

دراسة تأثير تقنيات الكشف في نظام SAC-OCDMA على عامل جودة الإشارة باستخدام الـ Optisystem

هبة قداحة*

سوزان نعمة**

(تاريخ الإيداع 1 / 3 / 2015. قُبِلَ للنشر في 14 / 5 / 2015)

□ ملخص □

يتضمن هذا البحث نمذجة ومحاكاة لمرسل ومستقبل نظام العبور المتعدد بتقسيم الكود (Optical OCDMA Code Division Multiple Access) ذو ترميز المطال الطيفي SAC (Spectral Amplitude Coding) حيث تمت دراسة تأثير نوع مولد النبضات المستخدم في مرسل SAC-OCDMA ذي تقنية الكشف المباشر وتأثير طول الليف البصري على عامل جودة الإشارة Q وعلى نسبة خطأ البت BER، كما تم إجراء مقارنة بين نظام SAC-OCDMA ذو تقنية الكشف المباشر وآخر ذو تقنية الطرح التكميلي من حيث عامل جودة الإشارة Q ونسبة خطأ البت BER عند استخدام نفس البارامترات للنظامين.

الكلمات المفتاحية: نظام العبور المتعدد بتقسيم الكود OCDMA - ترميز المطال الطيفي SAC - تقنية الكشف المباشر - تقنية الطرح التكميلي.

* قائمة بالأعمال-قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.
** قائمة بالأعمال-قسم هندسة الاتصالات والإلكترونيات-كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية.

A study of the effect of detection techniques in SAC-OCDMA system on the signal quality factor using the Optisystem

Heba Kaddaha*
Suzan Nehmeh**

(Received 1 / 3 / 2015. Accepted 14 / 5 / 2015)

□ ABSTRACT □

This research includes a simulation of optical code division multiple access system transceiver (OCDMA) of the spectral amplitude coding (SAC). The study investigates the effect of the pulse generator type used in the transmitter SAC-OCDMA of direct detection technique and the effect of the length of the optical fiber on the signal quality factor (Q) and on the bit error ratio (BER). In addition a comparison is made between the SAC-OCDMA system of direct detection technique and another one of complementary subtraction technique in terms of signal quality factor and the bit error ratio when using the same parameters for both systems.

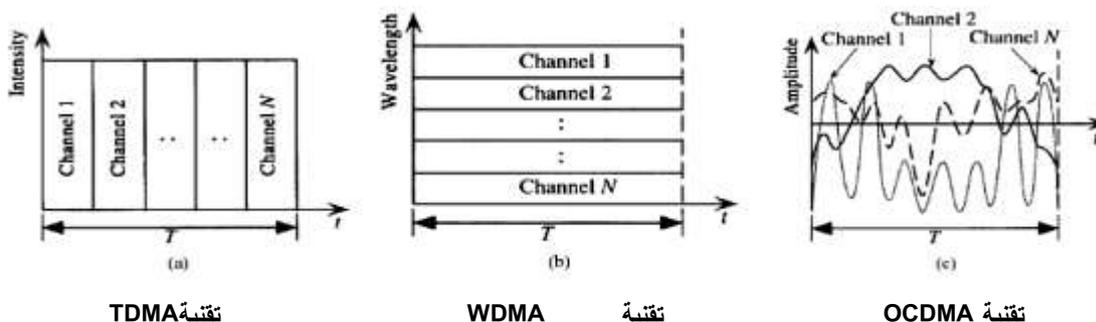
Keywords: optical code division multiple access system (OCDMA) - spectral amplitude coding (SAC) - direct detection technique - complementary subtraction technique.

*Academic Assistant, Department of communication Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Academic Assistant, Department of communication Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

