



كلية الهندسة - جامعة بغداد

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

جمعية كليات الهندسة
اعضاء اتحاد الجامعات العربية

طريقة مقترحة لتحسين أداء الوصلة الضوئية اللاسلكية FSO باستخدام مركز التوازن المزود بحساس الضباب الليزري

مازن عبد اللطيف^{1*}، محمد سامي حاجي علي²، رامي خال³¹ قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب، سوريا، mazenabdullatif87@gmail.com² قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب، سوريا، samihajiali5@gmail.com³ قسم هندسة الاتصالات، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب، سوريا، rami.khal@yahoo.co.uk

* الباحث الممثل: مازن عبد اللطيف، mazenabdullatif87@gmail.com

نشر في: 31 كانون الأول 2020

الخلاصة - تم في هذا البحث حل المشكلة التي تعاني منها الوصلة الضوئية في حالات الضباب المختلفة وذلك من خلال استخدام مركز التوازن المقترح مع وصلة RF، حيث يقوم هذا المركز بتعديل استطاعة المرسل الليزري وذلك تبعاً للتخامد الذي تتعرض له الوصلة الضوئية، حيث يتم زيادة طول الإشارة المرسلة والذي بدوره يؤدي إلى التغلب على التشوش. تتم عمليات القياس من خلال ثلاث حساسات ليزرية خاصة بالضباب توضع في بداية ومنتصف ونهاية الوصلة الضوئية حيث تقوم هذه الحساسات بتوليد جهد يتناسب مع كمية الضباب ومن ثم تُرسل هذه القيم باستخدام الأمواج الراديوية إلى مركز التوازن الذي يقوم بحساب القيمة المتوسطة للتخامد ويعدل قيمة الاستطاعة للمرسل الليزري حسب قيمة معامل التخامد. تمت المحاكاة باستخدام بيئة البرمجة OPTISYS وبيئة MATLAB وتم اعتماد تشتت MIE في الوصلة الضوئية اللاسلكية وطول موجة الإشارة المرسلة 1550nm حيث تم تحسين معامل الجودة بنسبة تتراوح من 3.6% إلى 44.45% في حالات الضباب المعتدل والخفيف والخفيف جداً.

الكلمات الرئيسية - اتصالات الفراغ الحر، الاتصالات اللاسلكية الضوئية، مخطط العين.

1. المقدمة

أنه عند استخدام مرسل ومستقبل عدد 4 (4TX/4RX) يعطي أداء أفضل [10].

في حين تمكن Joshua L.Y. Chieng and Irda Hassan من بناء نموذج عملي لنظام اتصالات لاسلكي بصري وتم إجراء العديد من التجارب للحصول على بيانات للتحويل إضافة إلى عمل محاكاة على الحاسوب باستخدام برنامج optisystem وقاموا بحساب BER وعامل الجودة ومخطط العين [7].

تم تصميم الوصلات الضوئية في الأبحاث السابقة بناء على استطاعة ارسال ضوئية ثابتة وهذا سينجم عنه أخطاء في البيانات المستقبلية وذلك في حالات الضباب المختلفة وفي حال رفع قيمة الاستطاعة الضوئية للمرسل بشكل دائم، سينجم عن ذلك ضباب في الاستطاعة إضافة إلى الحاق الضرر في العين البشرية، لذلك تم في هذا البحث تغيير الاستطاعة الضوئية تبعاً للظروف الجوية التي تعاني منها القناة الضوئية.

2. هدف البحث وأهميته:

تم في هذا البحث حل المشكلة التي تعاني منها الوصلة الضوئية في حالات الضباب المعتدل والخفيف والخفيف جداً، وذلك من خلال طريقة تكيفية لتغيير استطاعة المرسل الضوئية تبعاً للظروف الجوية التي تتعرض لها الوصلة الضوئية وذلك وفقاً لتشتت Mie، هذه الطريقة تؤمن جودة بنقل المعلومات وتضمن سلامة العين البشرية من استمرارية تعرضها لاستطاعات عالية بشكل دائم.

