

دراسة نظرية لقياس كفاءة مخرجات نظام الاليف البصرية

سعاد محمد ابوزريية ، سعاد ابو القاسم مجاور ، سمية محمد الطرشي
قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة مصراتة، ليبيا

E-mail: suadabu@yahoo.com

الملخص:

في فيزياء الاليف البصرية ، تعد كفاءة الاشارة الخارجة من نظام الاليف البصرية اهم عامل تقاس به جودة نظام الاليف البصرية. في هذه الدراسة النظرية تم ادراج العيوب الخطية التي تعانها الاشارة عند مرورها في الاليف البصرية و المتمثلة في التشتت اللوني و الفقد الاستقطابي و تشتت نمط الاستقطاب ، اضافة الى ذلك تم ادراج الضوضاء التي قد تنتج عن المكبرات التي عادة ما تضاف الى انظمة الاليف البصرية لتقوية الاشارة عند عبورها مسافات طويلة .

الكلمات المفتاحية:

فيزياء الاليف البصرية ، الفقد الاستقطابي ، التشتت اللوني ، تشتت نمط الاستقطاب ، معدل الخطأ النبضي.

المقدمة Introduction

على مر السنين، تم ابتكار العديد من أشكال أنظمة الاتصالات. كانت الدوافع الأساسية وراء كل شكل جديد هو تحسين كفاءة الإرسال، وزيادة معدل البيانات وتعزيز مسافة الإرسال [1-3]. تصميم نظام اتصال الألياف البصرية محدود بفاعلية جودتها في نقل المعلومات. نظرًا لأن خصائص الألياف تؤثر بشكل كبير على انتشار الإشارة عبر الليف البصري، فمع انتقال نبضة الإشارة البصرية عبر الألياف، يمكن لعدة عوامل أن تؤدي إلى تدهور نقل البيانات و خصوصاً مع زيادة مسافة الإرسال [4]. فكلما طالت المسافة التي تنتقل فيها النبضة الضوئية، قل احتمال تلقي البيانات عند طرف المستقبل، ويرجع ذلك إلى عدة خصائص و التي يمكن تجميعها في فئتين أساسيتين وهما العيوب الخطية والعيوب غير الخطية .

أحد العيوب الخطية المهمة وهو تشتت نمط الاستقطاب (PMD) Polarization Mode Dispersion، والذي يسبب ضعف كبير للأنظمة ذات معدل البتات العالية مما يؤدي إلى توسيع النبضة والتشويه ويؤدي إلى تدهور أداء النظام. على عكس العيوب الخطية الأخرى، يختلف (PMD) بشكل عشوائي مع الزمن مما يجعل من الصعب تقييمه أو مواجهته أو التعامل معه. لذلك، فإن الفهم الدقيق لـ (PMD) الذي يفرض تأثيرات ضارة إذا لم يتم التعامل معه بشكل صحيح ضروري لمهندسي النظام لضمان اتصال موثوق به بمعدلات بت عالية عبر وصلات الألياف الضوئية .

لكي نقدر التقدمات و التطورات المستقبلية المحتملة لنظام الاتصالات الألياف البصرية، يجب أن تؤخذ خصائص الإرسال البصرية للألياف بعين الاعتبار وبشكل عميق جداً

منذ تطوير الجيل الأول من أنظمة اتصالات الألياف الضوئية في أوائل الثمانينيات، تطورت تقنية اتصالات الألياف البصرية بسرعة لتحقيق سعة إرسال أكبر ومسافة انتقال أطول، ويرجع ذلك جزئياً إلى زيادة الطلب على شبكة الكمبيوتر. والذي من المتوقع أن يستمر مع ظهور المزيد من التقنيات التي تحتاج إلى عرض نطاق ترددي كبير. لمواكبة متطلبات زيادة السعة، هناك حاجة ماسة للأجهزة والتقنيات الجديدة. من ناحية أخرى، يجب دراسة وتصميم النظم بعناية.

