

معرفی تکنولوژی وایمکس و کاربردهای آن

نادر ابوترابیان

آبان ماه ۱۳۸۹

مقدمه

دسترسی بی سیم باندپهن (BWA) برای چندین سال است که مورد استفاده اپراتورها و مراکز تجاری قرار گرفته 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 تسریع خواهد بخشید، و حوزه استفاده این فن آوری را در سایه 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 طور همزمان 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 و هماهنگ ساختن کارکرد بین محصولات آن را تقویت خواهد کرد.

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

- گسترش پوشش نقطه ای (hot spots) wlan (hot zone) فعلی به پوشش با وسعت منطقه ای (hot zone) به طوری که این فن آوری در خانه ویا به صورت سیار مورد استفاده قرارگیرد.

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

- ارائه دسترسی باندپهن در نواحی شهری و حومه جایی که کیفیت کابل مسی مطلوب نیست ویا نصب آن با دشواری روبرو می باشد.

- کاهش شکاف دیجیتالی در مناطق کم جمعیت جایی که عوامل اقتصادی و فنی توسعه باندپهن را با چالش روبرو 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 مرتبط با wimax

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

در 2003 IEEE jun 802.16 مصوبه 802.16 را بعنوان یک اصلاحیه برای استاندارد IEEE 802.16 تصویب رساند که برای انتشار به صورت دیدمستقیم (LOS) تعیین شده است. در 2003 july استاندارد 802.16 که اکنون تحت عنوان IEEE 802.16 شناخته میشود جهت پشتیبانی از انتشار به صورت دید غیرمستقیم (NLOS) در محیط های داخلی (Indoor) به واسطه افزودن قابلیت های جدید رادیویی نظیر ، beam forming آنتن ، و استفاده از تکنولوژی 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 هرکدام از این استانداردها

انجمن (wimax forum) قصد دارد همان اقدامی که کنسرسیوم wi-fi برای 802.11 انجام داده است را برای استاندارد 802.16 انجام دهد بدین صورت که :

- ۱- هماهنگ ساختن استانداردها و تضمین کارکرد بین تجهیزات فروشندگان مختلف که باعث افت قیمتها میشود
- ۲- ترویج و تاسیس يك عنوان تجاري براي اين تكنولوژي

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 بپیوندد.
 - ۲- استفاده از این تکنولوژی به جای تجهیزات کابلی به دلیل دشواری دسترسی به این تجهیزات در برخی از مناطق شهری و حومه جهت اتصال مراکز تجاری و کاربران خانگی .
 - ۳- ایجاد پل بر روی شکاف دیجیتالی با ارائه دیتا باندپهن در مناطق کم جمعیت .
- در سایه استفاده از تکنولوژیهای نو، wimax يك دسترسی بی سیم باندپهن 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 نظیر (laptop ها و PDA ها و غیره) ارائه میدهد این عملکرد همراه با ایجاد يك تعادل بهینه بین سرعت انتقال اطلاعات و محدوده پوشش صورت می گیرد. و در نهایت wimax برای کاربران سیار در خانه یا اداره اینترنت پرتابل را فراهم می سازد.

Wimax چگونه کار می کند

- به طور کاربردی wimax شبیه به wi-fi عمل میکند اما در محدوده وسیعتر و با تعداد بیشتری کاربر.
- سیستم wimax شامل دو قسمت می باشد ۱- ایستگاه پایه (base station) ۲- تجهیزات مربوط به کاربر (CPE)
- يك ایستگاه پایه wimax می تواند مستقیماً" با استفاده از يك اتصال کابلی با پهنای باند زیاد (مثلاً يك خط T3) به اینترنت اتصال داده شود ایستگاه پایه همچنین می تواند به صورت يك ارتباط رادیویی (LOS) به ایستگاه پایه wimax دیگری اتصال پیدا کند این اتصال به ایستگاه دیگر اغلب به عنوان back haul شناخته میشود.
- Wimax دوشکل از سرویس بی سیم را فراهم می کند.
- ۱- به صورت non-line of sight (دید غیرمستقیم) که يك آنتن كوچك روی كامپیوتر به يك 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 نمی شوند و در اطراف آنها به خوبی انکسار می یابند.
 - ۲- سرویس line of sight (دید مستقیم) در این حالت CPE دارای يك آنتن خارجی ثابت بشقابی می باشد که به طور مستقیم با ایستگاه پایه ارتباط برقرار میکند این اتصال دارای پایداری و قدرت بیشتری می باشد بنابراین قادر است اطلاعات را با سرعت بالاتر و خطای کمتر ارسال کند فرستنده های LOS از فرکانس های بالاتر (حداکثر تا 66GHz) استفاده می کنند در فرکانس های بالاتر تداخل کمتر و مقدار بیشتری پهنای باند وجود دارد.

