

NG-PON A 40 GB/S UTILISANT UNE ACCORDABILITE EN LONGUEUR D'ONDE DU RECEPTEUR OU DE L'EMETTEUR

F. Raharimanitra⁽¹⁾, P. Chanclou⁽¹⁾, A. Lebreton⁽¹⁾, R. Murano⁽²⁾

⁽¹⁾ Orange Labs, 2 Avenue Pierre Marzin, 22307 Lannion, France,

⁽²⁾ Aegis Lightwave, 78A Olympia Avenue, Woburn, MA 0180, US

philippe.chanclou@orange-ftgroup.com, rmurano@aegislighthouse.com

RÉSUMÉ

Nous démontrons une solution de transmission NG-PON, de bande passante globale de 40 Gb/s en utilisant un récepteur bas coût, comportant 4 canaux accordables en longueur d'onde et un émetteur à 10 Gb/s. L'ensemble du système est assisté par un égaliseur électronique qui permet de compenser la bande passante.

MOTS CLEFS : NG-PON, récepteur accordable, laser accordable, égaliseur.

1. INTRODUCTION

Un des facteurs clé pour le déploiement de la NG-PON (*Next Generation Passive Optical Networks*) est le coût, particulièrement du côté client ou ONU (*Optical Network Unit*). Des solutions basées sur le PON flexible en longueur d'onde ou WA-PON (*Wavelength Agile PON*) utilisant des récepteurs accordables à l'ONU [1] ont été démontrées comme étant une alternative pour ces technologies à 10 Gb/s. En combinant les avantages liés à l'utilisation de plusieurs canaux en série à un débit de 10 Gb/s, un système PON de bande passante globale de 40 Gb/s ou plus est possible. Dans cet article, on se focalise sur des systèmes bas coûts en exploitant les composants disponibles dans le commerce. Pour étudier la montée en débit des architectures WA-PON dans le sens descendant, nous avons associé un laser de type CML (*Chirped Managed Laser*) à 10 Gb/s situé au central à OLT (*Optical Line Terminal*) avec un récepteur accordable conçu pour fonctionner à 2,5 Gb/s à l'ONU. Afin de transmettre un débit de 10 Gb/s nous avons mis en œuvre un égaliseur électronique connu commercialement sous la dénomination EDC (*Electronic Dispersion Compensation*) qui permet de compenser la bande passante. Pour le signal montant, on propose d'utiliser à l'ONU, un laser accordable à cavité externe (T-ECL), conçu pour fonctionner à 2,5 Gb/s, et une simple photodiode à avalanche (APD) suivie d'un égaliseur électronique à l'OLT. Dans cet article on présente la capacité de l'égaliseur électronique à améliorer la bande passante des systèmes WA-PON.

2. WA-PON EN VOIE DESCENDANTE : CML A 10 GB/S. DEVANT UN RECEPTEUR ACCORDABLE A FAIBLE BANDE PASSANTE ELECTRIQUE

Le dispositif expérimental est représenté sur la Figure 1.

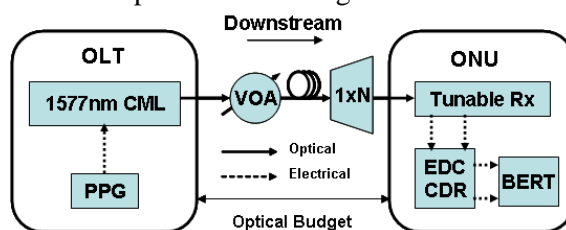


Fig. 1. Dispositif expérimental d'une solution NG-PON avec un ONU achromatique et un EDC

Des tests de transmission avec une modulation NRZ (*Non Retour à Zéro*) ont été effectués pour établir les performances de l'architecture proposée sur la Figure 1. L'émetteur CML à 10 Gb/s est composé d'une puce laser DFB directement modulée et d'un filtre étalon ou OSR (*Optical Spectrum*

Reshaper), qui est un élément optique passif, gérant le chirp du laser [2]. La Figure 2 illustre la bande passante du CML. On peut remarquer que la bande passante à -3 dBm est autour de 12 GHz. À l'ONU on utilise un récepteur accordable à faible coût, fabriqué par la compagnie Aegis Lightwave.