3. البنية الأساسية لنظام FSO والتأثيرات الجوية عليها:

بشكل عام تتألف وصلة FSO من مرسل إشارة ضوئية ومستقبل كما هو موضح في الشكل (1) حيث يستخدم المرسل لإرسال البيانات في الفضاء

تعد الاتصالات الضوئية عبر الفراغ الحر (FSO Free Space Optical) واحدة من المواضيع الرئيسية في عالم الاتصالات الضوئية، حيث تستخدم هذه التقنية حزمة ضوئية ضيقة موجهة وذلك لإرسال البيانات بين نقطتين ثابتتين. وهي تتفادى بعض التحديات التي تواجه الاتصالات الألياف البصرية مثل الكلفة العالية من حفر الطرق وغيرها، إضافة إلى أنها لا تحتاج إلى ترخيص لحجز الترددات وتمتاز بسهولة في التركيب ومناعة ضد التداخل الكهرومغناطيسي ومعدل نقل بيانات عال [11,12].

إن العيب الرئيسي في نظام FSO هو الحساسية العالية للظروف الجوية (التخامد الجوي)، وظواهر الطقس المختلفة مثل الضباب والتلج والمطر التي تسبب تشتت وامتصاص الإشارة الضوئية. إن تحقيق الأداء المقبول لوصلة FSO يتطلب التغلب على التحديات الرئيسية في المرسل، وتحديد تقنيات التعديل [13] وتحديد مصادر الضوء المناسبة [5] وتحديد طول الموجة المناسبة للإرسال [4,14] وتأثير العوامل الجوية المختلفة [8,9].

هناك العديد من الأبحاث والدراسات في هذا المجال، حيث قام Deva K Borah بدراسة أنظمة الاتصالات اللاسلكية الضوئية التي تعمل على المسافات القصيرة والطويلة، وتم مناقشة تأثير هذه الأنظمة بالعوامل الجوية والعوائق التي تعاني منها [1]. في حين قام الباحث Gaurav Soni بتصميم وصلة (FSO) وذلك من أجل عدة أطوال موجة ضوئية الممكن استخدامها في نظم الاتصالات الضوئية (1550nm, 850nm, 650nm, 532nm) حيث وجد أن التخامد و (BER) أخفض عند 1550nm وبالتالي فهو الخيار الأفضل عند تصميم وصلة FSO [3]. أما Reeba Roy and Jaini Sara Babu فقد قاما بتحليل أداء عدة مرسلين ومستقبلين وذلك تحت ظروف جوية متعددة ضبابية وسديمية وطبيعية، حيث أظهرت النتائج

$$\beta_{\text{scat}} = \sigma_{\text{scat}} \cdot N_{\text{scat}} \quad (3)$$

يعطى التشتت الكلي بالعلاقة:

$$\beta_{\text{scat}} = \beta_m + \beta_\alpha \quad (4)$$

β_m : تشتت ريلي (molecular).

β_α : تشتت ماي (aerosols) [5].

4. تخادم الوصلة الضوئية اللاسلكية وفق تشتت MIE:

يعطى معامل تشتت MIE بالعلاقة:

$$\beta_\alpha = \sigma_\alpha \cdot N_\alpha \quad (5)$$

σ_α : المقطع العرضي الفعال لتشتت MIE.

N_α : الكثافة الحجمية لجزيئات الهواء.

يمكن التنبؤ به من خلال معامل الرؤية visibility حيث يعبر عنه بالعلاقة:

$$\beta_\alpha = \left(\frac{3.91}{v}\right) \left(\frac{0.55}{\lambda}\right)^6 \quad (6)$$

β_α : معامل تتراوح قيمته بين 0.7-1.6 وذلك تبعاً لشروط الرؤية.

λ : طول موجة الانتشار (µm) [5].

5. اختيار طول الموجة في الطريقة المقترحة

إن اختيار طول موجة لوصلة البيانات FSO هي من القضايا المهمة لتحديد طول الموجة يجب الأخذ بعين الاعتبار توفر المكونات الأساسية FSO معرف من خلال: مجال الإرسال، سلامة العين، نسبة التعديل، الكلفة. إن سلامة العين أحد القيود الهامة لاستطاعة البصرية المنبعثة من مرسل FSO. إن اشعاع الليزر عند طول الموجة 1550 nm وذلك سببه أن الأشعة تحت الحمراء بطول موجة أعلى من 1400 nm يمتص من خلال الأجزاء الشفافة للعين البشرية وذلك قبل وصولها إلى شبكية العين. وبناء عليه تم اختيار طول الموجة في الطريقة المقترحة 1550nm.