Wimax واقعیتهای دور از اغراق

همان گونه که قبلاً ذکر شد، wimax توانایی ارائه دیتا با سرعت بالا و با پوشش در محدوده وسیع را دارد ظرفیت 75mb/s برای ایستگاه پایه (base station) با يك کانال با عرض باند 20mHz و در بهترین شرایط انتشار و با استفاده از ویژگیهای کامل اختیاری wimax قابل وصول میباشد، اما با استفاده از تعدیل کننده ها (Regulators) این پهنای باند ماکزیمم به ۱۰ MHz و یا کمتر کاهش می یابد.

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 15km LOS است . هرچند که در شرایط ایده ال و با کاهش سرعت انتقال (چند مگابیت برثانیه) پوشش تا 50km هم دست یافتنی می باشد.

دسترسی به محصولات wimax

محدوده توسعه تولیدات wimax در دومرحله اصلی طرح ریزی شده است . درنیمه سال ۲۰۰۵ تراشه های 802.16d عرضه می شود عرضه این تراشه ها ، قیمت تجهیزات مشترک را در (CPE) مقرون به صرفه خواهند ساخت واستفاده از آن را در مصارف داخلی (Indoor) با انتشار به صورت NLOS توسعه می دهند درسال 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 درابتداء سال ۲۰۰۵ در دسترس خواهند بود که از نظر قیمت وعملکرد شبیه به تجهیزات فعلی رادیویی (به صورت LOS) عمل می کنند . می باشند درنتیجه قیمت تجهیزات کاربر (CPE) مربوط به این تولیدات مقرون به صرفه نمی 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 ADSL اقتصادی نیست ولی مطمئناً 802.16a دست کم برای دوسال 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 3G

تجارت wimax

wimax تجارت دسترسی باند پهن امروزی را درساپه موارد زیر به سرعت ترقی خواهد داد.

۱- استانداردسازی وقابلیت کارکرد متقابل با دیگر تجهیزات

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

۳- پشتیبانی قدرتمند سازندگان تجهیزات رادیویی وصنعت 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 رمزوفقیهت wimax میباشد. از آن جایی که Intel می تواند به طور گسترده ترمینالهای سیار (نظیر Laptop و PDA) را به این تکنولوژی مجهز کند.

Wimax مکمل دسترسی های ثابت وسیار

Wimax تکمیل کننده شبکه های ثابت وسیار درصورت نیاز می باشد این بخش تحلیل جزئی تر از wimax یکپارچه با شبکه های ثابت وموبایل را ارائه میدهد.

Wimax برای دسترسی بی سیم ثابت

دسترسی سراسری باندپهن به یک الویت برای چندین کشور بدل شده است در بیشتر کشورهای توسعه یافته میانگین پوشش باند پهن به ۹۰٪ درچند 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 روستایی ازاین توسعه عقب مانده است ، مانع عقب ماندگی کیفیت نامناسب خطوط نصب شده کابل مسی ، دوری فاصله از مراکز تلفنی و پایین بودن تراکم جمعیت می باشد 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 می باشد همچنین wimax یک راه حل جذاب برای مراکز اقتصادی بزرگ که دارای چندین شعبه دریک منطقه ازیک کلان شهر هستند می باشد.

درکشورهای درحال توسعه تمرکز اصلی باند پهن روی مناطق شهری و حومه می باشد ، 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 درکنار 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 حل ها سوق می دهد.