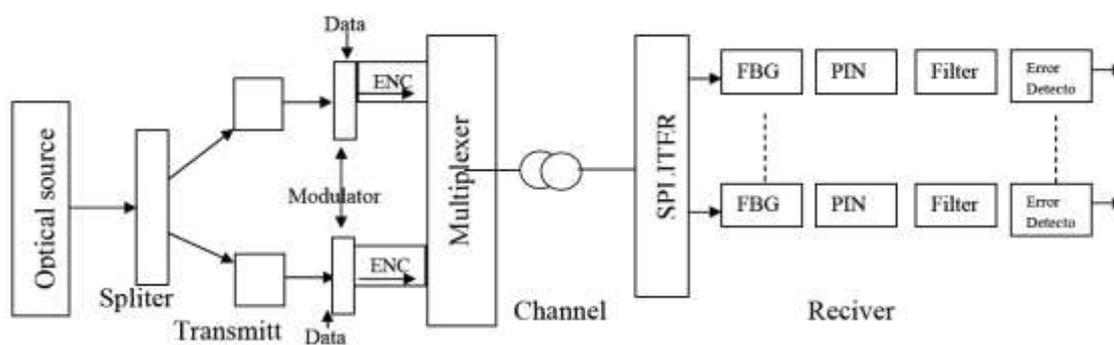
أدى التزايد المستمر في عدد المستخدمين وزيادة متطلباتهم من إيترنت و فيديو وصوت إلى تزايد أهمية تقنيات العبور الضوئية وذلك لقدرتها على تحقيق هذه المتطلبات من سرعة عالية وسعة كبيرة. يبين الشكل (1) تقنيات العبور الضوئية المستخدمة والفرق بينها [1]:



الشكل (1): تقنيات العبور الضوئية

يتم في تقنية العبور المتعدد بتقسيم الزمن TDMA (Time Division Multiple Access) الممثلة في الشكل (a) إرسال مجموعة من الإشارات على نفس الحامل ولكن بأزمنة مختلفة، كما يتم في تقنية العبور المتعدد بتقسيم طول الموجه WDMA (Wavelength) الممثلة في الشكل (b) إرسال مجموعة من الإشارات بنفس الزمن ولكن بأطوال موجية مختلفة، بينما تسمح تقنية العبور المتعدد بتقسيم الكود الضوئي OCDMA لمجموعة من المستخدمين أن يتشاركوا بنفس وسط الإرسال وذلك عن طريق اختيار ترميز ضوئي مختلف لكل مستخدم، حيث يتم الترميز وفق الترميز في المجال الضوئي [2]، بالإضافة إلى ذلك يمكن لشبكات OCDMA أن تعمل بشكل غير متزامن ودون أن يتطلب ذلك معدات إلكترونية معقدة وغالية الثمن. يعد ضجيج العبور المتعدد (Multiple Access Interference) MAI من أهم العوامل التي تؤثر على أداء النظام، لذلك يعد نظام OCDMA الذي يستخدم ترميز المطال الطيفي SAC من أفضل تقنيات OCDMA وذلك لقدرته على إزالة تداخل العبور المتعدد [1] [3] [4].

يبين الشكل (2) المخطط الصندوقي لشبكات SAC-OCDMA [5]:



الشكل (2): المخطط الصندوقي لشبكات SAC-OCDMA

يتألف هذا المخطط من:

1. مرسل: وظيفته تحميل معلومات كل مستخدم على إشارة ضوئية مرمزة، ومن ثم تجميع هذه الإشارات الضوئية ليتم إرسالها في ليف ضوئي واحد.
2. قناة الإرسال: الليف الضوئي.

3. المستقبل: ويتم فيه فك ترميز الإشارات الضوئية ومن ثم كشفها للحصول على إشارة المعلومات الأصلية. يوجد عدة تقنيات تستخدم لكشف الإشارة في قسم الاستقبال وهي:
 1. تقنية الكشف المباشر (Direct Detection Technique).
 2. تقنية الطرح التكميلي (Complementary Subtraction Technique).
 3. تقنية الطرح AND (AND Subtraction Technique).
 4. تقنية الثنائي الضوئي المفرد (Single Photodiode Technique) SPD.

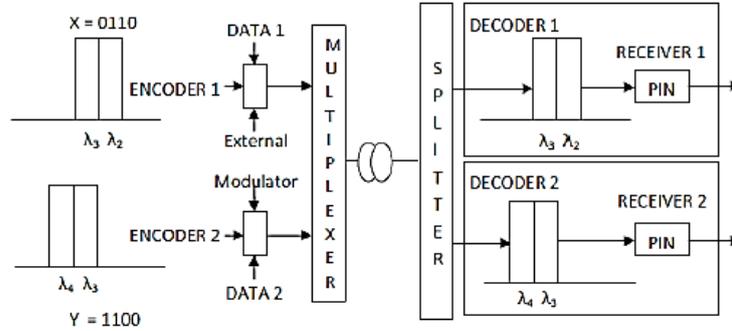
أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في دراسة تأثير تقنية الكشف المباشر وتقنية الطرح التكميلي في نظام SAC-OCDMA على عامل جودة الإشارة Q ونسبة خطأ البت BER وإجراء مقارنة بين التقنيتين عن طريق إجراء نمذجة ومحاكاة لدارة مرسل ومستقبل SAC-OCDMA، حيث تساعد المحاكاة على تحليل أداء النظام في ظل التطور وتعطي نتائج واقعية وتساعد في القضاء على أي تدهور محتمل للأداء قبل التنفيذ بالأجهزة الفعلية.

