دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

بررسی و شبیه سازی روشهای آشکارسازی نماد در لایه فیزیکی OFDM در استاندارد IEEE 802.16-2004

پایان نامه کارشناسی ارشد برق-مخابرات

سمانه کارگر سیچانی

استاد راهنما

دکتر علیمحمد دوست حسینی

۱۳۸۵

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته برق-مخابرات خانم سمانه کارگر سیچانی

تحت عنوان

بررسی و شبیه سازی روشهای آشکارسازی نماد در لایه فیزیکی OFDM در استاندارد IEEE 802.16-2004

در تاریخ ۱۳۸۶/۱/۲۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱-استاد راهنمای پایان نامه	دکتر علیمحمد دوست حسینی
۲-استاد مشاور پایان نامه	دکتر محمد جواد امیدی
سرپرست تحصیلات تکمیلی	دکتر علیمحمد دوست حسینی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول:مقدمه

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۱-۱- شبکه‌های کابلی ۳

۱-۱-۲ شبکه‌های فیبر نوری ۳

۱-۱-۳ شبکه‌های رادیویی ۴

۱-۱-۴ شبکه های مایکروویو ۴

۱-۱-۵ شبکه‌های ماهواره‌ای ۵

۱-۱-۶ شبکه مخابراتی مبتنی بر تکنولوژی ۶

۱-۲- همزمان سازی در IEEE 802.16-2004 ..... ۹

۱-۳- شبیه سازی ۱۱

۱-۴- ساختار گزارش ۱۲

فصل دوم : مدل باند پایه لایه فیزیکی OFDM استاندارد IEEE.802.16.2004

۲-۱- مروری بر استاندارد IEEE 802.16_2004 ..... ۱۳

۲-۱-۱- مشخصات لایه فیزیکی IEEE 802.16_2004 ..... ۱۳

۲-۱-۲- مشخصات لایه کنترل دستیابی واسط (MAC) ۱۴

۲-۲- مروری بر لایه فیزیکی مبتنی بر OFDM استاندارد 802.16_2004 ..... ۱۷

۲-۲-۱- توصیف نماد OFDM ۱۸

۲-۲-۲- ساختار لایه فیزیکی مبتنی بر OFDM استاندارد 802.16_2004 ..... ۲۰

۲-۳- توصیف بلوکها ۲۳

۲-۳-۱- تصادفی ساز ۲۳

۲-۳-۲- تصحیح خطای پیش رونده ۲۴

۲-۳-۳- در هم نه ۲۶

۲-۳-۴- مدولاسیون و دمدولاسیون ۲۷

۲-٤- ساختار و مدولاسیون سرآغاز ۲۸

۲-۵- کد کردن فضا-زمان ۳۷

۲-۶- مقایسه 802.16-2004 و 802.11a ۳۸

فصل سوم : شبیه سازی لایه فیزیکی OFDM در استاندارد IEEE802.16-2004 در محیط MATLAB

۳-۱- مقدمه ۴۱

۳-۲- شبیه سازی لایه فیزیکی OFDM در استاندارد IEEE 802.16-2004 ..... ۴۱

۳-۱-۱- نکات اساسی در پیاده سازی لایه فیزیکی OFDM ۳۸

۳-۱-۲- ارتباط برنامه با کاربر و انتخابهای ممکن در شبیه سازی ۴۳

۳-۱-۳- کانال با نویز سفید گوسی جمع شونده ۴۳

۳-۱-۴- تطبیق دهنده کانال ۴۹

۳-۱-۵- کانال چند مسیره ۵۰

فصل چهارم : آشکار سازی نماد در استاندارد IEEE.802.16-2004

۴-۱- تکنیکهای همزمان سازی در حالت پیوسته و در حالت بسته های فوج در سیستمهای گیرنده ۵۳

۴-۱-۱- همزمان سازی در حالت بسته های فوج ۵۴

۴-۱-۲- همزمان سازی در حالت پیوسته ۵۴

۴-۲- انواع همزمان سازی ۵۴

۴-۱-۱- همزمان سازی نماد ۵۴

۴-۱-۲- تکنیکهای بازیابی فرکانس حامل ۵۷

۴-۱-۳- همزمان سازی لحظه نمونه برداری..... ۶۱

۴-۳- همزمان سازی نقطه شروع نماد در استاندارد IEEE 802.16-2004 ..... ۶۲

۴-۳-۱- گسترش روشهای قدیمی برای استاندارد IEEE 802.16-2004..... ۶۳

۴-۳-۲- گسترش روابط همزمان سازی سایر استاندارد ها به WiMAX..... ۶۶

۴-۳-۳- معرفی برخی روشهای جدید در همزمان سازی WiMAX..... ۷۰

۴-۳-۴- بررسی و مقایسه ۷۴

۴-۴- روش پیشنهادی ۷۹

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- جمع بندی..... ۸۵

۵-۲- پیشنهادات..... ۸۶

واژه نامه..... ۸۸

مراجع ۹۳

فهرست نماها

A	
Array antenna system (AAS)	**سیستم آرایه آنتنی**
Analog to digital convertor (ADC)	**مبدل آنالوگ به دیجیتال**
B	
Base station (BS)	**پایگاه اصلی**
C	
Cyclic prefix (CP)	**پیشوند چرخشی**
Customer premises equipment (CPE)	**ساختارهای منطقی مشتریان**
Convolutional turbo coding (CTC)	**کدگذاری کانولوشن توربو**
D	
Downlink (DL)	**اتصال پائین سو**
Delay phase locked loop (DPLL)	**حلقه قفل شونده تاخیر فاز**
Downlink interval usage code (DIUC)	**کد بازه قابل استفاده برای اتصال پایین سو**
Digital to analog convertor (DAC)	**مبدل دیجیتال به آنالوگ**
F	
Forward error correction (FEC)	**تصحیح خطای پیش رونده**
Forward correction header (FCH)	**تصحیح پیش رونده در ابتدا**
Frequency division duplexing (FDD)	**دوگانگی تقسیم در فرکانس**
I	
Intercarrier interference (ICI)	**تداخل بین حاملها**
Intersymbol interference (ISI)	**تداخل بین نمادها**
Intermediate frequency (IF)	**فرکانس باند میانی**
L	
Least mean square (LMS)	**کمترین متوسط مربعات**
Line of sight (LOS)	**مسیر مستقیم دید**

