

Systemes de transmission sur fibre optique

Mots clés :

- **Directeur de thèse** : Badr-Eddine BENKELFAT
- **Co-encadrant(s)** :
- **Unité de recherche** : Services répartis, Architectures, MOdélisation, Validation, Administration des Réseaux
- **Ecole doctorale** : École Doctorale Informatique, Télécommunications, Électronique de Paris
- **Domaine scientifique principal**: Divers

Résumé du projet de recherche (Langue 1)

L'objectif de cette thèse est d'identifier les solutions pour augmenter la performance du système de transmission WDM en utilisant des techniques avancées ou la combinaison innovante de plusieurs techniques. Le concept de modulation adaptative sera aussi étudié (possibilité de changer dynamiquement le schéma de modulation pour correspondre au mieux au besoin réseau). Des techniques de compensation numérique des effets non linéaire seront notamment mises en œuvre, que ce soit à l'émission ou à la réception. Durant les 6 premiers mois, un travail bibliographique sera mené pour étudier les différentes techniques proposées. Des simulations numériques (sous Matlab principalement) incluant les aspects modulation et démodulation mais également la propagation dans la fibre optique et ses non linéarité seront menées. Durant les 12 mois suivant, un travail expérimental important sera conduit en parallèle du travail en simulation numérique afin d'optimiser les performances. Des équipements d'émission et réception à haut débit, ainsi que des équipements de transmission permettant des transmissions sur des milliers de kilomètres de fibres monomodes sont actuellement disponibles dans le laboratoire. Entre T0+18 et T0+30, une étude de la complexité d'implémentation des techniques de modulation/démodulation, notamment concernant la compensation d'effet non linéaire sera menée. L'objectif étant de proposer des méthodes performantes avec une complexité acceptable. En parallèle, il pourra être envisagé de travailler sur une approche orthogonale mettant en jeu le multiplexage de mode pour augmenter le débit d'information transmis en s'appuyant sur des études déjà en cours dans le laboratoire. Les 6 derniers mois de la thèse seront consacrés à la rédaction du manuscrit et à la préparation de la soutenance.

Résumé du projet de recherche (Langue 2)

Les techniques de multiplexage en longueur d'onde (WDM) ont été appliquées depuis le début des années 1990 et ont reçu le renfort de la détection cohérente récemment [1-3] pour augmenter le débit transmis sur une fibre optique. Ces techniques sont largement utilisées pour supporter l'explosion du trafic internet dans le monde. L'augmentation de la densité spectrale d'information a notamment été obtenue en filtrant et rapprochant les canaux [4-6], mais également en utilisant des modulations « QAM » (quadrature amplitude modulation) [7,8]. Afin de réduire l'impact des non linéarité dans les transmissions, des techniques de compensation d'effet non linéaire ont été appliquées, que ce soit à l'émission ou en réception [9-16]. Cependant la complexité d'implémentation de ces techniques les rend actuellement difficilement compatible avec des produits. Des débits supérieurs à 40Tb/s ont été démontrés sur des distances de plus de 6000km dans les laboratoires de Bell Labs France, des débits plus élevés ont également été transmis mais sur des distances plus courtes [17-20]. Le travail de la thèse de doctorat se focalisera sur les techniques de traitement de signal et de format de modulation avancé, allant au-delà des modulations « QAM » monoporteuses.

Informations complémentaires (Langue 1)

