

به نام خدا

لایه فیزیکی استاندارد

وایمکس

ناراهنمای شبیه سازی در محیط MATLAB

تألیف:

محسن عشوریان

(استادیار دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلس)

احسان بیت مشعل

سر شناسه	: عشوریان، محسن، ۱۳۴۸-
عنوان و پدیدآور	: لایه فیزیکی استاندارد وایمکس با راهنمای شبیه سازی در محیط MATLAB / تألیف: محسن عشوریان، احسان بیت مشعل.
مشخصات نشر	: اصفهان: دانشگاه آزاد اسلامی (شهر مجلسی)، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۲۰۸ ص: مصور (رنگی)، جدول.
یادداشت	: واژه نامه
موضوع	: مطلب (برنامه کامپیوتر)
موضوع	: ارتباطات بی سیم
موضوع	: مخابرات -- سیستم ها سیار
موضوع	: نظام های ارتباطی باند پهن
شناسه افزوده	: بیت مشعل، احسان
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی، شهر مجلسی
رده بندی کنگره	: TK ۱۰۳/۲/۴۵۳ ۱۳۹۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۸۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۳۰۶۹۳۵



لایه فیزیکی استاندارد وایمکس

با راهنمای شبیه سازی در محیط MATLAB

تألیف: محسن عشوریان، احسان بیت مشعل

ویراستاران: پریسا رستگاری، مرضیه سلیمان

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی شهر مجلسی

مدیر تولید: مسعود گلناری

صفحه آرا: اعظم شیرعلی / طرح جلد: مجتمع طراحی گرافیک (مسول: کیوانفر)

لیتوگرافی و امور چاپ: مهتاب، پارسا / صحافی: سپاهان نوین

نوبت چاپ: یکم / تابستان ۱۳۹۰

قطع: وزیری / ۲۰۸ صفحه / مصور

شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۳۸۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۰۸۰۲-۶

مراکز پخش: ۲۲۱۹۹۷۹ (۰۳۱۱) - ۱۵-۶۶۵۶۶۵۱۰ (۰۲۱)

پیش‌گفتار:

رشد سریع تعداد مشترکین سیستم‌های مخابراتی و ارتباطی، توسعه شهرها و افزایش چگالی ساکنین شهرهای کلان در یک منطقه محدود، وجود ساختمان‌های مرتفع، نیاز ساکنین حومه‌های شهری به ارتباطاتی نظیر اینترنت و خطوط تلفن شهری باعث گردیده است که سیستم‌های موجود به راحتی قادر به پاسخگویی به این نیازها نباشند. زیرا افزایش مشترکین یک ناحیه بالطبع، افزایش باند درخواستی را در پی خواهد داشت. لذا امکان کابل‌اندازی برای مشترکین فراوانی که خود پهنای باند وسیعی را نیاز دارند مشکلات عملیاتی مختلفی را در برخواهد داشت.

به طور مثال هم اکنون مشترکین شبکه‌هایی نظیر اینترنت جهت دسترسی به این دهکده جهانی از خطوط تلفن معمولی و یا DSL¹ و فیبر نوری استفاده می‌نمایند که هر دو نیازمند کابل‌اندازی و ارتباط فیزیکی می‌باشند. اما از آنجا که امکان کابل‌اندازی در مناطقی که تعداد مشترکین بسیار زیاد است و یا صعب العبور هستند، مقرون به صرفه نیست، از شبکه‌های بی‌سیم باند وسیع (BWA)² استفاده می‌شود.

برای این منظور، ابتدا شبکه‌های محلی بی‌سیم براساس استاندارد IEEE 802.11 عرضه گردید که می‌توانست در ناحیه محدودی پوشش شبکه را فراهم نماید. این استاندارد وای-فای (WiFi)³ نام گرفت. وای-فای از سویی بدن علت که در قابلیت حمل و حرکت برای مشترک دارای محدودیت است و از سوی دیگر بدین سبب که شعاع تحت پوشش آن وسیع نیست، نتوانست پاسخگوی نیاز مشترکین باند وسیع شود. از این رو به منظور رسیدن به یک نمونه کامل از دسترسی به پهنای باند وسیع بصورت بی‌سیم، همچنین حرکت مشترک حتی با سرعت بالا، استاندارد IEEE 802.16 معرفی گردید.