M

Maximum likelihood estimation (MLE)	**تخمین حداکثر درستنمایی**
Maximum likelihood (ML)	**حداکثر درست نمائی**
Metropolitan area network (MAN)	**شبکه های شهری**
Medium access control (MAC)	**کنترل دستیابی واسط**
Moving average (MA)	**میانگین پیشرونده**

N

Non line of sight (NLOS)	**مسیر دید غیر مستقیم**

P

Point to multipoint (PMP)	**یک نقطه به چند نقطه**

Q

Quality of service (QoS)	**کیفیت سرویس دهی**

R

Radio frequency (RF)	**باند رادیویی**

S

Subscriber station (SS)	**پایگاه مشترک**
Space time coding (STC)	**کدگذاری فضا زمان**

T

Time division multiplexing (TDM)	**تسهیم زمانی**
Time division multiple access (TDMA)	**دسترسی چندگانه با تقسیم زمانی**
Time division duplexing (TDD)	**دوگانگی تقسیم در زمان**
Turbo coding (TC)	**کدگذاری توربو**

U

Uplink (UL)	**اتصال بالا سو**
Uplink interval usage code (UIUC)	**کد استفاده بازه اتصال بالا سو**

V

Voltage controlled oscillator (VCO)	**اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ**

W

Wireless metropolitan area network (WMAN)	**شبکه بی سیم شهری**

چکیده

با توجه به اینکه پیاده سازی سیستمهای مخابراتی، امروزه زیر نظر کمیته استاندارد IEEE صورت می پذیرد و همچنین نیاز به گسترش مخابرات بی سیم در کشور ما، بررسی استانداردهای مخابرات بی سیم برای ارتباطات ثابت، ضروری به نظر می رسد. این پایان نامه به بررسی استاندارد IEEE 802.16 و بطور دقیق تر، به بررسی لایه فیزیکی OFDM در استاندارد IEEE 802.16-2004 می پردازد. مدلی از فرستنده و گیرنده مبتنی بر این استاندارد در محیط MATLAB شبیه سازی و برای پیاده سازی در آینده، آماده شده است.

در این مدل، کلیه بلوک های اساسی لایه فیزیکی OFDM در فرستنده مبتنی بر این استاندارد، شامل بلوک های تصادفی ساز، تصحیح خطا، مدولاسیون وفقی و عکس تبدیل فوریه، بر اساس متن استاندارد که در سال ۲۰۰۴ میلادی منتشر گشته، شبیه سازی شده است. در کنار فرستنده، بلوک های اساسی لایه فیزیکی OFDM در گیرنده مبتنی بر این استاندارد، شامل بلوک های مسیر عکس در فرستنده، به همراه همسان ساز برای حذف اثر چندمسیره در کانال، برای تکمیل مدل مورد مطالعه شبیه سازی شده است.

همزمان سازی، به خصوص در شروع نماد در این استاندارد، ، محور دیگر این پایان نامه می باشد. اشاره به انواع همزمان سازی و آثار خطای هر یک بر روی بازیابی اطلاعات، بررسی انواع روش های پیشنهادی از جمله روش متداول تخمین ML و یا روش محاسبه تابع خود همبستگی و همبستگی متقابل ، برای همزمان سازی نماد در سیستم هایی مشابه صورت گرفته و ارائه روش های فوق در قالب استاندارد حاضر، در کنار پیشنهاد روشی با پیچیدگی محاسباتی کمتر ، در این پایان نامه گنجانده شده است.

فصل اول

مقدمه

۱ ـ مقدمه

شبکه‌های مخابراتی متعارف شامل شبکه‌های کابلی یـا رادیـویی ، آنـالوگ یـا دیجیتـال، فاقـد جامعیـت در ارائه امکانات مطلوب و ظرفیت مـورد نیـاز مـی باشـند. همچنـین، بکـارگیری ایـن شـبکه هـا، مسـتلزم صـرف هزینه‌های اقتصادی بسیار بالا در مقایسه با توزیع جغرافیایی و جمعیتی است. لذا طراحی و توسعه شـبکه‌هـایی با توان ارسال اطلاعات محدود و تعداد غیر منطقی مسیرهای ارسـال، بخصـوص از جنبـه تعمیـر و نگهـداری و تأمین پرسنل و قطعات یدکی، غیر اقتصادی است.

از سوی دیگر، در حال حاضر از یک سو به علت قدیمی بودن معیارها و مبانی فنی طرحهـای مزبـور و عـدم تطبیق آنها با پیشرفتهای سریع در فن آوری مخابرات، طراحان بر آن شدند کـه بـه فکـر جـایگزینی ، توسـعه و تغییر در چگونگی طرح و اجرای شبکه‌هـای مخـابراتی بیفتنـد. همچنـین، افـزایش چشـمگیر ظرفیـت و حجـم بالای مبادله اطلاعات در کوتاهترین زمان ممکن دلیل دیگر نیـاز بـه تغییـرات در شـبکه هـای فعلـی مخـابراتی می باشد. از سوی دیگر، حداقل سازی هزینه‌های طرح و ساخت و نگهداری ، تأمین پرسنل و قطعـات یـدکی

یکی دیگر از مشکلات شبکه های مخابراتی فعلی است. بطوری که مناسبترین شبکه‌های ارتباطی بر اساس عوامل مختلفی همچون ظرفیت ، کیفیت انتقال ، گستردگی ، نوع محیط و ناحیه فعالیت ، سرعت وهزینه طرح و ساخت ، نصب و راه اندازی ، تعمیر و نگهداری، طراحی و مورد استفاده قرار گیرند. پس از معرفی برخی شبکه های مخابراتی به اهمیت شبکه های مخابرات بی سیم پی خواهیم برد.