[1] G. Charlet et al., « Transmission of 81 channels at 40Gbit/s over a Transpacific-Distance Erbium-only Link, using PDM-BPSK Modulation, Coherent Detection, and a new large effective area fibre. », ECOC'08, Postdeadline paper Th 3.E.3, 21-25th September 2008. [2] H. Masuda et al. "13.5Tb/s (135x11-Gb/s) No-Guard-Interval Coherent OFDM Transmission over 6,248 km using SNR Maximized Second-order DRA in the Extended L-Band", OFC'09, postdeadline paper PDPB5, San Diego, 22-26th March 2009 [3] G. Charlet et al. "72x100Gb/s transmission over transoceanic distance, using large effective area fiber, hybrid Raman-Erbium amplification and coherent detection", OFC'09, postdeadline paper, PDPB6, San Diego, 22-26th March 2009 [4] J.-X Cai et al. "Transmission of 96x100G prefiltered PDM-RZ-QPSK channels with 300% spectral efficiency over 10,608km and 400% spectral efficiency over 4,368km", OFC'10, postdeadline paper PDPB10, San Diego, 21-25th March 2010 [5] M. Salsi et al. "80x100-Gbit/s transmission over 9,000km using erbium-doped fibre repeaters only", ECOC'10, We.7.C.3., Torino, 19-23th September [6] J. X. Cai et al, "112x112 Gb/s Transmission over 9,360 km with Channel Set to the Baud Rate (360% Spectral Efficiency)", ECOC'10, PD 2.1., Torino, 19-23th September 2010. [7] J. X. Cai et al, "20Tbit/s Capacity Transmission over 6,860 km", OFC'2010, PDPB4, Los Angeles, 6-10 March 2011 [8] D. Qian et al., « Transmission of 115x100G PDM-8QAM-OFDM channels with 4bit/s/Hz spectral efficiency over 10,181km », ECOC'11, postdeadline paper Th.13.K.3, Geneva, 18-22nd September 2011 [9] S. Zhang et al., « 40x117.6Gb/s PDM-16QAM OFDM Transmission over 10,181km with soft-Decision LDPC Coding and Nonlinearity Compensation », OFC'12, PDP5C.4, Los Angeles, 4-8th March 2012 [10] E. Ip and J. Kahn, "Compensation of Dispersion Nonlinear Impairments Using Digital Backpropagation", K. Lightwave Technology, vol. 26, n° 20 pp3416-3425 [11] G. Charlet et al., "Transmission of 40Gbit/s QPSK with coherent detection over ultra-long distance improved by nonlinearity mitigation", in Proc. European Conference on Optical Comm. (ECOC'06), postdeadline paper Th.4.3.4, Cannes [12] H. Zhang et al., "200Gb/s and Dual-Wavelength 400Gb/s Transmission over transpacific Distance at 6 b/s/Hz Spectral Efficiency", OFC'13, PDP5A, Los Angeles, 17-21th March 2013 [13] L. B Du et al., "Improved single channel backpropagation for intra-channel fiber nonlinearity compensation in long-haul optical communication systems", Opt. Express vol. 18, n° 16 pp17075 (2010) [14] A. Napoli et al., "Reduced Complexity Digital Back-Propagation Methods for Optical Communication Systems", J. Lightwave Tech., vol. 32, n°17, pp1351 (2014) [15] Z. Tao et al. "Multiplier-Free Intrachannel Nonlinearity Compensating Algorithm Operating at Symbol Rate", J. Lightwave Technol. Vol. 29, n° 17, pp2570, (2011) [16]) Y. Gao et al. "Reducing the Complexity of Non linearity Pre-compensation Using Symmetric EDC and Pulse Shaping", ECOC'13, PD 3.E.5, London, 22-26th September [17] M. Salsi et al., "WDM 200Gb/s single-carrier PDM-QPSK Transmission over 12,000km", ECOC'11 postdeadline paper, Th.13.C.5, Geneva, 18-22nd September 2011 [18] M. Salsi et al. " 31Tb/s Transmission over 7,200km using 46Gbaud PDM-8QAM with optimized Error correcting code rate", OECC'13, PD3-5, Kyoto June30-July 4th 2013 [19] M. Salsi et al., « 38.75 Tb/s Transmission Experiment over Transoceanic Distance », ECOC'13, PD3.E.2, London, 22-26th September [20] J. Renaudier et al., « 1-Tb/s Transceiver Spanning Over Just Three 50-GHz Frequency Slots for Long-Haul Systems", ECOC'13, PD2.D.5, London, 22-26th September