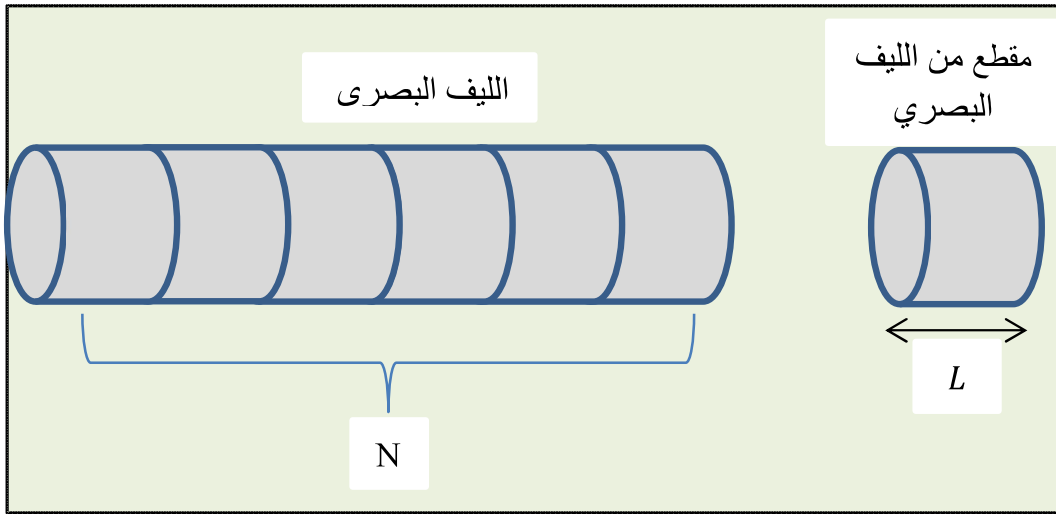
دراسة خصائص الإرسال التي تؤثر على أداء الألياف البصرية كوسط ناقل تعتبر ذات أهمية كبرى عندما تتحقق ملائمة الألياف البصرية لأغراض الاتصال، حيث تتضمن هذه الخصائص العوامل التي تؤثر على أداء أنظمة الاتصالات البصرية و التي سوف تؤثر سلباً على تحديد سرعة نقل المعلومات و بالتالي سعة النظام ككل و تحديد مسافة الإرسال، و بالتالي فإن هذه الخصائص تعتبر حاسمة و خاصة عند انتقاء الليف البصري المناسب للتطبيق العملي المطلوب. يمكن تقسيم خصائص نقل الموجة عبر الألياف البصرية إلى قسمين أساسيين وهما:

- العيوب الخطية للألياف البصرية.

- العيوب غير الخطية للألياف البصرية.

في هذا البحث سنركز على دراسة فيزيائية لنظام ليف بصري يحوى العيوب الخطية الاساسية الثلاثة و هي تشتت نمط الاستقطاب و الفقد الاستقطابي و التشتت اللوني اضافة الى التشويش (الضوضاء) الناتج من المكبرات البصرية التي تضاف الى انظمة الاليف البصرية بعد مسافات معينة لتقوية الاشارة الماره في الاليف البصرية.

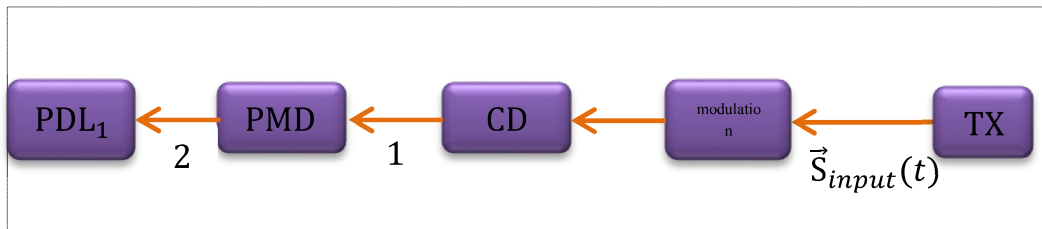
2- المعالجة الرياضية للنظام تحت الدراسة



الشكل (1) الليف البصري قيد الدراسة

الشكل (1) يظهر الليف البصري تحت الدراسة في الشكل المبسط له، حيث سنركز هنا، على جزء (أو مقطع) من الليف البصري، الذي يلخص فكرة النظر في المقاطع المجمع، والتي تشير إلى الليف البصري في الوضع الحقيقي.