۱ ـ ۱ ـ ۱ شبکه‌های کابلی

شبکه‌های کابلی ابتدایی‌ترین شکل شبکه‌های مخابراتی هستند که عموما برای ایجاد شبکه‌های مخابراتی در مناطق ویژه روستایی و مناطق دور افتاده که ارتباطات محدود و کیفیت کم مورد نظر است استفاده می‌شوند. در پیاده سازی این نوع شبکه‌های مخابراتی از دکل های چوبی ، فلزی و یا بتونی و کابل های مخابراتی و نگهدارنده‌های آن و سایر تجهیزات جانبی استفاده می‌شود. یکی از مواد تشکیل دهنده کابل ها، مس است که گران می‌باشد، لذا از جنبه صرف هزینه‌های اقتصادی، مصرف کابل در این نوع شبکه‌ها ایجاد محدودیت می‌نماید. از طرف دیگر ، شبکه‌های خطی نیاز به محیط انتقال مناسب اعم از خطوط دو سیمه ، چهار سیمه و کابلهای کواکسیال دارند. این نوع خطوط انتقال باید همچون یک لوله عمل کنند، بدین معنی که هر آنچه به آنها وارد می‌شود بدون کوچکترین تغییری از آنها خارج گردد، اما در فواصل طولانی ، شبکه‌های خطی متأثر از شرایط بد آب و هوایی و همچنین به دلیل داشتن خواص ذاتی ، متأثر از نویز و تداخل می‌شوند، که موجب تضعیف و انحراف در سیگنال مورد نظر می گردد.

برای اجتناب از این موارد و به منظور کنترل و یا رفع چنین پدیده‌های ناخواسته‌ای ، در مسیر شبکه‌های مخابراتی از تکرار کننده‌ها استفاده می‌شود که استفاده از آنها از جهاتی موجب بهبود در عدم تأثیرپذیری از عوامل خارجی می گردد و از سوی دیگر سبب کاهش نسبت سیگنال به نویز و صرف هزینه‌های اقتصادی می‌شود، که در نهایت مقبولیت ارتباط از طرف مشترکان را باعث می‌شود.

با توجه به موارد فوق ، شبکه‌های کابلی در تأمین ارتباطات به تنهایی و در توسعه و تکمیل سایر شبکه‌های ارتباطی به صورت تلفیقی استفاده می‌شوند ولی شرایط مورد نظر از جمله کار در فواصل طولانی و صرفه اقتصادی را برآورده نمی سازند.

۱ ـ ۱ ـ ۲ شبکه‌های فیبر نوری

یکی دیگر از انواع شبکه‌های کابلی ، شبکه‌های فیبر نوری می‌باشد که به دلیل سهولت در نصب و نگهداری، برای ایجاد شبکه‌های ارتباطی بسیار سودمند و مفید هستند، البته به دلیل هزینه‌های بسیار بالای نصب و راه اندازی اولیه ، فراگیر شدن آن در مدت زمان کوتاه برای کلیه مشترکان دهکده جهانی ارتباطات

مقدور نیست. با این وجود، برخی از کشورها با آینده نگری، سرمایه گذاری در زمینه طراحی و پیاده سازی شبکه‌های فیبر نوری را در دستور کار خود قرار داده‌اند. در این شبکه ها میزان تضعیف، تأثیر پذیری از شرایط محیط خارجی، نویز و تلفات بر واحد طول بسیار ناچیز می باشد. در کنار این ویژگی ها، گستردگی در کارایی، شبکه‌های فیبر نوری را قابل اعتماد کرده است، بطوری که در آینده نزدیک استفاده همه جانبه از این نوع شبکه‌ها را شاهد خواهیم بود.

۱ ـ ۳ شبکه‌های رادیویی

در اواخر سال ۱۹۳۰ کشور انگلستان موفق به تعریف و توصیف پدیده‌های جدیدی در زمینه شبکه‌ها و ارتباطات رادیویی در فرکانسهای VHF و پایین‌تر از آن شد و بدین ترتیب با تکمیل ساختمان سیستمهای رادیویی ، کاربرد شبکه‌های رادیویی در اختیار جهانیان قرار گرفت. هر چند شبکه های قدیمی و متداول آن زمان نیازمندیهای اولیه در برخی از موارد را برآورده می‌ساخت، اما در مورد تأمین ارتباطات دریایی و هوایی، به علت استفاده از سیم و یا خطوط انتقال ، مثمر ثمر واقع نمی‌شدند.

از طرفی نیاز به ارسال اطلاعات در مسیرهای طولانی ،باعث استفاده از ارتباطات رادیویی به صورت عملی شد و بدین لحاظ شبکه‌های رادیویی VHF به دلیل ارزانی در قیمت ، سادگی در نصب و ظرفیت محدود به منظور تأمین ارتباطات در مناطق کم جمعیت بویژه در مناطق روستایی یا استفاده‌های خاص ، موارد استفاده بسیاری پیدا نمودند. علاوه بر اینها ، هزینه‌های اقتصادی بسیار کم برای طرح و ساخت ، تعمیر و نگهداری ، تأمین قطعات یدکی و پرسنل و همچنین قابلیت تلفیق این نوع شبکه با انواع دیگر شبکه‌های رادیویی، استفاده از آنها را در ایجاد شبکه‌های ارتباطی امروزی ، اصلی تفکیک ناپذیر نموده است .

