

بهبودسازی لایه فیزیکی استاندارد IEEE 802.16

جهت ارسال تصاویر ویدئویی

احسان بیت‌مشعل^(۱) - محسن عشوریان^(۲) - هوشنگ کاظمی^(۳)

(۱) کارشناس ارشد گروه برق - دانشکده برق - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

(۲) استادیار گروه برق - دانشگاه آزاد اسلامی واحد مجلسی

تاریخ پذیرش: پاییز ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: زمستان ۱۳۸۸

خلاصه: استفاده وسیع از شبکه‌های باند وسیع، محققان و تولیدکنندگان را به سمت بهسازی و توسعه این گونه شبکه‌ها تشویق نموده است. این امر بدون مطالعه و دقت در طراحی و نوع پیاده‌سازی این سیستمها امکان‌پذیر نیست. معرفی تکنولوژی وایمکس به دنیای ارتباطات نیز، تلاش پژوهشگران به سمت بهبود این شبکه‌های باند وسیع و پرترفدار را برانگیخته است. لذا این مقاله با شبیه‌سازی لایه فیزیکی یک سیستم وایمکس، بر مبنای استاندارد IEEE 802.16-2004، امکان ارسال و بازسازی اطلاعات و تصاویر ویدئویی با سیگنال به نویز و نرخ خطای بی‌ی مورد قبول را فراهم می‌کند. این شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزار MATLAB صورت گرفته و به منظور رسیدن به کیفیت و ضریب نفوذ مطلوب در شبکه‌های وایمکس طراحی شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که چگونه یک فایل ویدئویی با فرمت avi پس از ارسال در یک محیط مجازی منطبق بر استاندارد، در مدولاسیونهای 2-PAM و 64-QAM با کیفیت مورد قبولی بازسازی شده و چگونه می‌توان با استفاده از PSNR تصاویر، مدولاسیون و کدینگ وفقی را اعمال کرد.

کلمات کلیدی: وایمکس، لایه فیزیکی استاندارد IEEE 802.16، مدولاسیون وفقی، OFDM.

۱- مقدمه

نماید. این روش با تغییر مدولاسیون و کدینگ در لایه فیزیکی وایمکس به بهبود کیفیت سرویس‌دهی در این مقوله می‌پردازد. معمولاً در ارسال هر گونه اطلاعاتی نظیر صوت و تصویر، اطلاعات در لایه‌های بالایی لایه فیزیکی به بیت‌های پشت‌سرهم تبدیل می‌شوند و در لایه فیزیکی کدینگها و مدولاسیونهای مختلف روی آن صورت می‌پذیرد [۴].

اما اطلاعات از هر نوع و دسته‌ای باشند همواره تغییر مدولاسیون و کدینگ بر اساس سیگنال به نویز بوده و نرخ خطای بی‌ی معرف نحوه عملکرد سیستم می‌باشد. در وایمکس تصمیم‌گیری در مورد سیگنال‌های دریافتی و کانال انتقال با پایش نمونه‌های راهنما در بین نمونه‌های ارسالی صورت می‌گیرد. این نمونه‌ها در فرستنده به سیگنال ارسالی افزوده شده و در گیرنده مورد بررسی قرار می‌گیرند. در کاربردهای ویژه نظیر ارسال تصاویر ویدئویی اگر بتوانیم نحوه تغییر

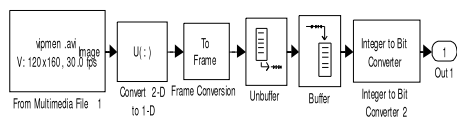
ظهور شبکه‌های مبتنی بر استاندارد IEEE 802.16 که قابلیت و انعطاف بالاتری نسبت به شبکه‌های قبلی به خصوص Wi-Fi دارد، محققان را به تلاش جهت ارتقا و بهبود این استاندارد و پیاده‌سازی آن تشویق نموده است.