طرائق البحث ومواده:

تقنية الكشف المباشر (Direct Detection Technique):

في هذه التقنية يتم تمرير جزء من الطيف الضوئي ويحذف باقي الطيف عن طريق استخدام مرشح [2] [6]. يوضح الشكل (3) المخطط الصندوقي لدارة الكشف المباشر، حيث يتم استخدام نفس التردد في الإرسال والاستقبال وهي دارة بسيطة وقليلة التكلفة [2].

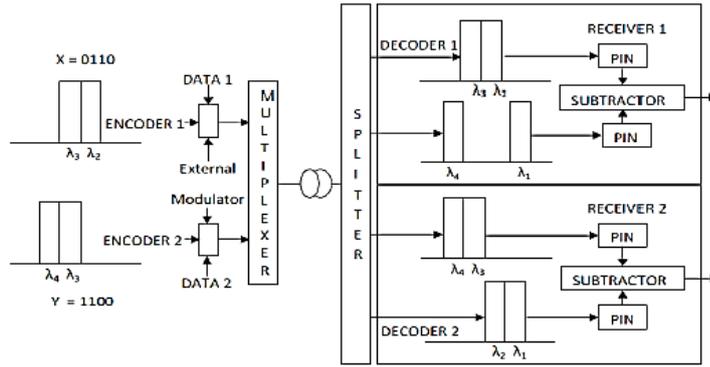


الشكل (3): المخطط الصندوقي لدارة الكشف المباشر

إن الضجيج MAI غير موجود في هذه التقنية ولكنها لا تطبق إلا على ترميزات يكون فيها الطيف غير متداخل مع طيف قنوات أخرى مثل ترميز DW (Double Weight).

تقنية الطرح التكميلي (Complementary Subtraction Technique) [2] [7]:

تعرف أيضاً بتقنية الكشف المتوازن وهي موضحة بالشكل (4).



الشكل(4): المخطط الصندوقي لدارة الكشف المتوازن

يعرف تابع الترابط المتبادل في هذه التقنية بالعلاقة رقم (1):

$$\theta_{XY}(k) = \sum_{i=0}^{N-1} x_i y_{i+k} \quad (1)$$

حيث أن X Y سلسلتي ترميز OCDMA

تعطى مركبات السلسلة X عن طريق المتمم المبين بالعلاقة رقم (2):

$$\bar{X} = 1 - X \quad (2)$$

بفرض أن X= 0011 و Y= 0110 لذلك يكون: $\bar{X} = 1100$

إن سلسلة الترابط المتبادل الدوري بين X و Y مشابهة للمعادلة (1) ويعبر عنها بالعلاقة رقم (3):

$$\theta_{\bar{X}Y}(k) = \sum_{i=0}^{N-1} \bar{x}_i y_{i+k} \quad (3)$$

نحن نسعى لتحقيق المعادلة المبينة بالعلاقة رقم (4):

$$\theta_{\bar{X}Y}(k) = \theta_{XY}(k) \quad (4)$$

تقوم الكواشف الضوئية في المستقبل بكشف الدخيلين المغذين للطراح الذي يملك خرجه تابع ترابط متبادل Z

يعبر عنه بالعلاقة رقم (5):