لقد تم تصميم نموذج للنظام بحيث يتمثل هذا النموذج في أربعة مراحل يتم تقسيمها كالتالي: المرحلة الأولى: الممثلة في الشكل (2):



الشكل (2) المرحلة الأولى في نموذج النظام

في هذه المرحلة نلاحظ أن الإشارة البصرية $\vec{S}_{input}(t)$ بدأت في الدخول في نظام الليف البصري بحيث يتم تعديلها بأحدي صيغ التعديل المستخدمة ومن ثم تمر على مصدر التشننت اللوني (CD) ثم انتقلت لتعبر المسار (1) وتمر بمصدر تشننت نمط الاستقطاب (PMD) لتمر بعدها خلال مصدر الفقد الاستقطابي (PDL_1) وذلك بعد أن عبرت المسار (2). يمكن كتابة الإشارة الداخلة على الصورة التالية:

$$\vec{S}_{in}(t) = s_{in}(t) |\vec{p}_s\rangle = \sum_{l=-\infty}^{\infty} (s_{in})_l e^{j\omega_l t} |\vec{p}_s\rangle \quad (1)$$

حيث $|\vec{p}_s\rangle$ يمثل متجه الوحدة الذي يمثل استقطاب الإشارة الداخلة و $\left(\omega_l = \frac{2\pi l}{NT_b}\right)$ تمثل التردد الزاوي (حيث l طول قطعة الليف البصري، N يمثل عدد النبضات، T_b يمثل الفترة الزمنية لكل بت (نبضة)) ويمكن تمثيل مصادر الفقد في الإشارة من خلال المعادلات التالية:

التشتت اللوني: يمثل بالعلاقة [12]:

$$H_{CD}(f) = e^{-2j\pi^2\beta_2 f^2 L} \quad (2)$$

حيث $\beta_2 = -\lambda^2 D(\lambda)/(2\pi c)$ حيث $D(\lambda)$ هي باراميتير (CD) لليف البصري في الطول الموجي λ ، f تردد الموجة

تشتت نمط الاستقطاب: يمثل بالعلاقة [7-5]:

$$T_{PMD}(\omega_1) = \exp(-j\omega_1 \vec{\tau} \cdot \vec{\sigma}/2) \quad (3)$$

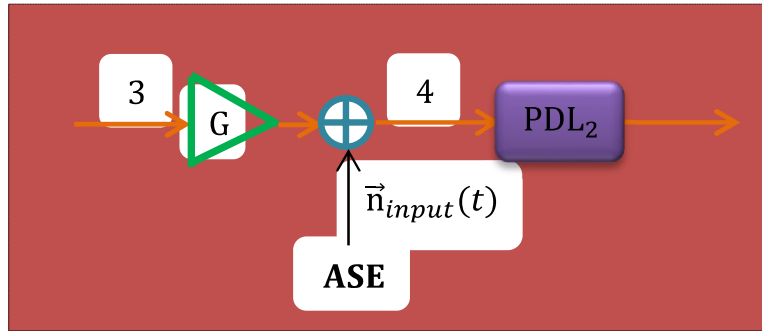
حيث $\vec{\sigma}$ يمثل تدوين الفيزيائي القياسي لمصفوفات باولي، $\vec{\tau}$ يمثل متجه (PMD). في هذا العمل، قيمته (أي (DGD) واتجاهه $(\vec{\tau}_0 = \vec{\tau}/\tau)$ [8-11]

و الفقد الاستقطابي يمكن ادراجه وفق المعادلة [14,15,16]

$$T_{PDL_1} = \exp(-\alpha/2) \exp(\vec{\alpha} \cdot \vec{\sigma}/2) \quad (4)$$

حيث $\vec{\alpha}$ يمثل معامل الفقد الاستقطابي.

المرحلة الثانية: الممثلة في الشكل (3)



الشكل (3) المرحلة الثانية في نموذج النظام

في هذه المرحلة تدخل الإشارة إلى المضخم أو المكبر ذو الكسب البصري G بعد مرورها عبر المسار (3) حيث تتم عملية التضخيم لهذه الإشارة.

يؤثر استخدام المضخمات البصرية على أداء نظام الاتصال بشكل كبير، والسبب هو أن المضخمات اللازمة لاستعادة طاقة تصيف أيضاً ضوضاء ناشئة عن الانبعاث التلقائي (ASE) وبالتالي تؤثر على أداة نظام الاتصال وتحد من كفاءته في عملية نقل المعلومات.

نجد أن ضوضاء الانبعاث التلقائي (ASE) قد أضيفت إلى الإشارة على هيئة ضوضاء (تشويش) $\vec{n}_{input}(t)$ الذي يعطى على الصورة:

$$\vec{n}(t) = n_x(t)|\vec{e}_x\rangle + n_y(t)|\vec{e}_y\rangle = \sum_{l=-\infty}^{\infty} [(N_{in})_{x,m}|\vec{e}_x\rangle + (N_{in})_{y,m}|\vec{e}_y\rangle] e^{-j\frac{2\pi m(t-t_l+T_0)}{T_0}} \quad (5)$$

