

استخدام ليف شبكة براغ كمعوض للتشتت في أنظمة الاتصالات البصرية باستخدام برنامج المحاكاة Optisystem

سهى عراج*

تاريخ الإيداع 7 / 1 / 2018. قُبِلَ للنشر في 9 / 8 / 2018

□ ملخص □

إن الألياف البصرية هي واحدة من أهم وسائل الاتصال المستخدمة في أنظمة الاتصالات وقد تم استخدامها لنقل البيانات بسرعة عالية لمزاياها العديدة والضياعات المهمة في عملية النقل، ويعتبر التشتت العامل الرئيسي الذي يحد من كفاءة الأداء. هناك أنواع مختلفة من معوضات التشتت في الألياف البصرية ولكن يعتبر ليف شبكة براغ FBG هو الأكثر استخداماً في تعويض التشتت في أنظمة الاتصالات البصرية، بسبب الكلفة المنخفضة للمرشح المستخدم لاختيار طول الموجة وانخفاض فقد الحقن، حيث يملك طيف انعكاس منفصل وعرض حزمة واسع. سوف يتم تحليل محاكاة لنظام الاتصالات استناداً إلى معايير مختلفة باستخدام simulator Optisystem ، واعتماد الإعدادات الأنسب للنظام والتي تشمل استطاعة الدخل وطول الكبل البصري(كم) ومعامل التخامد(ديسبيل/كم) الخاص بالليف البصري، وحسبت ثلاث معلمات مختلفة وتشمل كلا من استطاعة الإشارة، استطاعة الضجيج، الاستطاعة الخارجة عند المستقبل.

الكلمات المفتاحية: المحاكاة باستخدام optisystem، نظام نقل الألياف البصرية، معوض براغ.

* مشرف على الأعمال- قسم هندسة الاتصالات والالكترونيات- الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين - اللاذقية- سورية

Using Fiber Bragg Grating as a Dispersion Compensator in Optical Transmission System Using Optisystem Software Simulator

suha arraj*

(Received 7 / 1 / 2018. Accepted 9 / 8 / 2018)

□ ABSTRACT □

Optical fiber is one of the most important communications media in communication system. Due to its versatile advantages and negligible transmission loss it is used in high speed data transmission. There are various types of optical fiber, the Fiber Bragg Grating (FBG) is commonly chosen as important components to compensate the dispersion in optical communication system. Because the low cost of filter for wavelength selection and low insertion loss, it has also customized reflection spectrum and wide bandwidth. The simulation of transmission system will be analyzed based on different parameters using OptiSystem simulator. By simulating a model of communication system and using the most suitable settings of the system which include input power, fiber cable length (km) and attenuation coefficient (dB/km) at cable section, there are three different parameters will be investigated, which are Signal power, Noise power, output power at receiver.

Keywords: Optisystem simulator parameters, Optical Transmission System, Fiber Bragg Grating (FBG).

*Work Supervisor, Faculty of communication and electronic engineering; University of Tishreen, Lattakia, Syria.

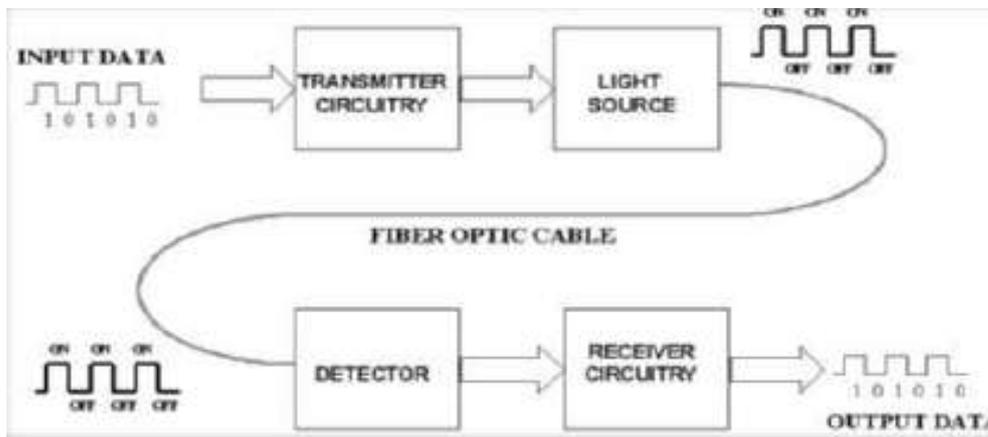
مقدمة:

تعتبر الألياف البصرية الوسط المناسب والمستخدم لنقل المعلومات من نقطة إلى أخرى وذلك بتحميلها على أمواج ضوئية، فهي لا تشبه الألياف النحاسية المستخدمة في نظم الاتصالات التقليدية إذا أن الألياف البصرية ليست كهربائية بطبيعتها. الليف البصري عادة يكون مرن وشفاف وعادة يصنع من زجاج لدن مثل السيليكا Silica أو من البلاستيك Plastic ، ويعمل كدليل موجة أو كأنبوب ضوئي Light Pipe لإرسال ونقل الضوء بين نهايتي الليف. إن مجال استخدام وتطبيق الألياف البصرية يسمى بحقل الألياف الضوئية.

تسمى الألياف البصرية التي تدعم عدة ممرات لانتشار الإشارات الضوئية بالألياف متعددة الأنماط Multi-Mode Fibers، تستخدم الألياف البصرية بشكل عام كوسط نقل في نظام الاتصالات البصرية أو في شبكات الكمبيوتر بسبب مرونتها وإمكانية لفها مثل الكوابل. وهي مناسبة جداً من أجل المسافات الطويلة بسبب سرعة الانتشار العالية للأمواج الضوئية عبرها مع أقل ما يمكن من التضعيف أو التخامد Attenuation مقارنة مع الكابلات النحاسية الكهربائية، وتسمح بالامتداد لمسافات طويلة بأقل ما يمكن من المكررات للإشارة Repeaters. إن تخامد الإشارة عامل رئيسي في تصميم أي نظام اتصالات، حيث تتطلب جميع المستقبلات أن تكون حساسية الدخل للإشارات المستقبلية فوق سوية دنيا وتؤدي خسارات الإرسال إلى تحديد الطول الكلي للمسار. توجد عدة نقاط في النظام الضوئي تحدث فيها الخسارات، وهي عند مدخل القناة الوصلات الدائمة والموصلات وداخل الليف ذاته، نعتبر أنفسنا معنيين فقط بخسارات الليف في مجال من أطوال الموجة من حوالي $0.5\mu\text{m}$ إلى $1.6\mu\text{m}$ وهو المدى الذي تكون ضمنه الاتصالات الليفية عملية أكثر [1]، يحدث أن تميل نبضات ضوئية قصيرة إلى التسرب خارجاً لدى انتشارها ويعتبر هذا التشتت عاملاً مهماً محددًا لعرض حزمة الألياف الضوئية.

المكونات الأساسية لنظام الاتصال البصري:

يتكون نظام الاتصال البصري الأساسي من جهاز إرسال والذي يعمل على تحويل الإشارة الكهربائية إلى إشارة ضوئية، ومن كابل ليف ضوئي (بصري) يعمل على حمل ونقل الإشارة الضوئية، ومن جهاز الاستقبال الذي يستقبل الإشارة الضوئية ويحولها من جديد إلى إشارة كهربائية [1]. يبين الشكل (1) المكونات الأساسية لنظام الاتصال البصري.