۱ ـ ٤ شبکه های مایکروویو

اینگونه شبکه‌ها از فرکانسهای رادیویی و فضای آزاد برای انتقال سیگنالهای مخابراتی استفاده می‌کنند. در طراحی این نوع شبکه‌ها در حالت منفرد (یعنی جهت تأمین ارتباط بین دو سایت مفروض) سعی طراحان در افزایش حداکثر مسافت بین دو سایت و کاهش توان ارسالی تا حد ممکن و کاهش هزینه‌های ساخت و تولید بوده است. البته در عمل به علت محدویت فرکانس رادیویی و محدودیت شرایط اقلیمی با توجه به فناوری طرح و ساخت اینگونه شبکه‌ها ، محدودیت مسافت امری اجتناب ناپذیر شده است. بطوری که در پیاده سازی و اجرای اینگونه شبکه‌ها به منظور افزایش مسافت، نیاز به تکرار کننده‌ها مشهود است.

استفاده از تکرار کننده‌ها علاوه بر تحمیل هزینه‌های اقتصادی باعث کاهش نسبت سیگنال به نویز می‌شود که این مساله در شبکه‌های مخابراتی بی سیم ممکن است سبب تضعیف و در نهایت ایجاد خطا در سیگنال و

یا حذف سیگنال ارسالی گردد. به طوری که در انواعی از این شبکه‌های مخابراتی، بدین جهت کـه احتمـال و ایجاد گسترش خطا تا نهایت درجـه کـاهش و یـا بـه حـد صـفر برسـد، از سیسـتمهایی نظیـر بـاز سـازنده‌هـا و پردازشگرهای تصحیح خطای سیگنال بـه منظـور تصـحیح خطـا و یـا کـاهش تـأثیر خطـا و در نهایـت حـذف سیگنالهای خطا استفاده می‌شود.

از مزایای این نوع شبکه‌ها در مقایسه با شبکه‌های پیش گفته ، ظرفیت بیشتر ، سـادگی در طـرح و سـاخت ، سرعت در نصب و راه اندازی و کاربرد ویژه در نواحی غیـر همـوار و دارای شـرایط جـوی خـاص مـی‌باشـد. همچنین اینگونه شبکه‌ها امکان تلفیق با شبکه‌های چند مسیره (لانـه زنبـوری) را دارنـد. بـا بهـره منـدی از ایـن روش، محدودیت ظرفیـت، کـه مشـتمل بـر محـدودیت دسترسـی (محـدودیت در تعـداد مشـترکان و اسـتفاده کنندگان) و محدودیت در انتقال اطلاعـات مـی‌باشـد تـا میـزان قابـل تـوجهی مرتفـع مـی‌شـود. لـذا در تـأمین شبکه‌های مخابراتی بین شهری در کشور ما نیز ، از اینگونه شبکه‌ها استفاده می گردد .

۱ ـ ۵ شبکه‌های ماهواره‌ای

رشـد فزاینـده مخـابرات و تبـدیل آن بـه یـک وسـیله ضـروری جهـت تـأمین ارتباطـات و تـراکم ترافیـک فوق العاده زیاد در شبکه‌های مخابراتی که به عدم اتـلاف وقـت در ارسـال و دریافـت نیـاز داشـت و همچنـین لزوم انتقال اطلاعات بطور همزمان که حتی در بعضی از موارد اجتناب از تأخیر را عملا غیر ممکن می‌سـاخت و نیز ضعف و محدودیت شبکه‌ها و سیستمهای مخابراتی و مشکلاتی نظیر نبودن شبکه‌های ارتباطی مـا بـین دو سوی اقیانوسها و در برخی از موارد ، هزینه بالای تأمین ارتباط بـین دو نقطـه بسـیار دور از هـم ، امکـان تـأمین ارتباط فراگیر را محال می‌نمود. این مسأله دانشـمندان و طراحـان شـبکه‌هـای مخـابراتی را بـدین سـو رهنمـون ساخت که شبکه مخابراتی ویژه‌ای با حداقل محدودیت برای پوشش حداکثر موقعیت جغرافیـایی ارائـه دهنـد تا ضمن برخورداری از مخابراتی با گستره جهانی، مرزهای جغرافیایی را در نوردد و دهکده جهانی ارتباطـات را پایه گذاری نماید.

برای نیل بدین هدف ، طرح شبکه‌هـای مخـابرات مـاهواره‌ای ارائـه شـد. مـاهواره‌هـا پوشـش صـد درصـد جغرافیـایی را تـأمین مـی‌نماینـد و پوشـش منـاطق روسـتایی و صـعب العبـور را در کمتـرین زمـان امکان پذیر می‌سازند و ایـن شـبکه‌هـا چـه از نظـر اقتصـادی و چـه از نظـر کیفیـت ، برتـری کـاملی نسـبت بـه شبکه‌های زمینی دارند. به عنوان مثال با توجه به اینکه اندونزی کشوری با بیش از ۱۳ هزار جزیره است کـه در برخی از موارد بعضی از جزایر آن تا ۷۰۰ کیلومتر از یکدیگر فاصله دارند، بنابراین تنها از فضا می‌تـوان آن را یکپارچه دید.

۱ + ٦ شبکه مخابراتی مبتنی بر تکنولوژی WiMAX

استفاده از امواج مایکروویو در انتقال اطلاعات با ظرفیت بیشتر ، سادگی در طرح و ساخت ، سرعت در نصب و راه اندازی، جایگزین مناسبی برای شبکه های کابلی موجوداست. علاوه بر آن با توجه به تکنولوژی پیشرفته مورد نیاز در طراحی خطوط مایکروویو، ارسال اطلاعات بصورت بی سیم می تواند مقرون به صرفه تر باشد.