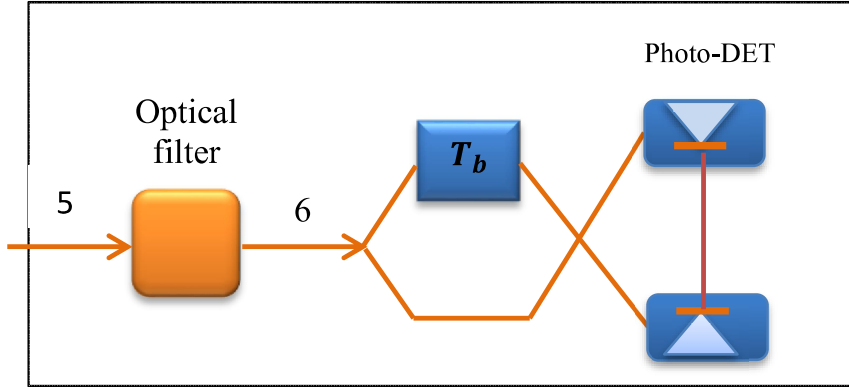
بعد خروج الإشارة المضخمة من المكبر ذو الكسب G عند المسار (4) تدخل الإشارة مصدر آخر للفقد المعتمد على الاستقطاب (PDL_2) بالتالي فإن الإشارة تكون مشوهة بشكل إضافي، من الجدير بالذكر أنه يمكن دراسة تأثير تشويش (ASE) على النظام البصري السابق من خلال المقارنة لحالتين خاصتين، وهما:

النظام ذو تشويش ASE المستقطب جزئياً (بافتراض PDL_2 تكون غير مهملة).

النظام ذو تشويش ASE غير المستقطب (بافتراض أن PDL_2 تكون مهملة).

في هذه الدراسة سنلقي الضوء على الحالة الثانية من الحالات التي تم سردها سابقاً وهي أن التشويش ASE تكون غير مستقطبة وهذا يعني أنه سيتم إهمال (PDL_2)

المرحلة الثالثة: الممثلة في الشكل (4)

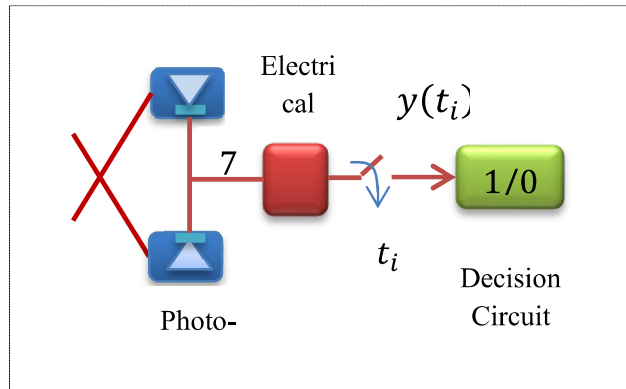


الشكل (4) المرحلة الثالثة في نموذج النظام

في هذه المرحلة المبينة بالشكل تعبر الإشارة المسار (5) لتدخل للمصفي البصري ليتم تصفيتها بصريًا، وعلى افتراض أن المصفي البصري ليس له أي تأثير على استقطاب الإشارة حيث أن تأثير (PDL) المحتمل للمرشح البصري على الإشارة و التشويش يمكن أن يكون تضييحه في (PDL₂) الذي تم اهماله في هذه الدراسة.

يمكن التعبير عن الإشارة عند المسار (6) في الشكل السابق على الصورة:

(6) $|\vec{s}^0(t_i)\rangle = |s^0(t_i)\rangle \otimes |\vec{p}_s\rangle = O^s P(\vec{\tau}, \vec{\alpha}) \Phi_{CD} |s_{in}(t_i)\rangle \otimes |\vec{p}_s\rangle$ حيث \otimes تعني منتج ضرب المؤثرات، O^s تمثل مصفوفة مرتبطة بالمصفي البصري، و $P(\vec{\tau}, \vec{\alpha})$ تمثل عنصر مصفوفة الاستقطاب، Φ_{CD} مصفوفة مرتبطة بالتشتت اللوني، $|s^0(t_i)\rangle$ تمثل الإشارة عند خرج المصفي البصري (في الواقع هو قيمة المجال المصفي بصريًا دون تأثير PMD و PDL) [20-17]. بعد مرور الإشارة المسار (6) تستقبل في الكاشف البصري ليتم الكشف عنها بصيغة التعديل المستخدمة. المرحلة الرابعة: الممثلة في الشكل (5)



