (مثلاً یک خط T3) به اینترنت اتصال داده شود ایستگاه پایه همچنین می‌تواند به صورت یک ارتباط رادیویی (LOS) به ایستگاه پایه wimax دیگری اتصال پیدا کند این اتصال به ایستگاه دیگر اغلب به عنوان back haul شناخته می‌شود. دو شکل از سرویس بی سیم را فراهم می‌کند.

۱- به صورت non-line of sight (دید غیرمستقیم) که یک آتن کوچک روی کامپیوتر به یک ایستگاه پایه اتصال پیدا می‌کند که در این حالت wimax از فرکانس‌های پایین تر (2-11GHz) استفاده می‌کند فرکانس‌های پایین تر به راحتی به وسیله موانع فیزیکی پراکنده نمی‌شوند و در اطراف آنها به خوبی انکسار می‌یابند.

۲- سرویس line of sight (دید مستقیم) در این حالت CPE دارای یک آتن خارجی ثابت بشقابی می‌باشد که به طور مستقیم با ایستگاه پایه ارتباط برقرار می‌کند این اتصال دارای پایداری و قدرت بیشتری می‌باشد بنابراین قادر است اطلاعات را با سرعت بالاتر و خطای کمتر ارسال کند فرستنده‌های LOS از فرکانس های بالاتر (حداکثر تا 66GHz) استفاده می‌کنند در فرکانس‌های بالاتر تداخل کمتر و مقدار بیشتری پهنای باند وجود دارد.

واقعیتی دور از اغراق Wimax

همان گونه که قبل "ذکر شد ، توکانی ارائه دیتا با سرعت بالا و با پوشش در محدوده وسیع را دارد ظرفیت 75mb/s برای ایستگاه پایه (base station) با یک کانال با عرض باند 20MHz و در بهترین شرایط انتشار و با استفاده از ویزگی‌های کامل اختیاری wimax قابل وصول می‌باشد ، اما با استفاده از تعديل کننده ها (Regulators) این پهنای باند ماکزیمم به ۱۰ MHz و با کمتر کاهش می‌یابد.

محدوده پوشش در حدود 5km برای تجهیزات مشترک در محیط های داخلی (Indoor) با انتشار به صورت NLOS و برای تجهیزات مشترک (CPE) که به یک آنتن خارجی اتصال دارد با انتشار به صورت LOS 15km است . هرچند که در شرایط ایده ال و با کاهش سرعت انتقال (چند مگابیت بر ثانیه) پوشش تا 50km هم دست یافتنی می باشد.

دسترسی به محصولات wimax

محدوده توسعه تولیدات wimax در دو مرحله اصلی طرح ریزی شده است . در نیمه سال ۲۰۰۵ تراشه های 802.16d عرضه می شود عرضه این تراشه ها ، قیمت تجهیزات مشترک را در (CPE) مقرر کرد خواهند ساخت واستفاده از آن را در مصارف داخلی (Indoor) با انتشار به صورت NLOS توسعه می دهند در سال ۲۰۰۶ Laptop هایی که مجهز به تراشه های 802.16e هستند در دسترسی قرار می گیرند و بعد از آن دیگر ادوات سیار نیز به این تراشه ها مجهز می شوند بدین صورت اینترنت سیار فراهم می آید .

اعتقاد براین است که تولیدات ابتدایی wimax و تولیدات مربوط به استاندارد 802.16a در ابتدا سال ۲۰۰۵ در دسترس خواهند بود که از نظر قیمت و عملکرد شبیه به تجهیزات فعلی رادیویی (به صورت LOS) عمل می کنند . می باشند در نتیجه قیمت تجهیزات کاربر (CPE) مربوط به این تولیدات مقرر شده باشد لذا توسعه فراگیر ندارند ، به دلیل آن که اپراتورها مجبور به نصب آنتن در سمت مشترک می باشند که برای مشتریان خانگی نسبت به نصب ASDL اقتصادی نیست ولی مطمئناً 802.16a دست کم برای دو سال جهت مصارف backhauling به صورت زیرمورد استفاده قرار خواهد گرفت .