الشكل(1) المكونات الأساسية لنظام الاتصال البصري

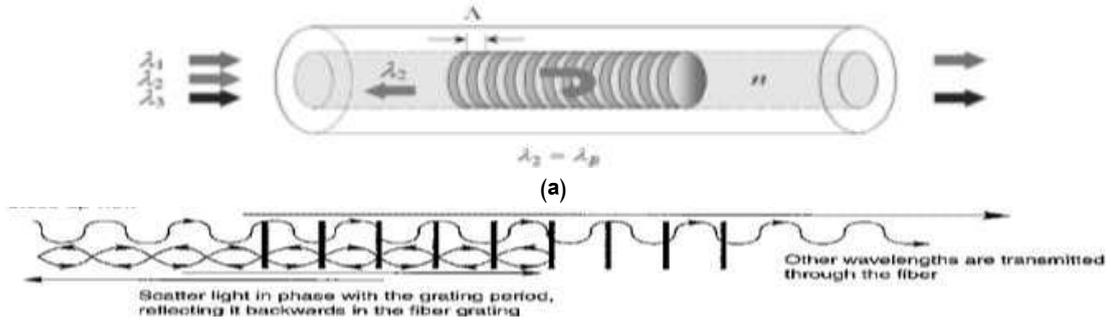
يستخدم ليف شبكة براغ FBG في الاتصالات الرقمية البصرية بشكل واسع، وذلك بسبب الميزات الواعدة من حيث المناعة ضد الأمواج الكهرومغناطيسية وفي التحسس عن بعد وسهولة التصنيع وقلة التكلفة والقدرة العالية على انتخاب عرض الحزمة [2].

إن برنامج المحاكاة Optisystem متكامل ومصمم خصيصاً لمحاكاة نظام الاتصال البصري حيث يقوم باختبارات عديدة للنظام ويعطي الأمثلة في التصميم لأي وصلة ضوئية افتراضية في الطبقة الفيزيائية لطيف واسع من الشبكة بدءاً من نظم البث الفيديوي التشابهي وصولاً إلى العمود الفقري للنظام. ويعتبر محاكي على مستوى النظام مبني على نمذجة حقيقية لأنظمة الاتصالات بالألياف البصرية [3].

وصف مكونات نظام الاتصال:

1- ليف شبكة براغ (Fiber Bragg Grating):

يستخدم ليف شبكة براغ لتعويض التشتت اللوني، وهو قطعة من ليف أحادي النمط بطول عدة سنتيمترات تحفر على نواة الليف الضوئي، تقوم هذه الشبكة بتغيير قرينة انكسار القلب طولياً على طول الليف، حيث ينعكس الضوء ذو طول الموجة المحدد والمنتشر عبر الليف من وراء الشبكة بالاتجاه الذي أتى منه، أما باقي الأطوال الموجية فتتمر عبره بتخميد منخفض أو دون تخميد [4]. إن الخاصة الأكثر أهمية لشبكة براغ هي انعكاس أطوال موجية محددة باتجاه مصدرها بينما تتابع أطوال موجية أخرى مسيرها عبر الليف، يتم اختيار الفواصل في شبكة براغ بحيث يحدث شرط الانعكاس عند طول موجة محدد، فعندما ينتقل الضوء على طول الليف ويتابع تغيرات قرينة الانكسار ينعكس جزء من الضوء عند كل حد وذلك عندما يكون دور الشبكة موافق في الطور لطول موجة الضوء [5]. يسير الضوء ذو طول الموجة الأقصر الداخل إلى الشبكة على طول الشبكة وغالباً يصل إلى النهاية قبل أن ينعكس، بينما ينعكس طول الموجة الأطول إلى مكان قريب من بداية الشبكة، وهكذا تتعرض أطوال الموجة الأطول إلى تأخير بالمقارنة مع أطوال الموجة الأقصر. وعندما تكون النبضة خاضعة للتشتت فإن الأطوال الموجية الأطول تصل قبل الأقصر، حيث يمكن للشبكة أن تستعيد شكل النبضة الأصلي وبالتالي النبضات المتوسعة خلال الإرسال يمكن إعادة ضغطها باستخدام شبكة FBG. يظهر الشكل التالي (2) كل من شبكة براغ (a) وظاهرة الانعكاس (b). [5,6]



الضوء المنتشتت الذي يتوافق في الطور مع دور الشبكة ينعكس مرتداً في شبكة الليف

الأطوال الموجية الأخرى تنتشر عبر الليف

(b)

الشكل (2) شبكة براغ (a) وظاهرة الانعكاس الناتجة (b)

يعطى شرط براغ وفق العلاقة التالية (1):[6]

$$\lambda = 2A \sin \theta_B \quad (1)$$

A دور شبكة براغ

θ_B طور الشبكة

λ طول موجة الضوء

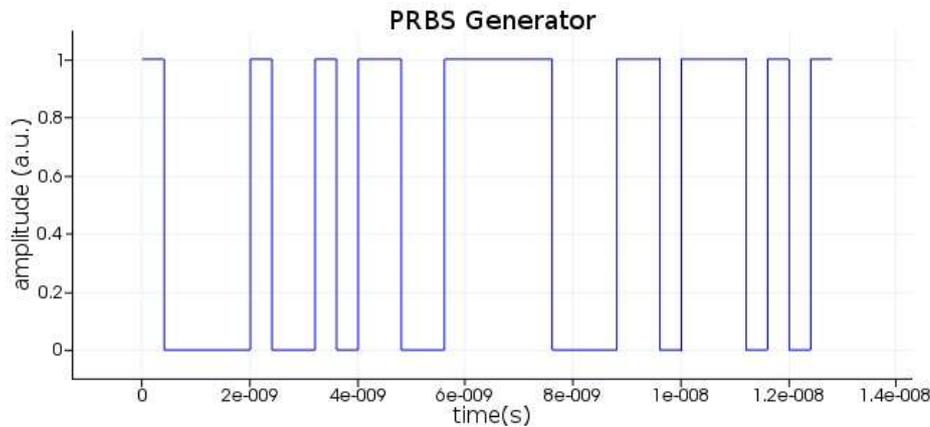
يمكن استخدام شبكة براغ كناخب معلومات Data Selector من أجل استخلاص طول موجة محدد من مجموعة إشارات (قنوات). حيث ينتقل الضوء في وسط ذو قرائن انكسار مختلفة مما قد يسبب انعكاس وانكسار على السطح، وبالتالي تعمل هذه الشبكة كخط تأخير ضوئي لتعويض التشتت اللوني، والذي يعدل أزمنة نقل أطوال موجية مختلفة في النبضة لتصبح متساوية تقريباً (هذا ما يدعى بتعديل الضوء modulation) [7].

يعمل النظام مع نظم الاتصالات البصرية الأساسية والتي تتكون من مرسل Transmitter وخط نقل أو وصلة Transmission Link وهو الليف البصري ومن المستقبل Receiver .

2- مولد سلسلة النبضات شبه العشوائية Pseudo-Random Bit Sequence Generator :

وهي أمر ضمن برنامج المحاكاة Optisystem نستطيع من خلالها الحصول على سلسلة من النبضات العشوائية PRBS (0 Or 1) حسب مختلف الأنظمة والأنماط بحيث تقارب خواص المعطيات العشوائية. وتولد هذه السلسلة نبضات عدم الرجوع إلى الصفر (NRZ).

