

ارزیابی عملکرد شبکه های FiWi مبتنی بر فناوری های وایمکس و شبکه نوری

فریبا یوسفی^۱، مهدی حمیدخانی^۲

^۱ گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده فنی مهندسی، واحد دولت آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، دولت آباد، ایران

^۲ استادیار گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده فنی مهندسی، واحد دولت آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، دولت آباد، ایران

چکیده

به دلیل افزایش تعداد کاربران نهایی آگاه از فناوری، نیاز به پهنای باند در شبکه ارتباطی، به سرعت در حال رشد است. شبکه های دسترسی بی سیم و نوری پدیده آمده، در جهت فراهم کردن این نیازمندی ها برای کاربران نهایی، به طور مداوم در حال رقابت می باشند. شبکه های دسترسی نوری، نرخ داده بزرگ و لینکی بلند را فراهم کرده ولی فراگیر نیستند. شبکه های دسترسی بی سیم، ارتباط فراگیر و منعطفی را با هزینه توسعه کم، فراهم می کنند، اگرچه مقیاس پذیری توسعه آن توسط محدودیت های طیف و دامنه، محدود شده است. شبکه دسترسی نوری بی سیم ترکیبی قدرتمند از یک زیر ساخت نوری و نرم افزار کاربری بی سیم برای همکاری در سیستمی با مقیاس پذیری خوب، ارتباط منعطف و سودمند در هزینه است. این شبکه برای پشتیبانی از داده ها و سرعت بالا با حداقل زمان تاخیر، تشکیل شده است. درواقع این شبکه ترکیبی یک معماری معتبر برای شبکه های دسترسی نسل جدید می باشد. در این پایان نامه قصد داریم در شبکه پیشنهادی ترکیبی بی سیم و نوری را با استفاده از تکنیک وایمکس تحت حالت MIMO در قسمت بی سیم پیاده سازی کنیم و سناریوهای مختلف از جمله: کاهش پراکندگی با روش های مختلف از جمله FBG، تاثیر تکنولوژی ها را از جمله WDM، TDM، WDM، CDMA، FDM، WDM/TDM، مقایسه عملکرد PON و BPON را روی کارایی شبکه از جمله کاهش نرخ خطای بیت (BER) بررسی کنیم.

واژه های کلیدی: شبکه نوری و بی سیم (FiWi)، نرخ خطای بیت، وایمکس، MIMO، TDM، CDMA، PON، BPON

^۱ Time division multiplexing

^۲ Wavelength division multiplexing

۱. مقدمه

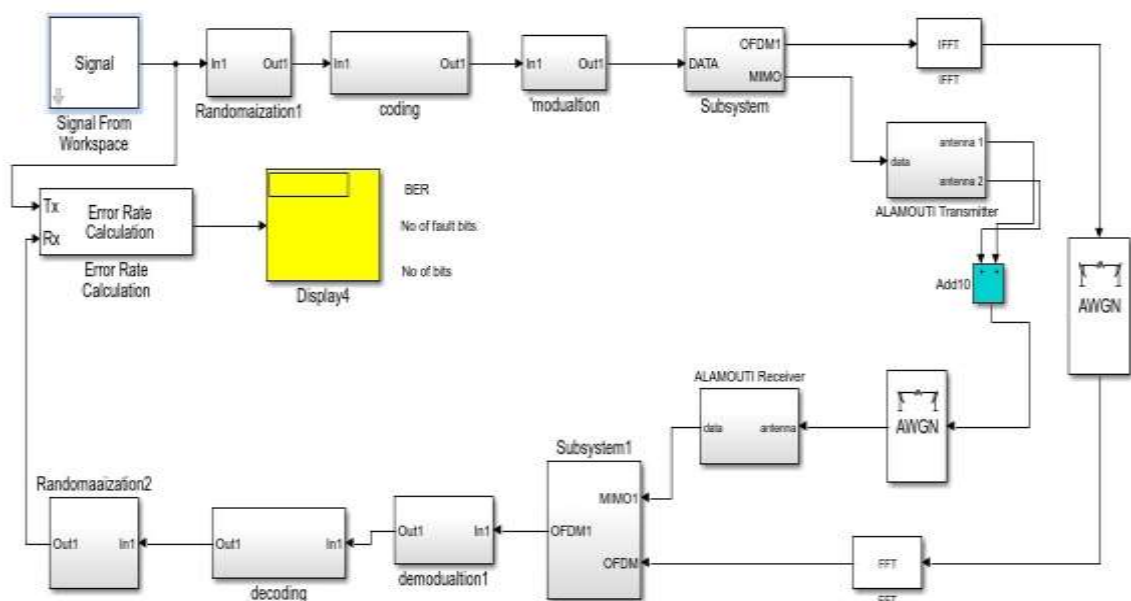
به دلیل افزایش تعداد کاربران نهایی فناوری، نیاز به پهنای باند در شبکه ارتباطی، به سرعت در حال رشد است. در واقع امروزه رشد تقاضا برای پهنای باند، با توجه به برنامه های جدید و آینده ای که برای خدمات ارائه شده توسط شبکه های هوشمند، شهرهای هوشمند و اینترنت اشیا انجام می شود. محدودیت در پهنای باند فرکانسی موجود در شبکه ها یکی از مهمترین چالش های موجود در طراحی و استانداردسازی نسل پنجم به حساب می آید. شبکه های دسترسی بیسیم و نوری پدیده آمده، در جهت فراهم کردن این نیازمندیها برای کاربران می باشند [۱]. شبکه های دسترسی نوری، نرخ داده بزرگ و لینکی بلند را فراهم کرده ولی فراگیر نیستند. در شبکه های نوری از منظرانتقال دو معیار پهنای باند و افت بسیار حائز اهمیت می باشند. تغییر زیر ساخت شبکه و استفاده از ارتباطات نوری به شکل امروزی به دلیل نیاز به پهنای باند بیشتری در این فرآیند بوده و در مقایسه با شبکه های مسی، شبکه های نوری توانایی انتقال اطلاعات با پهنای باند گسترده تری را دارا می باشند. شبکه های بیسیم علی رغم اینکه در ارتباطات راه دور بسیار کارآمد هستند (نظیر شبکه های ماهواره ای)، بی حفاظ ترین و نا امن ترین رسانه انتقال محسوب می شوند. رسانه بی سیم فوق العاده نسبت به نویز حساس بوده و بسیار نویز پذیر می باشند بگونه ای که حتی نویز های کیهانی از قبیل باد و باران نیز روی آنها تاثیر میگذارد [۲]. شبکه های دسترسی بیسیم، ارتباط فراگیر و منعطفی را با هزینه توسعه کم، فراهم میکند، اگرچه مقیاس پذیری توسعه آن توسط محدودیت های طیف و دامنه، محدود شده است. در شبکه های بی سیم یکی از مهم ترین معایب آن سرعت انتقال داده در این شبکه می باشد ولی دارای مزیت هایی همچون قابلیت متحرک و هزینه پایین و انعطاف پذیری بیشتری نسبت به شبکه های کابلی دارد. در حال حاضر تمرکز روی ارائه پهنای باند بیشتر باکیفیت بالاتر به مشترکین است که با استفاده از شبکه های ترکیبی نوری بیسیم^۱ (FiWi) قابل دسترسی می باشد. شبکه های دسترسی نوری و بی سیم، دو فناوری دسترسی پهن باند نویدبخش برای شبکه های دسترسی پرظرفیت می باشند و سطوح مختلفی از پهنای باند را فراهم می کنند. نیاز به پهنای باند در شبکه های دسترسی بدلیل افزایش فزاینده تعداد WEU^۲هایی که از فناوری هوشمند استفاده می کنند، در حال رشد سریع می باشد [۳]. شبکه دسترسی FiWi یک ترکیب بهینه از یک بک هال نوری و یک نرم افزار کاربری بی سیم، برای یک شبکه دسترسی کارآمد NG می باشد. شبکه دسترسی FiWi از نرخ های داده بالا و گذردهی مطلوب همراه با کمترین تاخیر زمانی، پشتیبانی می کند. شبکه دسترسی (FiWi) یک معماری معتبر برای شبکه های دسترسی نسل جدید (NG)^۳ می باشد. شبکه های دسترسی NG، جهت تامین نرخ داده بالا، سرویس های چندگانه پهن باند، پهنای باند مقیاس پذیر و ارتباطات انعطاف پذیر برای کاربران بی سیم متعدد (WEU) مطرح شده اند.