6. آلية عمل الطريقة المقترحة باستخدام مركز التوازن:

يتم قياس الضباب من خلال ثلاثة حساسات ليزرية لضباب التي تقوم بتحسس لضباب وتحولها إلى قيم جهد، تتموضع هذه الحساسات في بداية ومنتصف ونهاية الوصلة، ترسل هذه القياسات لاسلكياً بعد تعديلها تعديل مطالي AM بواسطة وحدة RF إلى وحدة تحكم مركزية سمينهاها بمركز التوازن الذي يقوم بما يلي:

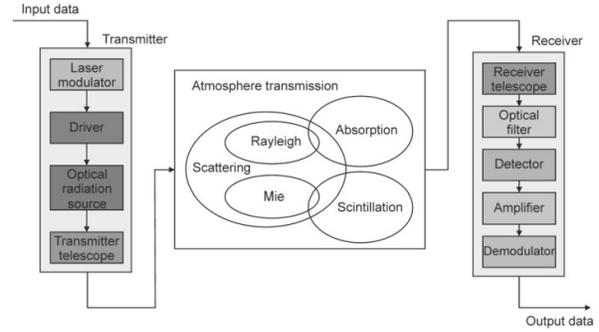
- حساب متوسط اشارات الجهد الواردة من الحساسات الثلاث

- تحويل اشارة الجهد الى قيم visibility

- حساب التخادم

تعديل قيمة الاستطاعة للمرسل الليزري حسب قيمة معامل التخادم. يوضح الشكل(2) بنية الطريقة المقترحة.

الحر وذلك من خلال تعديل الاشعاع الضوئي. العناصر الرئيسية هي منبع الاشعاع ومعدل الليزر والأجهزة الضوئية [5].



الشكل (1): بنية نظام اتصالات الضوء الحر FSO [5]

تؤثر العوامل الجوية على الاشعاع الضوئي مسبباً بعض الظواهر، حيث يتألف الجو من جزيئات مختلفة مثل (الضباب و الغبار والدخان) إضافة إلى جزيئات الثلج وقطرات المطر، كل هذا يسبب تخادم في الإشارة الضوئية من خلال الامتصاص والتشتت والتألق. تعطى علاقة التخادم الجوي من خلال قانون بيرير [5] :

$$\tau = \exp[-(\alpha_{\text{abs}} + \beta_{\text{scat}})L] \quad (1)$$

L: المسافة بين المرسل والمستقبل.

α_{abs} : معاملات الامتصاص الجوي.

β_{scat} : التشتت.

إن سبب الامتصاص هو الجزيئات الجوية ويعتمد معامل الامتصاص على مقطع الامتصاص العرضي الفعال σ_{abs} للجزيئات الجوية وتركيز الجزيئات الجوية N_{abs} وترتبط بالعلاقة التالية:

$$\alpha_{\text{abs}} = \sigma_{\text{abs}} \cdot N_{\text{abs}} \quad (2)$$

يسبب التشتت انتشار الشعاع الضوئي في اتجاهات مختلفة عن المسار الأصلي [5]، حيث يوجد ثلاثة أنواع مختلفة من التشتت:

- تشتت MIE.

- تشتت Rayleigh.

- التشتت غير الانتقائي Non-selective.

يرتبط وجود تشتت معين بالعلاقة ما بين حجم الجزيئات وطول الموجة المنتشرة كما يلي:

- ينتج تشتت Rayleigh عندما تكون جزيئات الجو المحيط ذات حجم أصغر من طول الموجة المرسل، وفي هذه الحالة فإن كثافة التخادم تتناقص مع زيادة طول الموجة.

- ينتج تشتت Mie عندما تكون الجزيئات المنتشرة ذات حجم مساوي أو أكبر من طول الموجة والذي سيتم معالجة أثره السلبي على أداء وصلة FSO في هذا البحث.

- ينتج التشتت غير الانتقائي عندما تكون الجزيئات المنتشرة أكبر من طول موجة الاشعاع [5].

يعتمد معامل التشتت على تركيز الجزيئات N_{scat} والمقطع العرضي الفعال σ_{scat} للجزيئات حيث يتم توصيفها بالعلاقة التالية:

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \quad (10)$$

Q: عامل الجودة والذي يشير إلى جودة النظام سواء كان منخفض أو عالي.
TB: زمن البت الواحد.