این استاندارد در ابتدای معرفی خود برای ارتباطات ثابت و با دید مستقیم عنوان گردید. اما طی تلاش‌های متعددی که انجمن وایمکس در سال‌های متمادی انجام داد توانست علاوه بر اهداف ثابت، برای مشترکین سیار نیز نسخه‌های این استاندارد را عرضه نماید. ضمن اینکه استاندارد امکان استفاده بدون دید مستقیم را برای مشترکین این سیستم‌ها فراهم می‌نمود[1]. از آنجا که محصولات باند وسیع از کارخانجات متفاوتی به بازار عرضه می‌گردند، نوع جدیدی از محصولات BWA به دنیای ارتباطات معرفی گردید، این محصول توسط انجمنی که

1. Digital Subscriber Line
2. Broadband Wireless Access
3. Wireless Fidelity

خود مسئول ارتقاء آن شد. وایمکس^۱ (WiMAX) نام گرفت. وایمکس، با استاندارد IEEE 802.16 کار مابین محصولات مختلف را امکان پذیر می نماید. این سیستم به دلیل انعطاف بالایی که در لایه MAC خود دارد، امکان اتصال به شبکه های مبتنی بر IPv6، ATM، IPv4^۲ اینترنت و شبکه های محلی مجازی را دارد. از کاربردهای مهم وایمکس می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- استفاده در زیرساخت شبکه های سلولی، برای برقراری ارتباط بین سلول های یک شبکه و همچنین ارتباط با شبکه های دیگر به خاطر پهنای باند بالای آن.

۲- ارائه سرویس با پهنای باند بالا برای مناطقی که دور از دسترس اند و امکان ایجاد ارتباط با خطوط DSL و کابلی به سبب شرایط محیطی آنها مهیا نمی باشد.

۳- در مناطقی که زیرساختی برای آنها در نظر گرفته نشده، مانند مناطق روستایی، می توان برای پیاده سازی این شبکه ها با نصب یک CPE^۳ و یک آنتن با بهره بالا به پوشش مناسب رسید.

۴- امکان استفاده از سرویس های با سرعت انتقال و پهنای باند بالا برای مشترکینی که از PDA^۴، کامپیوترهای جیبی یا موبایل در محیط های تجاری استفاده می کنند.

مجموعه قابلیت های فوق و همچنین انعطاف بالای استاندارد باعث شده است که تولیدکنندگان و محققان تمرکز بیشتری بر توسعه و بهینه سازی آن پیدا کنند. لذا با اعمال تغییرات گوناگونی که از بدو پیدایش استاندارد تاکنون در ساختار آن ایجاد شده، نسخه های متعددی از آن ارائه گردیده است.

اولین نسخه استاندارد 802.16 در باند فرکانس 10-66 GHz کار می کرد و برای برپایی، نیاز به نصب دکل هایی با آنتن های دارای دید مستقیم (LOS)^۵ داشت. اما بعدها با تغییراتی که در مشخصات لایه فیزیکی این استاندارد داده شد، امکان استفاده این سیستم در پهنای باند 2-11GHz و به صورت بدون دید مستقیم (NLOS)^۶ نیز مهیا گردید [۲،۳]. این تغییرات باید طوری اعمال می شد که در این حالت، ملاحظات برای مقابله با اختلالاتی نظیر محو شوندگی در کانال انتقال و تاثیر منفی ناشی از انتشار در محیط های چندگانه مدنظر قرار می گرفت. استفاده از تکنیک OFDM^۷ در لایه فیزیکی باعث شد که بتوان، استفاده بهینه ای از پهنای باند

-
1. Worldwide Interoperability for Microwave Access
 2. Asynchronous Transfer Mode
 3. Customer Premises Equipment
 4. Personal Digital Assistant
 5. Line of Sight
 6. Non Line of Sight
 7. Orthogonal Frequency Division Multiplexing

گردد. این مدولاسیون با ایجاد حامل‌های متعامد می‌تواند صرفه‌جویی چشمگیری در استفاده از پهنای باند نماید.