۱- ترافیک مربوط به Wi-Fi را به نزدیکترین ISP انتقال دهند .

۲- برقراری خطوط lease line برای مناطق پر تراکم

۳- جهت مصارف backhauling در سایتهای کوچک نسل ۶G

تجارت wimax

تجارت دسترسی باند پهن امروزی را در سایه موارد زیر به سرعت ترقی خواهد داد .

۱- استانداردسازی و قابلیت کارکرد متقابل با دیگر تجهیزات

۲- استفاده از جدیدترین تکنولوژی های رادیویی با قابلیت انتشار دید غیرمستقیم

۳- پشتیبانی قدرتمند سازندگان تجهیزات رادیویی و صنعت تراشه ها

Wimax همچنین تجارت دسترسی به دیتا به صورت سیار را با معرفی تراشه های کم مصرف هدف قرارداده است پشتیبانی قدرتمند برخی از سازندگان مهم تراشه نظیر Intel Rزمزموفقیت wimax میباشد . از آن جایی که Intel می تواند به طور گسترده ترمینالهای سیار (نظیر Laptop و PDA) را به این تکنولوژی مجهز کند .

مکمل دسترسی های ثابت و سیار

Wimax تکمیل کننده شبکه های ثابت و سیار در صورت نیاز می باشد این بخش تحلیل جزئی تر از یک پارچه با شبکه های ثابت و موبایل را ارائه میدهد .

برای دسترسی بی سیم ثابت

دسترسی سراسری باند پهن به یک الوت برای چندین کشور بد شده است دریشتر کشورهای توسعه یافته میانگین پوشش باند پهن به ۹۰% در چند سال آینده خواهد رسید اما در این کشورها پوشش در مناطق روستایی از ۵۰% تجاوز نخواهد کرد .

این شکاف توسعه می تواند به دو عامل دسته بندی شود : ۱- نوع منطقه (شهری یا روستایی) ۲- سطح توسعه ملی

درکشورهای توسعه یافته، توسعه سرویس‌های DSL درنواحی شهری و حومه متمرکز شده است درحالیکه پوشش مناطق دورافتاده، شهرهای کوچک و مناطق رستایی ازین توسعه عقب مانده است، مانع عقب ماندگی کیفیت نامناسب خطوط نصب شده کابل مسی، دوری فاصله از مرکز تلفنی و پایین بودن تراکم جمعیت می‌باشد دراین مقاله، wimax با QOS مربوط به آن، وسعت پوشش، میزان سرعت دیتا شبیه به DSL به طور طبیعی به عنوان اولین انتخاب مناسب برای ارائه دسترسی باند پهن برای کاربران خانگی می‌باشد همچنین wimax یک راه حل جذاب برای مرکز اقتصادی بزرگ که دارای چندین شعبه در یک منطقه ازیک کلان شهر هستند می‌باشد.

درکشورهای درحال توسعه مرکز اصلی باند پهن روی مناطق شهری و حومه می‌باشد، ضریب نفوذ پائین سیستم تلفن معمولی (post) کیفیت نامناسب زوج سیم، مانع توسعه وسیع DSL شده است از این‌رو نیاز به دیگر فن آوری‌های مناسب درکار DSL را امری ضروری ساخته است، پارامترهایی از قبیل دسترسی روی زوج سیم، فاصله ترمینال از مرکز تلفن، هزینه های (back hauling) و (teledensity) انتخاب را به سمت دیگر راه حل‌ها سوق می‌دهد.

دراین متن wimax به عنوان یک انتخاب ممتاز پرداخته شده است، علاوه بر آن امکان ارائه سرویس‌های باندپهن همراه با سرویس‌های صدا (voice) به تدریج جایگزین تکنولوژی WLL باند باریک خواهد شد.