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

توپولوژیهای توسعه

- چندین نوع توپولوژی و چندین نوع back hauling توسط ایستگاههای پایه wimax پشتیبانی شده است.
- ۱- انتقال ترافیک با اینترنتیسی کابلی (بطور نمونه روی اینترنت) wireline Backhauling
 - ۲- انتقال ترافیک با اینترنتیسی رادیویی نقطه به نقطه
 - ۳- انتقال ترافیک روی ایستگاه پایه wimax Backhauling
- مورد سوم اشاره به آن دارد که ایستگاه پایه قابلیت انتقال دوطرفه ترافیک (backhauling) را روی خودش دارد . این عمل با کنارگذاشتن قسمتی از پهنای باند که بطور معمول برای ترافیک کاربر انتهایی به کار می رود جهت مقاصد backhauling تخصیص داده می شود

Wimax جهت اینترنت پرتابل

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 می دهند ، واز پوشش صدا درگستره ملی پشتیبانی می کنند همچنین یک دیتا با سرعت متوسط را فراهم می کنند wimax میتواند به عنوان یک راه حل مکمل جهت ارائه پهنای باند بالاتر درصورت نیاز خصوصا" درمناطق پرتراکم شهری به کارگرفته شود. wlan ها دارای قابلیتهای پوشش و تحرک پذیری محدودی می باشند. Wimax با گذر از این محدودیتهای یک اتصال باند پهن دریک منطقه وسیع (hotzones) را فراهم می کند راه حل های wi-fi و wimax مکمل یکدیگرند ، wi-fi اغلب برای پوشش با برد محدود ، ارتباطات محیط های داخلی (Indoor) خصوصا" درمراکز تجاری و درخانه و wimax برای ارتباطات درمحدوده محیط های خارجی (outdoor) به کار گرفته می شود.

اینترنت قابل حمل

اینترنت سیار یک اتصال پیوسته در سراسر شبکه را برای کاربران مهیا می کند ، علاوه برآن نسل جدیدی از شبکه (و غیره) قادرند که برای کاربران انتهایی همیشه 3G , wimax , DSL , FTTH ها با دسترسی چندگانه (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 و سیار هستند.

Wimax CPE

در بیشتر حالات ، يك ترمینال ساده كه شبیه به يك مدم DSL مي باشد و به صورت plug and play نصب میشود اتصال را فراهم میکند (به شكل زیر نگاه كنید) برای کاربرانی كه در چند كيلومتری از ایستگاه پایه wimax قرار گرفته اند يك آنتن خود نصب خارجی (outdoor) همراه با ترمینال CPE برای بهبود کیفیت اتصال احتمالا" ضروري مي باشد برای مشترکین دورافتاده يك دستورالعمل جهت تعیین محل نصب آنتن به سمت ایستگاه پایه wimax نیاز میباشد . برای مشترکین كه علاوه بر سرویسهای باند پهن درخواست کننده ، سرویس صدا (voice) هستند يك CPE مخصوص لازم است تا يك اتصال استاندارد یا سرویس VOIP را فراهم کند.

Wimax انعطاف پذیری بیشتر و امنیت بالاتر

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

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

Wimax يك راه حل رادیویی بسیار کارآمد

Wimax باید توانایی ارائه يك سرویس قابل اطمینان به مسافتهای طولانی برای مشترکین كه از ترمینالهای داخلی Indoor و یا از كارت های PC شبیه به كارت های wlan امروزی استفاده كنند را داشته باشد. این تجهیزات دارای قدرت فرستنده محدودی مي باشند كه باعث محدودیت در خط ارتباطی مي شوند با استفاده از تکنیک Sub channeling در جهت uplink و همچنین استفاده از آنتن های هوشمند در ایستگاه پایه مي توان بر این محدودیتها غلبه کرد.