(PRBS) هو مولد سلسلة نبضات شبه عشوائية تستخدم للتحميل على إشارة المعطيات. كما هو مبين في الشكل التالي(3)



الشكل(3) سلسلة نبضات شبه عشوائية

3- مولد نبضات عدم الرجوع للصفر Non Return To Zero Pulse Generator (NRZ) :

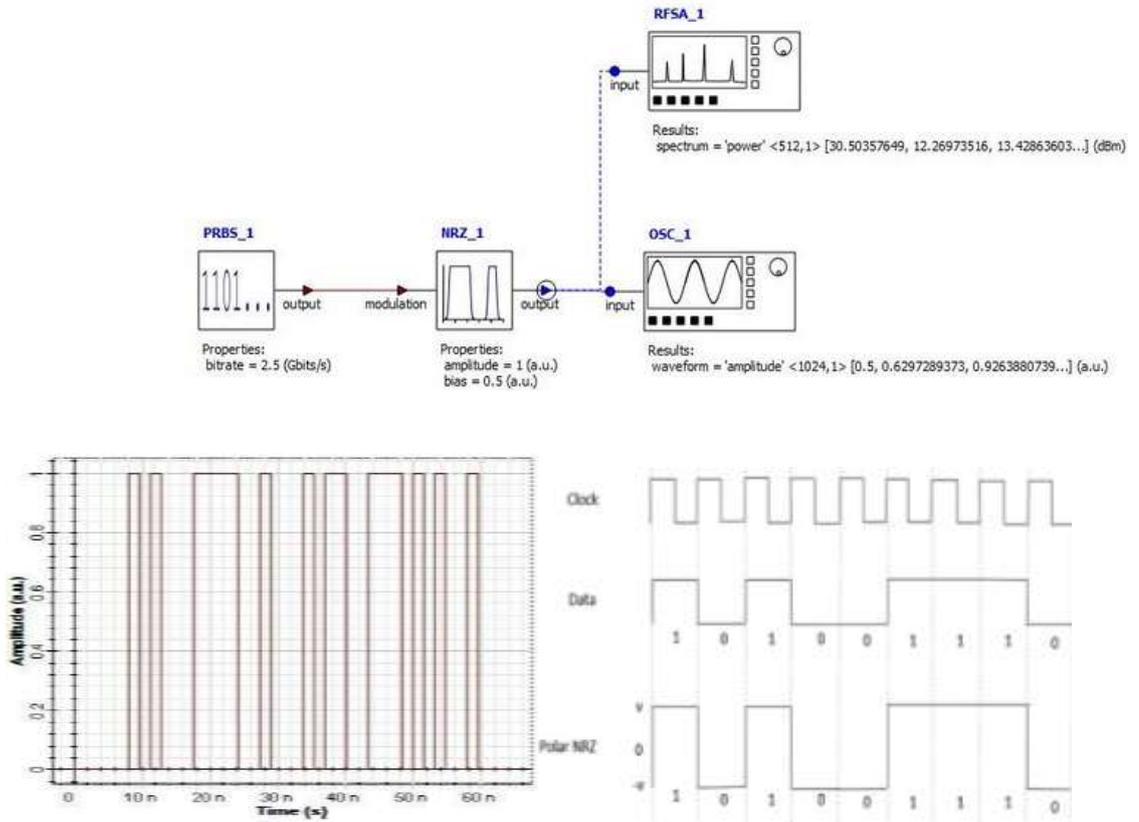
يتم تعديل إشارة المعلومات الضوئية مع إشارة منبع ضوئي بطريقتين هما: نظام الرجوع للصفر RZ ونظام عدم الرجوع للصفر NRZ.

في نظام RZ كل نبضة ضوئية تعبر عن 1Bit تقضي النبضة زمناً أقصر من الحيز الزمني المخصص للبت وبالتالي مطالها يعود إلى الصفر قبل انتهاء الحيز الزمني المخصص للبت.

بينما في نظام NRZ تحافظ النبضة الضوئية على مطالها خلال الحيز الزمني المخصص للبت ولا تعود للصفر قبل انتهاء الحيز الزمني المخصص للبت[8].

في نظم الاتصالات البصرية إن استخدام النظام RZ يساعد المصمم على تصميم أنظمة بأمواج ضوئية حاملة بترددات عالية بحدود 200 THz (Tira Hertz) بينما يكون ترددات حاملات الإشارات الميكروية بحدود 1GHz ولذلك فإنه يتم زيادة سعة المعلومات في أنظمة الاتصالات البصرية بالعامل 10000 مرة تقريباً بسبب إمكانية استخدام أمواج عالية التردد.

إن مولد نبضات NRZ يملك ميزة وهي إمكانية التحكم بعرض الحزمة والسبب يعود إلى خواص المولد حيث أن الإشارة العائدة إلى الصفر هي بين البتات [9]. والشكل (4) يظهر جزء من مخطط المحاكاة حيث يتم توليد سلسلة نبضات عدم الرجوع إلى الصفر.



الشكل (4) مولد نبضات عدم الرجوع إلى الصفر

4- معدل ماك - زيندر Mach-Zehnder Modulator:

تستخدم المعدلات الضوئية للتحكم كهربائياً بمطال أو صفحة الخرج للموجة الضوئية التي تمر عبر المعدل. ولتخفيض حجم الجهاز المعدل وللتقليل من جهود القيادة والتغذية في نظم الاتصالات البصرية تستخدم عادة معدلات مبنية على شكل دلائل موجية Waveguide .

5- المضخم البصري بالليف المشاب بالإيريبيوم Erbium-Doped Fiber Amplifier : EDFA

تسمى المضخمات البصرية المشابهة بالإيريبيوم بالمضخمات الضوئية EDFA فهي تستخدم بشكل واسع في تضخيم الإشارات الضوئية التي تنتقل داخل الليف بسبب خواصها الجيدة فهي تؤمن ربح عالي وعرض حزمة كبير وضجيج منخفض وفعالية أو مردود جيد أيضاً.

نحتاج عادة للتضخيم البصري للإشارة المرسله عبر الليف للتغلب على الضياعات في النقل أثناء انتقال الإشارة الضوئية من جهة الارسال إلى جهة الاستقبال ، وأيضاً من أجل تضخيم الإشارة قبل وصولها إلى مرحلة الخرج في جهاز الاستقبال والذي يمثل كاشف ضوئي PIN يستقبل الإشارة الضوئية ويحولها إلى إشارة كهربائية [10].

6- الديود الليزري المستمر في دارة المرسل Continues LASER Diode:

يقوم الديود الليزري في قسم الارسال بتوليد إشارة ضوئية مستمرة CW تزود إلى إشارة الدخل، يكون عادة طول موجتها بحدود 1550nm وبشدة دخل 5dBm وسيتم تعديلها بمعدل 10GBits/s من سلسلة الإشارة شبه العشوائية على شكل عدم الرجوع للصفـر NRZ وذلك من قبل معدل ماك- زيندر Mach-Zehnder بمعدل 30dB .