$$Z = \theta_{XY}(k) - \theta_{\bar{X}Y}(k) \quad (5)$$

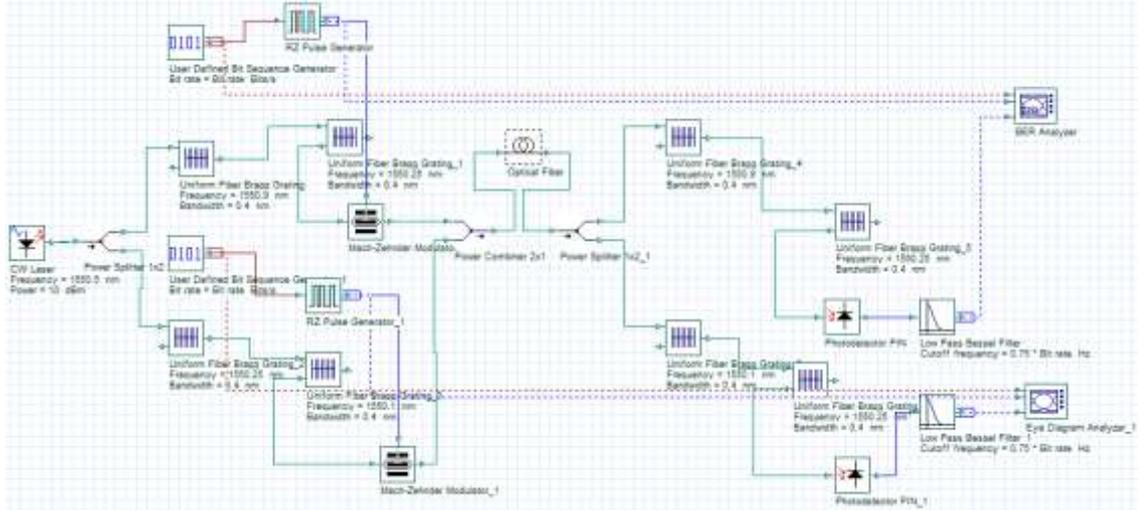
بعد حل المعادلة (5) نحصل على قيمة الصفر في خرج الطراح لذلك لن يكون هناك أية زيادة في الترابط

المتبادل

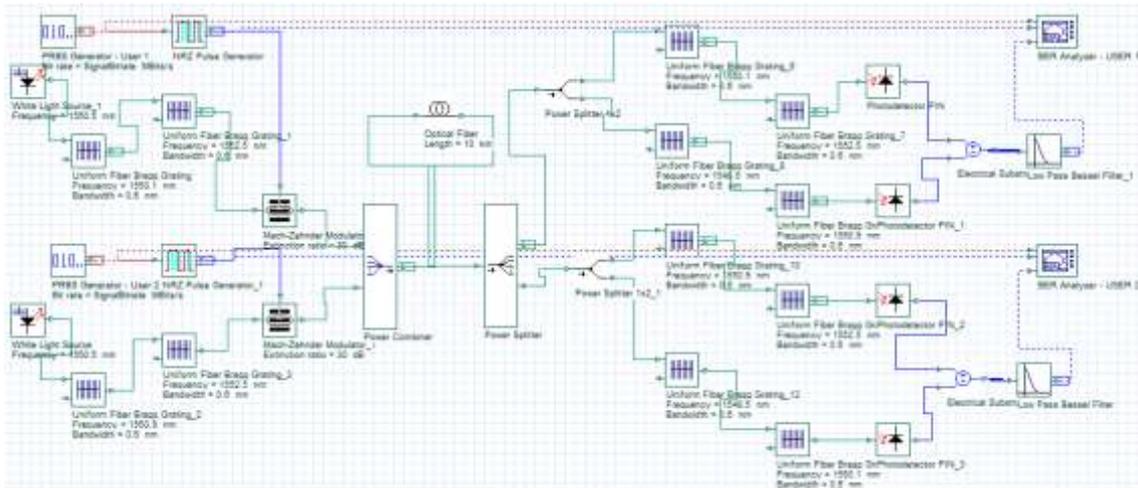
• أجريت المحاكاة الضوئية لنظام SAC-OCDMA بمستخدمين الأول ذو تقنية الكشف المباشر والثاني ذو

تقنية الكشف المتوازن باستخدام برنامج خاص بأنظمة الاتصالات الضوئية الـ Optisystem كما هو مبين في الشكل

(5) والشكل (6) أدناه:



الشكل(5): نظام SAC-OCDMA بمستخدمين ذو تقنية الكشف المباشر



الشكل(6): نظام SAC-OCDMA بمستخدمين ذو تقنية الكشف المتوازن

–تتم عملية الإرسال في كلتا الدارتين شكل (5) وشكل(6) وفق آلية واحدة، حيث يتم إدخال الإشارة الضوئية الصادرة عن الليود الضوئي بعد ترميزها إلى معدل خارجي Mach-Zehnder Modulator مع إشارة المعلومات الرقمية الخاصة بالمستخدم، فيعطي المعدل على خرجه إشارة ضوئية معدلة وفق لمعلومات المستخدم، بعد ذلك تجمع الإشارات الضوئية بواسطة جامع Power Combiner 2x1 وترسل في ليف ضوئي واحد.