SNR: نسبة الإشارة إلى الضجيج.

p_{signal} : استطاعة الإشارة.

p_{noise} : استطاعة الضجيج.

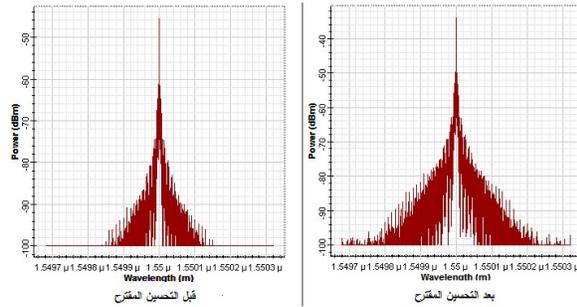
9. مخطط العين :

وهو آلية تعطينا تحليل للإشارات الرقمية عالية السرعة. يتم تشكيل هذا المخطط من الشكل الرقمي للإشارة وذلك بطي الجزء من الإشارة المقابل لكل بت على منحنى بياني واحد بحيث يكون محوره الأفقي الزمن ومحوره العمودي هو مطال الإشارة [2],[6].

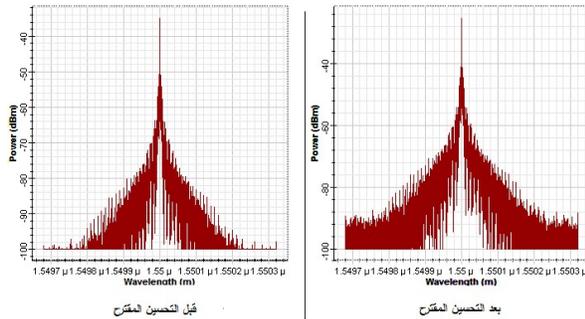
10. النتائج:

تمت المحاكاة باستخدام برنامج الماتلاب وبرنامج Optisystem وذلك قبل تطبيق الطريقة المقترحة وبعدها.

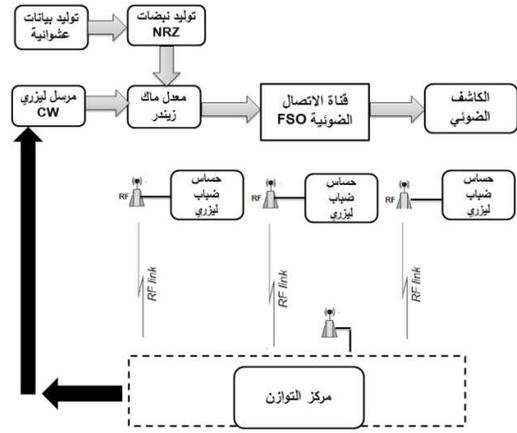
تظهر النتائج الموضحة في الأشكال (4),(5),(6) تحسن في قيمة الاستطاعة المستقبلية لحالات الضباب المختلفة (معتدل-خفيف-خفيف جداً)



الشكل (4): مقارنة بين الاستطاعة المستقبلية قبل وبعد التحسين المقترح وذلك في حالة الضباب المعتدل



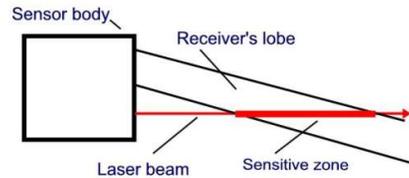
الشكل (5): مقارنة بين الاستطاعة المستقبلية قبل وبعد التحسين المقترح وذلك في حالة الضباب الخفيف.



الشكل (2): بنية الطريقة المقترحة.

7. حساس الضباب الليزري:

يقيس هذا الحساس كمية جزيئات الماء في الهواء التي تحد من الرؤية ويعمل هذا الحساس وفق تقنية الارتداد الخلفي حيث يقوم بإرسال شعاع ضيق من ضوء الليزر يخرج من فتحة في مقدمة الجهاز. يوجد فتحة أخرى تحوي على حساس يتحسس للضوء الليزري الوارد بعد انعكاسه من جزيئات الضباب الموجودة في منطقة التحسس.



الشكل (3): حساس الضباب الليزري.