در پژوهش نور و همکاران^۴ [۴] یک سیستم پشتیبانی برای بازیابی یک بک هال نوری که با استفاده از تکنولوژی MIMO-OFDM از شبکه بی سیم محلی را با چند تا ورودی پیشنهاد شده است. این سیستم تهیه پشتیبان به منظور اطمینان از اینکه شبکه های ارتباطی می توانند در هنگام شکست شبکه های نوری رخ دهند، مورد نیاز است. این سیستم شبیه سازی شده با استفاده از نرم افزار اپتی سیستم تجزیه و تحلیل می شود و نتایج نشان می دهد که این سیستم می تواند تا ۳۰۰ مگابایت در ثانیه عمل کند. در پژوهشی از آرزادا و همکاران^۵ [۵] یک چهارچوب تحلیل برای ظرفیت و تاخیر در عملکرد طیف گسترده ای از الگوریتم های مسیریابی در شبکه های دسترسی پهنای باند فیبرنوری همگرا که براساس شبکه PON است بررسی می شود. که این چهارچوب بسیار انعطاف پذیر و شامل توزیع اندازه فریم دلخواه، ماتریس های ترافیکی، تاخیر انتشار نوری بی سیم نرخ داده ها و خطاهای فیبری است و صحت تحلیل احتمالات را با استفاده از شبیه سازی حالت های بی سیم و

نوری از معماری های مختلف FiWi در سناریوهای مختلف ترافیکی بررسی می کند. این الگوریتم مسیریابی بهینه سازی شده شبکه بی سیم نوری^۶ (OFRA) از مسیریابی حداقل و مسیریابی تاخیر از لحاظ توان خروجی برای بارهای ترافیکی متعادل و نامتعادل با هزینه تاخیر متوسط کمی افزایش می یابد. در پژوهش پاتنیک و ساهو^۷ [۶] یک سیستم ارتباط بی سیم نوری فوق العاده با سرعت بال^۸ (Isowc) پیشنهاد شده است. سیستم طراحی شده به میزان ۴۰۰ گیگابایت بر ثانیه است و یک پیوند یا ترسیم غیرخطی است که با استفاده از تکنیک مدولاسیون QPSK هماهنگ است. عملکرد سیستم از لحاظ-Q Factor^۹، نرخ خطای بیت، باز شدن چشم و غیره تحلیل می شود. فاصله پوشش مشاهده شده با میزان قدرت ورودی 30 dbm برای نرخ خطای بیت ۴۰۰، ۱۶۰، ۱۰۰ گیگابایت در ثانیه، ۴۷۶۷، ۷۵۴۲، ۹۵۳۲ کیلومتر است. در نهایت حداکثر میزان بیتی که می تواند برای ارتباط بین ماهواره ای در مدارهای مختلف ارائه می شود. در تحقیقی که توسط شداد و همکاران صورت گرفت^{۱۰} [۷]، شبکه دسترسی پهنای باند بی سیم نوری^{۱۱} (WOBAN) پیشنهاد شده و بر اساس MIMO-OFDM می باشد و با استفاده از تکنیک^{۱۲} ROF فیبر نوری به خوبی برای ترویج چندین سرویس بی سیم، برای فرکانس های مختلف حامل سازگار می باشد. این تکنیک اجازه می دهد تا چهار جفت سیگنال های بی سیم MIMO-OFDM با یک فرکانس حامل برای هر جفت فرستاده شود. فیبر نوری از یک منبع نوری در طول موج خاص استفاده می کند و همچنین میزان حداکثر تداخل بین کانال های مختلف MIMO با فرکانس های بسیار کم و برابر ۷۶ دسی بل است. عملکرد لایه فیزیکی WOBAN پیشنهادی، از لحاظ نرخ خطای بیت، میزان بردار خطا و نسبت سیگنال به نویز تحلیل می شود. WOBAN پیشنهادی برای سرعت ۲۰ کیلووات ۲۴۰ مگابایت بر ثانیه می باشد و برای کاربران انتهایی بی سیم به ۷،۶۸ گیگابایت بر ثانیه می رسد. در مقاله [۸] اتصال به فیبر نوری با یک سیگنال میلیمتری نوری ناپایدار برای فاز متحرک یکپارچه یک طرفه یکنواخت پیشنهاد شده است. یک سیگنال میلیمتری نوری یکنواخت که از خدمات برای کاربران سیمی یا بی سیم پشتیبانی می کند از طریق مدولاتور مخزنر تولید می شود و پس از انتقال به واحد شبکه نوری ترکیبی (HONU)^{۱۳} می توان آن را در الگوهای مختلف براساس تقاضا از پایانه های کاربر برای دسترسی بی سیم یا سیمی استفاده شود. در مقاله [۹] نشان می دهد که چگونه یک نمونه اولیه برای تکنولوژی شبکه دسترسی پهنای باند جدید WOBAN ایجاد می کند. این تکنولوژی برای برآورده ساختن تقاضای پهنای باند آینده از مشتریان تکنولوژی، به شیوه ای کاملاً کاربردی در نظر گرفته شده است و این می تواند یک راه حل جذاب برای آینده شبکه های دسترسی مایل آخر باشد. عملکرد چندین برنامه معمولی مانند انتقال داده، صدا و ویدیو بر روی نمونه اولیه WOBAN نشان داده شده است. در مقاله شداد و همکاران [۱۰] زیر ساخت نوری شبکه دسترسی FiWi با استفاده از یک WDM/TDM PON مقرون به صرفه به عنوان یک گزینه نویدبخش به دلیل گزردگی و توان عملیاتی بالای آن و مقیاس پذیری شگرف آن پیاده سازی شده است. زیرا که می تواند از طول موج های مختلف بر روی یک فیبر نوری منفرد پشتیبانی کند. PON پیشنهادی از نرخ داده ای برابر ۲،۵ گیگابایت بر ثانیه در عملیات متقارن دو طرفه و دو جهته پشتیبانی می کند. نرم افزار کاربری بی سیم با استفاده از تکنیک وایمکس و وای فای پیاده سازی می شود. وای فای در طول لینک بی سیم ۵۰ متری، از نرخ داده ای حداکثر برابر با ۵۴ مگابایت بر ثانیه پشتیبانی می کند. و وایمکس اتصال های نقطه به چند نقطه بی سیم در ازای یک نرخ ارسال ۳۰ مگابایت بر ثانیه فراهم می آورد و برای فواصل بلند تر قابل استفاده است.

۲. شبیه سازی شبکه بی سیم در شبکه FiWi

در نرم افزار کاربری بی سیم، AP از فرکانس های حامل RF 2.35 GHz برای فرستنده ها یا گیرنده WiMAX استفاده می کند. در این فرستنده/گیرنده ها، از تکنیک تسهیم با تقسیم فرکانسی متعامد (OFDM) استفاده می شود. و با استفاده از آنتن های MIMO پیاده سازی می شود که به همراه زیر کانال سازی انعطاف پذیر و کد گذاری و مدولاسیون پیشرفته، باعث افزایش نرخ انتقال داده در وایمکس می شود. مدل پیشنهادی برای قسمت بی سیم با استفاده از فناوری وایمکس در حالت MIMO با نرم افزار Simulink matlab 2016a شبیه سازی شده است. اما برای ایجاد داده ها و اهداف ارتباطی یک کد کوچک لازم است. بنابراین پیاده سازی ما دارای دو قسمت می باشد (۱) کد متلب (۲) پیاده سازی سیمولینک شکل (۱) مدار شبیه سازی WIMAX MIMO OFDM را در لایه فیزیکی نشان می دهد.