استاندارد 802.16x توسط گروه صنعتی WiMAX ، که قدرتمندترین اعضای آن اینتل و نوکیا هستند، حمایت می شود. همانند Wi-Fi اکنون WiMAX نیز بطور گسترده به عنوان نام یک استاندارد پذیرفته شده است. WiMAX یا همان پروتکل IEEE 802.16 یک تکنولوژی بی سیم فوق العاده سودمند و تحول آفرین در زمینه ارتباطات کاربران (در هر سطح) وهمچنین دسترسی به اینترنت پر سرعت می باشد. در حقیقت این تکنولوژی با پیشی گرفتن از فناوری های WiFi و xDSL عزم خود را برای تسخیر تمامی دنیا جزم نموده است. هدف اصلی طراحان و مهندسان این فناوری آن است که در آینده ای نزدیک دسترسی بی حد ومرز به شبکه ها و دنیای اطلاعات را برای تمامی کاربران، تا حد دسترسی به تلفن همراه آسان سازند، همانگونه که تا امروز نیز کمابیش به خواسته خود دست یافته اند.

WiMAX از نظر استفاده از امواج مایکروویو برای دسترسی مستقیم کاربران به اینترنت تا حدود زیادی شبیه WiFi است، با این تفاوت که سرعت آن بسیار بالاتر و برد آن در حد چشمگیری وسیع تر است به طوری که سرعت آن را می توان با خطوط پرسرعت با پهنای باند وسیع (نظیر T3 و DSL) و برد امواج آن را با سرویس تلفن همراه مقایسه کرد. از نظر فراگیری نیز با هیچ کدام از مقیاس های شناخته شده شبکه قابل مقایسه نیست و حتی از مقیاس شبکه های شهری(MAN)[1]که برای شبکه های شهری به کار می رود و در حال حاضر بزرگترین مقیاس شبکه های یکپارچه محسوب می شود، به مراتب وسیع تر است.

بر روی بستر شبکه بی سیم WiMAX امکان ایجاد اینترنت پر سرعت، شبکه های VPN, VoIP و سرویس های کنفرانس ویدئویی[2]، آموزش الکترونیکی[3] و بانکداری الکترونیکی[4] میسر می باشد.

یکی دیگر از امکانات بی نظیر فناوری WiMAX استفاده از این فناوری در شبکه های LAN to LAN است. شبکه LAN to LAN مبتنی بر این فناوری اتصال پرسرعت دو یا چند شبکه LAN را به صورت MESH – FULL امکان پذیر می سازد بدین صورت که دو یا چند شبکه LAN با هر نوع سرویس ارتباطی

---

[1] .Metropolitan area network (MAN)
[2] . Video conferencing
[3] . E-learning
[4] . E-banking

میتوانند با استفاده از فناوری WiMAX ارتباطی ایمن و پرسرعت با یکدیگر داشته باشند. به عنوان مثال کارمندان یک سازمان بزرگ میتوانند با استفاده از این فناوری در منزل خود نیز به سازمان متبوع مرتبط باشند و یا از سرویس اینترنت پر سرعت آن استفاده کنند.

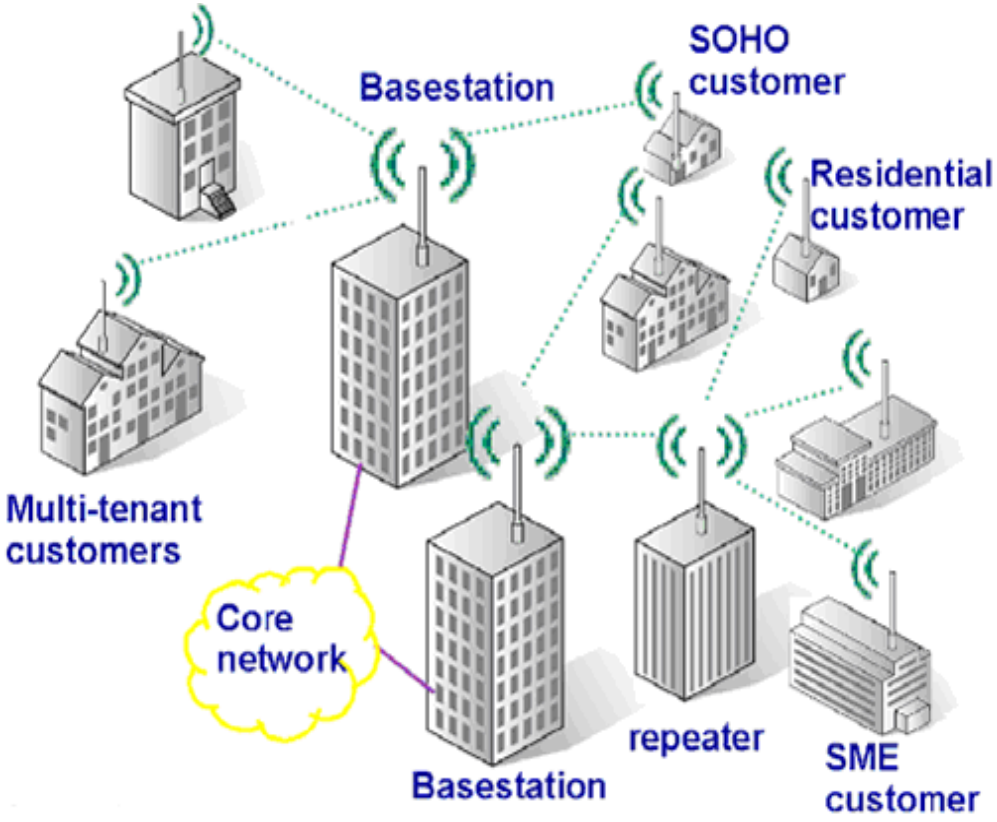
مروری بر خانواده IEEE 802.16

خانواده استاندارد IEEE 802.16 ،شبکه بی سیم شهری[1] با واسط هوا برای دسترسی بی سیم باند گسترده ثابت[2] (BWA)، امکان ارتباط برای مایل آخر[3] را برای کاربرد های پر سرعت انتقال صوت ، تصویر و سرویس های داده فراهم می کند. به این مفهوم که از این استاندارد می توان برای انتقال اطلاعات در مرحله آخر انتقال استفاده کرد و اطلاعات را توسط این استاندارد به مشتریان تحویل داد. برتری بسیار پر اهمیت این استاندارد بر روی BWA ، هزینه کم برای نصب و نگهداری در مقایسه با شبکه های تجاری سیمی یا فیبری ،خصوصا برای مناطق بسیار دور دست یا مناطقی که دسترسی به آنها مشکل است، می باشد[۱]. شکل ۱-۲ توپولوژی WMAN را نشان می دهد.