به طور کلی، این استاندارد از دو لایه مهم MAC و لایه فیزیکی تشکیل شده است که به طور مستمر برای تطابق با محصولات جدید دچار تغییرات می‌گردد. انجمن جهانی وایمکس، تحت استانداردهای مرتبط، مسئول توسعه و بهبود این گونه سیستم‌هاست. این انجمن سه نوع لایه فیزیکی را برای وایمکس در کاربردهای ثابت و غیر موبایل معرفی نموده است که شامل:

۱- لایه فیزیکی تک حاملی^۱ (SC)

۲- لایه فیزیکی بر مبنای OFDM

۳- لایه فیزیکی بر مبنای OFDMA^۲

سیستم تک حاملی در بسیاری از محصولات مخابراتی تاکنون استفاده شده است و برای ارسال سیگنال‌های رادیویی از یک حامل استفاده می‌کند. اما لایه فیزیکی OFDM که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد برای اهداف ثابت و بر اساس استاندارد IEEE 802.16-2004 می‌باشد. تفاوت اصلی OFDM با SC در استفاده از تکنیک تبدیل فوری سریع، جهت ایجاد حامل‌های متعامد است. این تکنیک صرفه‌جویی چشمگیری در استفاده از پهنای باند کرده و در اکثر سیستم‌های BWA استفاده می‌شود. فرق آن با OFDMA در نحوه تقسیم پهنای باند یا حامل‌ها بین مشترکین است. OFDMA تنوع مناسبی از اختصاص تعداد حامل‌ها به مشترکین بر اساس درخواست آنها ارائه می‌کند.

اگر بخواهیم به طور اجمالی قسمت‌هایی را شرح دهیم که در این تکنولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان گفت که مانند تمام سیستم‌های مخابراتی دارای سه بخش عمده فرستنده، گیرنده و کانال است. اما تفاوت اساسی آن با دیگر سیستم‌ها در اعمالی است که لایه‌های مختلف بر روی اطلاعات انجام می‌دهند. چون وایمکس و دیگر تکنولوژی‌های اخیر ارتباطاتی ماهیتی شبکه‌ای دارند، لاجرم این تفاوت‌ها را می‌بایست در طراحی لایه‌های شبکه و پردازش اطلاعات جستجو کرد. برای پیاده‌سازی لایه‌های شبکه به خصوص لایه فیزیکی استانداردها با پروتکل‌های متنوع، نیازمند شناخت و مطالعه دقیق الزامات و نحوه پیاده‌سازی استانداردها هستیم.

در این کتاب، در فصل اول تاریخچه استاندارد IEEE 802.16 و کلیات تکنولوژی وایمکس و طریقه تبادل اطلاعات در لایه‌های مختلف این استاندارد مورد بحث قرار می‌گیرد. انتظار می‌رود در این فصل ساختار اصلی شبکه وایمکس و الزامات استاندارد جهت رسیدن به

1. Single Carrier

2. Orthogonal Frequency Division Multiple Access

پارامترهای مورد نیاز در طراحی معرفی گردد تا در فصل‌های بعدی درک صحیحی از نحوه پیاده‌سازی حاصل شود. در فصل دوم به دلیل اهمیت مدولاتور OFDM در ساختمان تکنولوژی وایمکس، به اصول پایه‌ای این مدولاسیون خواهیم پرداخت تا این مدولاتور به عنوان هسته اصلی بخش‌های فرستنده و گیرنده بررسی گردد. در فصل سوم به معرفی پارامترها و بلوک‌های مورد نیاز شبیه‌سازی و نحوه پیاده‌سازی لایه فیزیکی وایمکس در محیط نرم‌افزار MATLAB می‌پردازیم.¹