(شکل ۱): مدار شبیه سازی قسمت بی سیم فناوری وایمکس تحت MIMO با مدولاسیون OFDM

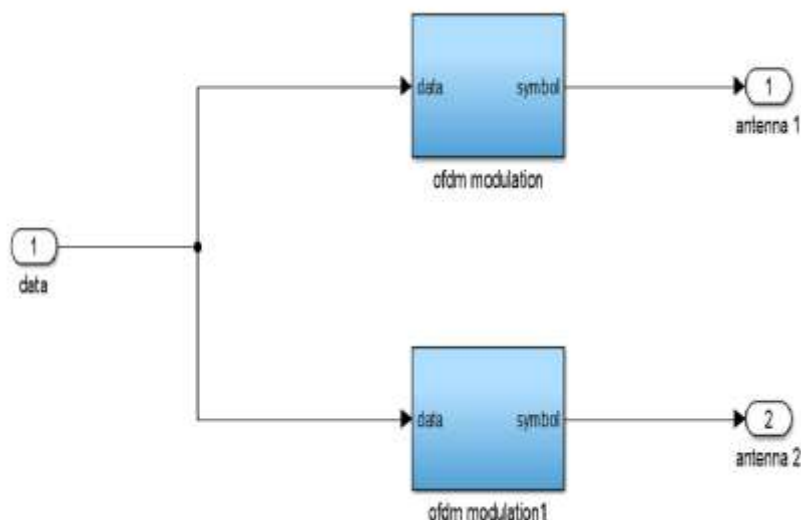
قسمت پیاده سازی با سیمولینک از ۳ قسمت اصلی تشکیل می شود. فرستنده، کانال ارتباطی، گیرنده

- فرستنده: از فرستنده برای انتقال اطلاعات استفاده می شود که اول عملیات منطقی بین داده ها انجام می شود و بعد توالی PN رخ می دهد. سپس داده ها را رمزگذاری می کنیم و بعد داده ها از طریق مدولاتور عبور می کند سپس از طریق کانال عبور می کند. همانطور که در شکل ۳-۱۳ مشاهده می کنید فرستنده وایمکس دارای اجزای اصلی زیر است:
 - (۱) Randomizer (۲) Encoder (۳) Modulation (۴) OFDM Modulator (۵) Alamout
- (۱) Randomizer: آرایش تصادفی اولین فرآیندی است که در لایه فیزیکی بعد از دریافت بسته داده، انجام می شود. برای کارکرد منطقی بین توالی داده های اصلی استفاده می شود و بخش اصلی این بلوک، یک ژنراتور با توالی باینری شبه تصادفی است.
- (۲) Encoder: پس از مرحله بالا داده ها را رمزگذاری می کنند. به توالی داده ها افزونگی را اضافه می کند علاوه بر افزونگی، به تصحیح خطاهای که در طول انتقال سیگنال رخ می دهند، کمک می کند.

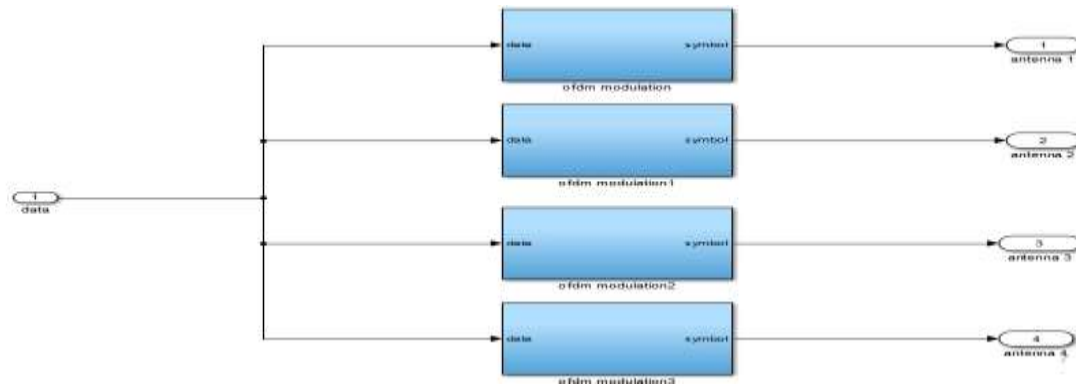
۳) Modulation: برای انتقال موثر و مطمئن اطلاعات در فرستنده صورت می پذیرد. مدوله کننده، موج حامل را هماهنگ با تغییرات سیگنال مدوله تغییر می دهد. موج مدوله شده (موجی که از تلفیق پیام و موج حامل به دست می آید) حاصله اطلاعات پیام را حمل می کند. در این پژوهش از مدولاسیون 16QAM استفاده می شود.

۴) OFDM Modulator: تسهیم تقسیم فرکانس متعامد یک تکنیک مخابرات دیجیتال بی سیم باند وسیعی است که مبتنی بر بلوک مدولاسیون است. OFDM یک طرح مدولاسیون دیجیتال است که می تواند از ارتباطات ویدیویی با سرعت بالا پشتیبانی می کند. OFDM در وایمکس به راحتی توسط FFT و IFFT پیاده سازی می شود و تغییرات رشد پردازش با افزایش نرخ داده با پهنای باند، کمی بیشتر از حالت خطی است. درواقع با بکارگیری کدینگ و مدولاسیون، OFDM این امکان را فراهم می سازد که با آگاهی از شرایط کانال، اندازه نمودارفلکی و نرخ بیت ارسالی خود را کاهش دهد. تا در برابر گسترش تاخیر زمانی پایداری بیشتری داشته باشد. در این جا از مدولاسیون OFDM در سیستم های MIMO استفاده می شود. در واقع ارسال داده ها با نرخ بالا در سیستم های مخابراتی استفاده می شود. یعنی اطلاعات با نرخ بیت بالا بر روی چند زیر حامل با نرخ بیت های پایین تر به صورت موازی ارسال می شود. OFDM و کانال های MIMO می توانند در کنار هم عملکرد سیستم های مخابراتی را بهبود بخشند. سیستم های MIMO، سیستم های مخابراتی که از چند آنتن در سمت فرستنده و گیرنده استفاده می کنند، می باشند. در این پایان نامه قصد داریم در حالت MIMO برای دو آنتن و چهار آنتن را با حالت SISO مقایسه کنیم.

۵) Alamouti: یک روش ساده ای برای دستیابی به تنوع فضایی در سیستم های MIMO است و باعث می شود تا بدون از دست دادن نرخ داده به بیشترین بهره چندگانگی دست یابیم. در کدینگ الموتی دو سمبل و در یک زمان و دو فاصله زمانی متوالی ارسال می شوند. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می کنید، در فاصله زمانی اول از اولین آنتن و از دومین آنتن ارسال می شود. در فاصله زمانی دوم از آنتن اول و از آنتن دوم ارسال می شود. در قسمت فرستنده سیگنال های منبع به طور همزمان از MT آنتن فرستنده انتقال می یابد.



(شکل ۲): ALAMOUTI برای MIMO دو آنتن



(شکل ۳): ALAMOUTI برای MIMO چهار آنتن

۲. کانال AWGN: بلوک کانال AWGN سیگنال از طریق کانال انتقال می یابد. در این کانال سیگنال های ورودی با نویز سفید گاوسی جمع می شود و گیرنده با مشاهده سیگنال دریافتی، تصمیم بهینه را در مورد اینکه کدام پیام ارسال شده را اتخاذ می نماید. درواقع از قاعده تصمیم گیری که احتمال خطا را به حداقل برساند، استفاده می کند. نویز گاوسی یک نویز استاتیکی است که از تابع توزیع چگالی احتمال نرمال (تابع گاوسی) پیروی می کند.

۳. گیرنده: در گیرنده سیگنال منتقل شده از طریق کانال دریافت می کند و در واقع گیرنده، عمدتاً معکوس فرستنده عمل می کند. گیرنده شامل قسمت های زیر می باشد.

۱. Alamouti (۲ OFDM Demodulator (۳ Decoder (۴ Modulation (۵ Randomizer

۱. Alamouti: در گیرنده به MR آنتن برای دریافت سیگنال های مجهز می باشد. و درواقع همانند قسمت فرستنده، بدون از دست دادن نرخ داده به بیشترین بهره چندگانگی در گیرنده دست می یابیم.

۲. OFDM Demodulator: سیستم OFDM با استفاده از روش تقسیم فرکانسی متعامد بهینه شده است. خروجی یک نمایش باند پایه از سیگنال مدوله شده می باشد که ورودی به شی همراه مدولاتور OFDM است. مدولاسیون OFDM با استفاده از FFT سیگنال ورودی را به جریان داده موازی تبدیل می کند. و درواقع روند معکوس مدولاسیون را انجام می دهد.

۳. Decoder: در این بلوک رمزگشایی سیگنال را انجام می دهد. و در پایان پیام اصلی ارسال شده توسط منبع را دریافت می کند. همانند تمامی بلوک های گیرنده الگوریتم RS مراحل مختلف انجام شده رمزگذاری را معکوس می کند.