يمكن الحصول على التعبير التالي لإشارة الجهد الأولية V حسب العلاقة:

$$V = \frac{Konst}{VIS} \quad (7)$$

V : مستوى الإشارة الأولية المقاسة

konst: ثابت المعايرة

VIS: الرؤية (متر)

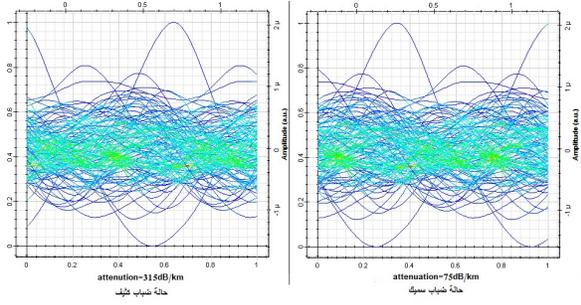
العلاقة الأساسية بين خرج الإشارة الأولية والرؤية موضح في العلاقة (7) تم اختيار قيمة ثابت المعايرة konst=10

8. معدل خطأ البت BER ومعامل الجودة Q ونسبة الإشارة إلى الضجيج SNR:

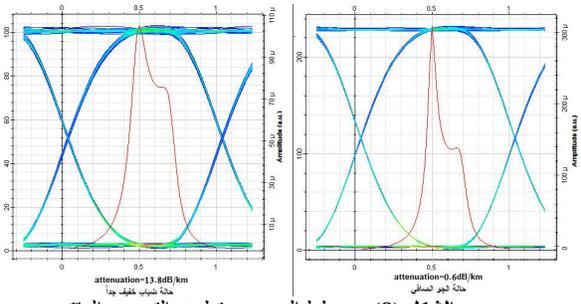
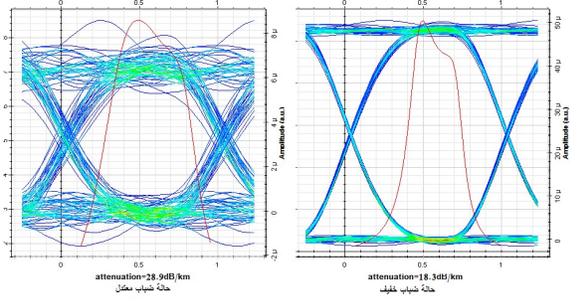
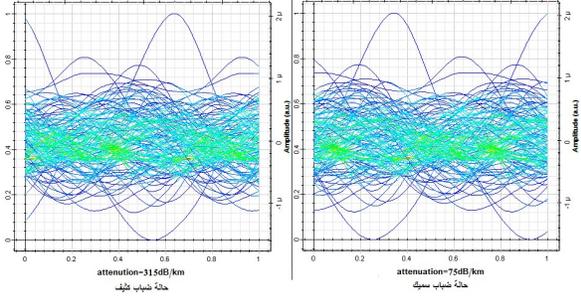
معدل خطأ البت BER بالتعريف هو عدد أخطاء البتات المستقبلية من المجموع الكلي للبتات المرسل. أخطاء البتات هذه عادةً ما تكون بسبب الضجيج أو تداخلات أخرى. تعطى معادلة BER ومعامل الجودة ونسبة الإشارة إلى الضجيج SNR بالعلاقات (8),(9) [12] :

$$BER = \frac{\operatorname{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)}{2} \quad (8)$$

$$Q = \frac{SNR \sqrt{2TB}}{1 + \sqrt{1 + 2SNR}} \quad (9)$$

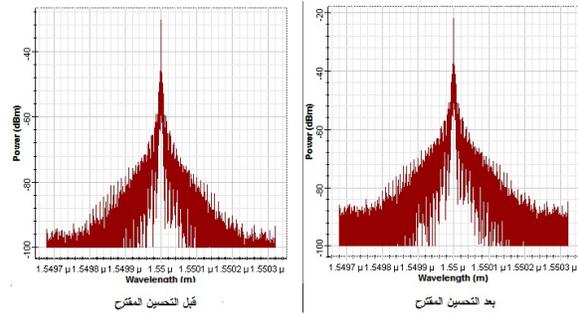


الشكل (7): مخطط العين قبل تطبيق التحسين المقترح



الشكل (8): مخطط العين بعد تطبيق التحسين المقترح

تمت المقارنة بين قيم معامل الجودة في حالات الضباب المختلفة، كما هو موضح في الشكل (9) التحسين. أما في حالة الجو الصافي لم يطرأ أي تعديل حيث بقيت معامل الجودة على حالها قبل التحسين حيث أن الجو الصافي لا الخفيف جداً وحالة الجو الصافي فبقي المخطط كما هو قبل قيم وتبعاً لقيم الجهود لحساس الضباب الليزري الموجودة في الجدول (2) ونتيجة المحاكاة حصلنا على قيم BER و SNR وعامل الجودة والاستطاعة المستقبلية الموضحة. الضباب السميك والكثيف والمعتدل والخفيف، أما حالة الضباب