توبولوزیهای توسعه

چندین نوع توبولوزی و چندین نوع back hauling ایستگاههای پایه wimax پشتیبانی شده است.
۱- انتقال ترافیک با اینترفیس کابلی (بطور نمونه روی اترنت)
۲- انتقال ترافیک با اینترفیس رادیویی نقطه به نقطه
۳- انتقال ترافیک روی ایستگاه پایه Backhauling wimax
مورد سوم اشاره به آن دارد که ایستگاه پایه قابلیت انتقال دوطرفه ترافیک (backhauling) را روی خودش دارد . این عمل با کنارگذاردن قسمتی از پهنای باند که بطور معمول برای ترافیک کاربر انتهایی به کارمی رود جهت مقاصد backhauling تخصیص داده می‌شود

جهت اینترنت پرتابل Wimax

Wimax به طور معمول مکمل شبکه های سیار و شبکه های wi-fi می باشد.
شبکه های موبایل تحرک پذیری کاملی (full mobility) را ارائه می‌دهند، وار پوشش صدا درگستره ملی پشتیبانی می‌کنند همچنین یک دیتا با سرعت متوسط را فراهم می‌کنند wimax میتواند به عنوان یک راه حل مکمل جهت ارائه پهنای باند بالاتر درصورت نیاز خصوصاً "Drone" درمناطق پرtraکم شهری به کارگرفته شود. wlan ها دارای قابلیتهای پوشش و تحرک پذیری محدودی می‌باشند. Wimax با گذر از این محدودیتها یک اتصال باند پهن در یک منطقه وسیع (hotzones) را فراهم می‌کند راه حل‌های wi-fi و wimax مکمل یکدیگرند، wi-fi اغلب برای پوشش با برد محدود، ارتباطات محیط‌های داخلی (Indoor) درمرکز تجاری و درخانه و خارجی (outdoor) به کار گرفته می‌شود.

اینترنت قابل حمل

اینترنت سیار یک اتصال پیوسته در سراسر شبکه را برای کاربران مهیا می‌کند، علاوه بر آن نسل جدیدی از شبکه وغیره (قادرند که برای کاربران انتهایی همیشه FTTU, DSL, wimax, wifi, 3G اتصال را فراهم آورند. درهنگامی که کاربران خواهان دسترسی به برنامه های Always Best connect بهترین کاربردی از طریق بهترین شبکه دسترسی به صورت ثابت وسیار هستند.

Wimax CPE

دربیشتر حالات ، یک ترمینال ساده که شبیه به یک مدم DSL می باشد و به صورت plug and play نصب میشود اتصال را فراهم میکند (به شکل زیر نگاه کنید) برای کاربرانی که در جند کیلومتری از ایستگاه پایه wimax قرارگرفته اند یک آتن خود نصب خارجی (outdoor) همراه با ترمینال CPE برای بهبود کیفیت اتصال احتمالا" ضروري می باشد برای مشترکین دورافتاده یک دستورالعمل جهت تعیین محل نصب آتن به سمت ایستگاه پایه wimax نیاز میباشد . برای مشترکین که علاوه بر سرویسهاي باند پهن درخواست کنند ، سرویس صدا (voice) هستند یک CPE مخصوص لازم است تا یک اتصال استاندارد یا سرویس VOIP را فراهم کنند.

انعطاف پذیری بیشتر و امنیت بالاتر Wimax

برخلاف wlan ، روی لایه Mac از مکانیزم grant-request جهت تبادل اطلاعات استفاده می کند ، این ویژگی همراه با بکارگیری آتن های هوشمند ، و مدیریت مستقل روی ترافیک هر کاربر اجازه بهتر از به کارگیری منابع رادیویی را می دهد ، همچنین پشتیبانی از کاربردهای بلاذرنگ و صدا را تسهیل می کند. یکی از موانع توسعه گستره wlan ضعف مکانیزم امنیتی از همان ابتدا انتشار استاندارد اولیه میباشد ، wimax قصد دارد از یک مکانیزم با ویژگیهای کامل امنیتی به منظور اطمینان از حفاظت اطلاعات مبادله شده استفاده کند که شامل موارد زیر می شود :

- تأیید هویت ترمینال با ارائه مجوز به منظور جلوگیری از نفوذ ادوات غیرمجاز
- تصدیق هویت کاربران با استفاده از پروتکل (EAP)
- رمزگاری اطلاعات با استفاده از استاندارد رمزگاری دیتا (DES) و با استاندارد رمزگاری پیشرفته (AES) که هر دو آنها قادرمندتر از الگوریتم رمزگاری (wep) در wlan می باشد ، علاوه بر آن هر سرویس کلید رمز مخصوص به خودش رمز می شود.