۴. Modulation: این روند معکوس مدولاسیون می باشد.

۵. Randomizer: همانند Randomizer است. داده های رمزگشایی می شوند و درواقع روند معکوس Randomizer می باشد.

۶. Error Calculation: BER را می توان با تغییر SNR در کانال AWGN محاسبه کرده و در Display مقدار نرخ خطای بیت و تعداد بیت های خطا و تعداد کل بیت ها را نشان می دهد.

۳. ارزیابی شبیه سازی شبکه نوری

زیر ساخت نوری شبکه دسترسی FiWi با استفاده از یک WDM/TDM PON مقرون به صرفه، به عنوان یک گزینه نویدبخش بدلیل گذردهی و توان عملیاتی بالای آن و مقیاس پذیری شگرف آن پیاده سازی شده است زیرا که می تواند از

طول موج های مختلف بر روی یک فیبر نوری منفرد پشتیبانی کند. PON پیشنهادی، از نرخ داده ای برابر با 2.5Gb/s در عملیات دوطرفه متقارن پشتیبانی می کند. جدول زیر خلاصه ای از پارامترهای شبیه سازی را نشان می دهد.

(جدول ۱): پارامترهای شبیه سازی نوری

نماد	توضیح	مقدار	واحد
Pr	توان ارسال	0	dBm
IAWG	اتلاف جایگذاری: AWG	4	dB
α	میرایی یا تضعیف	0.2	dB/km
L	طول فیبر	25	km

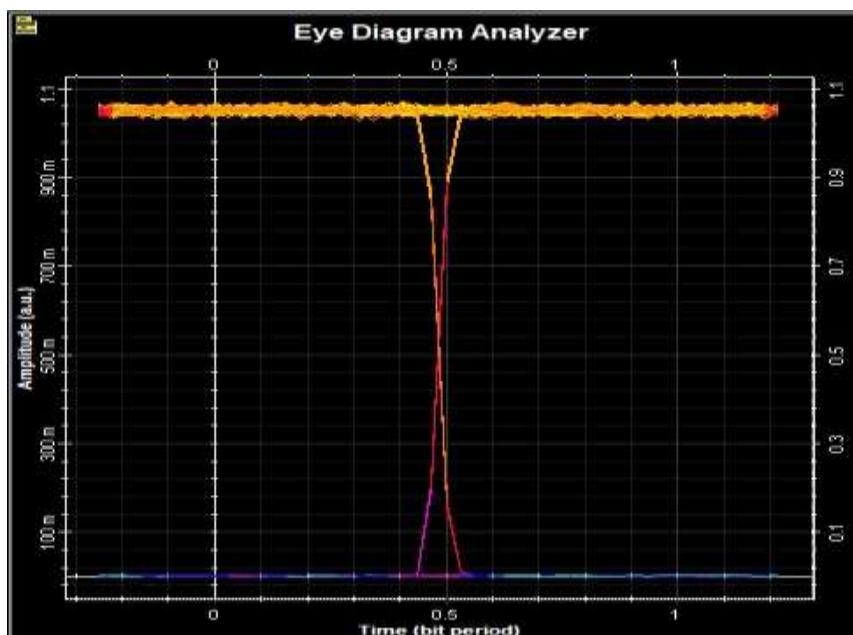
زیر ساخت نوری، برحسب تعداد AP ی مورد پشتیبانی، مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. تعداد AP ها، بواسطه توان موجود لینک و طول موج های موجود، محدود می شود. مطابق با خصوصیات کلی اجزای نوری که در جدول ۲ نشان داده شده، تعداد تقریبی AP ها قابل محاسبه است. توان موجود برای لینک پایین/بالا دستی را می توان بصورت زیر بدست آورد:

$$PT - 2 \times IAWG - \alpha \times L - ISA - 10\log(S) \geq R_{sen} \quad (4-1)$$

که PT توان فرستنده، R_{sen} حساسیت گیرنده، IAWG، اتلاف جایگذاری روتر AWG (دو روتر AWG در طول بک هال نوری در OLT و RN برای تسهیم/ادغام طول موج های لینک بالا/پایین دستی وجود دارد)، L، طول فیبر، α میرایی یا تضعیف فیبر، ISA اتلاف ناشی از اتصال (Splicing) و افزایش طول عمر (Aging) لینک و S، ضریب اسپلیتر (نسبت انشعاب) PS/C برای هر کانال طول موج می باشد. مطابق با رابطه ۱، حداکثر ضریب اسپلیتر PS/C توسط رابطه زیر محدود می شود:

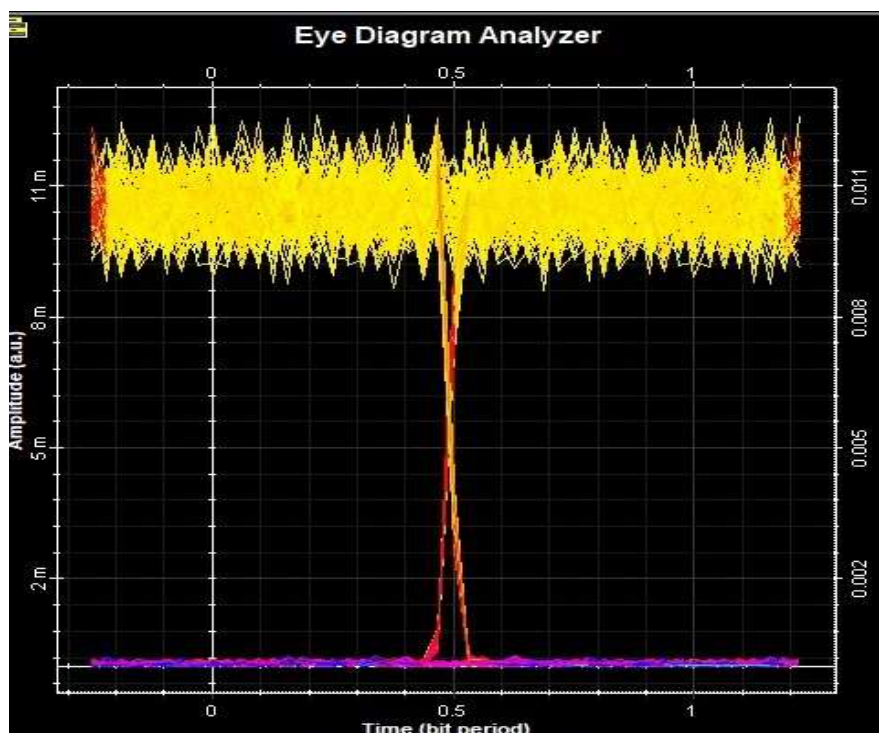
$$10\log(S) \leq 15.2 \rightarrow S \leq 33 \quad (4-2)$$

ازینرو، بیشینه تعداد AP های پشتیبانی شده، برای هر طول موج لینک بالا/پایین دستی، ۳۲ می باشد. علاوه براین، نسبت اسپلیتر PS/C (S) و حساسیت گیرنده، تعیین کننده حداکثر طول فیبر از OLT تا AP می باشد. ارتباطاتی که از فیبر نوری برای مخابرات استفاده می کنند، یک روش ارسال اطلاعات از یک محل به محلی دیگر با ارسال موج نوری توسط یک فیبر نوری می باشد. نور یک موج حامل الکترومغناطیسی را تشکیل می دهد که برای حمل اطلاعات مدوله شده است. فرایند برقراری ارتباط با استفاده از فایبر اپتیک، با مراحل اساسی ذیل سروکار دارد: ایجاد سیگنال نوری با استفاده از یک فرستنده، انتشار سیگنال در طول فیبر، اطمینان از اینکه سیگنال منحرف یا ضعیف نمی شود، و دریافت سیگنال نوری و تبدیل آن به یک سیگنال الکتریکی. پراکندگی رنگی در فیبر نوری، پدیده ای است که از وابستگی ضریب شکست گروهی فیبر به طول موج ناشی می شود. در فیبر نوری، وابستگی ضریب شکست گروهی فیبر به طول موج، باعث پهن شدن موقتی پالس ها هنگام انتشار می شود. FBG معمولاً به عنوان مولفه ی مهمی برای جبران پراکندگی یا پاشندگی در سیستم ارتباطات نوری انتخاب شده است. بدلیل هزینه پایین انتخاب طول موج و اتلاف جایگذاری پایین، این مولفه همچنین دارای طیف انعکاسی سفارشی و پهنای باند گسترده نیز می باشد. شبیه سازی سیستم ارسال براساس پارامترهای مختلف و با استفاده از شبیه ساز OptiSystem و با شبیه سازی یک مدل سیستم ارتباط نوری مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. شکل ۴-۱ نمودارهای چشمی با استفاده از FBG را نشان می دهد.