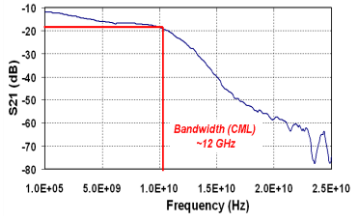


Fig. 2. Bande passante du CML

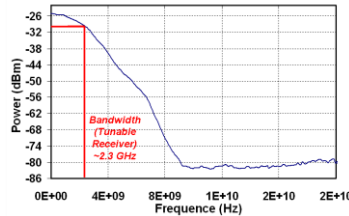


Fig. 3. Bande passante du récepteur accordable

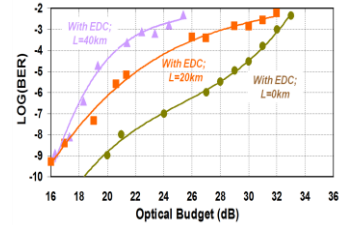


Fig. 4. BER en fonction du Budget Optique à 10Gb/s

Le récepteur accordable est composé d'une photodiode à avalanche (APD) et d'un filtre accordable de type Fabry Perot composé de couches minces en semi-conducteur, et d'un amplificateur trans-impédance (TIA). Il peut être accordé sur une plage de 5 nm couvrant ainsi une partie de la bande L de l'ITU-C. La bande passante électrique à -3 dB du récepteur accordable est d'environ 2,3 GHz (Figure 3), ce qui peut limiter les performances de transmission à 10 Gb/s. On insère à la suite du récepteur accordable un module EDC [3]. Ce composant est constitué de 7 étages de filtres FFE (Feed Forward Equalizer), d'une horloge de récupération de données (CDR) et de 3 étages de filtres DFE (Decision Feedback Equalizer). Les coefficients de l'égaliseur (des filtres FFE / DFE) sont constamment ajustés manuellement afin d'optimiser le BER. Dans nos expérimentations, on utilise le dispositif EDC avec une récupération d'horloge interne.

Le courant de polarisation du laser est fixé à 90 mA et l'amplitude du signal est de 1,2 Vpp. Le CML est modulé directement par un générateur de séquence pseudo-aléatoire qui fournit une trame de données de longueur $2^{23}-1$, à un débit de 10Gb/s. La performance en termes de Taux d'Erreur Binaire ou BER (Bit Error Rate) est mesurée via un détecteur d'erreur. Le CML émet à 1577 nm et la température est réglée à 35 ° C pour un fonctionnement optimal. La puissance moyenne en sortie du laser est de 7 dBm. Nous avons testé des longueurs de fibre monomode (SMF) G652 de 0 à 40 km pour la transmission. Un atténuateur optique variable (VOA) à la sortie du laser CML est utilisé pour simuler les pertes de liaison.

Les mesures de BER obtenues entre les valeurs 10^{-3} et 10^{-9} à 10 Gb/s sont présentées sur la Figure 4. Sans égalisation électronique (EDC), la transmission à 10 Gb/s n'est pas réalisable. Avec ce dernier, on peut obtenir une portée maximale logique de 40 km à 10Gb/s dans nos expériences. À 20 km, l'infrastructure adoptée peut atteindre 17 dB et 29 dB de budget optique pour des valeurs de BER de 10^{-9} et 10^{-3} respectivement. Ces résultats sont conformes aux exigences de la Classe nominale 1 selon [5].

3. WA-PON EN VOIE MONTANTE : LASER ACCORDABLE A FAIBLE BANDE PASSANTE ET PHOTODIODE A AVALANCHE

Le dispositif expérimental de la Figure 5 révèle une solution WA-PON dans le sens montant. Le laser accordable à cavité externe ou T-ECL présent à l'ONU, est composé d'une diode laser super-luminescente (SLD) et d'un réseau de Bragg inscrit dans un guide polymère.

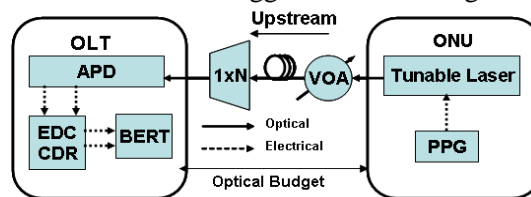


Fig. 5. Dispositif expérimental d'une solution NG-PON avec un ONU achromatique assisté par un EDC.