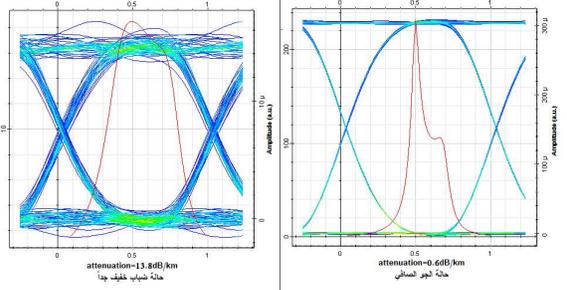
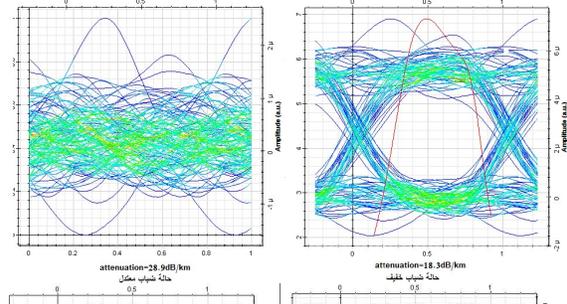
الشكل (6): مقارنة بين الاستطاعة المستقبلية قبل وبعد التحسين المقترح وذلك في حالة الضباب الخفيف جداً.

تم إجراء مقارنة بين قيم الاستطاعة المستقبلية العظمى قبل وبعد التحسين المقترح وذلك في حالات الضباب المختلفة كما هو موضح في الجدول (1).

جدول (1): مقارنة بين الاستطاعة العظمى قبل وبعد التحسين المقترح

الاستطاعة المستقبلية العظمى بعد التحسين	الاستطاعة المستقبلية العظمى قبل التحسين	حالة الضباب
-30.5797dBm	-42.7024dBm	الضباب المعتدل
-21.3889dBm	-31.5724dBm	الضباب الخفيف
-17.951dBm	-26.8474dBm	الضباب الخفيف جداً

تمت دراسة ومناقشة تأثير الطريقة المقترحة على مخطط العين كما هو موضح في الأشكال (7)، (8).

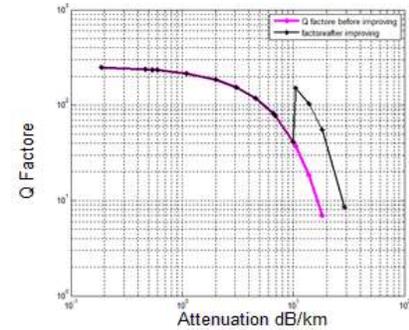


جدول (2): يوضح قيم SNR و BER قبل وبعد التحسين المقترح.

VISIBILITY(m)	VOLT OF SENSORE (V)	ATTENUATION (dB/km)	Before improving SNR	Before improving BER	After improving SNR	After improving BER
Desne fog	50	0.2	0	1	0	1
Thick fog	200	0.05	0	1	0	1
Moderate fog	500	0.02	0	1	8.4939	9.98909×10^{-18}
Light fog	770	0.13	6.8982	2.6341×10^{-12}	39	0
Very light fog	1000	0.01	18.4834	1.40331×10^{-76}	39	0
	1315	0.0076	37.2817	1.62381×10^{-304}	39	0
	1328	0.0768	10	0	39	0
	1900	0.0053	6.9	0	39	0
Light mist	2000	0.0050	39	0	39	0
	2800	0.0036	39	0	39	0
Very light mist	4000	0.0025	39	0	39	0
	9500	0.0017	39	0	39	0
Clear air	1000	0.001	39	0	39	0
	18100	5.5249×10^{-4}	0.6	39	0	0
Very clear air	20000	5×10^{-4}	0.54	39	0	0
	23000	4.3478×10^{-4}	0.47	39	0	0
Very clear air	50000	2×10^{-4}	0.19	39	0	0

- نلاحظ من الأشكال (7) و(8) تحسن في شكل مخطط العين ومن الشكل (9) تحسن في قيمة عامل الجودة في حالات يتطلب أي تحسين.