–يكن الاختلاف بين الدارتين في قسم الاستقبال، حيث تستخدم كل منهما مفكك ترميز ومن ثم كاشف ضوئي Photodetector PIN فيتم تحويل الإشارة الضوئية إلى إشارة كهربائية، ومن ثم مرشح Low Pass Bessel Filter يعطي على خرجه إشارة المعلومات الأصلية، ولكن في الدارة الأولى يتم كشف الإشارة بشكل مباشر بينما يتم كشف الإشارة في الدارة الثانية باستخدام تقنية الطرح التكميلي.

–يعتمد تصميم المرمر ومفكك الترميز المستخدم في مرسل ومستقبل SAC-OCDMA على ليف براغ المشبكي (Fiber Bragg Grating) FBG، وهو قطعة من ليف ضوئي يعكس الضوء بطول موجة محدد ويمرر الأطوال الموجية الأخرى للضوء [8].

تم استخدام محلل الـ BER Analyzer لإظهار منحنى الـ BER والمخطط العيني للإشارة وللحصول على قيمة عامل جودة الإشارة Q ونسبة خطأ البت BER.

• كما استخدم برنامج الـ Matlab في إيضاح العلاقة بيانياً بين عامل جودة الإشارة Q وطول الليف البصري L في حالتين:

أ. استخدام مولد نبضات مع العودة إلى الصفر RZ.

ب. استخدام مولد نبضات مع عدم العودة إلى الصفر NRZ.

النتائج والمناقشة:

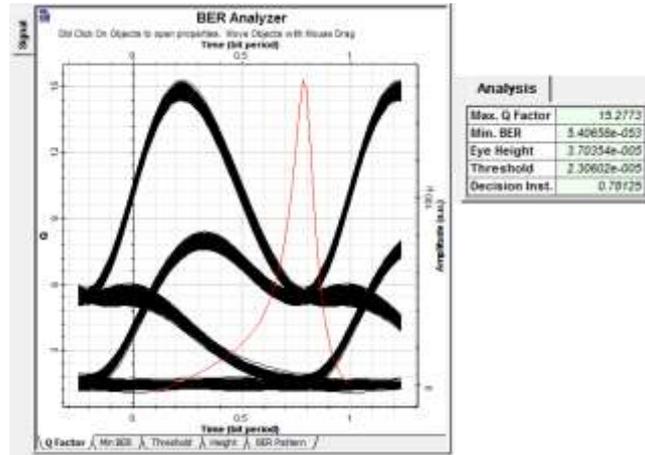
1. نفذنا دائرة النمذجة المبينة في الشكل (5) وهي دائرة لمرسل ومستقبل نظام SAC-OCDMA بمستخدمين ذو تقنية الكشف المباشر عند استخدام مولد نبضات مع العودة إلى الصفر RZ وفقاً للبارامترات المذكورة في الجدول (1) أدناه، حيث أعطينا قيم مختلفة لطول الليف البصري L فحصلنا على قيم مختلفة لعامل جودة الإشارة Q ونسبة خطأ البت BER كما هو مبين في الجدول (2) وخرج محلل الـ BER الأشكال (7) (8) (9) أدناه:

جدول (1): البارامترات المستخدمة في تنفيذ المحاكاة لدائرة الشكل (5)

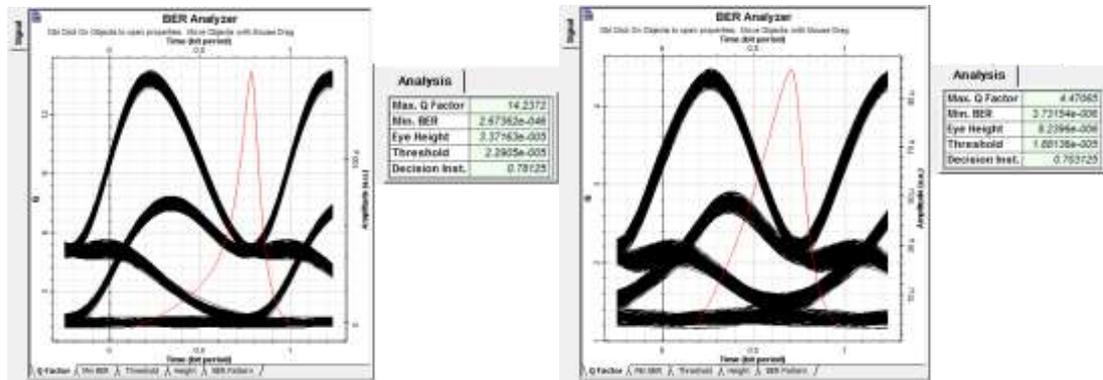
القيمة	البارامترات
1550.5 nm	طول موجة الليزر CW Laser CW Laser wave length
10dB	استطاعة CW Laser CW Leaser Power
1550.1 nm	FBG λ_1
1550.25 nm	FBG λ_2
1550.9 nm	FBG λ_3
0.4 nm	عرض حزمة الـ FBG Band Width
0.99	معامل الانعكاس FBG Reflectivity