سیستم wimax دارای يك لایه فیزیکی جدید (PHY) و همچنین دارای يك زیرلایه Mac اختصاصی جهت پشتیبانی از همه اهدافی كه برای این فن آوری ترسیم شده است مي باشد. این لایه Mac همراه با استفاده از مدولاسیون OFDMA در لایه فیزیکی باعث بهینه ساختن تخصیص منابع و پشتیبانی از QOS برای انواع مختلفی از سرویسهای VOIP ، سرویسهای بلادرنگ و غیره بلادرنگ شده است . OFDMA درانتشار به صورت NLOS و در محدوده فرکانس 2-11GHz بسیار مطمئن عمل مي کند و به طور ذاتی برای غلبه بر تاخیرات انتشار به سبب بازتابهای انتشار تحت شرایط NLOS قدرتمند مي باشد، OFDMA همراه با مدولاسیون تطبیقی(كه اختصاصا" روی هرکانال مشترك بر طبق مشخصات کانال رادیویی اعمال میشود) مي تواند يك بهره طیف بالایی در حدود 3-4bit/HZ را فراهم مي کند. Wimax قابلیت انعطاف در مولفه هایی همچون Channelization ، فرکانس کاربر ، و روش انتقال به دوصورت (FDD,TDD) فراهم میکند كه 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 آنتن های پیشرفته پشتیبانی می کند ، استفاده از این آنتن ها جهت فراهم آوردن بهره طیفی بالا ظرفیت و کارایی سیستم و قابلیت اطمینان سرویس ضروری می باشد.

- نوع بیمه آنتن های هوشمند یک گین اضافی ایجاد میکند که باعث پوشش فواصل دورتر و 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 آنتن 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 ویژگیهای الزامی در شکل سمت راست و با استفاده از ویژگیهای کامل (الزامی و اختیاری) در شکل سمت چپ

گستره wimax و مقررات مربوط به آن

تجهیزات مربوط به wimax در باندهای فرکانسی بدون مجوز و مجوزدار عمل می کنند. حداقل عرض باندکانال 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 گسترده در دسترسی می باشند اما استفاده از آنها محدود به مصارف آزمایشگاهی در این زمینه می باشد به دلیل آن که استفاده گسترده از این باندهای فرکانس باعث افزایش ریسک 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 طراح wimax به دوشکل 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 نامتقارن به کار می رود. استفاده از هر دو تکنیک FDD و TDD در یک باند فرکانس با رعایت باند محافظ امکان پذیر می باشد.

انتشار در دید غیر مستقیم 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 فرنل هیچ گونه مانعی وجود نداشته باشد ، در غیر این صورت سیگنال دچار افت شدید می شود (به ReF5 نگاه کنید) (ناحیه فرنل بستگی به فرکانس عملیاتی و فاصله بین فرستنده و گیرنده دارد).

سیگنال های رسیده . سیگنال دریافتی از طریق بازتابش ، تفرق ویا انعکاس به گیرنده می رسد يك NLOS دريك لينك ، منعكسه وانكسار یافته میباشد ، این سیگنال به گیرنده ترکیبی از سیگنال های مسيرمستقیم ، پراکنده شده ، تضعیف ، پلاریزاسیون و دوام متفاوتی نسبت به سیگنال مسيرمستقیم می باشد ها دارای تاخیر انتشار ،

پدیده چند مسیریگی 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 يك 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 مسيرمستقیم تاکید دارد واز انرژی موجود در مسیرهای غیرمستقیم بهره ای نبرده است.محدوده پوشش تحت شرایط NLOS و LOS از مشخصات انتشار در آن محیط ها ، افت مسیر، مشخصات لينك رادیویی تبعیت می کند. مزایایی که درانتشار به صورت NLOS وجود دارد باعث گسترش توسعه این فن آوری شده است برای مثال عدم انعطاف درطراحی ومحدودیت ارتفاع آنتن دربرخی از موارد اغلب اجازه قرارگیری آنتن ها به صورت دید مستقیم را نخواهد داد در توسعه های شبکه سلولهای درمقیاس وسیع ، جایی که استفاده مجدد از فرکانس امری ضروری می باشد کاهش ارتفاع آنتن جهت کاهش تداخل بین سلولهای همجوار بسیار مفید می باشد به دلیل آن که ایستگاههای پایه غالباً باید در شرایط NLOS عمل کنند درسیستم های LOS ارتفاع آنتن را نمی توان کاهش داد زیرا باید يك مسیر دید مستقیم از CPE به ایستگاه پایه وجود داشته باشد از آن جایی که درفن آوری NLOS نصب CPE به آسانی مثلاً درلبه تراس وبدون مشکلات ناشی از تعیین موقعیت جهت نصب دکل و آنتن انجام می پذیرد هزینه های مربوط به نصب را کاهش میدهد.