الشكل (5) المرحلة الرابعة في نموذج النظام

في هذه المرحلة تمر الإشارة خلال المصفي الكهربائي عند المسار (7) لتكون تصفيتها كهربائيًا عند زمن t_i بذلك تتحول من الصورة البصرية إلى الشكل الكهربائي [21,22] ، بحيث تعطى على شكل تيار بالعلاقة:

$$y(t_i) = \frac{1}{2} [\vec{s}^0(t_i + T_b) + \vec{n}^0(t_i + T_b)] \cdot [\vec{s}^0(t_i) + \vec{n}^0(t_i)]^* + c. c., \quad (6)$$

حيث t_i يمثل زمن العينة $(t_i = t_0 + T_b, i = 0, \dots, N - 1)$ ، $c. c.$ أو $[...]^*$ يمثل المرافق المركب للإشارة، $\vec{s}^0(t_i)$ الإشارة الداخلة، $\vec{n}^0(t_i)$ التشويش الناتج عن (ASE) (عند خرج المصفي البصري).

يتألف التيار في المعادلة (6) من ثلاثة أجزاء في النظام البصري بحيث يمكن كتابته بالعلاقة التالية:

$$y(t) = y_{ss}(t) + y_{nn}(t) + y_{ns}(t) \quad (7)$$

حيث:

$y_{ss}(t)$ تمثل تفاعل الإشارة - الإشارة المساهم في تيار المتلقي.
 $y_{nn}(t)$ تمثل تفاعل التشويش - التشويش المساهم في تيار المتلقي.
 $y_{ns}(t)$ تمثل تفاعل التشويش - الإشارة المساهم في تيار المتلقي.
ويمكن كتابة كل جزء على الصورة التالية:

$$y_{ss}(t_i) = \langle \vec{s}^0(t_i) | \mathfrak{R}^{ss}(T_b) | \vec{s}^0(t_i) \rangle = \langle s^0(t_i) | \tilde{\mathfrak{R}}^{ss}(T_b) | s^0(t_i) \rangle \quad (8)$$

$$y_{nn}(t_i) = \langle \vec{N}_{in} | (O^n)^\dagger \mathfrak{R}^{nn}(T_b) O^n | \vec{N}_{in} \rangle$$

$$= \langle \vec{Z} | \Lambda^D | \vec{Z} \rangle = \sum_{m=-M}^M \left(|(Z_{\alpha_0})_m|^2 + |(Z_{\alpha_\perp})_m|^2 \right) \lambda_m^D \quad (9)$$

$$y_{ns}(t_i) = \langle \vec{N}_{in} | O^\dagger \mathfrak{R}^{ns}(T_b) [(P_{\alpha_0} + P_{\alpha_\perp}) | \vec{p}_s \rangle] | s^0(t_i) \rangle + c.c. \quad (10)$$

حيث $\mathfrak{R}^{nn}(T_b)$, $\mathfrak{R}^{ss}(T_b)$, $\mathfrak{R}^{ns}(T_b)$ تمثل مصفوفات متعلقة بالمستقبل لكل جزء من أجزاء التيار الثلاثة.
بناءً على التيار الناتج $y(t)$ يمكن الحصول على دالة توليد العزوم Momentum Generation Function (MGF) والتي تستخدم هي لتقييم كفاءة وجودة أداء النظام، و من المعروف أنها دقيقة لمختلف أنظمة الاتصالات وذلك لأنها قادرة على إعطاء دقة حسابية محسنة مقارنةً بغيرها من الطرق، وذلك عن طريق حساب المتوسط على التشويش عند المسار (4) في الشكل السابق وذلك باستخدام الصيغة التالية:

$$\psi_{t_i}(s) = \langle e^{s[y(t)]} \rangle = e^{s y_{ss}(t)} \prod_{m=1}^{2M+1} \frac{e^{-\frac{s^2 2\sigma^2 |\vec{b}_m^D(t_i)|^2}{1-s\beta_m}}}{(1-s\beta_m)^2} \quad (11)$$

بالنسبة لـ MGF، يمكن الحصول على BER والذي يعتبر بارامتر الأداء الأساسي لنظام الاتصالات البصرية باستخدام العلاقة التالية [23]:

$$BER_{y_{th}} = \frac{\pm 1}{2\pi j} \int_{C_\pm} \frac{\psi_{t_i}(s)}{s} e^{-s y_{th}} ds \quad (12)$$