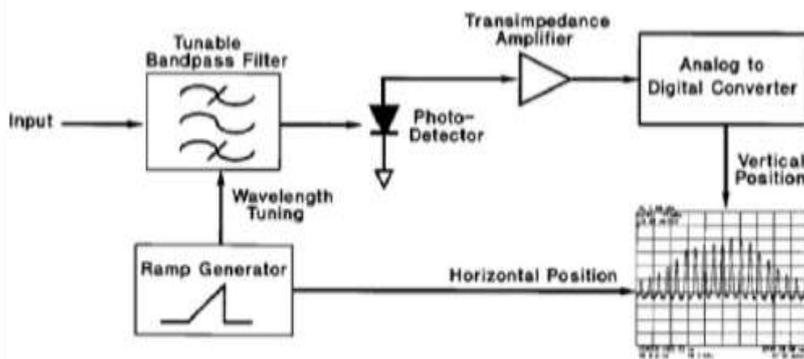
7 - محلل الطيف الضوئي Optical Spectrum Analyzer:

محلل الطيف الضوئي (OSA) هو أمر في برنامج المحاكاة يستخدم لإظهار إشارات الخرج بعد كل مكون من مكونات النظام البصري. إن تحليل الطيف الضوئي للإشارة هو قياس الشدة الضوئية كتابع لطول الموجة λ عند كخرج كل مكون من مكونات النظام.

والشكل (5) يبين مكونات المحلل الطيفي الضوئي OSA ونتائج التخطيط.

ينكون من المراحل التالية:

- مرشح حزمة قابل للتوليف Tunable Bandpass Filter
- مولد إشارة مسح رامب Ramp Signal Generator .
- مضخم ممانعة تحويلية Trans-impedance Amplifier.

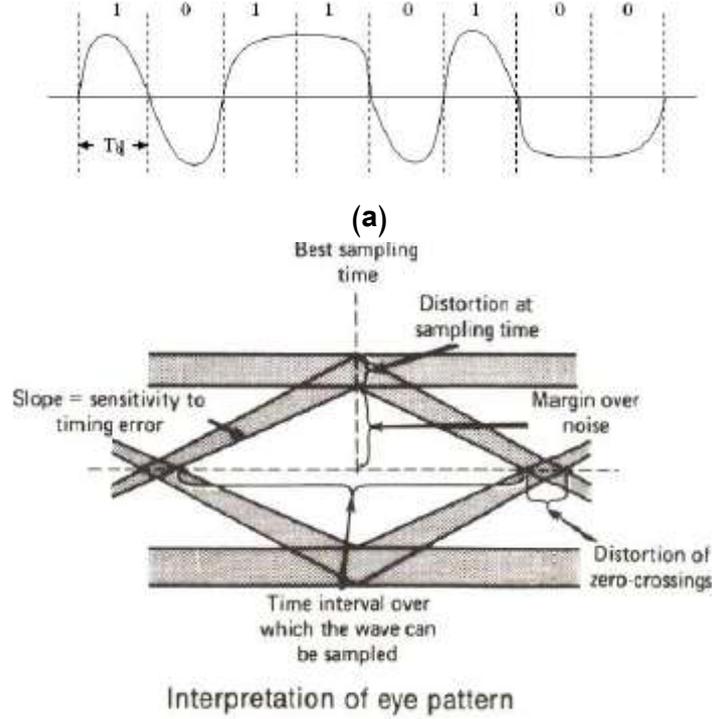


- مبدل تشابهي رقمي A/D Converter .
- كاشف ضوئي PIN (ديود مستقبل) Photo-Detector .
- شاشة عرض الرسومات Graphic Screen .

الشكل (5) مكونات المحلل الطيفي الضوئي OSA ونتائج التخطيط

في مجال الاتصالات السلكية واللاسلكية مخطط العين هو عبارة عن عرض الذبذبات التي يتم فيها أخذ عينات إشارة رقمية من جهاز الاستقبال بشكل متكرر وتطبيقها على المدخلات الرأسية، في حين يستخدم معدل البيانات لتشغيل

عملية المسح الأفقي، ويعتبر مخطط العين أداة لتقييم تأثيرات ضجيج القناة وتداخلات الرموز على أداء نظام الإرسال. حيث نمط العين المفتوحة يتوافق مع أدنى تشوه للإشارة (تسمى المنطقة الداخلية لنموذج العين بفتحة العين) ويظهر تشوه شكل موجة الإشارة بسبب التداخل بين الرموز والضوضاء بإغلاق العين. نفسر من خلال الشكل التالي مفهوم مخطط العين بشكل عام .



(b)

الشكل (6) شرح مخطط العين

يظهر الشكل (6-a) الترتيب الأفضل للفواصل الزمنية للرموز المتتابعة للحصول على مخطط العين، في الشكل (6-b) يحدد عرض فتحة العين الفترة الزمنية التي يتم فيها أخذ العينات من الموجة بدون أخطاء حيث يقابل الحد الأقصى لفتح العين الوقت الأمثل لأخذ العينات، يقيس ارتفاع فتحة العين في وقت أخذ العينات المحدد الهامش فوق ضجيج القناة، يتم تحديد حساسية النظام لخطأ توقيت أخذ العينات بمعدل إغلاق العين.

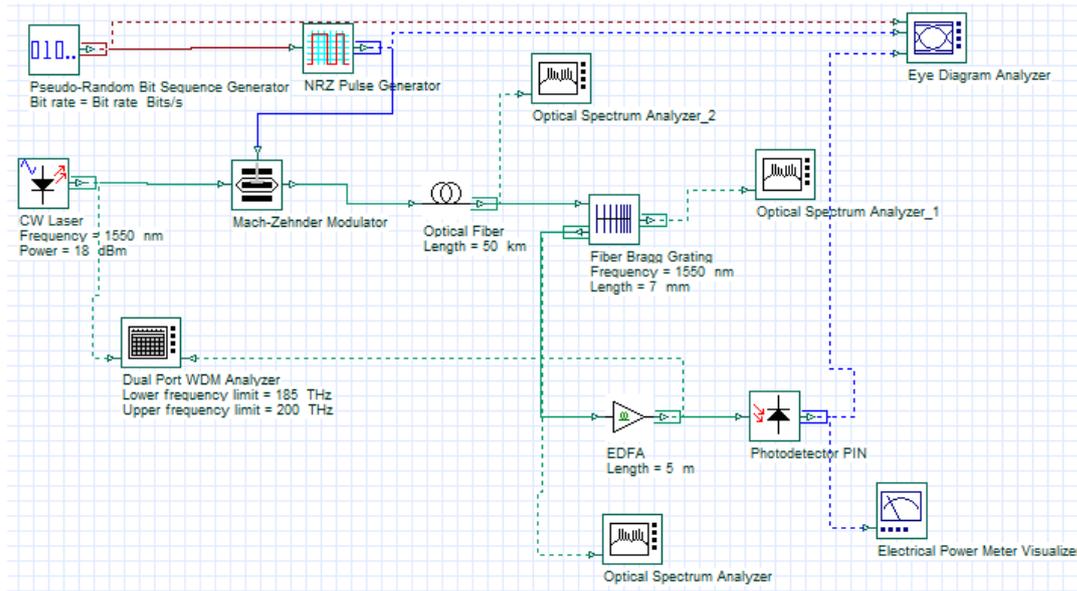
نموذج محاكاة نظام اتصالات ضوئي باستخدام Optisystem:

ترسل الإشارة الضوئية المعدلة عبر ليف ضوئي أحادي النمط لأنه يملك معدل إرسال أعلى وتشتت أقل (17 ps/nmkm)، وبالتالي مناسب للإرسال لمسافات طويلة جداً، حيث يبلغ طول هذا الليف الضوئي 50km، تملك الشبكة البارامترات الموجودة بالجدول (1) أما باقي البلوكات analyzer, optical spectrum, Eye diagram electrical meter تستخدم لإظهار كل من المخطط العيني والطيفي لإشارة الخرج وقيم استطاعة الإشارة المستقبلية واستطاعة الضجيج الناتجة.