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

- ۱- غلبه برتلفات ناشی از نفوذ امواج به داخل ساختمان
 - ۲- دستیابی به پوشش مناسب با توجه به قدرت پائین فرستنده وگین آنتن که مربوط به تجهیزات CPE درمحیطهای داخلی می شود.
- Wimax می تواند با این چالش ها مقابله کند همچنین پوشش درشرایط 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
- آنتن های جهتی
- دایورسیتی فرستنده وگیرنده
- مدولاسیون تطبیقی
- تکنیکهای تصحیح خط

- کنترل پاور مصرفی

تکنولوژی OFDM

OFDM اپراتورها را به یک ابزار موثر جهت غلبه بر چالش های انتشار به صورت NLOS مجهز میکند شکل موج OFDM در wimax می تواند بر تاخیرات انتشار بزرگتر از محیط های NLOS غلبه کند همچنین مشکلات ناشی از تداخل بین سمبلی (ISI) و پیچیدگی اکولایزرهای تطبیقی را برطرف میکند. زیرا شکل موج OFDM ترکیبی از چندین کاربر باند باریک متعامد می باشد.

فیدینگ selective متمرکز می شود روی یک دسته از کاربرهای که نسبتاً آسان متعادل می شوند. یک مثال که در شکل زیر نشان 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 مسیریگی و ISI با یک روش موثر اجازه به کارگیری بیت ریتها بالاتر را خواهد داد.

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

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

Sub channelization

Sub channelization به عنوان یک آئیم اختیاری در wimax وجود دارد، بدون استفاده از آن ویا وجود برخی از محدودیتهایی حفاظتی و نیاز 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 و downlink یکسان کند.

Sub channelization قدرت فرستنده را درون یک تعدادی از کاربرهای OFDM متمرکز 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 کار رود استفاده از Sub channelization بیشتر در فن آوری OFDMA به کار گرفته شده است بدلیل آن که یک انعطاف بیشتری جهت استفاده از منابع 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 همانند downstream است ولی ظرفیت به یک چهارم تقلیل می یابد.

آنتن هایی که در کاربرهای بی سیم ثابت استفاده می شود

آنتن هايي جهتي باعث افزايش فيدمارچين بوسيله افزايش بيشتر بهره سيستم مي شوند تاخير انتشار به وسيله به كارگيري آنتن هاي جهتي در هر دو ايستگاه پايه و CPE به طور محسوسي کاهش مي يابد(6 Ref) سيستم هاي آنتن هاي تطبيقي (AAS) به صورت يك بخش اختياري دراستاندارد 802.16 قرارداده شده است مشخصات شكل بيم اين آنتن ها به گونه اي است كه مي توانند دريك مسير با مسيرهائي مخصوصي تمرکز داده شوند به اين معني كه سيگنال درزمان ارسال دريك مسير مشخص مورد نیاز گيرنده ارسال مي شود مثل يك نورافكن و درگيرنده AAS مي تواند به گونه اي عمل كند كه تمرکز آن درمسير باشد كه سيگنال مطلوب از آن سمت مي آيد AAS همچنين مي تواند از تداخل بين كانالهاي همجوار جلوگیری كند. AAS جهت توسعه هاي بعدي كه مي توانند نهايتاً " افزايش دهنده ظرفيت وامكان استفاده مجدد طيف فرکانس را افزايش دهد درشبكه wimax مطرح شده است .