حيث: y_{th} تمثل تيار عتبة الكشف ($BER_{y_{th}}$) يمثل معدل الخطأ في البتات عند عتبة الكشف، وتؤخذ حدود التكامل + و C_+ عندما يكون $y_{ss} < y_{th}$ وتؤخذ حدود التكامل - و C_- عندما يكون $y_{ss} > y_{th}$.
بالتعويض عن (MGF) في المعادلة الأخيرة لنتحصل على (BER) لكل مقطع من مقاطع الليف البصري:

$$BER_{y_{th}} = \frac{\pm 1}{2\pi j} \int_{C_\pm} ds \frac{e^{-(y_{th}-y_{ss})s}}{s} \prod_{m=1}^{2M+1} \frac{e^{-\frac{s^2 2\sigma^2 |\vec{b}_m^D(t_i)|^2}{1-s\beta_m}}}{(1-s\beta_m)^2} \quad (13)$$

بأخذ متوسط (BERS) على جميع البتات خلال الفترة $t_i = t_0 + kT_b$ تتحصل على (BERS) لكل مقطع الليف البصري والتي تمثل الليف البصري الذي استخدم في نظام الاتصالات [23]:

$$BER = \sum_{i=0}^{N-1} BER_{y_{th}}(t_i) / N \quad (14)$$

من خلال حساب متوسط شدة التيار الخارج عند اعلى و اقل نقطتين $\langle I(t) \rangle_{max}$, $\langle I(t) \rangle_{min}$ على التوالي، و بدلالة الانحراف المعياري عند هاتين النقطتين $\sigma(t)_{max}$, $\sigma(t)_{min}$ فإنه يمكن حساب عامل الجودة Q الذي (يعد من اهم عوامل قياس كفاءة أنظمة الاتصالات) يمكن ان يحسب من خلال المعادلة

$$Q = \frac{\langle I(t) \rangle_{max} - \langle I(t) \rangle_{min}}{\sigma(t)_{max} + \sigma(t)_{min}} \quad (15)$$

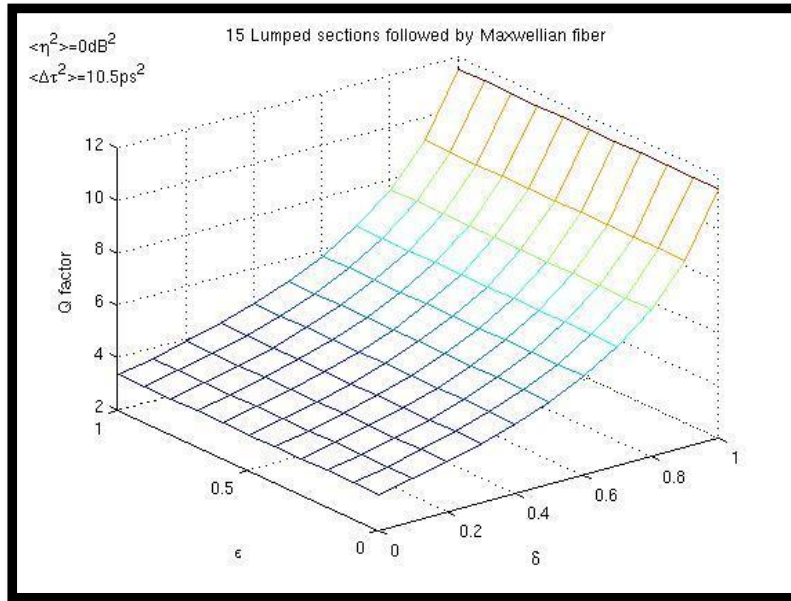
4- النتائج

بمساعدة الماتلاب (Matlab) و باستخدام خمسة عشر جزءا من الليف البصري اضافة الى عدد كبير من الاجزاء التي تضم كليف واحد يسمى (Maxwellian fiber) تم رسم منحى ثلاثي الابعاد لعامل الجودة Q بدلالة الاجزاء الالفعالة لكلا من تشتت نمط الاستقطاب و الفقد الاستطابي ϵ , δ كما هو موضح في الشكل (6) حيث كانت قيمة تشتت نمط الاستقطاب الكلي للخمسة عشر جزءا $\langle \Delta\tau^2 \rangle_{lum}$ اضافة الى Maxwellian fiber $\langle \Delta\tau^2 \rangle_{Max}$ وفق المعادلة

$$\langle \Delta\tau^2 \rangle_{total} = \delta \langle \Delta\tau^2 \rangle_{Max} + (1 - \delta) \langle \Delta\tau^2 \rangle_{lum} = 10.5 ps^2$$