در راستای پیاده‌سازی شبکه‌های مبتنی بر این استاندارد از نرم‌افزارهای متعددی نظیر OPNET, NS2, QualINET استفاده شده است، که اغلب به شبیه‌سازی اجزا و پوشش شبکه پرداخته و کمتر به بحث تکنیکی آن پرداخته می‌شود [۷]. پیاده‌سازی لایه‌های یک شبکه در محیط نرم‌افزار MATLAB و سیمولینک، به خاطر دسترسی به پارامترهای طراحی، به درک صحیح و بهبود آن کمک فراوانی می‌کند. در این راستا مقاله ارائه شده سعی دارد با معرفی واحدهای تشکیل‌دهنده لایه فیزیکی استاندارد IEEE 802.16 روشی پیشنهادی جهت بهبود در کیفیت سرویس‌دهی در ارسال تصاویر ویدئویی عرضه

الف - منبع اطلاعات

در مدل‌های قبلی برای شبیه‌سازی منبع اطلاعات، از مولد اعداد برنولی یا صحیح استفاده می‌شد [۸]. اما در اینجا چون نیاز به ارسال داده‌ها با فرمتهای متفاوت داریم، می‌بایست ابتدا این اطلاعات به دسته بیت‌های قابل انتقال در این لایه تبدیل شود. در این مدل یک فایل تصویری با فرمت avi توسط مدل ارائه شده در شکل (۱)، با توجه به مدولاسیون‌های انتخابی نمونه‌برداری شده و به رشته‌ای از بیتها تبدیل می‌گردد. پارامترهای اختصاص داده شده به هر بلوک به گونه‌ای است که ما در خروجی نمونه‌های لازم جهت ایجاد یک سمبل OFDM را داشته باشیم.

یک نمونه OFDM از 200 عدد حامل اصلی تشکیل شده است، که منبع 192 حامل از آنها را تولید می‌کند که مختص ارسال اطلاعات است. 8 حامل پایلوت، 55 حامل محافظ باند و یک حامل DC، در مراحل بعدی به آن اضافه می‌شود که 256 حامل را تکمیل می‌کند. معمولاً بعد از این قسمت یک منبع تصادفی که با اطلاعات XOR می‌شود، جهت حذف نمونه‌های مدوله نشده قرار می‌گیرد. این بلوک با آستانه‌گذاری بر روی بیتهای رسیده، اطلاعات ناخواسته را حذف می‌کند.



شکل (۱): تبدیل ویدئو به بیتهای قابل انتقال

Fig. (1): The transformation of video to transferable bits

ب - کدکننده و تصحیح‌گر خطا

این بلوک که به طور کلی وظیفه کد کردن اطلاعات و تصحیح خطا را بر عهده دارد، با به کارگیری کدر رید سلمون^۱ و کانولوشن^۲ عمل تصحیح خطای پیشرونده^۳ را انجام می‌دهد. بدین معنا که ابتدا اطلاعات وارد بلوک کدکننده رید-سلمون شده و سپس از کدر کانولوشن عبور داده می‌شود. برای اینکه بتوانیم سرعت کدینگ‌های متنوع و مختلفی داشته باشیم، بعد از این بلوک عمل پانچ‌کاری^۴ روی اطلاعات کد شده صورت می‌پذیرد. این عمل سبب می‌شود که در خروجی کسری از بیتهای وارد شده ظاهر گردد.

در انتهای این قسمت از کدکننده، بلوک Interleaver جهت اجتناب و کم شدن خطاهایی که در اثر ارسال طولانی بیتهای پشت سر هم از یک نمونه ایجاد می‌گردد، به کار می‌رود. این بلوک توسط عملیات سطر، ستونی با چیندن بیتها از نمونه‌های مختلف در کنار هم، به جای چیندن بیتها از یک نمونه، امکان وقوع خطا را به طور محسوس کاهش می‌دهد. مجموعه کدکننده فوق با استفاده از بازخوردی که از شرایط کانالی دارد، مدولاسیونها و کدینگهای مختلفی را انتخاب می‌کند. شکل شماره (۵) این قسمت از مدل را نمایش می‌دهد [۵].