(شکل ۴): نمودارهای چشمی با استفاده از FBG

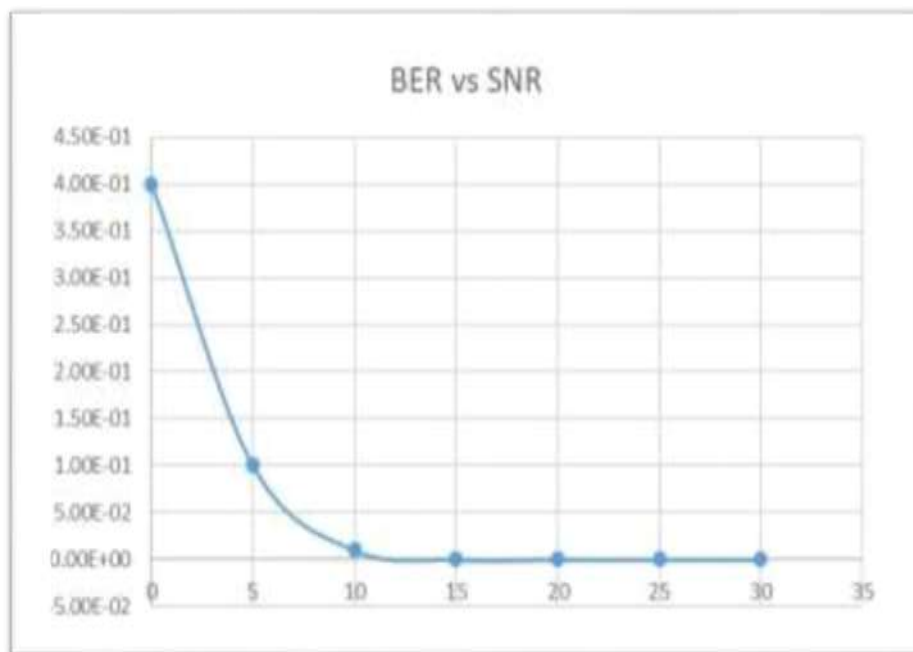
شکل ۵ نمودار چشمی بدون استفاده از FBG را نشان می دهد.



(شکل ۵): نمودار چشمی بدون استفاده از FBG

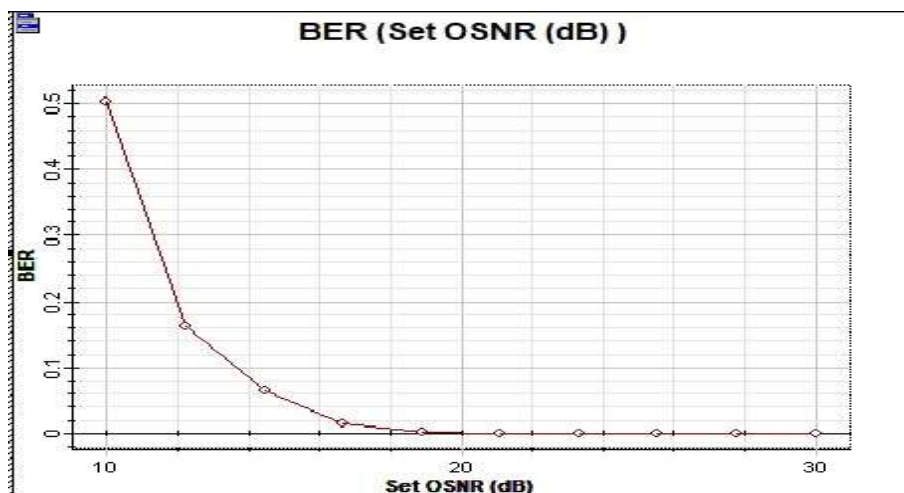
حال به منظور افزایش کارایی شبکه سناریوهای مختلفی از جمله CDMA, FDMA, WDM, TDMA, مقایسه عملکرد PON و BPON را برای کاهش نرخ خطای بیت بررسی و ارزیابی می کنیم. پارامتر اصلی هنگام انتقال داده از نقطه ای به نقطه دیگر، این است که چند خطا در داده ای که به مقصد می رسد وجود دارد، زمانی که داده ها از طریق کانال داده ها وارد می شوند، در نتیجه یکپارچگی سیستم در معرض خطر قرار خواهد گرفت. در این پژوهش از شبکه PON در قسمت نوری

استفاده شده است. حال به پیاده سازی شبکه BPON نیز پرداخته و با توجه به نمودار نرخ خطای بیت بر حسب سیگنال به نویز مورد بررسی و مقایسه می پردازیم. شکل ۶ نمودار BER بر حسب SNR را در شبکه PON نشان می دهد. که با توجه به نمودار به دست آمده بهترین عملکرد سیستم در SNR های بزرگتر از 10 dB می باشد که کمترین نرخ خطای بیت را نشان می دهد.



(شکل ۶): نمودار BER بر حسب SNR در شبکه PON

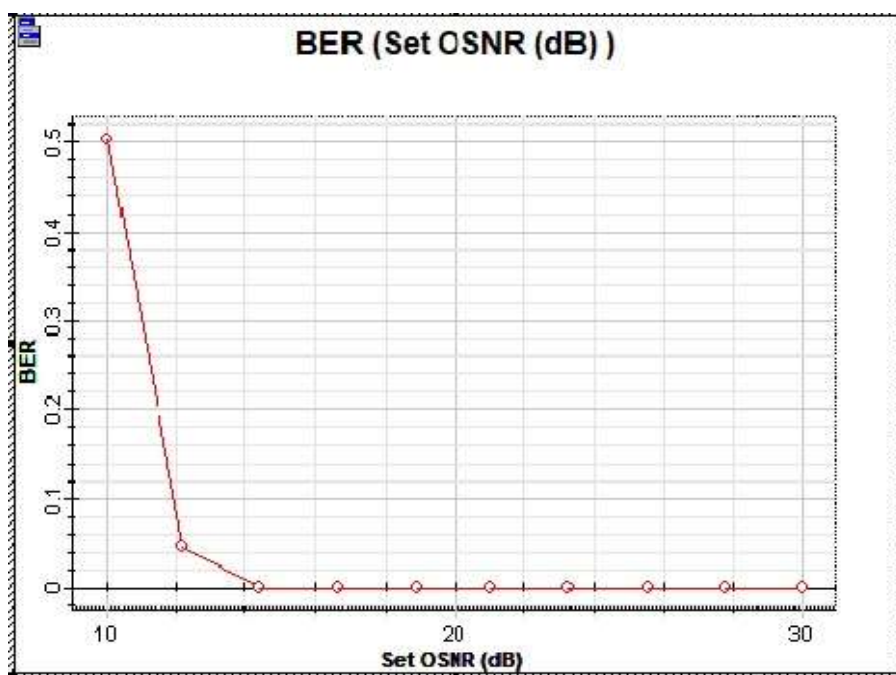
شکل ۷ نمودار BER بر حسب SNR را در شبکه BPON نشان می دهد. همان طور که در نمودار نشان داده شده است، در حالتی که SNR بیشتر از 16 dB است بهترین کارایی در قسمت نوری در شبکه FiWi به دست می آید که BER خیلی کاهش می یابد.