La longueur d'onde réfléchi par le réseau de Bragg est contrôlée par l'application d'un courant sur le polymère. Elle peut être ajustée sur une fenêtre de 16 nm qui permettent de couvrir une partie de la bande C et L. Les bandes passantes du T-ECL et de l'APD sont présentées sur les Figures 6 et 7 respectivement.

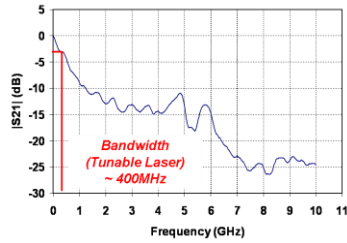


Fig. 6. Bande passante T-ECL

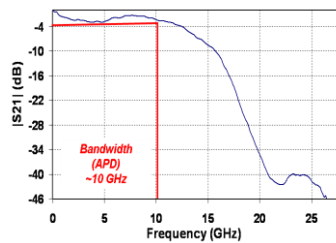


Fig. 7. Bande passante APD

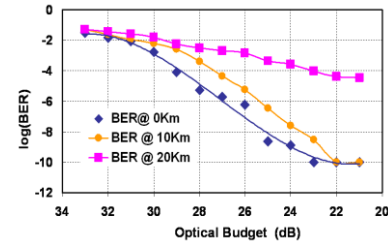


Fig. 8. BER en fonction du Budget Optique et de la Longueur de fibre, à 10 Gb/s

Le T-ECL, normalement prévu pour fonctionner 2,5 Gb/s, est modulé directement à 10 Gb/s par le générateur de séquence pseudo-aléatoire dont la longueur de la trame de données est de 2^7-1 , codée au format NRZ et d'amplitude 2Vpp. Le courant de polarisation du laser est de 30mA et sa puissance moyenne optique est d'environ 5dBm à 1574 nm et 25°C.

La performance de la transmission est évaluée à partir de la mesure du BER comme présentée sur la Figure 8. Comme nous le montre les courbes de la Figure 8, pour un BER de 10^{-3} à 10 Gb/s, nous obtenons un budget optique de 26 dB pour une fibre de 20 km.

4. CONCLUSION

Alors que la demande en bande passante ne fait qu'augmenter, des débits de plus en plus rapides doivent être atteints tout en conservant un coût identique ou inférieur. Les frais associés au déploiement de débit à 10 Gb/s en série, pour le client, rend de tels développements irréalisables dans cette réalité. Pour répondre à ce paradoxe coût/bande passante, nous avons mis en évidence deux approches uniques, en utilisant des transmetteurs et récepteurs achromatiques à 2,5 Gb/s assistés par un égaliseur électronique afin d'atteindre une plus grande capacité de réseau à moindre coût. De plus, les systèmes utilisant ces modules accordables sont extensibles par l'ajout de plusieurs longueurs d'ondes. Les transmetteurs et récepteurs sont tous les deux prévus pour travailler à 2,5 Gb/s mais fonctionnent avec succès à un débit de 10 Gb/s après 20 km de transmission. Pour les deux types de configurations, laser accordable ou récepteur accordable à l'ONU, nous sommes parvenus à un budget optique de 29 dB à 20 km pour un BER de 10^{-3} , si le système est suivi d'un égaliseur électronique.

5. REFERENCES

- [1] R. Murano, "Tunable GPON Receivers Migration to 1 Gb/s per Subscriber", (OFC 2009), paper NME4.
- [2] D. Mahgerefteh, "Chirp Managed Laser and Applications", (Journal of selected Topics in Quantum electronics, sept/oct 2010).
- [3] T.N. Duong, "Very High Bit-rate Transmission for NG-PON using AMOOFDM Direct Modulation of Linear Laser", (OFC 2010).
- [4] Papagiannakis, "The use of electronic equalization and offset filtering in the performance improvement of low-cost DML transmitters", (Transparent Optical Networks, ICTON 2008), pp.65-68.
- [5] ITU-T-G.987.
- [6] S.H. Oh, "2.5Gbps WDM-PON Tunable Light Source Hybrid integrated", (ECOC 2009), Paper p2.11.