مدولاسیون و کدینگ را از حالت عمومی محاسبه سیگنال به نویز به حالت خصوصی بررسی ویژگیهای تصاویر ارسالی و دریافتی معطوف کنیم، خواهیم توانست تصمیم‌گیری دقیق‌تری در انتخاب مدولاسیون و کدینگ انجام دهیم. به طور مثال محاسبه PSNR با شرط ارسال تصاویر راهنما در بین تصاویر ارسالی می‌تواند روش مناسبی در ارائه مدولاسیون و کدینگ وقتی باشد. بلوکهای معرفی شده در لایه فیزیکی می‌تواند این انعطاف و امکان را به ما بدهد که به این مهم دست یابیم. در این روش تصاویر بازسازی شده در لایه فیزیکی گیرنده با تصاویر راهنما مقایسه شده و تصمیمات لازم جهت به کارگیری سرعت کدینگ و نوع مدولاسیون اتخاذ می‌گردد. در جدول (۱) چند الگوریتم جهت مدولاسیون و کدینگ وقتی مشاهده می‌نماییم که اساس آن تصمیم‌گیری بر مبنای SNR می‌باشد. اما با اعمال بلوکهای معرفی شده در لایه فیزیکی می‌توان به محاسبه PSNR تصاویر راهنما پرداخته، کدینگ و مدولاسیون متفاوتی را استفاده نمود. حال با داشتن پارامتری چون PSNR و آستانه‌گذاری بر مقدار آن می‌توان جدولی مانند آنچه در مدولاسیون و کدینگ وقتی بر حسب SNR مشاهده شد را بر لایه فیزیکی اعمال کرد. در این مقاله برای اطمینان از صحت امکان ارسال فرمتهای مختلف ویدئو یک فایل با فرمت avi با مقیاس خاکستری رنگ ارسال و بازیابی شده و نرخ خطای بیتی آن در سیگنال به نویزهای مختلف محاسبه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد با این مدل نرخ خطای بیتی در مدولاسیون BPSK نسبت به مدولاسیون 64-QAM پایین‌تر بوده، لذا سیستم شبیه‌سازی شده موافق انتظار استاندارد عمل کرده و نتایج آن برای مدولاسیونهای دیگر قابل دستیابی است.

Table (1): Adaptive modulation and coding based on SNR

جدول (۱): مدولاسیون و کدینگ وقتی بر اساس SNR

AMC	SNR	Modulation	Code Rate
1	$6.4 < \text{SNR} < 9.4$	BPSK	1/2
2	$9.4 < \text{SNR} < 11$	QPSK	1/2
3	$11.2 < \text{SNR} < 16.4$	QPSK	3/4
4	$16.4 < \text{SNR} < 18.2$	16-QAM	1/2
5	$18.2 < \text{SNR} < 22.7$	16-QAM	3/4
6	$22.7 < \text{SNR} < 24.4$	64-QAM	2/3
7	$24.4 < \text{SNR}$	64-QAM	3/4

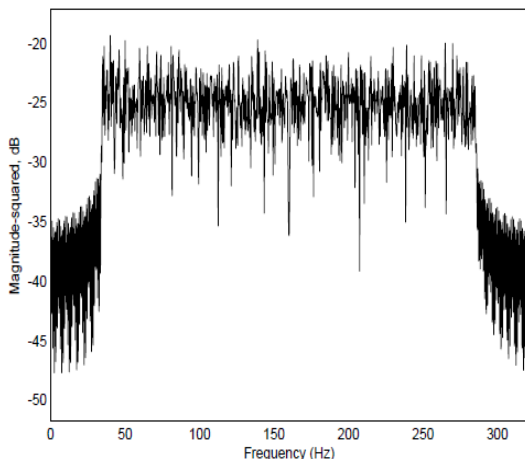
برای شبیه‌سازی لایه فیزیکی وایمکس باید دانست که این سیستم مانند دیگر سیستمهای مخابراتی از سه قسمت اصلی فرستنده، گیرنده و کانال تشکیل شده که در ادامه به شرح و توصیف این قسمتها می‌پردازیم.