(شکل ۷): نمودار BER بر حسب SNR در شبکه BPON

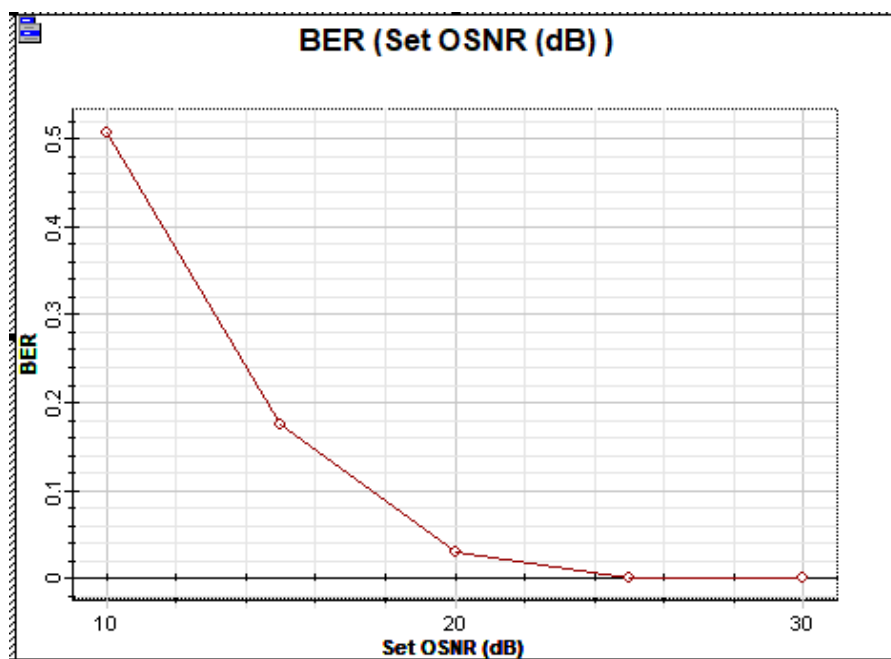
چهار طرح اصلی PON وجود دارد که می توانند مطابق با تکنیک های استفاده شده، دسته بندی شوند: تسهیم سازی زمانی (TDM)، تسهیم سازی طول موجی (WDM)، دسترسی چندگانه با تقسیم بندی در حوزه کد (CDMA) و OFDM.

تفاوت های اصلی بین این چهار روش، تکنیک های استفاده شده و نوع توزیع سیگنال نوری در موقعیت ODD می باشد. از میان این دسته ها، TDM PON، WDM PON، OFDM PON به عنوان مطلوب ترین کاندیدها برای گسترش در شبکه های دسترسی نوری در نظر گرفته شده است. حال هر کدام از این چهار طرح را برای افزایش کارایی شبکه FiWi با توجه به نمودار نرخ خطای بیت بر حسب سیگنال به نویز مورد بررسی قرار می دهیم. شکل ۸ نمودار BER بر حسب SNR را در شبکه TDM PON نشان می دهد. همان طور که در نمودار نشان داده شده است، بهترین عملکرد شبکه FiWi در قسمت نوری در TDM PON، در حالتی که SNR بزرگتر از 12 dB می باشد و نرخ خطای بیت کاهش می یابد و نزدیک به صفر می شود.



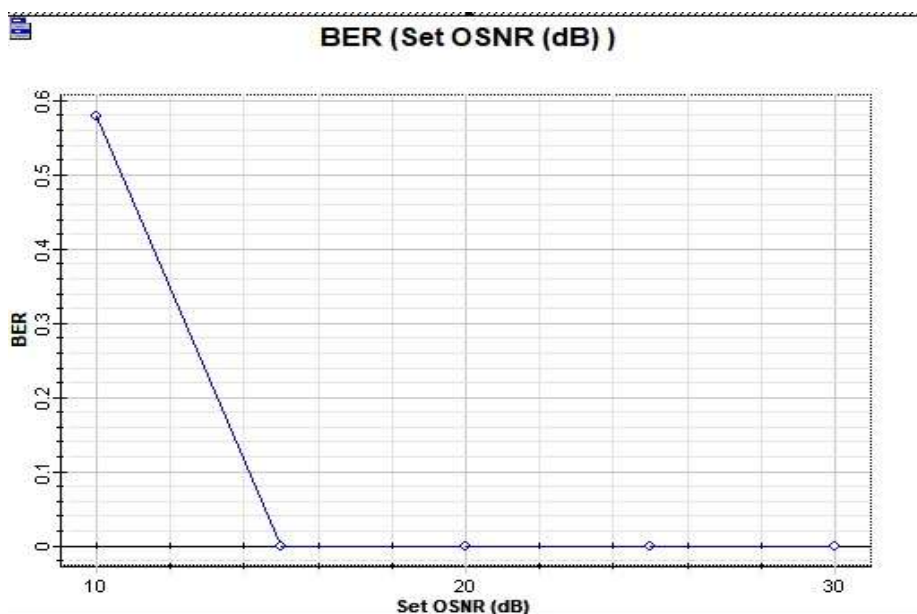
(شکل ۸): نمودار BER بر حسب SNR در شبکه TDM PON

شکل ۹ نمودار BER بر حسب SNR را در شبکه WDM PON نشان می دهد. همان طور که در نمودار نشان داده شده است، بهترین عملکرد شبکه FiWi در قسمت نوری در WDM PON، در حالتی که SNR بزرگتر از 20 dB می باشد و نرخ خطای بیت کاهش می یابد و نزدیک به صفر می شود.



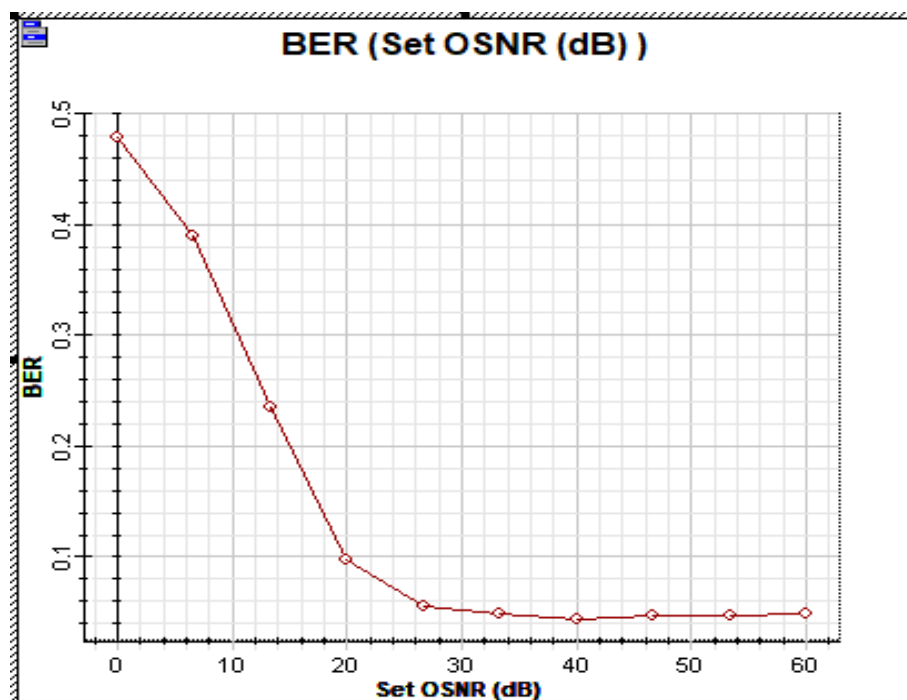
(شکل ۹): نمودار BER بر حسب SNR در شبکه WDM PON

شکل ۱۰ نمودار BER بر حسب SNR را در شبکه CDMA PON نشان می دهد. همان طور که در نمودار نشان داده شده است، بهترین عملکرد شبکه FiWi در قسمت نوری در TDM PON، در حالتی که SNR بزرگتر از 15 dB می باشد و نرخ خطای بیت کاهش می یابد و نزدیک به صفر می شود.