اولین عضو این خانواده، استاندارد IEEE 802.16 بود که پیش نویس آن در دسامبر ۲۰۰۱ تهیه شد و اولین ویرایش آن در هشتم آوریل ۲۰۰۲ تدوین شد. پهنای باند کار این استاندارد ۱۰-۶۶ گیگا هرتز می باشد. لا یه فیزیکی این استاندارد دارای مدولاسیون تک حاملی و نیازمند به انتشار مسیر دید مستقیم[4] می باشد.توپولوژی مورد استفاده ،شبکه یک نقطه به چند نقطه (PMP)[5] است که به مفهوم جابجایی داده بین پایگاه اصلی و مشترکهای چند گانه می باشد. استاندارد IEEE 802.16b ، که در سپتامبر ۲۰۰۱ تدوین شد نیز ۱۰-۶۶ گیگا هرتز را پوشش می دهد. در استانداردIEEE 802.16c ، پیش نویس و ویرایش نهایی "جزئیات مشخصات سیستم برای باند ۱۰-۶۶ گیگا هرتز "[6]، به ترتیب در ۲۴ مه ۲۰۰۲ و ۱۵ ژانویه ۲۰۰۳ منتشر شد. این ترمیم ها بر روی استاندارد اولیه اعمال و بند ۱۲ استاندارد IEEE 802.16_2001 مطرح شد، که به مشخصات سیستمی که مجموعه ای از مشخصات و توابع استفاده شده در حالتهای معمول پیاده سازی را جمع آوری کرده بود، مربوط بود.

---

[1] .Wireless metropolitan area network (WMAN)
[2] .Broadband wireless access (BWA)
[3] . Last mile
[4] . Line of sight (LOS)
[5] .Point to multipoint (PMP)
[6] . "Detailed system profiles for 10–66 GHz"



شکل ۱-۲: توپولوژی WMAN [۲]

خطاها و ناسازگاری های موجود در IEEE 802.16_2001 نیز اصلاح شده بود. حوزه فرکانسی این استاندارد باز هم به ۱۰-۶۶ گیگا هرتز محدود شده است.

چون دسترسی بی سیم باند گسترده به یک کاربرد محلی تبدیل می شود، استفاده از انتشار LOS با توجه به توپولوژی و چگالی پوشش گیاهی چندان عملی نمی باشد. بعلاوه، تداخل حاصل از چند مسیری محسوس است و هزینه نصب آنتنهای محیط بیرون[۱] زیاد می باشد. این مساله ترمیم در استاندارد 802.16 موجود را می طلبید و در این راستا استاندارد IEEE 802.16a در اول آوریل ۲۰۰۳ ارائه شد.

این استاندارد شامل اصلاح لایه کنترل دستیابی واسط[۲] و لایه فیزیکی اضافی مشخص شده برای ۲-۱۱ گیگا هرتز برای هر دو باند با مجوز[۳] و بدون نیاز به مجوز[۴] می باشد.مشخص ترین اصلاح در لایه MAC حالتهای دلخواه مش[۵] است.تفاوت اساسی بین PMP و حالتهای اختیاری مش این است که در حالت PMP ،

---

[1] .Outdoor
[2] .Medium access control (MAC)
[3] .License band
[4] .License-exempt band
[5] .Mesh

، جابجایی داده تنها بین BS و مشترکین اتفاق می افتد، در حالی که در حالت مش جابجایی داده می تواند بین سایر مشترکین مسیردهی شود وحتی می تواند مستقیما بین مشترکین اتفاق بیفتد. این خصوصیت انتشار بدون مسیر دید مستقیم[۱] را ممکن می سازد وحتی در زمانی که یک مانع بزرگ ،مثل یک کوه یا تپه، مسیرمستقیم یک پایگاه مشترک[۲] (SS) به پایگاه اصلی[۳] (BS) را ببندد، این مشترکین می توانند به طور غیر مستقیم با حرکت در میان واحدهای مشترکین دیگر به BS وصل شوند. اصلاح مطرح دیگر در لایه MAC آن است که خصوصیات لایه فیزیکی چندگانه ،که هر یک برای محیط کاربری خاصی مناسب هستند، را پشتیبانی می کند.در استاندارد 802.16a سه ساختار لایه فیزیکی تک حاملی، 256-OFDM، 2048-OFDMA تعیین شده است.

استانداردهای 802.16 و 802.16a برای دسترسی بی سیم باند گسترده ثابت استفاده شده اند. بر اساس اصلاحات 802.16a گروه IEEE 802.16e هم اکنون بر روی اصلاح 802.16e کار می کنند، تا "لایه های فیزیکی و MAC برای اتصال عملیات ثابت و متحرک در باندهای با مجوز" را پوشش دهد.در این اصلاح قابلیت حرکت به ایستگاهها اضافه شده است که قبلا شبکه بی سیم ثابت باند۲-۶ گیگاهرتز را پشتیبانی می کرد. در سال ۲۰۰۴ استانداردهای اصلی 802.16, 16a, 16c, 16d با یکدیگر ترکیب شدند و استاندارد حجیم IEEE 802.16_2004 بیان شد. بدلیل اینکه این استاندارد توپولوژی مش و یا PMP را پشتیبانی می کند، نیاز به مسیر مستقیم دید ندارد. این استاندارد دارای ۵ گزینه برای لایه فیزیکی می باشد که در جدول ۱-۱ نشان داده شده است.