۲- فرستنده سیستم

این قسمت از مدل وظیفه تبدیل اطلاعات به نمونه‌های قابل ارسال در کانال انتقال را بر عهده دارد و شامل قسمتهای زیر است :

پ- نگاشت گر فاز و دامنه

در این مرحله اطلاعات گذشته وارد بلوک مدولاتور فاز و دامنه می شود. این متد تقریباً در تمام سیستمهای بی سیم به کار می رود. بدین صورت که بیتهای ورودی به دامنه و فازهای معینی نگاشت می شوند. خروجی این بلوک بردارهای فاز و دامنه مختلط می باشد و به این بلوک نگاشت گر فاز و دامنه می گویند. این عمل جهت کاهش خطای بیتهای ارسالی بسیار مفید است زیرا، در گیرنده در صورت انحراف از مقدار واقعی به راحتی قابل تصحیح است. در استاندارد وایمکس مدولاسیونهای 2-PAM, 4QAM, 16QAM و 64QAM پشتیبانی می شود، و بر اساس شرایط کانالی این مدولاسیون قابل تغییر می باشد. الگوریتم مدولاسیون و کدینگ وفقی در سیستم وایمکس را AMC^۵ گویند [۵].

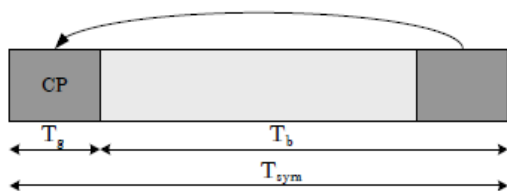


شکل (۲): سیگنال OFDM ارسالی در کانال انتقال

Fig. (2): The transmitted OFDM signal in the transit channel

چ- اضافه کردن Cyclic Prefix

به دلیل تاخیر ناشی از انتشار در مسیرهای مختلف، نمونههای ارسالی متوالی با تاخیرهای متفاوت به گیرنده می رسند. این امر موجب تداخل میان نمونهها^۴ می شود. جهت حذف این پدیده و جبران تاخیر انتشار، قسمت انتهایی سیگنال ارسالی در حوزه زمان به ابتدای آن اضافه می شود. این تکنیک در شکل شماره (۴) نشان داده شده است.



شکل (۳): افزودن CP به سیگنال ارسالی در حوزه زمان

Fig. (3): Adding CP to the transmitted signal in the time domain

در این شکل T_{sym} زمان یک نمونه OFDM، T_b زمان مفید نمونه و T_g زمان CP است. در این بلوک G نسبت طول CP به زمان مفید نمونه است. همچنین برای کاهش مصرف انرژی می بایست طول T_g کنترل شده باشد، که نامعادله $G^{11} < 1/4$ برای این منظور مناسب است [۱]-[۲].

۳- گیرنده سیستم

به طور کلی در گیرنده عکس اعمال فوق بر روی نمونههای رسیده صورت می پذیرد تا اطلاعات خام فرستاده شده بازیابی شود. به این صورت که در اولین بلوک گیرنده CP حذف شده و سیگنال توسط بلوک FFT^۱ با اندازه 256، از حوزه زمان به حوزه فرکانس برگردانده می شود. حاصل این مرحله حاملها با فرکانسهای متعادل می باشد. در مرحله بعد گارد باندها و پایلوتها حذف شده و اطلاعات آموزشی مربوط به تخمین کانال استخراج می گردد. این اطلاعات با فرض دانستن پاسخ

ت- نرمالیزه کننده

برای اینکه نمونههای خروجی بلوک نگاشت گر فاز و دامنه دارای توان متوسط برابر و توان سیگنال دارای تغییرات کمتری نسبت به توان متوسط باشد، عمل نرمال کردن با ضرب فاکتور C_m در نمونهها انجام می پذیرد. این ضرایب برای مدولاسیونهای مختلف در جدول شماره (۲) آورده شده است [۱].

Table (2): The coefficients of normalization for different modulations [1]

جدول (۲): ضرایب نرمالیزه کردن برای مدولاسیونهای مختلف [۱]

نوع مدولاسیون	ضریب نرمالیزه کننده C_m
2-PAM	1
4-QAM	$1/\sqrt{2}$
16-QAM	$1/\sqrt{10}$
64-QAM	$1/\sqrt{42}$