(شکل ۱۰): نمودار BER بر حسب SNR در شبکه CDMA PON

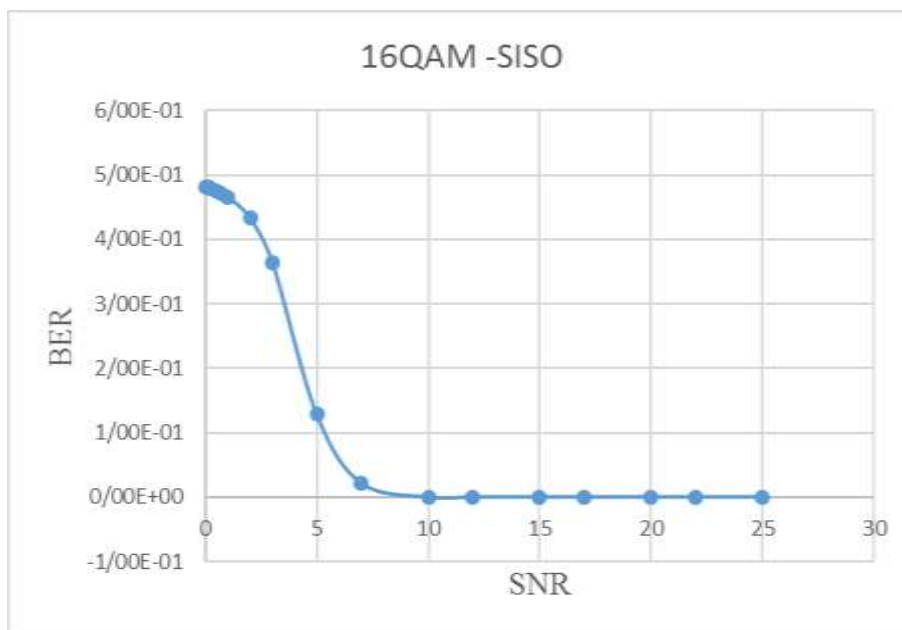
شکل ۱۱ نمودار BER بر حسب SNR را در شبکه OFDM PON نشان می دهد. همان طور که در نمودار نشان داده شده است، بهترین عملکرد در شبکه FiWi با OFDM PON در حالتی که SNR بزرگتر از 20 dB می باشد که نرخ خطای بیت کاهش می یابد.



(شکل ۱۱): نمودار BER بر حسب SNR در شبکه OFDM PON

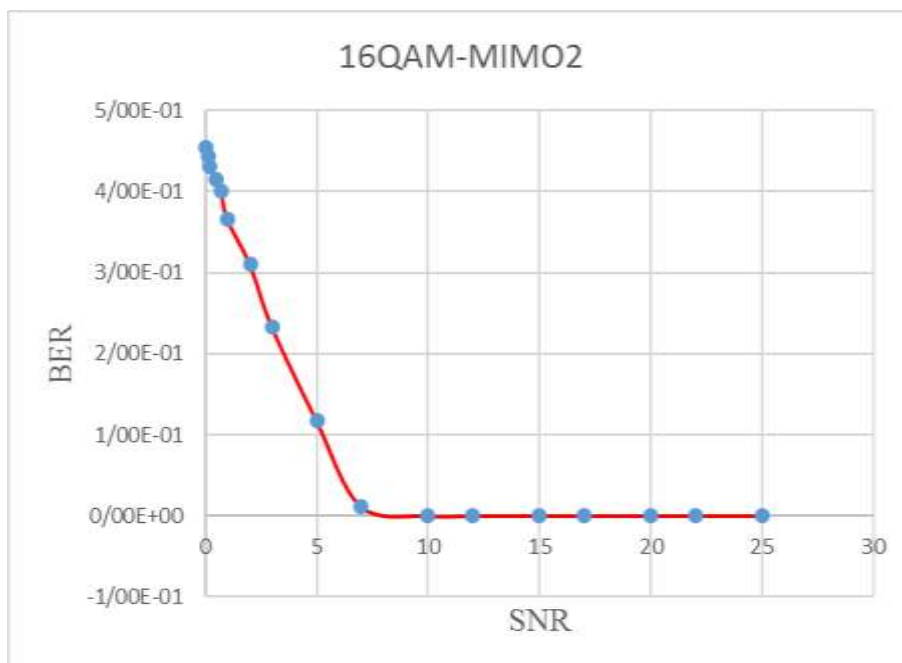
۴. ارزیابی شبیه سازی شبکه بی سیم

در نرم افزار کاربری بی سیم، AP از فرکانس های حامل RF برابر 2.35 GHz برای فرستنده ها با گیرنده های وایمکس استفاده می کند در این فرستنده، گیرنده ها از تکنیک تسهیم با تقسیم فرکانسی متعدد (OFDM) استفاده می شود. هریک از فرستنده، گیرنده های مبتنی بر تکنیک WIMAX در AP، شامل دو بخش اصلی می باشد، زیر سیستم پردازنده سیگنال WLAN و تفکیک کننده/ تلفیق کننده RF. در قسمت شبکه بی سیم از فناوری وایمکس با پهنای باند 20 MHz در دو حالت SISO و MIMO برای دو آنتن و چهار آنتن با توجه به تمودارهای به دست آمده نرخ خطای بیت بر حسب سیگنال به نویز مورد بررسی و ارزیابی قرار می گیرد. سیستم رادیویی MIMO با استفاده از آنتن های متعدد انتقال / دریافت، به منظور انتقال پهنای باند بی سیم، مورد استفاده قرار است. سیستم MIMO با بهبود محدوده انتقال / قابلیت اطمینان و ارائه میزان انتقال داده به سیستم تک خروجی و تک ورودی، از دیگر سیستم ها متمایز می شود. آنتن های هوشمند در وایمکس به منظور افزایش محدوده تحت پوشش و بالابردن بازدهی، امکان استفاده از آنتن های هوشمند نیز فراهم شده است. یعنی به جای یک آنتن از چهار آنتن استفاده می شود که هریک از این چهار آنتن های هوشمند نیز فراهم شده است. یعنی به جای یک آنتن از چهار آنتن استفاده می شود. هریک از این چهار آنتن، در بازه های زمانی معینی، عملیات ارسال و دریافت داده را انجام می دهند. این آنتن ها با سیگنال های مختلفی را ارسال می کند یا جریان داده اضافی می فرستند. در واقع افزایش یک آنتن ارسالی به چهار آنتن، موجب افزایش نرخ داده با ضریب ۴ می شود و نرخ خطای بیت کمتر می باشد. شکل ۱۴ نرخ خطای بیت بر حسب سیگنال به نویز را در وایمکس با استفاده از تک آنتن برای مدولاسیون 16-QAM نشان می دهد. همان طور که در شکل مشاهده می شود در حالتی که BER کمتر می باشد و بهترین کارایی در کانال ارتباطی بی سیم به دست می آید که SNR بیشتر از 10dB برای کانال AWGN می باشد.



(شکل ۱۲): نمودار BER بر حسب SNR با مدولاسیون 16-QAM

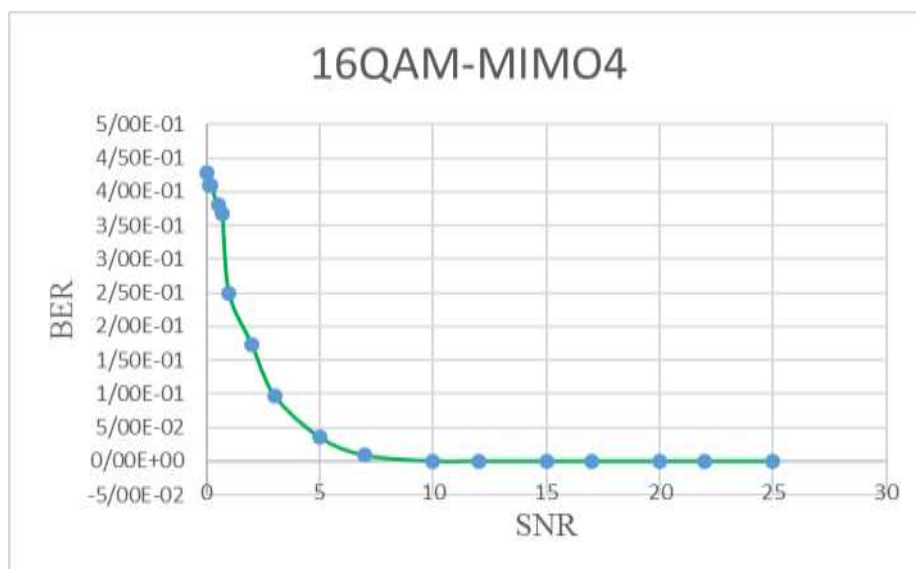
شکل ۱۳ نرخ خطای بیت بر حسب سیگنال به نویز را در وایمکس با استفاده از آنتن هوشمند MIMO با دو فرستنده برای مدولاسیون 16-QAM نشان می دهد. در واقع هر کدام از این دو آنتن، در بازه های زمانی معینی، عملیات ارسال و دریافت داده را انجام می دهند. همان طور که در نمودار مشاهده می شود در حالتی که BER کمتر می باشد و بهترین کارایی در کانال ارتباطی بی سیم به دست می آید که SNR بیشتر از 7 dB برای کانال AWGN می باشد.