- في حالة الضباب المعتدل 28.9dB/km أصبحت قيمة معامل الجودة $Q=8.49188$ مقارنة بالقيمة $Q=0$ قبل التحسين (شكل 9) أي أن معدل التحسين في معامل الجودة بلغ 3.6% في حين أصبحت قيمة معدل خطأ البت $BER=9.989 \times 10^{-18}$ مقارنة مع $BER=1$ قبل التحسين (جدول2)، إضافة الى تحسن في شكل مخطط العين (الشكل 8).

**الشكل (9):** يوضح مقارنة معامل التخامد بعد التحسين.

- [3] Gaurav Soni.,2017–A Performance Analysis of Free-Space Optical Link at 1,550 nm, 850 nm, 650 nm and 532 nm Optical Wavelengths. J. Opt. Commun.
- [4] H. Manor and S. Arnon, “Performance of an Optical Wireless Communication System as a Function of Wavelength,” Appl. Opt., vol. 42, no. 21, pp. 4285-4294, July. 2003.
- [5] I. I. Kim, B. McArthur and E. Korevaar, “Comparison of Laser Beam Propagation at 785 nm and 1550 nm in Fog and Haze for Optical Wireless Communications,” In: Proc. SPIE 4214, February.2001, pp. 26-37.
- [6] Janusz Mikołajczyk, Zbigniew Bielecki, Maciej Bugajski, Józef Piotrowski, "Analysis Of Free Space Optics Development, " Metrol. Meas. Syst., Vol. 24 (2017), No. 4, pp. 653–674.
- [7] Jerry Seams., 2005 A Comparison of Resistive Terminators for High Speed Digital Data Transmission, High Frequency Electronics.
- [8] Joshua L.Y. Chieng, Irda Hassan.,2016 – Optical Wireless Communication System. Journal of Engineering Science and Technology.
- [9] M. S. Awan, Marzuki, E. Leitgeb, F. Nadeem, M. S. Khan and C.Capsoni, “Fog Attenuation Dependence On Atmospheric Visibility Attwo Wavelengths For Fso Link Planning,” Loughborough Antennas & Propagation Conference, UK, pp. 193-196 , November. 2010.
- [10] Reeba Roy, Jaini Sara Babu.,2015– Simulation and Performance Analysis of Free Space Optical Systems using Multiple TX/RX and Polarized CO-OFDM techniques under Atmospheric Disturbances, International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, ISSN 2091-2730.
- [11] S. Arnon, “Optical Wireless Communications,” In Encyclopedia of Optical Engineering, pp. 1866-1886, New York, USA, 2000.
- [12] S. Bloom, E. Korevaar, J. Schuster and H. Willebrand, “Understanding The Performance of Free-Space Optics,” J Opt. Netw., vol. 2, no. 6, pp. 178-200, June. 2003.
- [13] W.-D. Zhong, S. Fu and C. Lin. “Performance Comparison of Different Modulation Formats Over Free-Space Optical (FSO) Turbulence Links With Space Diversity Reception Technique,” IEEE Photon. J., vol. 1, no. 6, pp. 277-285, December. 2009.
- [14] X. Liu, “Free-Space Optics Optimization Models for Building Sway and Atmospheric Interference Using Variable Wavelength,” IEEE Trans. Commun., vol. 57, no. 2, pp. 492-498, February. 2009.

- في حالة الضباب الخفيف 18.3dB/km أصبحت قيمة معامل الجودة $Q=54.9287$ مقارنة بالقيمة $Q=6.89576$ قبل التحسين (شكل 9) أي أن معدل التحسين في معامل الجودة بلغ 23.6% حين أصبحت قيمة معدل خطأ البت $BER=0$ مقارنة مع $10^{-12} \times$ قبل التحسين (جدول2), اضافة الى تحسن في شكل مخطط العين (الشكل 8).

- في حالة الضباب الخفيف جداً 13.8dB/km أصبحت قيمة معامل الجودة $Q=103.144$ مقارنة بالقيمة $Q=18.4822$ قبل التحسين (شكل 9) أي أن معدل التحسين في معامل الجودة بلغ 44.45% أما قيمة معدل خطأ البت فأصبحت $BER=0$ مقارنة مع قبل التحسين $BER=1.403 \times 10^{-76}$ (جدول2) اضافة الى تحسن في شكل مخطط العين (الشكل 8).