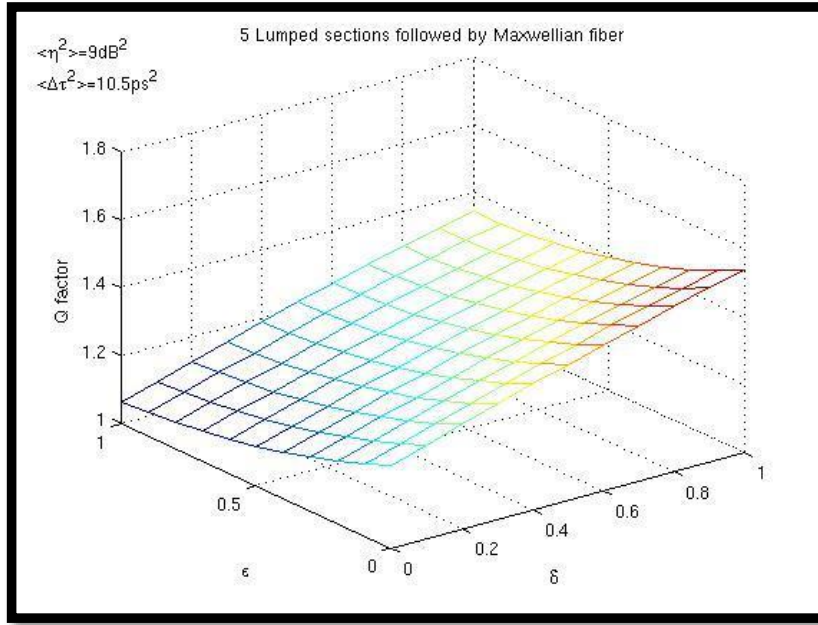
عند قيمة صفرية للفقد الاستطابي $\langle \eta^2 \rangle_{lum} + (1 - \epsilon) \langle \eta^2 \rangle_{Max} = 0 dB^2$

في حين يمثل الشكل (7) نفس المعاملات في وجود قيمة للفقد الاستطابي عند قيمة 9 dB اي وفق المعادلة $\langle \eta^2 \rangle_{total} = \epsilon \langle \eta^2 \rangle_{Max} + (1 - \epsilon) \langle \eta^2 \rangle_{lum} = 9 dB^2$ ، و بمقارنة الشكلين (6) ، (7) يتضح التأثير السلبى الكبير للفقد الاستطابي.



شكل (6) عامل الجودة Q بدلالة الفقد الاستطابي و تشتت نمط الاستقطاب عند قيم

$$\langle \Delta\tau^2 \rangle_{total} = 10.5 ps^2 \text{ و } \langle \eta^2 \rangle_{total} = 0 dB^2$$



شكل (7) عامل الجودة Q بدلالة الفقد الاستقطابي و تشتت نمط الاستقطاب عند قيم
 $\langle \Delta \tau^2 \rangle_{total} = 10.5 \text{ ps}^2$ و $\langle \eta^2 \rangle_{total} = 9 \text{ dB}^2$

5- الخلاصة

الشكل النهائي لمعدل الخطأ النبضي المتحصل عليه عن طريق دالة توليد العزوم يتضمن العيوب الخطية الثلاثة و هي تشتت نمط الاستقطاب و الفقد الاستقطابي و التشتت اللوني اضافة الى الضوضاء الناتجة عن المضخمات البصرية . بهذا الشكل يمكن قياس كفاءة معدلات الاداء بصورة فيزيائية في انظمة نقل الإشارة عبر الالياف البصرية.

المراجع

- 1- G. P. Agrawal, Fiber Optic Communication Systems, Second edition, sections 1.3 and 1.4, John Willey & Sons, Inc., New York, 1997.
- 2- John M. Senior, "Optical Fiber Communications Principles and Practice", Third edition, M. Yousif Jamro, 2009.
- 3- G. P. Agrawal, "Fiber Optic Communication Systems", Fourth edition, John Willey & Sons, Inc., New York, 2010.
- 4- C. D. Poole, and R. E. Wagner, "Phenomenological Approach to Polarization Dispersion in Long Single-Mode Fibers," Electronics Letters, Vol. 22, No. 19, Sept., pp. 1029-1030, 1986.
- 5- H. Bulow and Henning, "System Outage Probability Due to First and Second-Order PMD," IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 10, No. 5, pp. 696-698, May 1998.
- 6- B. Huttner, C. Geiser and N. Gisin, "Polarization-Induced Distortion in Optical Fiber Networks with Polarization-Mode Dispersion and Polarization-Dependent Losses," IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 6, No. 2, pp. 317-329, 2000.