یک راه حل رادیویی بسیار کارآمد Wimax

باید توانایی ارائه یک سرویس قابل اطمینان به مسافت‌های طولانی برای مشترکین که از ترمینالهای Indoor و با از کارتهای PC شبیه به کارت‌های wlan امروزی استفاده کنند را داشته باشد. این تجهیزات دارای قدرت فرستنده محدودی می باشند که باعث محدودیت در خط ارتباطی می شوند با استفاده از تکنیک uplink درجهت Sub channeling و همچنین استفاده از آتن های هوشمند در ایستگاه پایه می توان بر این محدودیتها غلبه کرد.

سیستم wimax دارای یک لایه فیزیکی جدید (PHY) و همچنین دارای یک زیرلایه Mac اختصاصی جهت پشتیبانی از همه اهدافی که برای این فن آوری ترسیم شده است می باشد. این لایه Mac همراه با استفاده از مدولاسیون OFDMA در لایه فیزیکی باعث بهینه ساختن تخصیص منابع پیشتبانی از QoS برای انواع مختلفی از سرویسهاي VOIP ، سرویسهاي بلاذرنگ وغیره بلاذرنگ شده است . در انتشار به صورت NLOS و در محدوده فرکانس 2-11GHz بسیار مطمئن عمل می کند و به طور ذاتی برای غلبه بر تاخیرات انتشار به سبب بازتابهای انتشار تحت شرایط NLOS قدرتمند می باشد، OFDMA همراه با مدولاسیون تطبیقی(که اختصاصا" روی هر کانال مشترک بر طبق مشخصات کانال رادیویی اعمال میشود) می تواند یک بهره طیف بالایی در حدود 3-4bit/Hz را فراهم می کند. Wimax قابلیت انعطاف در مولفه هایی همچون Channalization ، فرکانس کاربر، و روش انتقال به دو صورت (FDD,TDD) فراهم میکند که باعث تولید تجهیزات

متنوع جهت اختصاص طیف منابع در دسترسی و دستیابی به سرویس هایی که در اهداف این تکنولوژی می باشد، شده است.

Wimax از انواع مختلف آتن های پیشرفتی پشتیبانی می کند ، استفاده از این آتن ها جهت فراهم آوردن بهره طیفی بالا ظرفیت و کارایی سیستم و قابلیت اطمینان سرویس ضروری می باشد.

- نوع بیمه آتن های هوشمند یک گین اضافی ایجاد میکند که باعث پوشش فواصل دورتر یا افزایش پوشش در محیط های داخلی (indoor) و همچنین کاهش تداخل بین سلولی و افزایش امکان استفاده مجدد از باند فرکانسی در شبکه های سلولی را موجب میشود.

استفاده از دایورسیتی و تکنیکهای MIMO که با بکارگیری آتن های چندگانه همراه است علاوه بر سیگنال اصلی از بازتابهای چندمسیره سیگنال نیز بهره می گیرد و باعث بهبود کیفیت و افزایش ظرفیت می شود.

کارایی سیستم

جدول زیر محدوده پوشش و سرعت ارسال اطلاعات را در باند 3/5GHZ برای انواع همبندی ها و محیطها را نشان می دهد.

محدوده پوشش با استفاده از ویزگیهای الزامی در شکل سمت راست و با استفاده از ویزگیهای کامل(الزامی واختیاری) در شکل سمت چپ