جدول (2): قيمة Q و BER للمستخدمين الأول والثاني عند استخدام مولد نبضات RZ

L(Km)	المستخدم الأول		المستخدم الثاني	
	Q	BER	Q	BER
0.01	15.2773	$5.40658 e^{-053}$	13.5569	$3.59338e^{-042}$
1	14.2372	$2.67362e^{-046}$	13.3327	$7.4209e^{-041}$
10	4.47065	$3.73154e^{-006}$	7.23555	$2.19913e^{-013}$



الشكل(7): خرج محلل الـ BER للمستخدم الأول عند $L=0.01\text{Km}$

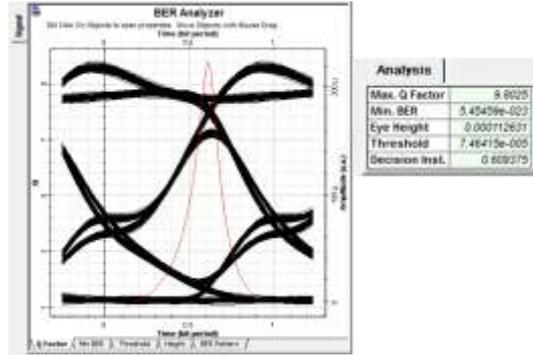


الشكل(8): خرج محلل الـ BER للمستخدم الأول عند $L=1\text{Km}$ الشكل(9): خرج محلل الـ BER للمستخدم الأول عند $L=10\text{Km}$

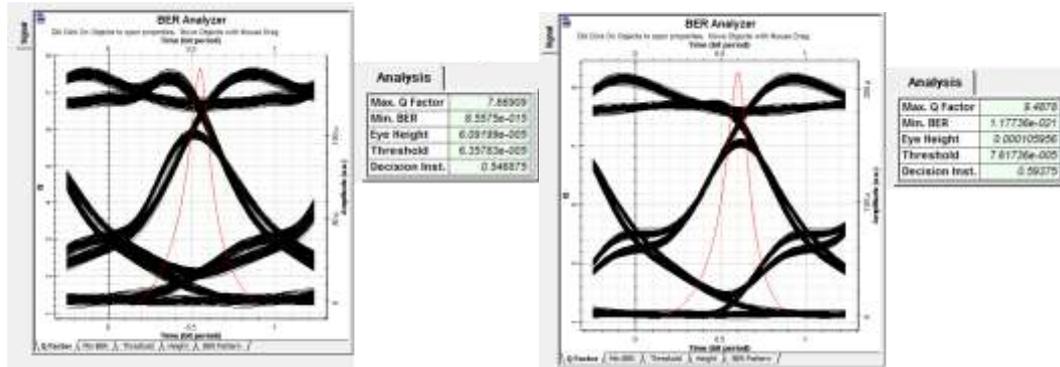
2. نفذنا دائرة النمذجة المبينة في الشكل (5) ولكن مع استبدال مولد النبضات مع العودة إلى الصفر RZ بمولد نبضات مع عدم العودة إلى الصفر NRZ عند استخدام نفس البارامترات السابقة المذكورة في الجدول (1)، وأعطينا قيم مختلفة لطول الليف البصري L فحصنا على قيم مختلفة لعامل الجودة Q ونسبة خطأ البت BER كما هو مبين في الجدول (3) وخرج محلل الـ BER الأشكال (10) (11) (12) أدناه:

جدول(3): قيمة Q و BER للمستخدمين الأول والثاني عند استخدام مولد نبضات NRZ

L(Km)	المستخدم الأول		المستخدم الثاني	
	Q	BER	Q	BER
0.01	9.8025	5.45459×10^{-23}	10.1109	2.41201×10^{-24}
1	9.4876	1.7736×10^{-21}	10.1993	9.78972×10^{-25}
10	7.66909	8.5575×10^{-15}	8.59221	4.26554×10^{-18}