www.ketab.ir

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

مقدمه

فصل اول: استاندارد IEEE 802.16

۱۱	۱-۱- مقدمه
۱۲	۲-۱- نسخه‌های استاندارد IEEE 802.16
۱۵	۳-۱- وایمکس
۱۶	۱-۳-۱- پروتکل‌های وایمکس
۱۶	۲-۳-۱- ویژگیهای برجسته وایمکس
۲۰	۴-۱- لایه‌های استاندارد IEEE 802.16
۲۰	۱-۴-۱- لایه MAC
۳۱	۲-۴-۱- لایه فیزیکی
۳۷	۳-۴-۱- لایه فیزیکی WirelessMAN OFDM
۳۹	۴-۴-۱- اعمال لایه فیزیکی
۴۳	۵-۴-۱- مقیاس‌پذیری در لایه فیزیکی
۴۳	۶-۴-۱- ساختار لایه فیزیکی برای فریم و اسلات‌بندی
۴۸	۷-۴-۱- سرعت‌های انتقال دیتا در لایه فیزیکی
۴۸	۸-۴-۱- ویژگی‌های پیشرفته لایه فیزیکی
۴۹	۹-۴-۱- خصوصیات ویژه وایمکس
۵۴	۵-۱- کانال انتقال
۵۵	۱-۵-۱- ائتلاف مسیر
۵۸	۲-۵-۱- محو شدگی
۶۲	۳-۵-۱- گسترش اثر داپلر
۶۴	۴-۵-۱- تداخل درون کانالی و کانال‌های مجاور

فصل دوم : اصول OFDM

۶۹	۱-۲- مقدمه.....
۷۰	۲-۲- مدولاسیون چند حاملی.....
۷۷	۳-۲- تعامد.....
۸۰	۴-۲- ارسال بلوکی نمونه‌ها با محافظ.....
۸۰	۵-۲- کانولوشن چرخشی و DFT.....
۸۲	۶-۲- افزودن پیشوند چرخشی CP.....
۸۶	۷-۲- افزودن CP صفر (Zero prefix).....
۸۸	۸-۲- همسان سازی فرکانس (FEQ).....
۸۸	۹-۲- بلوکی دیاگرام مدولاتور OFDM.....
۹۲	۱۰-۲- نسبت ماکزیمم به میانگین (PAR).....
۹۲	۱-۱۰-۲- مثال PAR.....
۹۴	۲-۱۰-۲- محاسبه PAR.....
۹۶	۱۱-۲- مزیت‌های OFDM.....
۹۷	۱۲-۲- پارامترهای OFDM در وایمکس.....
۹۷	۱۳-۲- لایه فیزیکی OFDM برای وایمکس ثابت.....
۹۷	۱۴-۲- لایه فیزیکی وایمکس موبایل OFDMA.....
۹۸	۱-۱۴-۲- کانال‌بندی فرعی در OFDMA.....
۱۰۰	۱۵-۲- تفاوت استانداردهای 802.16e , 802.16-2004.....
۱۰۲	۱۶-۲- شبیه‌سازی ساده مدولاتور OFDM.....

فصل سوم : شبیه‌سازی لایه فیزیکی فرستنده و گیرنده وایمکس

۱۰۵	۱-۳- مقدمه.....
۱۰۵	۲-۳- فرستنده.....
۱۰۶	۱-۲-۳- منبع.....
۱۰۹	۲-۲-۳- واحد تصادفی ساز.....
۱۱۰	۳-۲-۳- کدکننده و تصحیح گر خطا.....
۱۱۱	۴-۲-۳- کدکننده ریدسلمون.....
۱۱۷	۵-۲-۳- کدکننده کانولوشن.....