الجدول (1) بارمترات نموذج محاكاة نظام الاتصالات الضوئي باستخدام شبكة براغ

طول الموجة العاملة	قرينة الانكسار n	التخميد a	التشتت D	طول الليف
1550nm	1.45	0.2db/km	17ps/nmkm	50km
معدل الإرسال	استطاعة إشارة الدخل		طول المضخم	طول شبكة براغ
10Gb/s	20dbm		5m	7mm

الشكل (6) يمثل نموذج محاكاة للنظام الضوئي باستخدام شبكة براغ وطريقة التوصيل على شاشة المحاكى Optisystem.



الشكل (6) مخطط المحاكاة والعنصر وطريقة التوصيل على شاشة المحاكى Optisystem

النتائج و المناقشة

تمكننا باستخدام Optisystem من دراسة تأثير بارمترات شبكة براغ والليف الضوئي المستخدم على أداء النظام الضوئي وعلى جودة الإشارة المستقبلية.

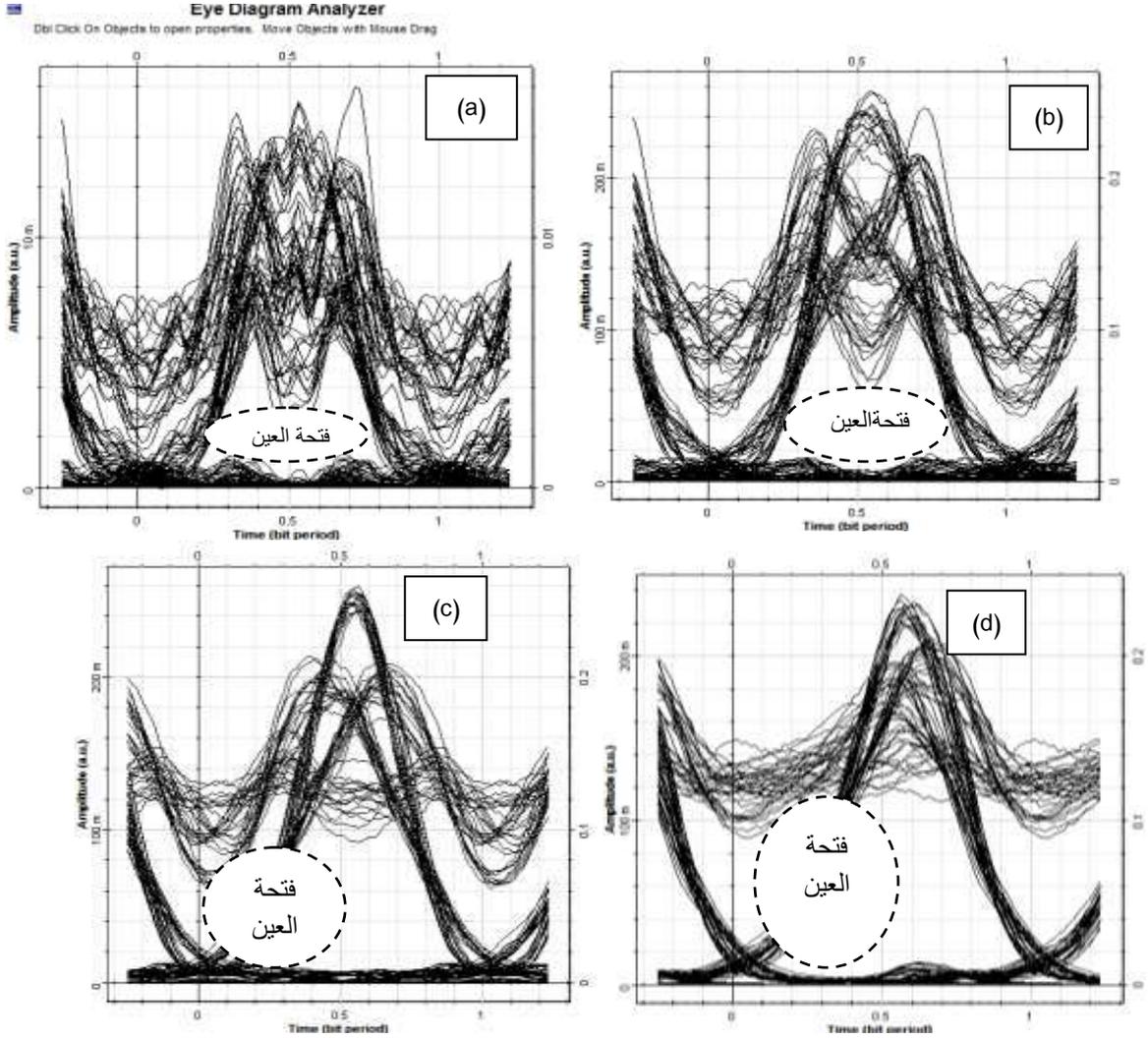
1- دراسة تأثير تغير طول شبكة براغ الليفية على أداء النظام:

تم اختبار جودة الإشارة المستقبلية عند استخدام أطوال مختلفة لشبكة براغ، حيث قمنا بتغيير طول الشبكة بين عدة قيم (2,4,6,7) mm وحصلنا في كل مرة على المخطط العيني لذي يعطينا قيم معدل خطأ البت BER وعامل الجودة Q الذي يقيم جودة الإشارة المستقبلية، وحصلنا على استطاعة الإشارة المستقبلية والضجيج الناتج عن الليف الضوئي والذي يؤثر سلباً على الإشارة المنتشرة عبره. إن الطريقة المناسبة لرؤية التشوه في القناة هي المخطط العيني أو النموذج العيني (Eye Diagram) والذي من خلاله يمكننا استنتاج قيم كل من BER, Q:

$$BER = \exp\left(\frac{Q^2}{2}\right) / Q\sqrt{2\pi} \quad (2)$$

ويتيح برنامج Optisystem إظهار مباشر لقيم BER, Q الموافقة للمخطط العيني الناتج عن عملية المحاكاة ويمكننا من الحصول على قيم الاستطاعة المستقبلية واستطاعة الضجيج الناتجة المرافقة للإشارة المستقبلية من خلال

Electrical Power Visualizer حيث يتم إدراج هذه القيم في الجدول (2). والأشكال الأربعة التالية (a,b,c,d- 7) تمثل المخطط العيني لإشارة الخرج عند استخدام FBG من أجل قيم مختلفة لطول شبكة براغ، حيث يتضح لنا زيادة فتحة العين مع زيادة طول الشبكة، وزيادة عامل الجودة Q ومن ثم تناقص BER وتحسن الأداء مع زيادة طول الشبكة.