- في حالة الجو الصافي لم يطرأ أي تعديل حيث بقيت قيم معامل الجودة ومعدل خطأ البت على حالها قبل التحسين وتفسير ذلك أن قيمة التخماد أقل من قيمة العتبة الذي بعدها يتم تعديل قيمة الاستطاعة حيث أن الجو الصافي لا يتطلب أي تحسين.

- في حالة الضباب الكثيف والضباب السميك يوجد تحسن في قيم معامل الجودة ومعدل خطأ البت ولكن هذا التحسن في هاتين الحالتين كان أقل فعالية بالمقارنة مع الحالات الأخرى حيث لا نستطيع الاستقبال بشكل جيد ضمن هذه الحالات.

11. الاستنتاجات:

قمنا بتقديم نموذج مطور للوصلة الضوئية اللاسلكية وذلك باستخدام مركز التوازن المقترح مع حساس الضباب الليزري حيث تم ارسال المعلومات باستخدام الامواج الراديوية (وحدة RF). وتم مقارنة النتائج قبل وبعد تقديم النموذج المقترح وتم تحسين قيمة معامل الجودة وBER في أغلب الحالات كما هو موضح في الجدول (2) حيث وجد أنه عند استعمال الطريقة المقترحة ما يلي:

- ارتفاع في قيمة الاستطاعة المستقبلية وذلك في حالات الضباب المختلفة (المعتدل-الخفيف-الخفيف جداً).

- تحسن في قيمة معامل الجودة وتحسن في قيمة معدل خطأ البت. اضافة الى تحسن في شكل مخطط العين في حالات الضباب المختلفة (المعتدل-الخفيف-الخفيف جداً).

- في حالة الجو الصافي لم يطرأ أي تعديل حيث بقيت قيم معامل الجود ومعدل خطأ البت على حالها قبل التحسين وتفسير ذلك أن قيمة التخماد أقل من قيمة العتبة الذي بعدها يتم تعديل قيمة الاستطاعة حيث أن الجو الصافي لا يتطلب أي تحسين.

- في حالة الضباب الكثيف والضباب السميك يوجد تحسن في قيم معامل الجودة ومعدل خطأ البت ولكن هذا التحسن في هاتين الحالتين كان أقل فعالية بالمقارنة مع الحالات الأخرى حيث نلاحظ من شكل مخطط العين بعد التحسين في الحالة الأولى والثانية أنها غير جيدة ولا نستطيع الاستقبال بشكل جيد ضمن هذه الحالات.

References

- [1] Deva K Borah., Anthony C Boucouvalas, Christopher C Davis, Steve Hranilovic and Konstantinos Yiannopoulos.,2017–A survey of free space optical networks, Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking.
- [2] Gary Breed.,2005 Analyzing Signals Using the Eye Diagram, High Frequency Electronics.

Proposed Method For Improving The Performance Of Wireless Optical Link FSO Using The Center Of Balance With a Laser Fog Sensor

Mazen Abdullatif^{1,*}, *Mohammed Sami Haji Ali*², *Rami Khal*³

¹*Department of Communications Engineering, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo, Syria,*

²*Department of Communications Engineering, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Aleppo University, Aleppo, Syria*

³*Department of Communications Engineering, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Aleppo University, Aleppo, Syria*

**Corresponding author: Mazen Abdullatif, mazenabdullatif87@gmail.com.*

Published online: 31 December 2020

Abstract— In this research, the problem of the optical link in different fog cases was solved through the use of the proposed center balance with the RF link, where this center adjusts the power of the laser transmitter according to the damping of the optical link, where the length of the transmitted signal is increased which leads to overcome dispersion. Measurements are carried out by three fog laser sensors located at the beginning, middle and end of the optical link. These sensors generate voltage proportional to the amount of fog and then send these values using radio waves RF to the equilibrium center, which calculates the average damping value and adjusts the power value of the laser transmitter according to the damping coefficient value. Simulated using OPTISYS programming environment and MATLAB environment, MIE dispersion was adopted in wireless optical link and transmitted signal wavelength 1550nm where quality coefficient was improved from 3.6% to 44.45% in moderate, light and very light fog.

Keywords— Free Space optical, Optical wireless communications, eye diagram.