گستره wimax و مقررات مربوط به آن

تجهیزات مربوط به wimax در باندهای فرکانسی بدون مجوز و مجوزدار عمل می کند. حداقل عرض باند کانال مورد استفاده 1.75GHZ میباشد. در صورتی که عرض باند 10 MHz به عنوان یک حد بهینه در نظر گرفته شده است اگرچه باندهای فرکانسی بدون مجوز 2.4GHZ و 5GHZ به طور گستردگی در دسترسی می باشند اما استفاده از آنها محدود به مصارف آزمایشگاهی در این زمینه می باشد به دلیل آن که استفاده گستردگی از این باندهای فرکانس باعث افزایش رسیک تداخل باند فرکانس و کاهش QOS شده است . باندهای فرکانس 2.5GHZ و 3.5GHZ مجوزدار بیشترین مورد استفاده برای کاربرهای wimax را دارند و باید توجه داشت که باند 5GHZ در برخی از کشورها بطور کامل آزاد نمی باشد. عموماً در اغلب کشورها طیف فرکانسی مجوزدار از پیش به اپراتورها تخصیص داده شده است با این حال مقدار زیادی از طیف فرکانس هنوز در فرآیند واگذاری می باشد ، برخی از کشورها هنوز باند فرکانسی مجوزدار برای wimax مشخص نکرده اند طراحی wimax به دو شکل انجام می شود: ۱- به صورت تقسیم فرکانسی دوطرفه FDD که بیشتر مناسب برای انتقال ترافیک مراکز تجاری می باشد. ۲- به صورت تقسیم زمانی دوطرفه (TDD) که بیشتر برای انتقال ترافیک نامتقاضان به کارمی رود. استفاده از هر دو تکنیک FDD و TDD در یک باند فرکانس با رعایت باند محافظ امکان پذیر می باشد.

انتشار در دید غیرمستقیم NLOS در برابر انتشار به صورت دید مستقیم LOS

کانال رادیویی یک سیستم ارتباطی بی سیم یا به صورت LOS و یا به صورت NLOS عمل می کند، در یک لینک LOS سیگنال روی یک مسیر مستقیم و بدون مانع از فرستنده به سمت گیرنده ارسال میشود انتشار به صورت LOS مستلزم آن است که در ناحیه اول فرزل هیچ گونه مانعی وجود نداشته باشد ، در غیر این صورت سیگنال دچار افت شدید می شود (به ReF5 نگاه کنید) نواحی فرزل بستگی به فرکانس عملیاتی و فاصله بین فرستنده و گیرنده دارد.

سیگنال های رسیده . سیگنال دریافتی از طریق بازتابش ، تفرق وبا انکسار به گیرنده می رسد یک NLOS در لینک ، منعکسه و انکسار یافته میباشد ، این سیگنال به گیرنده ترکیبی از سیگنال های مسیرمستقیم ، پراکنده شده تضعیف ، پلاریزاسیون و دوام متفاوتی نسبت به سیگنال مسیرمستقیم می باشد ها دارای تاخیر انتشار ،

پدیده چند مسیرگی همچنین می تواند باعث تغییر پلاریزاسیون سیگنال شود ، بنابراین استفاده از پلاریزاسیون جهت استفاده دوباره از فرکانس همان گونه که به طور معمول در انتشار LOS استفاده می شود در کاربردهای NLOS می تواند مسئله سازشود. چگونگی بهره گیری یک سیستم رادیویی از سیگنالهای چند مسیره رمز ارائه سرویس در شرایط NLOS می باشد . فن آوری NLOS افزایش قدرت سیگنال جهت عبور آن از موانع نمی باشد ، به دلیل آن که این نگرش فقط روی قدرت سیگنال در مسیرمستقیم تاکید دارد و از ارزی موجود در مسیرهای غیرمستقیم بهره ای نبرده است. محدوده پوشش تحت شرایط LOS و NLOS از مشخصات انتشار در آن محیط ها ، افت مسیر، مشخصات لینک رادیویی تعیین می کند.

مزایایی که در انتشار به صورت LOS وجود دارد باعث گسترش توسعه این فن آوری شده است برای مثال عدم انعطاف در طراحی و محدودیت ارتفاع آتن در برخی از موارد اغلب اجازه قرارگیری آتن ها به صورت دید مستقیم را نخواهد داد در توسعه های شبکه سلولی در مقیاس وسیع ، جائی که استفاده مجدد از فرکانس امری ضروری می باشد کاهش ارتفاع آتن جهت کاهش تداخل بین سلولهای همچوار سیار مفید می باشد به دلیل آن که ایستگاههای پایه غالباً باید در شرایط NLOS عمل کنند در سیستم های LOS ارتفاع آتن را نمی توان کاهش داد زیرا باید بک مسیر دید مستقیم از CPE به ایستگاه پایه وجود داشته باشد از آن جائی که در فن آوری NLOS نصب CPE به آسانی مثلاً در لبه تراس و بدون مشکلات ناشی از تعیین موقعیت جهت نصب دکل و آتن انجام می پذیرد هزینه های مربوط به نصب را کاهش میدهد.