ج- مدولاتور OFDM

این بلوک که جهت تولید یک نمونه OFDM قرار داده شده است، توسط اسمبلر، 8 عدد حامل پابلوت، 55 حامل محافظ باند و یک حامل DC را به اطلاعات رسیده شده اضافه می کند. این حاملها به علاوه 192 حامل ایجاد شده توسط منبع، 256 حامل متعادل نمونه OFDM را تولید می کند. در این مرحله می بایست اطلاعاتی که جهت آگاهی از شرایط کانالی و منظورهایی خاص مانند امنیت و سرویسها می باشند، تحت عنوان بیتهای آموزش^۶ به نمونه OFDM اضافه گردد. فریم ساخته شده که ماهیت ماتریسی دارد، جهت ورود به بلوک بعدی یعنی IFFT^۷ صفرگذاری می شود، تا با اندازه این بلوک متناسب گردد [۱]-[۶]. استاندارد IEEE 802.16-2004 از IFFT با اندازه 256 استفاده می کند. در استاندارد IEEE 802.16e این اندازه به 1024 ارتقا داده شده است. IFFT اطلاعات با حاملین متعادل را به حوزه زمان می آورد تا جهت تقویت در ارسال رادیویی و اضافه کردن CP^۸ مهیا شود. شکل (۲) یک نمونه از سیگنال ارسالی OFDM را در کانال انتقال نمایش می دهد.

کارکرد مدل شبیه سازی شده یک فایل ویدئویی با فرمت avi را در لایه فیزیکی طراحی شده، ارسال و بازیابی نمودیم. در این کوشش جهت ارسال از دو مدولاسیون 2-PAM در بدترین شرایط کانالی و 64QAM در بهترین سیگنال به نویز، استفاده شد. نتایج حاصل از ارسال این فایل ویدئویی در چندین سیگنال به نویز برای هر دو مدولاسیون مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تلاش در نمودار شکل های (۸) و (۹) مشخص می باشد. همانطور که ملاحظه می شود، در این ارسال و دریافت و استفاده از مدولاسیون 2-PAM در سیگنال به نویزهای پایین و استفاده از 64-QAM در سیگنال به نویزهای بالا نتیجه مطلوبی از نرخ خطای بیستی را می دهد، که با انتظارات استاندارد مطابق است. شکل های (۱۰) و (۱۱) تصاویری از فریم ارسالی و بازیابی شده فایل vipmen.avi، از ویدئوهای موجود در نرم افزار MATLAB را نمایش می دهند.

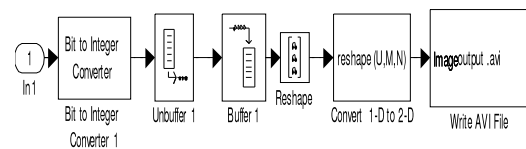
جهت ارسال و بازیابی دیگر فرمت های اطلاعات نیز می توان، با شناخت ساختار آن داده به تبدیل های لازم جهت انتقال آن اطلاعات رسید. برای تجزیه و تحلیل تصاویر و تصمیم بر اساس آنها نیز تصاویر استاندارد شکل (۱۲) را می توان به عنوان تصاویر راهنما در میان فریم های ویدئویی ارسال کرد. جدول (۳) مقادیر محاسبه شده PSNR تصاویر راهنما را در مدولاسیون ها و کدینگ های مختلف نشان می دهد. آستانه گذاری بر روی این مقادیر می تواند روش جدیدی در تغییر نوع مدولاسیون را معرفی نماید.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله اجزای اصلی لایه فیزیکی وایمکس معرفی گردید و بلوک های لازم جهت شبیه سازی آن نشان داده شد. برای کاربرد ارسال تصاویر ویدئویی واحدهایی در بخش های فرستنده و گیرنده معرفی شد تا توسط آن بتوان با استفاده از شاخص های راهنما نوع جدیدی از مدولاسیون و کدینگ را که تا کنون به صورت عمومی بر اساس پارامتر SNR بوده، اکنون در کاربردی خاص و بر اساس محاسبه PSNR تصاویر راهنما باشد. اگر بتوانیم آستانه گذاری مناسبی بر روی نتایج حاصل شده داشته باشیم خواهیم توانست دقت بیشتری در تغییر نوع مدولاسیون و کدینگ داشته باشیم که می تواند در کوشش های بعدی و با در نظر گرفتن سیستم هایی چون آنتن های چند ورودی، چند خروجی لحاظ شده و نتایج مطلوبی را ارائه نماید.

فرکانسی کانال انتقال، جهت پیاده سازی الگوریتم مدولاسیون وقتی مورد استفاده قرار می گیرد.