۱ ۴ همزمان سازی در IEEE 802.16_2004

OFDM در کنار سایر تکنولوژی های وابسته، بدلیل بازده طیفی بالا، توانایی در مقابل نویز جمع شونده و کانالهای چند مسیره[۴] ، سرعت انتقال همراه با قابلیت اطمینان بالا در شرایط بسیار سخت کانال و مدولاسیون وفقی با توجه به شرایط کانال، کاربرد زیادی را در بسیاری از زمینه ها پیدا کرده است. همچنین برخی نقایص، مانند نسبت قله به متوسط توان[۵] بزرگ و همین طور حساسیت بالا نسبت به خطای همزمان سازی[۶]، در سیستم OFDM ظاهر شده است.

همزمان سازی دقیق برای اطمینان از پردازش صحیح باند پایه الزامی است. همزمان سازی یک سیگنال

---

[1] .Non-line-of-sight (NLOS)
[2] .Subscriber station (SS)
[3] .Base station (BS)
[4] .Multipath
[5] .PAPR
[6] .Synchronization error

OFDM نیاز به آشکار سازی بسته[۱] های ارسالی ، تعقیب زمان نمونه برداری[۲] و همزمانی فرکانسی دارد.

آشکار سازی بسته های ارسالی به یافتن صحیح آغاز یک بسته بر می گردد، این امر می تواند با کمک نمونه های آزمایشی[۳] ، مثل سرآغاز انجام گیرد. برای رسیدن به این هدف می توان با بدست آوردن تابع خود همبستگی سیگنال دریافتی و یا با استفاده از همبستگی سیگنال دریافتی با دنباله سرآغازدانسته شده نزد گیرنده محل شروع قاب دریافتی را آشکار کرد.

همچنین لازم است که سیگنال آنالوگ دریافتی در نقطه صحیح با دوره تناوب نمونه برداری صحیح (که برابر با دوره تناوب مبدل دیجیتال به آنالوگ[۴] است) برای پردازشهای دیجیتال نمونه برداری شود. هر چند، همیشه فاز نمونه برداری و تفاوت دوره تناوب بین مبدل دیجیتال به آنالوگ (در فرستنده) و مبدل آنالوگ به دیجیتال[۵] (در گیرنده) وجود دارد ، هر دو اینها می توانند با استفاده از یک حلقه قفل شونده تاخیر فاز[۶] و اسیلاتور کنترل شونده با ولتاژ[۷] برای تنظیم فرکانس نمونه برداری مبدل دیجیتال به آنالوگ تصحیح شوند. چون توزیع فضایی[۸] نمونه های آزمایشی ارسالی برای ما دانسته شده است و نمونه برداری غلط تنها باعث چرخش توزیع فضایی خواهد شد، می توانیم بر پایه فاصله چرخش، فرکانسهای مورد نیاز برای تنظیم مبدل دیجیتال به آنالوگ را بدست آوریم.

بعلاوه سیستمهای OFDM نسبت به جابجایی فرکانسی بسیار حساسند زیرا ممکن است تعامد بین زیر نمادها[۹] از دست برود. جابجایی فرکانسی نیز می تواند با کمک سرآغازها تخمین زده شود زیرا تغییر فاز در توزیع فضایی به مفهوم تغییر فرکانس حاملها است. این تخمین هم می تواند در حوزه زمان و هم در حوزه فرکانس بر اساس معیار های آماری معین ، مثل حداکثر درست نمائی[۱۰] ، انجام پذیرد. خروجی تخمین گر برای تنظیم اسیلاتور محلی باز خورد می شود.

بنابر این عمل همزمان سازی در همه سیستمهای مخابرات دیجیتال ، بخصوص با توجه به مطالب ذکر شده در سیستم OFDM ، بسیار پر اهمیت است.خطای همزمان سازی نه تنها باعث تداخل بین نمادها[۱۱] می شود بلکه بواسطه از دست رفتن تعامد بین حاملها، موجب تداخل بین حاملها[۱۲] می شود.[۷]

---

[1] .Packet
[2] .Sample clock
[3] .Pilot samples
[4] . Digital to analog convertor(DAC)
[5] Analog to digital convertor(ADC)
[6] .Delay phase locked loop (DPLL)
[7] .Voltage controlled oscillator(VCO)
[8] .Constellation
[9] .Symbol
[10] .Maximum likelihood (ML)
[11] .Intersymbol interference (ISI)
[12] .Intercarrier interference (ICI)

انواع همزمان سازی در سیستمهای OFDM

سه نوع همزمان سازی در سیستمهای OFDM وجود دارد :

الف- همزمان سازی نماد[1]: که محل صحیح شروع سمبل را قبل از تبدیل فوریه در گیرنده مشخص می کند.

ب- همزمان سازی فرکانس حامل[2]: که برای رفع جابجایی فرکانس حامل استفاده می شود. جابجایی فرکانس حامل بدلیل عدم تطابق اسیلاتور محلی فرستنده و گیرنده و خصوصیات غیر خطی کانال مثل جابجایی دوپلر می باشد.

ج- همزمان سازی زمان نمونه برداری[3]: که برای کاهش خطای زمان نمونه برداری بواسطه عدم تطابق نوسان سازهای کریستالی می باشد.