ممکن می سازد (Indoor) استفاده از آن را در محیطهای داخلی wimax و قابلیتهای افزوده شده در NLOS فن آوری البته لازم به ذکر است در این شرایط دوچالش مهم وجود دارد

- ۱- غلبه بر تلفات ناشی از نفوذ امواج به داخل ساختمان
 - ۲- دستیابی به پوشش مناسب با توجه به قدرت پائین فرستنده و گین آتن که مربوط به تجهیزات CPE در محیطهای داخلی می شود.
- Wimax می تواند با این چالش ها مقابله کند همچنین پوشش در شرایط NLOS به وسیله به کارگیری برخی از قابلیتهای اختیاری wimax قابل افزایش می باشد.

راه حل های فن آوری NLOS

فن آوری wimax ، مشکلات ناشی از شرایط انتشار به صورت NLOS را با استفاده از روش های زیرکاهش داده است .

- تکنولوژی OFDM
- sub-channelization
- آتن های جهتی
- دایورسیتی فرستنده و گیرنده
- مدولاسیون تطبیقی
- تکنیکهای تصحیح خط

تکنولوژی OFDM

ابراتورها را به یک ابزار موثر جهت غلبه برجالش های انتشار به صورت NLOS مجهز میکند شکل موج OFDM در wimax می تواند بر تاخیرات انتشار بزرگتر ازمحیط های NLOS غلبه کند همچنین مشکلات ناشی از تداخل بین سمبلي (ISI) وبيجيدگي اكولايزرهای تطبیقی را برطرف میکند. زیرا شکل موج OFDM ترکیبی از چندین کاربر باند باریک متعادم می باشد.

فیدینگ selective متتمرکز می شود روی یک دسته از کاربرهای که نسبتاً آسان متعادل می شوند. یک مثال که درشکل زیرنشان داده شده است به عنوان مقایسه بین یک سیگنال OFDM و یک سیگنال تک کاربر که اطلاعات در OFDM به صورت موازی و در تک کاربر به صورت سری ارسال می شود.

توانایی غلبه بر تاخیر انتشار ، چند مسیرگی و ISI با یک روش موثر اجراه به کارگیری بیت ریتها بالاتر را خواهد داد.

به عنوان مثال متعادل کردن کاربرهای OFDM راحت تر از متعادل کردن یک سیگنال تک کاربریهن می باشد .

تمام این دلایل باعث شده است که اخیراً استانداردهایی که به وسیله EIRI EISIBRAN 802.16 انتشار یافته اند، OFDM را به عنوان یک انتخاب ارجح پذیرفته اند.

Sub channelization

Sub channelization به عنوان یک آیتم اختیاری در wimax وجود دارد ، بدون استفاده ازآن وبا وجود برخی از محدودیتهایی حفاظتی ونیاز به داشتن CPE های ارزان قیمت سبب شده است لینک رادیویی به صورت نامتقارن عمل کند . این علل باعث کاهش برد سیستم شده است Sub channelization باعث برقراری تعادل در بودجه لینک ارتباطی می شود به طوری که سیستم گین ها را در هر دو جهت uplink downlink یکسان کنند.

Sub channelization قدرت فرستنده را درون یک تعدادی از کاربرهای OFDM متتمرکز می کند این کار سبب افزایش گین سیستم می شود که می تواند یا به منظور غلبه بر تلفات ناشی از انتشار به داخل ساختمان ویا برای کاهش پاور مصرفی در تجهیزات کاربر (CPE) به کاررود استفاده از Sub channelization بیشتر در فن آوري OFDMA به کارگرفته شده است بدلیل آن که یک انعطاف پیشتری جهت استفاده ازمنابع برای پشتیبانی از عملیات سیار ایجاد نماید.