۱۲۹.....	۳-۳- مقدمه‌ای بر توربوکدها
۱۳۱.....	۳-۴- ساختار کدگذار کانولوشن بهم پیوسته سری (SCCC) یا توربوکدهای سری
۱۳۲.....	۳-۵- ساختار کدگذار کانولوشن بهم پیوسته موازی (PCCC) یا توربوکدهای موازی
۱۳۳.....	۳-۶- مقدمه‌ای بر الگوریتم دیکدینگ (آشکارسازی) تکراری
۱۳۳.....	۳-۶-۱- الگوریتم BCJR
۱۳۶.....	۳-۶-۲- احتمال مشترک $P(s',s,y)$
۱۳۷.....	۳-۶-۳- محاسبه γ
۱۳۸.....	۳-۶-۴- محاسبه بازگشتی β, α
۱۳۹.....	۳-۶-۵- ناپایداری عددی
۱۴۰.....	۳-۶-۶- محاسبه β, α با استفاده از نمودار ترلیس
۱۴۱.....	۳-۶-۷- محاسبه $\alpha_i(s)$
۱۴۲.....	۳-۶-۸- محاسبه $\beta_{i+1}(s')$
۱۴۳.....	۳-۶-۸- محاسبه $L(u_i y)$ و $P(s s',y)$
۱۴۵.....	۳-۷- نسخه‌های اصلاح شده الگوریتم MAP
۱۴۷.....	۳-۸- ساختار کدبردار در کدهای کانولوشن بهم پیوسته یا توربوکدها
۱۴۸.....	۳-۸-۱- ساختار کدبردار کانولوشن بهم پیوسته سری (SCCC) یا توربوکدهای سری
۱۴۸.....	۳-۸-۲- ساختار کدگذار کانولوشن بهم پیوسته موازی (PCCC) یا توربوکدهای موازی
۱۴۹.....	۳-۹- درهم گذار
۱۵۴.....	۳-۱۰- نگاشت‌گر فاز و دامنه (IQ Mapper)
۱۵۷.....	۳-۱۰-۱- مدولاسیون BPSK
۱۵۷.....	۳-۱۰-۲- مدولاسیون QPSK
۱۵۸.....	۳-۱۰-۳- مدولاسیون QAM
۱۶۰.....	۳-۱۱- تبدیل فوریه معکوس سریع (IFFT)
۱۶۰.....	۳-۱۲- الحاق پیشوند متناوب CP
۱۶۴.....	۳-۱۳- دنباله‌های آموزشی
۱۶۶.....	۳-۱۴- اسمبلر

۱۶۶.....	۱۵-۳-گیرنده
۱۶۷.....	۱۵-۳-۱-حذف پیشوند چرخشی
۱۶۷.....	۱۵-۳-۲-تخمین زن کانال
۱۶۸.....	۱۵-۳-۳-دی مدولاتور OFDM
۱۷۱.....	۱۵-۳-۴-نگاشت گر معکوس دامنه و فاز (IQ Demapper)
۱۷۱.....	۱۵-۳-۵-آشکارسازی به روش سخت
۱۷۲.....	۱۵-۳-۶-آشکارسازی به روش نرم
۱۷۵.....	۱۵-۳-۷-عکس درهم گذار
۱۷۵.....	۱۵-۳-۸-معکوس Puncturing
۱۷۵.....	۱۵-۳-۹-رمزگشایی
۱۷۶.....	۱۵-۳-۱۰-رمزگشایی کانولوشن و الگوریتم ویتربی
۱۷۷.....	۱۵-۳-۱۱-رمزگشایی ریڈسلمون
۱۸۰.....	۱۵-۳-۱۲-مرتب سازی و خارج کردن از حالت تصادفی
۱۸۰.....	۱۵-۳-۱۶-مدل شبیه سازی شده

فصل چهارم : راهنمای شبیه سازی با MATLAB

۱۸۳.....	۴-۱-منبع
۱۸۵.....	۴-۲-تصادفی ساز
۱۸۵.....	۴-۳-کد کننده کانال
۱۸۹.....	۴-۴-نگاشت کننده فاز و دامنه
۱۹۱.....	۴-۵-مدولاتور OFDM
۱۹۲.....	۴-۶-افزودن CP
۱۹۳.....	۴-۷-کانال انتقال
۱۹۴.....	۴-۸-شبیه سازی مدل های SISO و MISO

اختصارات

مراجع