پس از آن اطلاعات وارد عکس نرمالیزه کننده شده و بعد از تطابق با یکی از مقادیر ثابت در آشکارساز فاز و دامنه، به بیت های متناظر تبدیل می گردند. این بیتها از مرحله عکس تصحیح خطای پیشرونده که شامل De-interleaver و پانچ کننده است می گذرد، تا به داده های خام اولیه مبدل شود. در اینجا برای معکوس عمل کدینگ کانولوشن از دیکدر ویتربی^{۱۱} استفاده می شود. در نهایت دیکدر رید-سلمون اطلاعات اصلی را تحویل بازیاب کننده اطلاعات می دهد [۶]. بازیابی اطلاعات تصویر شامل، تشکیل فریم و ماتریسهای تصویر اصلی و ذخیره آن به عنوان یک فایل ویدئویی با فرمت avi است. شکل (۶) بلوک دیاگرام یک دیکد کننده در گیرنده، و شکل (۴) بلوک دیاگرام یک بازیاب کننده را نمایش می دهد.



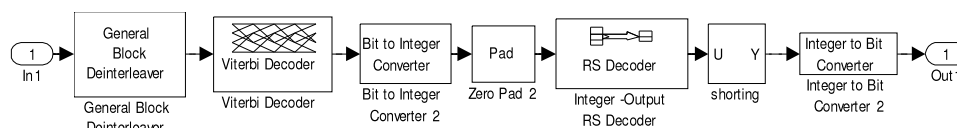
شکل (۴): بازسازی ویدئوی ارسالی در گیرنده
Fig. (4): The reconstruction of the transmitted video signal in the receiver

۴- کانال انتقال

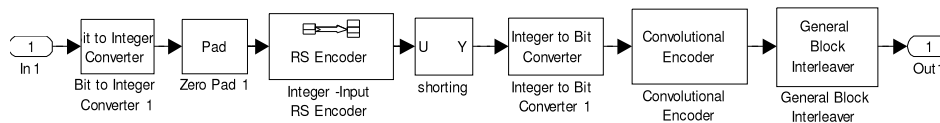
محیط انتقال به خاطر عواملی چون نویز، محوشوندگی، متغیر با زمان بودن و تاخیر ناشی از انتشار در مسیره های چندگانه، باعث ایجاد اختلالاتی چون تداخل میان نمونه ها و محوشوندگی^{۱۲} می شود. همانطور که قبلا گفته شد، اضافه کردن CP به عنوان روشی برای حذف تداخل ما بین نمونه ها استفاده می شود. اما برای واقعی تر کردن محیط انتقال با به کار بردن مدل های نویز گوسی جمع شونده^{۱۳} و رایلی از بلوک های رادیویی در محیط سیمولینک، می توان به شبیه سازی مناسبی رسید [۱]-[۳].

۵- نتایج شبیه سازی

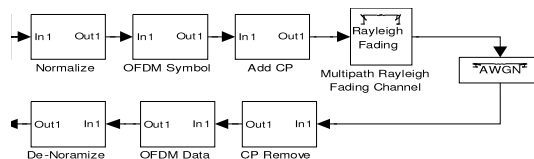
در این مقاله، برای شبیه سازی لایه فیزیکی وایمکس بر اساس استاندارد IEEE 802.16-2004 اجزا و بلوک های مورد نیاز معرفی شد. این اجزا در شکل (۷) نمایش داده شده است. سپس برای اطمینان از



شکل (۵): بلوک دیاگرام کد کننده و تصحیح گر خطا در فرستنده
Fig. (5): The block diagram of the coder and the correcting error in the transmitter



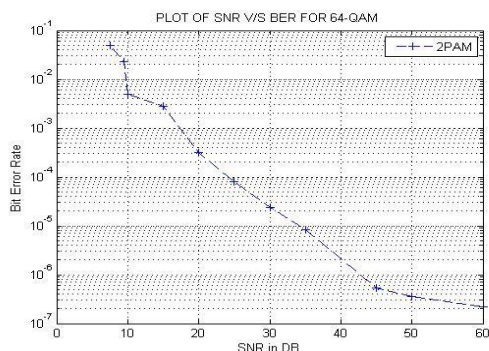
شکل (۶): بلوک دیاگرام دیکدکننده در گیرنده
 Fig. (6): The block diagram of the decoder in the receiver