طیف ارسالی OFDM در جهت downstream از ایستگاه پایه، هر اسلات بیان کننده یک کاربر RF می باشد

طیف ارسالی OFDM در جهت upstream از یک CPE برای ارسال از یک چهارم کاربرها استفاده می کند، اما در همان لول ایستگاه پایه، از اینرو محدوده پوشش downstream همانند است ولی ظرفیت به یک چهارم تقلیل می یابد.

آنچهایی که درکاربرهای بی سیم ثابت استفاده می شود

آنن هایی جهتی باعث افزایش فیدمارجین بوسیله افزایش بیشتر بهره سیستم می شوند تا خیر انتشار به وسیله به کارگیری آتنن های جهتی در هر دو اپستنگاه پایه و CPE به طور محسوسی کاهش می یابد⁽⁶⁾ سیستم های آتنن های تطبیقی (AAS) به صورت یک بخش اختیاری در استاندارد 802.16 قرارداده شده است مشخصات شکل بیم این آتنن ها به گونه ای است که می توانند دریک مسیر با مسیرهای مخصوصی تمرکز داده شوند به این معنی که سیگنال در زمان ارسال دریک مسیر مشخص مورد نیاز گیرنده ارسال می شود مثل یک نورافکن و در گیرنده AAS می تواند به گونه ایی عمل کند که تمرکز آن در مسیر باشد که سیگنال مطلوب از آن سمت می آید AAS همچنین می تواند از تداخل بین کانالهای هم جوار جلوگیری کند. AAS جهت توسعه های بعدی که می توانند نهایتاً افزایش دهنده ظرفیت و امکان استفاده مجدد طیف فرکانس را افزایش دهد در شبکه wimax مطرح شده است.

دایورسیتی فرستنده و گیرنده

اشکال دایورسیتی جهت بهره گیری از جندمسیرگی و بازتابهای سیگنال که در شرایط NLOS رخ می دهد مورد استفاده قرار می گیرد . دایورسیتی یک خصیصه اختیاری در wimax می باشد. الگوریتم دایورسیتی ارائه شده wimax در فرستنده و گیرنده موجب افزایش دسترسی پذیری سیستم می شود . دایورسیتی فرستنده wimax از کدینگ زمانی Space-time coding جهت ایجاد منابع مستقل ارسالی استفاده می کند و باعث کاهش S/N می شود . در دایورسیتی گیرنده شیوه های گوناگون ترکیبی وجود دارد که کارایی سیستم را افزایش می دهد برای مثال : که از ترکیب دو رشتہ گیرنده جدا از هم حاصل می شود به غلبه بر محوشدنگی سیگنال و تلفات ناشی از افت مسیر کمک می کند . کاربرد دایورسیتی به عنوان یک ابزار موثر برای کنار آمدن با چالش های ناشی از انتشار به صورت NLOS به اثبات رسیده است.

مدولاسیون تطبیقی

مدولاسیون تطبیقی اجازه می دهد که سیستم wimax شکل مدولاسیون سیگنال را با تغییر میزان S/N به سبب شرایط لینک رادیویی تنظیم کند. هنگامی که لینک ارتباطی دارای کیفیت بالایی می باشد. بالاترین شکل مدولاسیون استفاده می شود و ظرفیت بیشتری را ارائه می دهد هنگامی که سیگنال دچار محوشدنگی می شود سیستم wimax می تواند شکل مدولاسیون را به سطح پائین تر شیفت دهد به دلیل آن که کیفیت ارتباط ویا داری لینک رادیویی را حفظ شود این ویژگی به سیستم اجازه غلبه بر فیدینگ سلکتیو زمانی را می دهد.

روش های تصحیح خطأ

روش های تصحیح خطأ که در wimax مورد استفاده قرار گرفته است باعث کاهش میزان S/N سیستم می شود روش قدرتمند تصحیح خطأ Reed Solomon و کانولوشن کدینگ والگوریتم های interleaving که جهت تشخیص و تصحیح خطأ استفاده شده اند موجب افزایش بازدهی سیستم می شوند این روشها قدرتمند تصحیح خطأ کمک می کنند به بازیابی فریمهای که از دست می روند زمانی که خطاهای پشت سرهم (burst errors) به علت فیدینگ سلکتیو اتفاق می افتد . جهت تصحیح خطاهایی که FEC نمی تواند آن ها را بازیابی کند از ARQ استفاده می شود. در این روش اطلاعاتی که دچار خطأ شده اند مجدد ارسال می شود این به طور محسوسی عملکرد BER را در همان سطح ترشیلد بگیرد.