خطاهای همزمان سازی بر روی کاهش راندمان سیستم موثرند ولی در این بررسی تنها بر روی همزمان سازی نماد متمرکز می شویم. زیرا عدم همزمانی نماد های ارسال شده با آنچه در گیرنده دریافت می شود، بر روی سایر بخشهای همزمان سازی نیز تاثیر می گذارد. در بسیاری از مقالاتی که همزمان سازی فرکانس حامل یا لحظه نمونه برداری را بررسی نموده اند، همزمانی دقیق نقطه شروع نماد، یکی از فرض های اساسی صحت روش های پیشنهادی است. در فصل سوم انواع همزمان سازی را بر روی سیستمهای ارسال پیوسته و سیستمهای ارسال بسته ای بررسی خواهیم کرد . با توجه به آنکه سیستم مطرح شده در استاندارد IEEE 802.16_2004 یک سیستم ارسال بسته ای می باشد، بر روی این سیستمها با دقت بیشتری متمرکز خواهیم شد و سپس به موضوع اصلی در این بررسی، یعنی همزمان سازی نماد در استاندارد IEEE 802.16_2004 می پردازیم.

۱ ۳ شبیه سازی

در سالهای اخیر استاندارد WiMax در کشور ما برای خدمات اینترنت پرسرعت پیاده شده است. با توجه به اهمیت این استاندارد در ارتباطات باند گسترده و ارزش پیاده سازی آن در کشور، بررسی و شبیه سازی آن برای شناسایی توانایی های مورد ادعا و پیاده سازی لایه فیزیکی اهمیت می یابد. بعلاوه چون استاندارد، تنها در مورد فرستنده سخن گفته است، شبیه سازی گیرنده و عملکرد آن بر روی کانالهای مختلف مطلوب است.

با توجه به اهمیت فراوان مساله همزمان سازی در سیستمهای OFDM و از جمله این استاندارد، در این

---

[1] .Symbol timing synchronization
[2] .Carrier frequency synchronization
[3] .Sampling clock synchronization

بررسی مجموعه ای از روشهای پیشنهادی برای همزمان سازی نماد را، کـه یکـی از مهمتـرین مراحـل و نـوعی پیش فرض برای سایر مراحل همزمان سازی می باشد، گرداوری و از نظر تخمین دقیق نقطـه شـروع در مقابـل پیچیدگی سیستم با یکدیگر مقایسه شده است.

در پایان با توجه به روشهای مطالعه شده و با در نظر گرفتن محدودیتهای موجود در پیـاده سـازی روش شـبه بهینه با پیچیدگیهای کمتر ساخت، پیشنهاد و شبیه سازی شده است.

این بررسی تنها به مساله همزمان سازی از دیدگاه آشکارسازی نقطه شروع نمـاد پرداختـه اسـت، درحالیکـه بررسی سایر بخشها نیز بسیاربا اهمیت می باشد و حتی ممکن است در تلفیق با یکدیگر پیاده سازی شـوند. بـا مطالعه همه بخشهای همزمان سازی زمینه برای پیاده سازی این استاندارد توسط مهندسان داخلـی در کشـور مـا فراهم می شود.

۱ ٤ ساختار گزارش

در فصل دوم بر اساس متن اصلی استاندارد ،که در سال ۲۰۰۴ منتشر شده است، بلوکهای اصـلی مـدل بانـد پایه لایه فیزیکیOFDM بررسی شده است. در فصل سوم پیاده سازی مدل ذکر شده در محیط شبیه سـازی و نتایج شبیه سازی آن بر روی انواع کانالها مورد بررسی قرا می گیرد. فصـل چهـارم بـه مسـاله همزمـان سـازی سیستمهای OFDM و بطور دقیقتر همزمان سازی نمـاد در سیسـتم مبتنـی بـر اسـتاندارد IEEE 802.16_2004 می پردازد و روشهای مختلف همزمان سازی نماد در این استاندارد شبیه سازی و از نظـر دقـت و پیچیـدگی بـا یکدیگر مقایسه شده و یک روش شبه بهینه با پیچیدگی پیاده سازی کمتر پیشـنهاد مـی شـود. فصـل پـنجم بـه جمع بندی وپیشنهادات اختصاص یافته است.

فصل دوم

مدل باند پایه لایه فیزیکی OFDM استاندارد IEEE.802.16_2004

در این فصل پس از معرفی استاندارد IEEE 802.16_2004 ، مروری بر مشخصات لایه فیزیکی OFDM استاندارد 802.16_2004 به عمل آمده، ساختار هر بلوک باند پایه معرفی می شود. در انتهای فصل، این استاندارد با استاندارد IEEE 802.11a به عنوان یک استاندارد محیط داخل مقایسه خواهد شد. مطالب این فصل عمدتا مبتنی بر متن اصلی استاندارد ،که در ۲۴ ژوئیه ۲۰۰۴ منتشر شده است، می باشد[۵].

۲ ـ۱ مروری بر استاندارد IEEE 802.16_2004

۲ ـ ۱ ـ۱ مشخصات لایه فیزیکی IEEE 802.16_2004

با توجه به اهمیت آشنایی با لایه فیزیکی این استاندارد، در راستای پیاده سازی آن، در این بررسی تنها بر روی رفتار لایه فیزیکی OFDM متمرکز می شویم. بنابر این در ادامه در مورد خصوصیات لایه فیزیکیOFDM در 802.16_2004 بحث می کنیم. فرکانس حامل در لایه فیزیکیOFDM در 802.16_2004 برای کاربردهای NLOS ، ۲-۱۱ گیگا هرتز می باشد. جدول ۲-۱ مشخصات اصلی لایه فیزیکی OFDM این استاندارد را نشان می دهد.

استفاده از تکنولوژی OFDM باعث استفاده موثر از طیف فرکانسی [1] می شود. با استفاده از OFDM با تبدیل فوریه ۲۵۶ نقطه ای (در مقایسه با تبدیل فوریه ۶۴ نقطه ای در 802.11a) ، طول سمبل طولانی

---

[1] .Spectrum efficiency