(شکل ۱۳): نمودار BER بر حسب SNR وایمکس با استفاده از ۲ آنتن با مدولاسیون 16-QAM

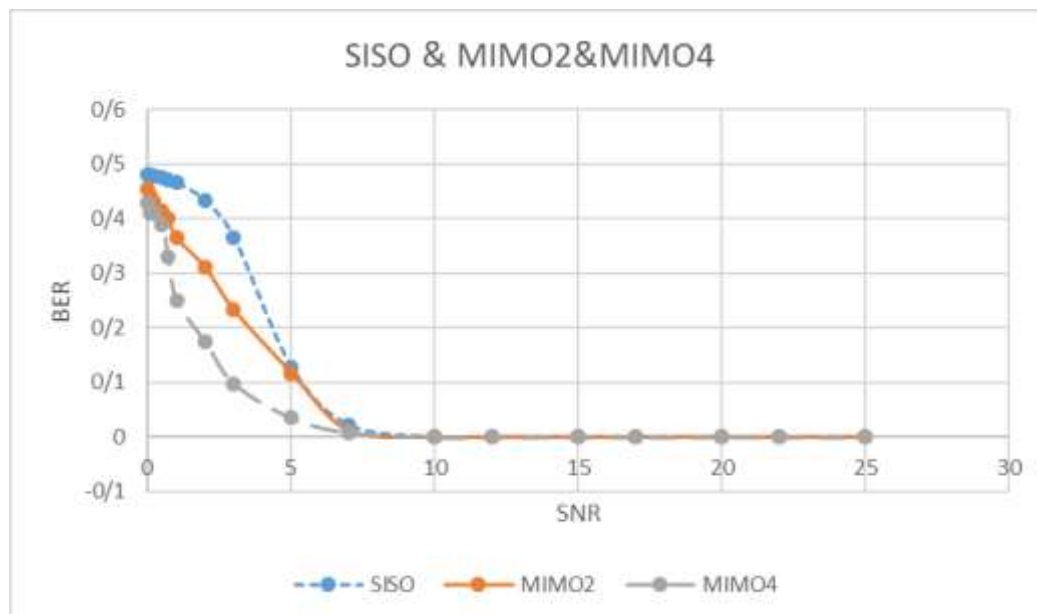
شکل ۱۴ نرخ خطای بیت بر حسب سیگنال به نویز را در وایمکس با استفاده از آنتن هوشمند MIMO با چهار فرستنده برای مدولاسیون 16-QAM نشان می دهد. در واقع هر کدام از این چهار آنتن، در بازه های زمانی معینی، عملیات ارسال و

دریافت داده را انجام می دهند. همان طور که در نمودار مشاهده می شود در حالتی که BER کمتر می باشد و بهترین کارایی در کانال ارتباطی بی سیم به دست می آید که SNR بیشتر از 5 dB برای کانال AWGN می باشد.



(شکل ۱۴): نمودار BER بر حسب SNR وایمکس با استفاده از ۴ آنتن با مدولاسیون 16-QAM

شکل ۱۵ مقایسه نمودار BER بر حسب SNR مدولاسیون 16-QAM برای حالت SISO و MIMO دو آنتن و چهار آنتن را نشان می دهد. در واقع افزایش یک آنتن ارسالی به چهار آنتن، موجب افزایش نرخ داده با ظرفیت ۴ می شود. و نرخ خطای بیت کمتری می باشد و در واقع بازدهی این آنتن های چهارگانه که به MIMO یا چند ورودی و چند خروجی چهار برابر آنتن های تکی می باشد.



(شکل ۱۵): مقایسه نمودار BER بر حسب SNR مدولاسیون 16QAM برای حالت SISO و MIMO دو آنتن و چهار آنتن

۶. نتیجه‌گیری

موضوع جبران پراکندگی را در شبکه نوری، با استفاده از FBG مورد بررسی قرار گرفته است و در مقایسه با زمانی که FBG استفاده نشده بود با توجه به نتایج به دست آمده، پراکندگی در زمانی که از FBG استفاده شده کمتر می شود و عملکرد بهتری را برای افزایش کارایی شبکه به وجود می آورد. فناوری های استفاده شده در شبکه نوری با هم مقایسه شده و برای عملکرد بهتر شبکه مورد بررسی قرار گرفته است. که با توجه به نتایج به دست آمده بین این فناوری ها تفاوت قابل توجهی وجود دارد اما شباهت های چشمگیری نیز موجود است. بین فن آوری های متنوع در شبکه نوری، فناوری های مبتنی بر OFDM امید بخش ترین هستند. زیرا بالاترین ظرفیت ارسال، دسترسی پهنای باند کارآمد و تحمل پراکندگی را در لینک های نوری و بی سیم فراهم می کند. در مقایسه انجام شده بین این فناوری ها، WDM PON را به دلیل سرعت بیشتر، دسترسی و تعداد استفاده کنندگان بیشتر به عنوان گزینه خوب انتخاب می کند. روش TDMA در صنعت ساده تر از OFDM است. و با توجه به نتایج شبیه سازی به دست آمده دارای عملکرد بهتری می باشد. در عوض OFDM روش مدرن با کیفیت ارسال اطلاعات با باند وسیع می باشد. ولی گران قیمت و پیچیده است. در شبکه CDMA کندی در شبکه داریم ولی قطعی نداریم اگر تعداد کاربران زیاد باشد ارتباطات کند می شود ولی قطع نمی شود. در روش TDMA، افزایش ظرفیت با افزایش سرعت بر روی یک خط ارتباطی انجام می شود. در حالی که در روش WDM، این کار با استفاده از طول موج های مختلف و در واقع افزایش خطوط ارتباطی صورت می گیرد بنابراین با ترکیب این دو روش، می توان به ظرفیت بالاتر بر روی یک فیبر دست یافت و این امکان را همواره فراهم می کند تا پیشرفت تکنولوژی آن را به طور موثری در افزایش سرعت شبکه های نوری به کار گرفت. در قسمت بی سیم به بررسی سیستم وایمکس در حالت SISO OFDM و MIMO OFDM در حالت دو آنتن و چهار آنتن پرداخته شده است. با استفاده از نرم افزار متلب، این سیستم را شبیه سازی کردیم و باتوجه به نتایج به دست آمده، عملکرد شبکه در زمانی که وایمکس مبتنی بر MIMO OFDM می باشد، در مقایسه با حالت SISO بهتر است. هدف ما افزایش کارایی شبکه می باشد که از لحاظ نرخ خطای بیت مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به نمودار های به دست آمده در قسمت بی سیم وایمکس در حالت MIMO عملکرد بهتری دارد و هرچه تعداد آنتن ها بیشتر باشد نرخ خطای بیت کمتری دارد پس برای افزایش کارایی شبکه بهتر می باشد.

منابع

- [1] Ding, Z., Liu, Y., Choi, J., Sun, Q., El Kashlan, M., & Poor, H. V. (2015). Application of Non-orthogonal Multiple Access in LTE and 5G Networks. arXiv preprint arXiv:1511.08610.
- [2] Kazovsky, L., Wong, S. W., Ayhan, T., Albeyoglu, K. M., Ribeiro, M. R., & Shastri, A. (2012). Hybrid optical–wireless access networks. *Proceedings of the IEEE*, 100(5), 1197-1225.
- [3] Maier, M., & Rimal, B. P. (2015). The audacity of fiber-wireless (FiWi) networks: Revisited for clouds and cloudlets. *China Communications*, 12(8), 33-45.
- [4] Noor, N. S. M., Ngah, R., Prakoso, T., & Lim, S. M. (2012, October). MIMO-OFDM optical backhaul backup system using WLAN 802.11 n. In *2012 IEEE 3rd International Conference on Photonics* (pp. 125-129). IEEE.
- [5] Aurzada, F., Lévesque, M., Maier, M., & Reisslein, M. (2014). FiWi access networks based on next-generation PON and gigabit-class WLAN technologies: A capacity and delay analysis. *IEEE/ACM Transactions on Networking (ToN)*, 22(4), 1176-1189.
- [6] Patnaik, B., & Sahu, P. K. (2012). Inter-satellite optical wireless communication system design and simulation. *IET Communications*, 6(16), 2561-2567.
- [7] Shaddad, R. Q., Mohammad, A. B., & Al-Hetar, A. M. (2012). Spectral efficient hybrid wireless optical broadband access network (WOBAN) based on transmission of wireless MIMO OFDM signals over WDM PON. *Optics Communications*, 285(20), 4059-4067.