- 7- J. Chameron, PhD thesis, Physics Department, University of New Brunswick, 2000.
- 8- N. Gisin, "Statistics of Polarization Dependent Losses," *Optics Communications*, Vol. 114, pp. 399-405, February 1995.
- 9- N. Gisin and B. Huttner, "Combined Effects of Polarization Mode Dispersion and Polarization Dependent Loss in Optical Fibers," *Optics Communication*, Vol. 142, pp. 119-125, 1997.
- 10- N. Young Kim, D. Lee, H. Yoon, J. Park and N. Park, "Limitation of PMD compensation due to polarization-dependent loss in high-speed optical transmission links," *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 14, No. 1, PP.104-106(2000).
- 11- H. Haunstein and H. Kallert, "Influence of PMD on the Performance of Optical Transmission Systems in the Presence of PDL," *Proc. OFC, Paper WTA (2001)*.
- 12- J. Cameron, L. Chen, and X. Bao, "Limitation of first order PMD compensation techniques in the presence of chromatic dispersion," *opt. Comm.*, Vol. 171, No. 1-3, PP.15-21 (1999).
 - 13- F. Bruyere and O. Audouin, "Penalties in long-haul Optical Amplifier Systems Due to Polarization Dependent Loss and Gain," *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 6, No. 5, pp.654-656, May 1994.
 - 14- L. Chen and X. Bao, "Polarization-Dependent Loss-Induced Pulse Narrowing in Birefringent Optical Fibers with Finite Differential Group Delay," *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 18, No. 5, pp. 665-667, May 2000.
 - 15- P. Winzer and A. Kalmar, "Sensitivity Enhancement of Optical Receivers by Impulsive Coding," *J. Lightwave Tech.*, Vol. 17, No. 2, PP.171-177(1999).
 - 16- L. Chen, Z. Zhang, and X. Bao, "Combined PMD-PDL effects on BERs in simplified optical systems: an analytical approach," *Opt. Express* **15**, 2106-2119 (2007).
 - 17- L. Xie, L. Chen, S. Hadjifaradji, and X. Bao, "WDM high speed chirped DPSK fiber optical system transmission modeling in presence of PMD, PDL, and CD," *Opt. Fiber Technol.* **12**, 276-281 (2006).
 - 18- M. D. Feuer, "Measurement of OSNR in the Presence of Partially Polarized ASE," *IEEE Photonics Technology Letters*, **Vol. 17, No. 2, PP.435-437(2005)**.
 - 19- I. Jacobs, "Dependence of optical amplifier noise figure on relative-intensity-noise," *Journal of Lightwave Technology*, vol. 13, no. 7, Jul. 1995.
 - 20- E. Forestiri, "Evaluating the Error Probability in Lightwave Systems with Chromatic Dispersion, Arbitrary Pulse Shape and Pre—and Postdetection Filtering," *J. Lightwave Technology*, Vol. 18, No. 11, PP.1493-1503(2000).
 - 21- Liang Chen, Zhongxi Zhang, and Xiaoy Bao, "Combined PMD-PDL Effects on BERs in Simplified Optical Systems: an Analytical Approach," *Opt. Express*, Vol. 15, pp. 2106-2119, 2007.
 - 22- Z. Zhang, L. Chen, X. Bao, "Accurate BER Evaluation for Lumped DPSK and OOK Systems with PMD and PDL," *Optics Express*, Vol. 15, No. 15, pp.9418-9433, July 2007.

- 23- C. B. Czegledi, G. Liga, D. Lavery, M. Karlsson, E. Agrell, S. J. Savory, and P. Bayvel, "Modified digital backpropagation accounting for polarization-mode dispersion," to appear in "Proc. of Optical Fiber Communication Conference (OFC)," (Los Angeles, CA, 2017), p. W1G.6.



Theoretical Study To Measure The Performance Of The Output Of The Optical Fiber Systems

Suad M. Abuzariba, Suad Abu Algasem Mgawer, Sumaia M. Alturshi
Physics Department Faculty of Sciences, Misurata University, Misurata, Libya
E-mail: suadabu@yahoo.com

Abstract:

In optical fiber physics , the performance of the output signal is the important factor that measure the efficiency of the optical fiber system. In this study we consider the linear impairments that decrease the performance of the signal when it receives at the receiver ; chromatic dispersion, polarization dependent loss, and polarization mode dispersion. Moreover, the amplifier spontaneous emission noise was considered also.