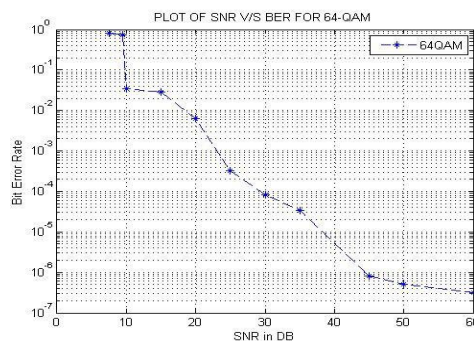
شکل (۷): نمای کلی از لایه فیزیکی وایمکس
 Fig. (7): The general view of the Wimax physical layer

Table (3): The PSNR obtained from transmitting by different modulations
 جدول (۳): PSNR حاصل از ارسال در مدولاسیونهای مختلف

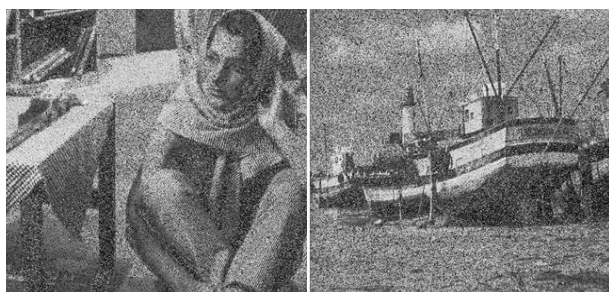
Modulation	SNR	PSNR	BER	Code Rate
64-QAM	30	64.42	3.6 e-6	3/4
	20	16.81	0.0516	2/3
	10	10.96	0.24	2/3
16-QAM	30	84.25	5.02e-5	3/4
	20	31.29	0.0021	3/4
	10	12.89	0.15	2/3
	7	11.5	0.22	1/2
QPSK	30	84.25	2.1e-7	3/4
	20	84.25	3.8e-6	3/4
	10	20.5	0.024	2/3
	7	15.66	0.081	1/2



شکل (۹): نمودار BER بر حسب SNR برای مدولاسیون 2-PAM
 Fig. (9): The graph of BER as a function of SNR for 2-PAM modulation



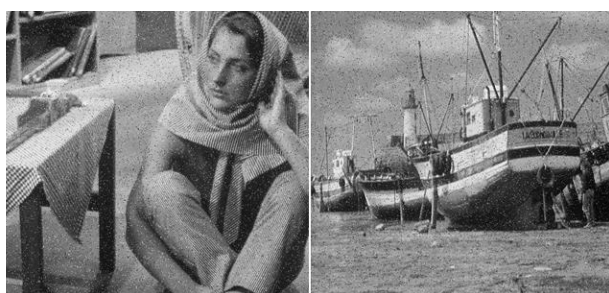
شکل (۸): نمودار BER بر حسب SNR برای مدولاسیون 64-QAM
 Fig. (8): The graph of BER as a function of SNR for 64-QAM modulation



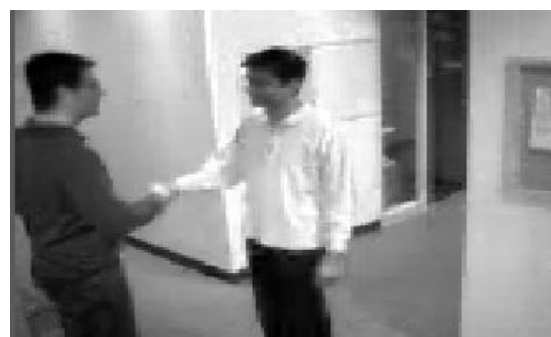
شکل (۱۴): تصاویر بازسازی شده در $SNR=10$ با مدولاسیون 16-QAM
 Fig. (14): The reconstructed images for $SNR=10$ using 16-QAM modulation



شکل (۱۰): فریمی از ویدئوی ارسال شده
 Fig. (10): A frame of the sent video



شکل (۱۵): تصاویر بازسازی شده در $SNR=10$ با مدولاسیون QPSK
 Fig. (15): The reconstructed images for $SNR=10$ using QPSK modulation



