أداء ليزر الوصلة عالي السرعة في أنظمة اتصالات الألياف الضوئية

فوزيه ثبات البلادي

إشراف

د. مصطفى فرغل احمد

د. أحمد حمود بكري

المستخلص

يتميز ليزر أشباه الموصلات عالي السرعة وذو التضمين المباشر بأهمية كبيرة في تطبيقات نظم اتصالات الألياف الضوئية القصيرة منخفضة التكلفة والتي تعمل بمعدل ارسال ٤٠ جيجابايت في الثانية، إلا أن سرعة التضمين العالية لليزر تكون مصحوبة بازاحة كبيرة لتردد الليزر (تشيرب) والتي تعمل مع تشتت الألياف على الحد من كفاءة أداء نظم اتصالات الألياف الضوئية. وتعرض هذه الرسالة دراسة شاملة عن خصائص التضمين الرقمي لليزر اشباه الموصلات عالي السرعة وكفاءته للاستخدام في نظم اتصالات الالياف الضوئية عند معدلات تضمين قدرها 10 و ٤٠ جيجا بت/ ثانيه وذلك باستخدام نموذجي تضمين الإشارات الكهربائية المعروفين بالنبضات التي تعود للصفر RZ و النبضات التي لا تعود الى الصفر NRZ للتسلسل النبضي الشبه عشوائي. وتتضمن خصائص التضمين الرقمي لليزر كلاً من مخطط العين وتغير الترد (تشيرب) . كما يتم تقييم أداء نظام الألياف الضوئية بدلالة الحدود العليا لطول الالياف الضوئية نتيجة لخاصيتي التوهين والتشتت اللتين تعاني منهما الإشارة الضوئية عند مرورها خلال الألياف الضوئية. كما يتم التحقق من تحسن كفاءة نظام الالياف الضوئية نتيجة لاستبدال الالياف الضوئية القياسية احاديه النمط بألياف ضوئية ذات إزاحة غير صفرية للتشتت.

وفد أظهرت نتائج الدراسة أن عرض النطاق الترددي لليزر يزداد ليصل إلى ٢٤,٢ جيجا هرتز بزيادة معامل الكسب الضوئي إلى$9.9 \times 10^{-20}\ cm^2$، وأنه في نظام اتصالات الألياف بسرعة ١٠ جيجا بايت في الثانية فإن قيمة التشيرب تبلغ ٦٢,٧ جيجا هرتز في كلٍ من اطاري التضمين RZ و NRZ، بينما تزداد هذه القيمة إلى ٦٥,١ و ٧٢,٨ جيجا هرتز عند سرعة ٤٠ جيجابايت في الثانية في إطاري التضمين RZ و NRZ، على التوالي. كما أنه في نظم الالياف الضوئية التي تعمل عند سرعة ١٠ جيجابايت في الثانية فيبلغ الحد الاعلى لطول الألياف نتيجة التوهين

قيم ٨١,٥١ و ٧٨,٤٨ كم ونتيجة للتشتت قيم ١٧,٠٦ و ٩,٣٠ كم في حالتي إطاري التضمين RZ و NRZ، على التوالي ، أما في نظم الالياف الضوئية التي تعمل عند سرعة ٤٠ جيجابايت في الثانية فإن هذه الأطوال تقل أكثر لتبلغ قيم ٢,٥١ و ١,٣٧ كم في إطاري التضمين RZ و NRZ، على التوالي. وعندما يتم تقليل قيمة التشتت من 16.75 ps/nm/km في الألياف الضوئية احاديه النمط القياسية إلى 4.5 ps/nm/km كما في حالة الالياف الضوئية ذات إلازاحة الموجبة غير الصفرية للتشتت فتحدث زيادة في الحد الأعلى لطول الألياف إلى ٤,٧٨ و ٩,١٤ كم في إطاري التضمين NRZ و RZ، على التوالي والتي تناسب تطبيق لهذا النظام في الشبكات الضوئية القريبة. وقد وجد أن غرامة القدرة في نظام الاتصالات والتي تصاحب التغير في قيم تشتت الألياف عن قيمتها في الألياف القياسية تكون اكبر ما يمكن حول قيمة الصفر للتشتت بينما تقل هذه الغرامة بشدة عند ازاحة التشتت عن قيمة الصفر بحيث تكون أعلى في إطار التضمين RZ، هذا وقد استخدمت نتائج الدراسة في تقديم علاقات جديدة لمدى إزاحة التشتت المسموح بها والذي يناظر غرامة قدرة في حدود ١ ديسيبل وذلك في نظم الاتصالات الضوئية التي تمت محاكاتها.

Performance of high speed laser diodes in optical fiber communication systems

Fwoziah Thabat Albeladi

Supervised By

Dr. Moustafa Farghal Ahmed
Dr. Ahmed Hamood Ali Bakry

Abstract

Directly modulated high-speed semiconductor lasers are of great interest for low-cost 40-Gbps short reach fiber communication systems. However, the high-speed modulation is associated with a large shift of the lasing frequency (chirp), which works with fiber dispersion to limit the fiber system performance. In this thesis, the modulation characteristics of high-speed lasers under 10 and 40 Gbps modulations are introduced, and their performance in fiber communication systems is quantified. The study includes the return to zero (RZ) and non-return to zero (NRZ) patterns of the pseudorandom modulation bits. The modulation characteristics of the laser include the eye diagram and the frequency chirp. The performance of the fiber system is assessed by the fiber length limitation by both the fiber attenuation and dispersion. Improvement of the fiber system performance by replacing standard single-mode fibers by non-zero dispersion-shifted fibers is examined.

The obtained results indicate that the modulation bandwidth of the laser increases to a value as high as 24.2 GHz when the differential gain is increased to $9.9 \times 10^{-20} cm^2$. Under 10-Gbps modulation, the transient chirp is ~ 62.7 GHz and is independent of the bit pattern. The chirp increases to 65.1 and 72.8 GHz under 40-Gbps modulation for the RZ and NRZ patterns, respectively. In the 10-Gbps fiber system, the fiber length is limited by the fiber attenuation to 81.51 and 78.48 km and by the dispersion to 17.06 and 9.30 km under the RZ and NRZ patterns, respectively. In the 40-Gbps fiber system, these fiber lengths decrease more to 2.51 and 1.37 km under the RZ and NRZ patterns, respectively. When the dispersion parameter is reduced from 16.75 to 4.5 ps/nm/km in non-zero dispersion-shifted fibers, the fiber length increases to 9.14 and 4.78 km under the RZ and NRZ patterns, respectively, which correspond to short-reach transmission networks. The power penalty associated with the variation of the fiber dispersion is too much enhanced around zero dispersion. This power penalty drops too much apart from the vicinity of the zero dispersion. The RZ-pattern induces power penalty higher than the NRZ pattern. New dispersion tolerances were explored for 1-dB power penalty of the RZ and NRZ fiber communication systems.