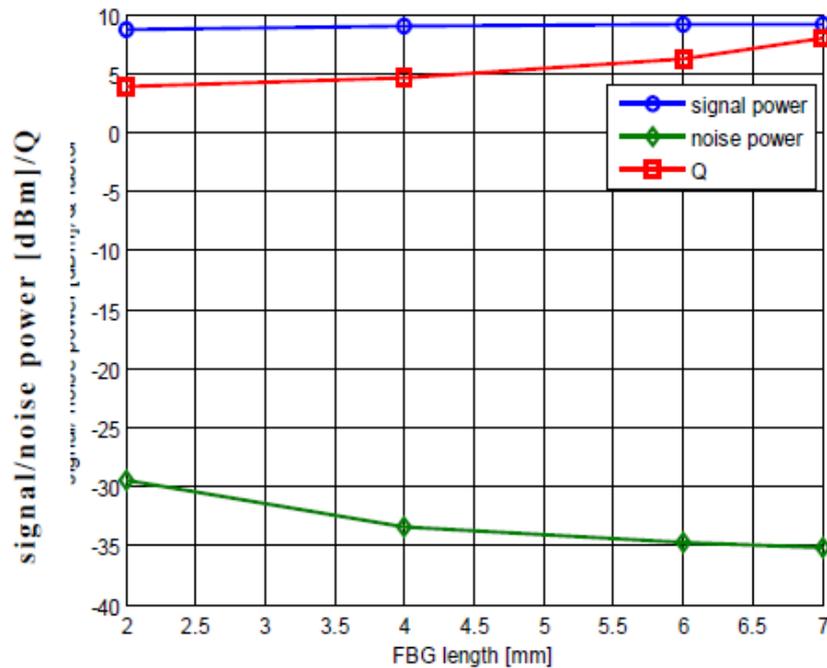


الشكل (7) يمثل مخطط العين بدون FBG (a) وعند استخدام FBG بطول 2mm (b) و 4mm (c) و 7mm (d)

الجدول (2) القيم المقاسة عند تغيير طول شبكة براغ

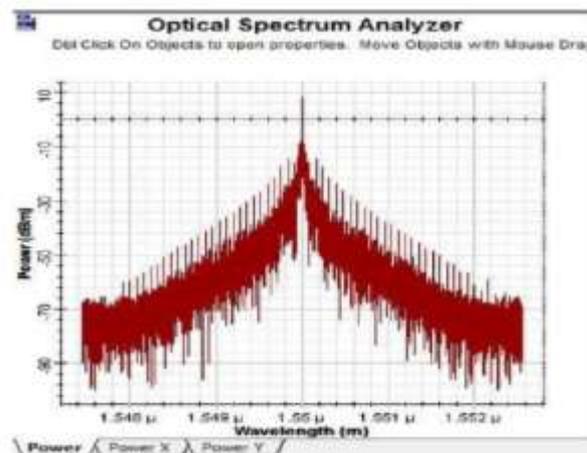
طول شبكة براغ	استطاعة الإشارة المستقبلية	استطاعة الضجيج	عامل الجودة Q	BER
2mm	8.79[dBm]	-29.4[dBm]	4	10^{-5}
4mm	9.092[dBm]	-33.3 [dBm]	4.7	10^{-7}
6mm	9.153[dBm]	-34.7[dBm]	6.2	10^{-10}
7mm	9.132[dBm]	-35.06[dBm]	8	10^{-16}

ويظهر الشكل (8) تغير استطاعة الإشارة المستقبلية واستطاعة الضجيج وعامل الجودة Q مع تغير طول شبكة براغ، ويوضح هذا الشكل تحسن الأداء وزيادة في استطاعة الإشارة المستقبلية بنسبة 3,5% بينما تتناقص استطاعة الضجيج بنسبة 13,2% مع زيادة طول شبكة براغ.

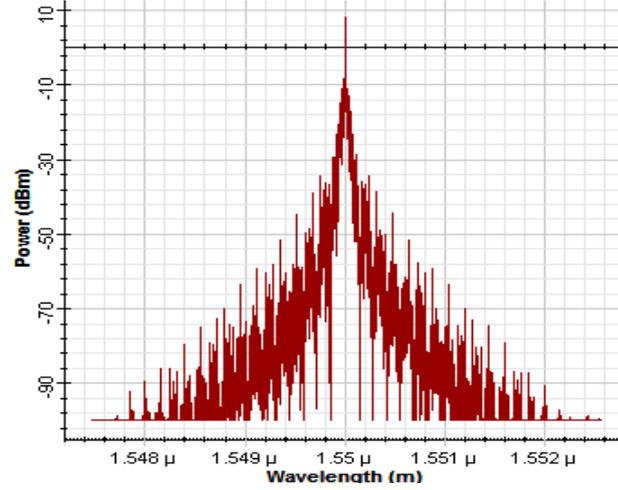


الشكل (8) تغير استطاعة الإشارة، الضجيج وعامل الأداء Q مقابل طول شبكة براغ الليفية

وتوضح الأشكال (9) و (10) نتائج المحاكاة للمحلل الطيفي الضوئي قبل وبعد استخدام شبكة براغ. تظهر المخططات علاقة استطاعة الإشارة مع طول الموجة، وتأثير شبكة براغ في انتخاب عرض الحزمة، حيث نلاحظ أن طول الموجة المنعكسة 1550nm.



الشكل (9) نتائج التحليل الطيفي قبل استخدام شبكة براغ



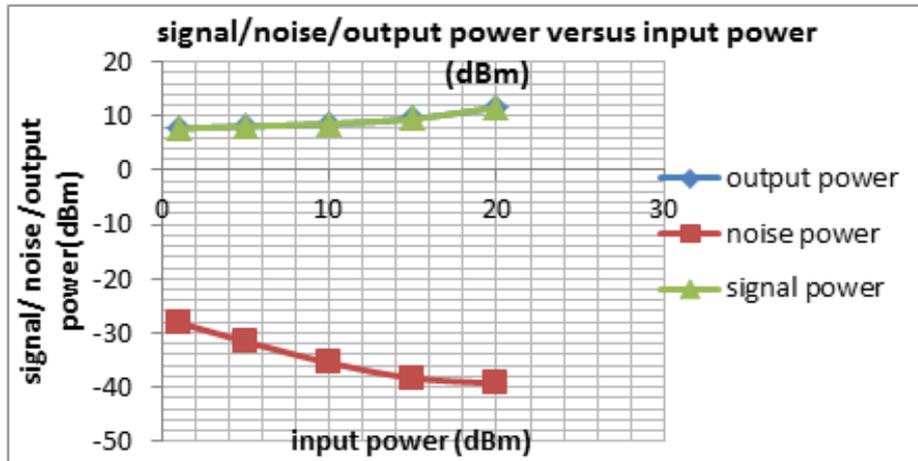
الشكل (10) نتائج التحليل الطيفي بعد استخدام شبكة براغ

تظهر قراءات الخرج المقاسة بواسطة عداد الاستطاعة الضوئية في الجدول (3) من أجل قيم متزايدة لاستطاعة الدخل، نلاحظ تزايد استطاعة الخرج واستطاعة الإشارة بينما تقل استطاعة الضجيج.