شکل (۱۱): فریمی از ویدئوی بازسازی شده
 Fig. (11): A frame of the reconstructed video



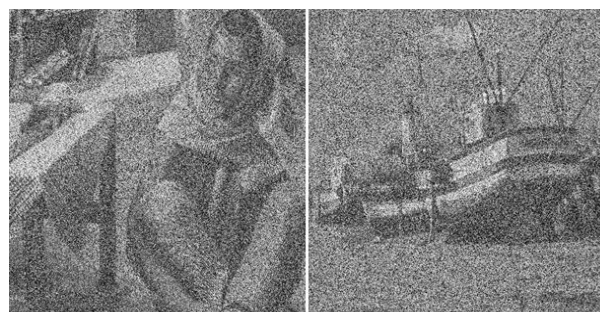
شکل (۱۶): تصاویر بازسازی شده در $SNR=20$ با مدولاسیون 64-QAM
 Fig. (16): The reconstructed images for $SNR=20$ using 64-QAM modulation



شکل (۱۲): تصاویر استاندارد boat و barbara
 Fig. (12): The standard images of the boat and barbara



شکل (۱۷): تصاویر بازسازی شده در $SNR=20$ با مدولاسیون QPSK
 Fig. (17): The reconstructed images for $SNR=20$ using QPSK modulation



شکل (۱۳): تصاویر بازسازی شده در $SNR=10$ با مدولاسیون 46-QAM
 Fig. (13): The reconstructed images for $SNR=10$ using 46-QAM modulation

References

- [1] A. Jeffrey, G. Arunabha, M. Rias, "Fundamentals of WiMAX", United States of America, PRENTICE HALL, 2007.
- [2] W. Forum, "Fixed, nomadic, portable and mobile applications for 802.16-2004 and 802.16e WiMAX Networks", Nov. 2005.
- [3] R.J. McEliece, W.E. Stark, "Channels with block interference", IEEE Trans. on Info. Theo., Vol.46, No.2, pp.325-343, March 2000.
- [4] LAN/MAN Standards Committee, "802.16 IEEE standard for localand metropolitan area networks. Part 16: Air interface for fixed broadband wireless access systems", IEEE Standards, Oct. 2004.
- [5] S.B. Wicker, "Error control systems for digital communication and storage", Prentice Hall, 1995.
- [6] T.H. Chan, M. Hamdi, "A link adaptation algorithm in MIMO-based WiMAX systems", Jou. Of Comm., Vol.2, No.5, Augu. 2007.
- [7] The Matlab Communication Blockset, <http://www.mathworks.com>.
- [8] The Matlab file exchanges, <http://www.mathworks.co>.

رزومه



احسان بیت‌مشعل، متولد شهریور ماه ۱۳۵۸ شهر اهواز می‌باشد. وی دوره کارشناسی خود با گرایش الکترونیک را در سال ۸۰ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد کسب نمود و هم اکنون دانشجوی کارشناسی ارشد همین دانشگاه می‌باشد. زمینه فعالیت و علاقه‌مندی وی، شبکه و مخابرات نسل جدید می‌باشد.



محسن عشوریان، متولد سال ۱۳۴۸ اصفهان است. وی مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق الکترونیک و مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشته مخابرات از دانشگاه صنعتی شریف کسب نمود. ایشان دکترای برق با گرایش مخابرات را از دانشگاه تکنولوژی مالزی اخذ نموده است و از سال ۱۳۷۷ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی می‌باشد. زمینه تحقیق وی پردازش و انتقال سیگنالهای چندرسانه‌ای است.



هوشنگ کاظمی، متولد شهریور ۱۳۳۸ در اهواز، دوره کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق (ابزار دقیق) از دانشگاه ایالتی تنسی در سال ۱۹۸۵ و مدرک کارشناسی‌ارشد خود را در رشته مهندسی برق (قدرت) از همین دانشگاه در سال ۱۹۸۷ کسب نمودند. وی دکترای برق و مخابرات خود را از دانشگاه جورج واشنگتن در سال ۱۹۹۲ اخذ نموده است و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد مجلسی می‌باشد. زمینه فعالیت ایشان در مباحث شبکه و مخابرات است.