دایورسیتی فرستنده و گیرنده

اشكال دایورسیتی جهت بهره گيري ازچندمسيرگي وبازتابهاي سيگنال كه درشرایط NLOS رخ مي دهد مورد استفاده قرارمي گيرد . دایورسیتی يك خصيصه اختياري در wimax مي باشد. الگوريتم دایورسیتی ارائه شده توسط wimax درفرستنده وگیرنده موجب افزايش دسترس پذيري سيستم ميشود . دایورسیتی فرستنده wimax از كدینگ زماني Space-time coding جهت ايجاد منابع مستقل رسالي استفاده ميكند وباعث کاهش S/N ميشود . در دایورسیتی گیرنده شيوه هاي گوناگون تركيبي وجود دارد كه كارايي سيستم را افزايش مي دهد براي مثال : MRC كه از تركیب دو رشته گیرنده جدا ازهم حاصل مي شودبه غلبه بر محوشدگي سيگنال و تلفات ناشي از افت مسير كمك مي كند . کاربرد دایورسیتی به عنوان يك ابزار موثر براي كنار آمدن با چالش هاي ناشي از انتشار به صورت NLOS به اثبات رسيده است.

مدولاسيون تطبيقي

مدولاسيون تطبيقي اجازه مي دهد كه سيستم wimax شكل مدولاسيون سيگنال را با تغيير ميزان S/N به سبب شرایط لينك راديويي تنظيم كند. هنگامي كه لينك ارتباطي داراي كيفيت بالايي مي باشد. بالاترين شكل مدولاسيون استفاده ميشود وظرفيت بيشترى را ارائه مي دهد هنگامي كه سيگنال دچار محوشدگي ميشود سيستم wimax مي تواند شكل مدولاسيون را به سطح پائين تر شيفت دهد به دليل آن كه كيفيت ارتباط وپايداري لينك راديويي را حفظ شود اين ویژگی به سيستم اجازه غلبه بر فيدينگ سلكتيو زماني را مي دهد.

روش هاي تصحيح خطا

روش هاي تصحيح خطا كه درwimax مورد استفاده قرارگرفته است باعث کاهش ميزان S/N سيستم ميشود روش قدرتمند تصحيح خطا Reed Solomon و كانولوشن كدینگ والگوريتم هاي interleaving كه جهت تشخيص وتصحيح خطا استفاده شده اند موجب افزايش بازدهي سيستم مي شوند اين روشهاي قدرتمند تصحيح خطا كمك مي كنند به بازيابي فريمهاي كه از دست مي روند زماني كه خطاهاي پشت سرهم (قطاری- burst errors) به علت فيدينگ سلكتيو اتفاق مي افتد . جهت تصحيح خطاهائي كه FEC نمي تواند آن ها را بازيابي كند از ARQ استفاده مي شود. دراين روش اطلاعاتي كه دچار خطا شده اند مجدداً ارسال مي شود اين به طور محسوسي عملکرد BER را درهمان سطح ترشلد بهبود مي بخشد.

كنترل باور

روشهای کنترل پاور که مورد استفاده قرار گرفته است کارایی کل سیستم را افزایش می دهد . این کنترل به وسیله ارسال بسته های کنترل پاور از ایستگاه پایه به هر یک از CPE ها صورت می گیرد تا CPE ها تنظیم کنند سطح قدرت فرستنده شان را متناسب با سطح گیرندگی که از پیش برای ایستگاه پایه در نظر 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 در گروه IEEE802.16 حکایت از حرکت به سمت سیر تکاملی دسترسی بی سیم باندپهن درسایه یک استاندارد با مشخصات منحصربه فردا دارد. بطور موازی انجمن wimax forum به پذیرش گسترده دسترسی باندپهن بوسیله ایجاد یک عنوان تجاری 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 قرار گیرند. همچنین wimax سرویسهای پرسرعت 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. NLOS دارای مزایای بسیاری میباشد که اپراتورها را قادر می سازد دیتا پرسرعت را به رنج وسیعی از کاربران ارائه دهند wimax. دارای ویژگیهای الزامی از قبیل : فن آوری OFDM ، مدولاسیون تطبیقی ، و تکنیک تصحیح خطا می 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 اپراتورهای 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 در نهایت 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