الجدول (3) قراءات الخرج المقاسة بواسطة عداد الاستطاعة الضوئية من أجل قيم متزايدة لاستطاعة إشارة الدخل

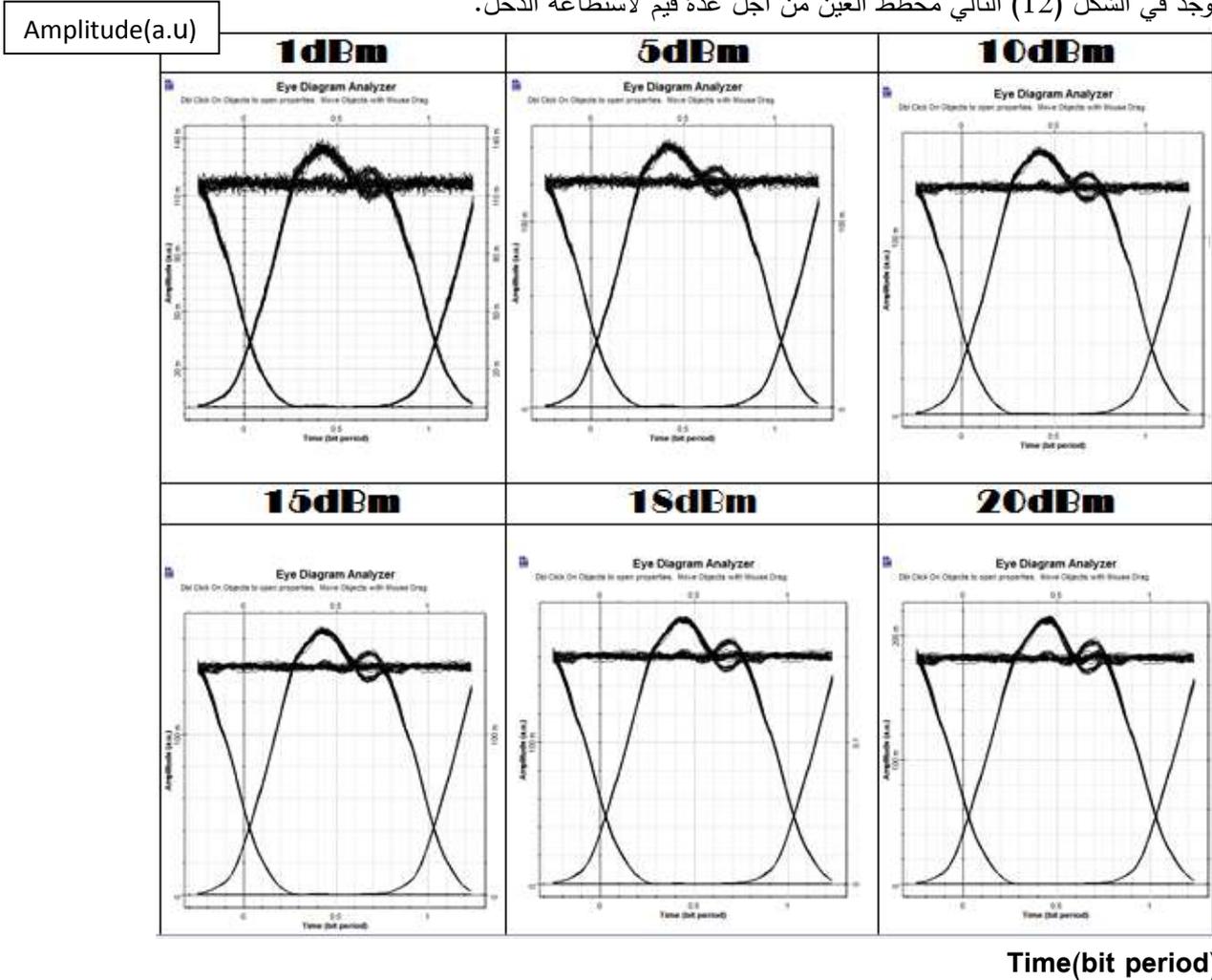
استطاعة الدخل (dBm)	استطاعة الإشارة (dBm)	استطاعة الضجيج (dBm)	استطاعة الخرج (mw)
1	7.7409	-28.123	5.945
5	8.11548	-31.5858	6.48
10	8.58785	-35.5157	7.224
15	9.48629	-38.3241	8.885
20	11.6114	-39.276	14.493

يبين الشكل (11) الرسم البياني لاستطاعة الخرج والضجيج والإشارة بالنسبة لتغيرات استطاعة الدخل.



الشكل (11) الرسم البياني لاستطاعة الخرج والضجيج والإشارة بالنسبة لتغيرات استطاعة الدخل

يوجد في الشكل (12) التالي مخطط العين من أجل عدة قيم لاستطاعة الدخل.



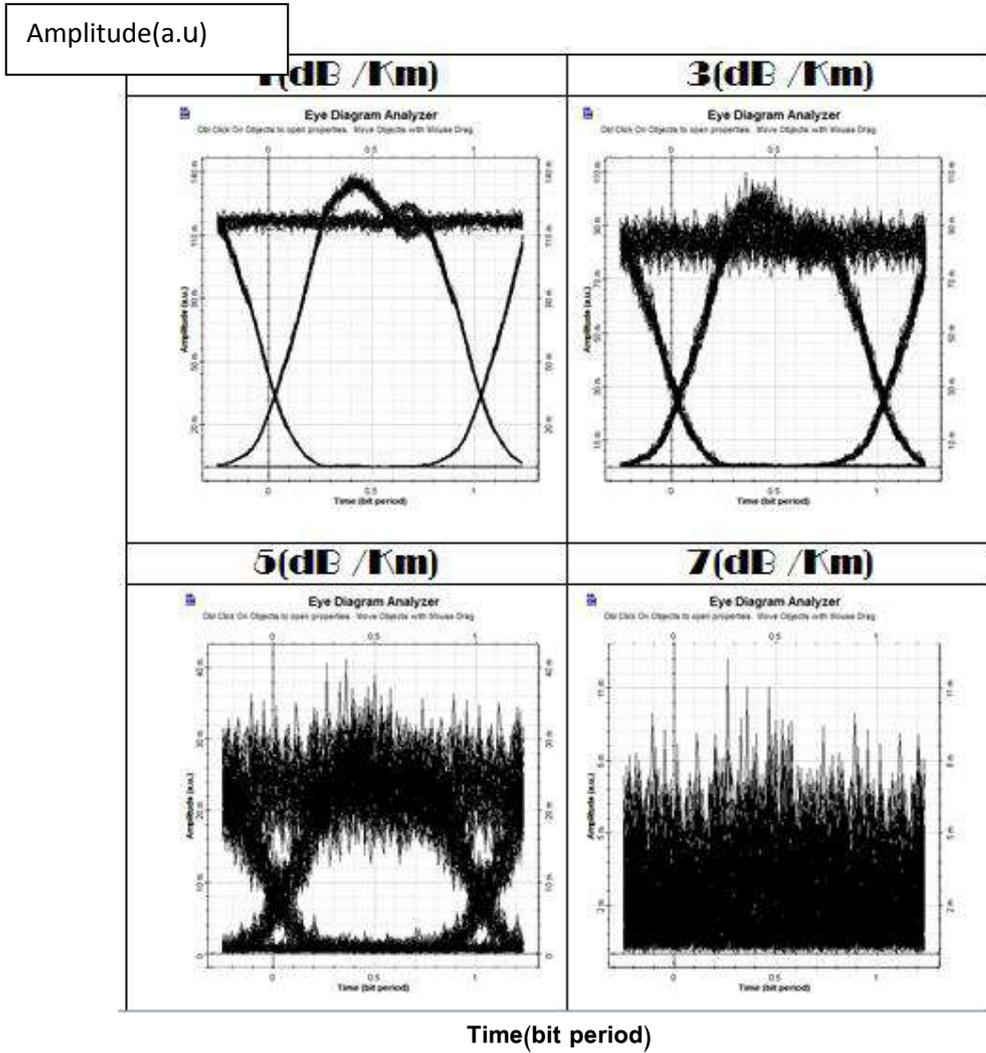
الشكل(12) مخطط العين من أجل عدة قيم لاستطاعة الدخل

نلاحظ من الشكل(12) أن مخطط العين يظهر بشكل أفضل عن قيم متزايدة لاستطاعة الدخل. في الجدول(4) التالي نبين قراءات استطاعة الخرج و الضجيج و الإشارة بتغيير عامل التخماد عند مقطع الكبل. نلاحظ أنه عندما يتزايد معامل التخماد عند مقطع الكبل تتزايد استطاعة الضجيج، بينما تقل استطاعة الإشارة والخرج عند تزايد معامل التخماد.