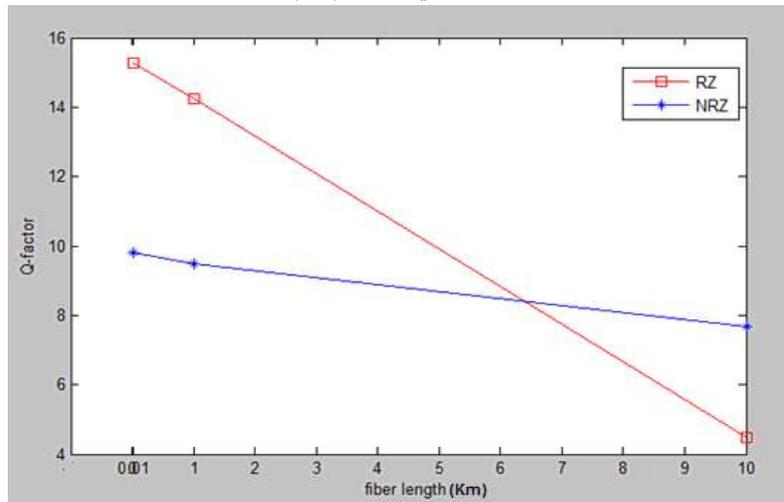
الشكل(10): خرج محلل الـ BER للمستخدم الأول عند $L=0.01\text{Km}$



الشكل(11): خرج محلل الـ BER للمستخدم الأول عند $L=1\text{Km}$ الشكل(12): خرج محلل الـ BER للمستخدم الأول عند $L=10\text{Km}$

نستنتج من الجدول (2) والجدول (3) وخرج محلل الـ BER:

- من أجل المسافات القصيرة $L=0.01\text{Km}$ استقبلنا إشارة أفضل من حيث عامل الجودة Q ونسبة خطأ البت BER عندما استخدمنا مولد نبضات مع العودة إلى الصفر RZ.
- من أجل المسافات الطويلة $L=10\text{Km}$ استقبلنا إشارة أفضل من حيث عامل الجودة Q ونسبة خطأ البت BER عندما استخدمنا مولد نبضات مع عدم العودة إلى الصفر NRZ.
- تم إيضاح العلاقة بيانياً بين Q و L كما هو مبين في الشكل(13):



شكل(13): علاقة عامل الجودة Q بطول الليف الضوئي L للمستخدم الأول

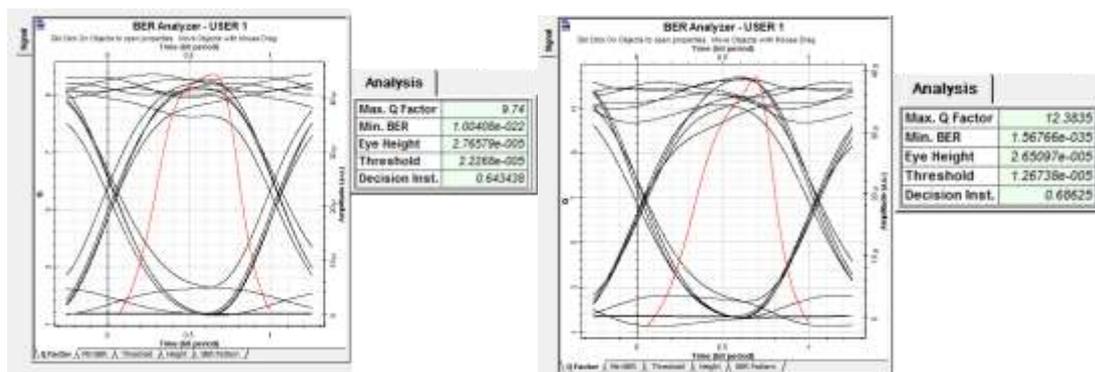
3. نفذنا الدارة المبينة في الشكل (6) وهي دارة لمرسل ومستقبل نظام SAC-OCDMA بمستخدمين ذو تقنية الكشف المتوازن، كما نفذنا الدارة المبينة في الشكل (5) عند نفس البارامترات المستخدمة في تنفيذ المحاكاة لدارة الشكل (6) المذكورة في الجدول (4) أدناه، ووجدنا أن تقنية الكشف المتوازن أفضل من تقنية الكشف المباشر عند استخدام نفس البارامترات، حيث حصلنا على زيادة في عامل جودة الإشارة Q ونقصاناً في نسبة خطأ البت BER كما هو مبين في الجدول (5) وخرج محلل الـ BER الأشكال (14) (15) أدناه:

جدول(4): البارامترات المستخدمة في تنفيذ المحاكاة لدارة الشكل (6)

القيمة	البارامترات
1550.5 nm	طول موجة white light source white light source wave length
-115 dB	استطاعة white light source white light source Power
200 Mbs	Signal Bit rate
1948.5 nm	FBG λ_1
1550.1 nm	FBG λ_2
1550.9 nm	FBG λ_3
1552.5 nm	FBG λ_4
0.6 nm	عرض حزمة الـ FBG Band Width
0.9998	معامل الانعكاس FBG Reflectivity

جدول(5): قيمة Q و BER للمستخدم الأول

L(Km)	تقنية الكشف المباشر		تقنية الكشف المتوازن	
	Q	BER	Q	BER
10	9.74	1.00408e ⁻⁰²²	12.3835	1.56766e ⁻⁰³⁵



شكل(14): خرج محلل ال BER عند استخدام تقنية الكشف المباشر شكل(15): خرج محلل ال BER عند استخدام تقنية الكشف المتوازن

الاستنتاجات والتوصيات:

نتيجة للدراسة التي قمنا بها في هذا البحث توصلنا إلى ما يلي:

1. ينقص عامل جودة الإشارة Q وتزداد نسبة خطأ البت BER عند زيادة طول الليف الضوئي L.
2. يفضل استخدام مولد النبضات مع العودة إلى الصفر RZ من أجل المسافات القصيرة في أنظمة SAC-OCDMA ذات تقنية الكشف المباشر.
3. يفضل استخدام مولد النبضات مع عدم العودة إلى الصفر NRZ من أجل المسافات الطويلة في أنظمة SAC-OCDMA ذات تقنية الكشف المباشر.
4. إن تقنية الكشف المتوازن في أنظمة SAC-OCDMA أفضل من تقنية الكشف المباشر من حيث عامل جودة الإشارة Q ونسبة خطأ البت BER.
5. يمكننا متابعة العمل لاحقاً باستخدام تقنيات أخرى للكشف في نظام SAC-OCDMA وذلك للحصول على إشارة ذات جودة أكبر مما سبق.

المراجع:

1. VITERBI, A. J. *CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication*. Addison-wesley, 1995.
2. NATH, V; JAIN, N; DOGRA, S. *EFFECT OF FIBER DISTANCE ON VARIOUS SAC-OCDMA DETECTION TECHNIQUES*. IJRET, Mar-2013.
3. WELZ; SHALABY, H; GHAFARI-SHIRAZ, H. *Modified quadratic congruence codes for fiber Fiber-Bragg-Grating-based spectral amplitude-coding optical CDMA systems*. Journal of Lightwave Technology, 2001.
4. FADHIL, H. A; ALJUNID, S. A; AHMAD, R. B. *Design considerations of high performance optical code division multiple access: a new spectral amplitude code based on laser and light emitting diode light source*. The institution of engineering and technology, vol. 4, no. 1, pp. 29-34, May 2010.
5. MURDAS, IBRAHIM. ABDULLAH; AL-HILO, MURAD. AOBEEED. *Performance analysis of Spectral Amplitude Coding Optical Code Division Multiple Access (SA-OCDMA) systems*. Journal of Babylon University/ Engineering Sciences. / No.(1)/ Vol.(21), 2013.

6. NEGI, C.M; PANDEY, A; SONI, G. G; GUPTA, S. K; KUMAR, J. *Optical CDMA Networks Using Different Detection Techniques and Coding Schemes*. International Journal of Future Generation Communication and Networking Vol. 4, No. 3, September, 2011.

7. R. Hui, R. *Subcarrier Multiplexing for High Speed Optical Transmission*. Journal of Lightwave Technology, Vol. 20, no. 3, 2002, 417-427.

8. PENON, J; EL-SAHN, Z. A; RUSCH, L. A; LAROCHELLE, S. *Spectral-Amplitude-Coded OCDMA Optimized for a Realistic FBG Frequency Response*. JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 25, NO. 5, MAY 2007.