کنترل پاور

روشهای کنترل پاور که مورد استفاده قرارگرفته است کارایی کل سیستم را افزایش می دهد . این کنترل به وسیله ارسال بسته های کنترل پاور از ایستگاه پایه به هریک از CPE ها صورت می گیرد تا CPE ها تنظیم کنند سطح قدرت فرستنده شان را مناسب با سطح گیرنده که از پیش برای ایستگاه پایه درنظر گرفته شده است کنترل سطح پاور باعث کاهش مصرف پاور CPE و تداخل بین سلولی می شود ، برای شرایط LOS قدرت فرستنده CPE تقریباً "بستگی به فاصله آن از ایستگاه پایه دارد برای NLOS قدرت فرستنده به شدت بستگی به وجود موانع دارد.

نتیجه گیری

آخرین پیشرفتها درگروه IEEE802.16 حکایت از حرکت به سمت سیرنکاملی دسترسی بی سیم باندپهن درسایه یک استاندارد با مشخصات منحصر به فردرا دارد. بطورمواری انجمن wimax forum به پذیرش گستردگی دسترسی باندپهن بوسیله ایجاد یک عنوان تجاري برای این فن آوری کمک می کند. نقطه اوج wimax زمانی است که اینترنت قابل حمل محقق شود ، هنگامیکه تراشه های wimax درون Laptop ها و دیگر ادوات سیار قرارگیرند. همچنین wimax سرویسهای پسرعت دیتا را فراهم خواهد کرد و پوشش محدود wlan امروزی را به پوشش منطقه ایی کلان شهری توسعه خواهد داد. wimax می تواند در هر دو شرایط LOS و NLOS پوشش را فراهم کند. LOS دارای مزایای بسیاری میباشد که اپراتورها را قادر می سازد دیتا پسرعت را به رنج وسیعی از کاربران ارائه دهدند wimax دارای ویژگیهای الزامي از قبل : فن آوری OFDM ، مدولاسیون تطبیقی ، و تکنیک تصحیح خطای باشد علاوه بر آن دارای برخی از ویژگیهای اختیاری همچون ARQ ، sub-channeling ، دایورسیتی ، space-time coding می باشد که مزایای فوق العاده آن برای اپراتورهایی که خواهان فراهم آوردن کیفیت و کارایی همانند فن آوریهای کابلی هستند به اثبات رسیده است ، این ویژگیها اپراتورها بی سیم باندپهن را قادر می سازد که توسعه دهند تجهیزات خود با تنظیم تعادل بین هزینه و کارایی که درنهایت انتخاب کنند یک دسته از این ویژگیها را بر اساس مدل تجاری که مد نظرشان می باشد.

Abbreviation

CPE	Customer Premise Equipment
DSL	Digital Subscriber Line
FDD	Frequency Division Duplex
MAC	Media Access Control
MIMO	Multiple-Input-Multiple-Output
NLOS	Non-Line-Of-Sight
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplex Access
PLC	Power Line Communications
POTS	Plain Ordinary Telephone System
STC	Space Time Coding
TDD	Time Division Duplex
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
AAS:	Adaptive Antenna System
ARQ:	Automatic Repeat Request

BER: Bit Error Rate
CPE: Customer Premises Equipment
ETRI : Electronics and Telecommunications Research Institute
ETSI: European Telecommunications Standards Institute
FEC: Forward Error Correction
Hpi: High Speed Portable Internet
IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISI: Inter Symbol Interference
LOS: Line of Sight
MRC: Maximum Ratio Combining
NLOS: Non Line of Sight
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing
RF: Radio Frequency
BWA :Broadband Wireless Access
EAP :Extensible Authentication Protocol
DES :Data Encryption Standard
AES :Advanced Encryption Standard