الجدول(4) قراءات استطاعة الخرج و الضجيج و الإشارة بتغيير عامل التخماد عند مقطع الكبل

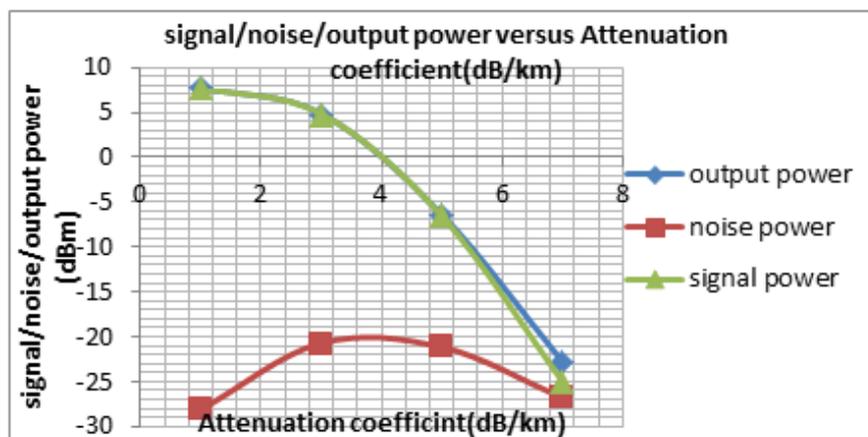
Attenuation Coefficient (dB/Km)	استطاعة الإشارة (dBm)	استطاعة الضجيج (dBm)	استطاعة الخرج (mw)
1	7.74082	28.1233 -	5.945
3	4.85972	20.704 -	3.070
5	6.5435 -	21.1503 -	0.229
7	24.987 -	26.7976 -	0.00526

الشكل التالي(13) يمثل علاقة مخطط العين عند قيم متزايدة لعامل التخماد عند مقطع الكبل.



الشكل(13) مخطط العين عند قيم متزايدة لعامل التخماد عند مقطع الكبل

نلاحظ من الشكل(13) أن مخطط العين يظهر بشكل أفضل عند قيم أصغر لمعامل التخماد. المخطط البياني لقراءات استطاعة الخرج و الضجيج و الإشارة التي حصلنا عليها بتغيير عامل التخماد عند مقطع الكبل في الشكل(14).



الشكل (14) قراءات استطاعة الخرج و الضجيج و الإشارة بتغيير عامل التخماد عند مقطع الكبل

الاستنتاجات والتوصيات

نلاحظ من خلال النتائج التي حصلنا عليها من نمذجة نظام النقل الضوئي في هذا البحث، أن هذا التصميم قد أظهر أداءً جيداً وخصائص مميزة من حيث تعويض تشتت الإشارة وتقليل مفايد النقل بالإضافة لتضخيم الإشارة بشكل مناسب عند استقبالها بواسطة كاشف ضوئي PIN الذي يمثل جهاز الاستقبال، حيث ينقل النظام المعلومات باستخدام الضوء من المرسل إلى المستقبل بواسطة الليف الضوئي. يتألف المخطط الصندوقي لنظام النقل في الشكل (1) من ضوء ليزري (منبع)، معدّل، ليف ضوئي كنموذج إشارة للقناة، ليف شبكة براغ كمعوض للتشتت، وكاشف ضوئي كما هو مبين في الشكل (5). تم التحقق من معلمات مختلفة للنظام وحصلنا من خلال النتائج :

- 1- زيادة استطاعة الإشارة المستقبلية بنسبة 3,5% وتناقص استطاعة الضجيج بنسبة 13,2% مع زيادة طول الشبكة FBG، وبالتالي تحسن في أداء النظام الضوئي.
- 2- زيادة استطاعة الإشارة واستطاعة الخرج بينما تقل استطاعة الضجيج بزيادة استطاعة الدخل.
- 3- نقصان استطاعة الإشارة واستطاعة الخرج وزيادة استطاعة الضجيج عند تزايد معامل التخماد عند مقطع الكابل.

المراجع

1. Nick Massa, Springfield Technical Community College Springfield, Massachusetts, University of Connecticut " *Fundamentals of Photonics, Fiber Optics in Telecommunication*", 2000.
2. Phing, H. S., Ali, J., Rahman, R. A., Tahir, B., A., " *Fiber Bragg grating modeling, simulation and characteristics with different gating length*," Journal of Fundamental Sciences 3, 167-175, 2007.
3. Navneet Singh Aulakh, " *Investigations on fiber bragg gratings for fiber optic communication systems*," , department of electronics & communication engineering thapar university, 2010.
4. OptiSystem Getting Started, Optical Communication System Design Software, Version 3.0 for Windows® 2000/XP, Optiwave Corporation 2003.
5. Sawsan A. Abdul- Majid. " *Software Simulation FWM in WDM Optical Communication Systems*," College of Information Technology-University of Koya Journal of Kirkuk University – Scientific Studies, vol.6, No.1, 2013.

6. M.A. Othman¹, M.M. Ismail², H.A. Sulaiman³, M.H. Misran⁴, M.A. Meor Said⁵, Y.A. Rahim⁶, A.N. Che Pee⁷, M.R. Motsidi⁸, "An Analysis of 10 Gbits/s Optical Transmission System using Fiber Bragg Grating (FBG) ,"IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) ISSN: 2250-3021 Volume 2, Issue 7(July 2014).
7. E. Gemzický a, J. Müllerová, "Numerical analysis of reflection characteristics of cascaded non-uniform fiber Bragg gratings," Department of Engineering Fundamentals, Faculty of Electrical Engineering, University of Žilina, Optical Sensors, Proc. of SPIE Vol. 7356, 73561R. 2009.
8. Mohamad, H; Ariffin Bin Mohd Badri, "A Cost Effective Broadband ASE Light Source Based FTTH", thesis, page 20-26 2015.
9. S. O. Mohammadi, Saeed Mozzaffari and M. Mahdi Shahidi "Simulation of a transmission system to compensate dispersion in an optical fiber by chirp gratings." International Journal of the Physical Sciences, Vol. 6(32), pp. 7354 - 7360, December 2011.
10. Agarwal, A. J.; Kumar, M. ; Jaiswal, A.K .; Saxena, R. "Analysis to Compensate Dispersion in Optical Communication Link Using Chirp Grating". International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, Available Online at www.ijecse.org ISSN- 2277-1956, 2013.