

SYSTEME D'ACCES MULTIPLE PAR CODE (CDMA) EN TECHNOLOGIE ORGANIQUE-INORGANIQUE.

Y. Moreau^a, P. Coudray^a, K.Kribich^a, P. Etienne^b.

^aCentre d'Electronique et de Micro-optoélectronique de Montpellier UMR 5507
Université de Montpellier II 34095 MONTPELLIER CEDEX - FRANCE

^bLaboratoire des Verres UMR N°5587
Université de Montpellier II 34095 MONTPELLIER CEDEX – FRANCE
e-mail : moreau@cem2.univ-montp2.fr Web : <http://w3.cem2.univ-montp2.fr/~moreau/>

Les techniques d'accès multiple -partage en temps, partage en longueur d'onde, partage par code- suscitent un grand intérêt pour tirer parti de la grande largeur de bande offerte par les fibres optiques. Notre technologie fondée sur un matériau organique-inorganique offre une solution pour la réalisation du couplages et du découplage des canaux transmis. Outre le multiplexeur à répartition par longueur d'onde (WDM), nous étudions ici un système d'accès multiple par répartition de code (CDMA) comme alternative de partage de ressource efficace lorsque la flexibilité au niveau du nombre d'utilisateurs est souhaitable.

INTRODUCTION

La fibre optique offrant une largeur de bande de plusieurs TeraHertz, ne peut être utilisée pleinement que si les techniques d'accès multiples sont suffisamment efficaces. Trois schémas d'accès sont possibles: le partage temporel (TDMA) qui autorise un grand nombre d'utilisateurs mais demande une synchronisation rapide, le partage en longueur d'onde (WDM) en plein essor¹, qui exige des ajustements parfois délicats, et le partage par code (CDMA) qui permet essentiellement une grande flexibilité dans l'allocation des accès multiples. Naturellement les techniques peuvent être combinées.

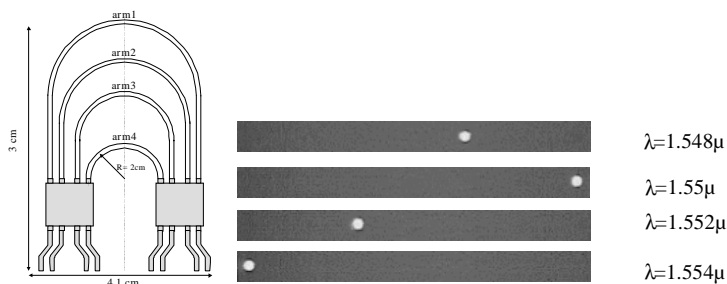


Fig. 1 : WDM à quatre canaux réalisé en technologie organique-inorganique..

Depuis plusieurs années, les matériaux organiques-minéraux sont développés pour des applications en optique intégrée². Ces matériaux combinent les avantages des réseaux minéraux -stabilité thermique, résistance mécanique, transparence- et des matériaux organiques -

prix réduit, processus à basse température, changement d'indice par simple polymérisation, compatibles avec les dimensions des fibres unimodales-. La figure 1 présente un démultiplexeur quatre canaux de quelques centimètres carrés réalisés avec deux dispositifs à interférence multimodales (MMI)³. La même technologie (organique-minérale), les dispositifs MMI peuvent être utilisés pour le multiplexage/démultiplexage par code.

MULTIPLEXAGE PAR CODE

Dans un multiplexage par code, chaque bit de message "1" ou "0" est remplacé au niveau de l'émetteur par une séquence pseudo-aléatoire [-1, 1, 1, -1 ...] ou son complément.

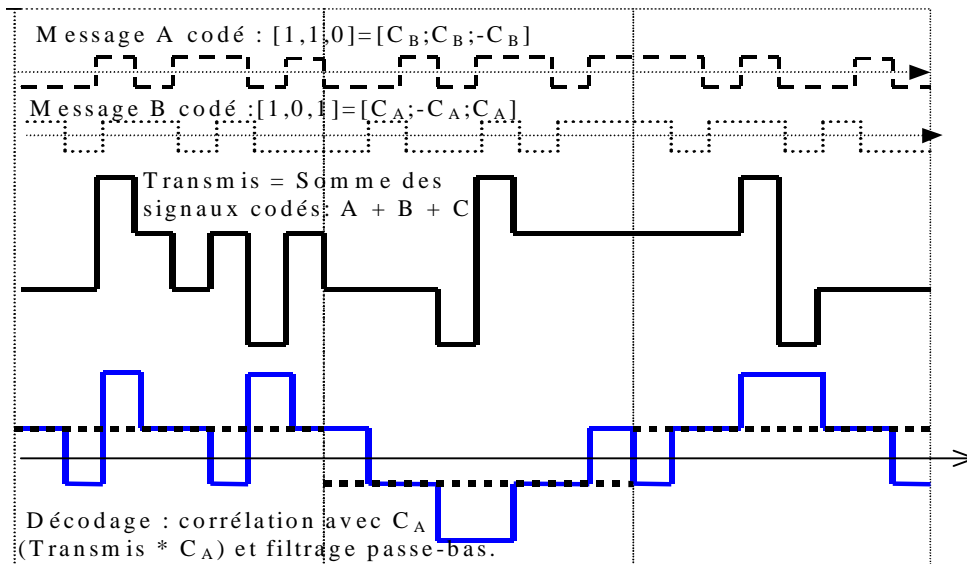


Figure 2 : De haut en bas: -signaux A et B codés (code à 8 "chips"), -signal transmis, -signal décodé pour utilisateur A avec moyenne/symbole (---) obtenue par filtrage

Cette séquence est le code associé à chaque émetteur. En réception la corrélation avec les différents codes permet d'extraire les différents messages : voir figure 2. Les séquences sont orthogonales entre elles (codes orthogonaux de Walsh, ou m-séquences, Hadamart..).

L'application⁴ en optique des techniques d'étalement de spectre pour le partage par code ne peut être une simple transposition des techniques utilisées en fréquences radio (système GPS, téléphonie mobile de troisième génération ...), parce que la détection repose a priori uniquement sur l'intensité du signal. Les principes ont été formulés par Salehi⁵ qui prône l'usage de codes orthogonaux unipolaires $[0, 1]$ dit "optiques" à la différence des codes bipolaires $[-1, 1]$ utilisés en radio fréquences. Les bits "1" sont codés par des séquences d'impulsions courtes (10-100 ps : spectre large) correspondant à un « 1 » obtenues grâce à un réseau de lignes parallèles à retards (« tapped delay lines»). Le décodeur est constitué de lignes à retard conjuguées qui réalignent les impulsions issues de l'émetteur choisi, lesquelles s'ajoutent pour reconstruire une impulsion de forte amplitude. Les impulsions qui ne correspondent pas – venant d'autres émetteurs – apparaîtront comme un bruit. Parce que seule l'intensité positive est exploitable, le système est unipolaire, la quantité d'impulsions ("poids")/bit de message est faible, le nombre de codes orthogonaux donc d'utilisateurs est faible. De nombreuses variantes ont été explorées pour améliorer cette technique⁶.

La bipolarité est nécessaire pour optimiser le nombre de codes orthogonaux : les sommes des impulsions de chacune des polarités sont comparées : égales si aucune corrélation entre le signal reçu et le code, inégales dans un sens ou dans l'autre si le message est « 1 » ou « 0 ». La bipolarité peut être introduite en utilisant - deux phases $[0, \pi]$, séparées à la détection⁷, - deux longueurs d'onde – deux canaux physiques – deux polarisations ou par multiplexage temporel.

ACCES MULTIPLE PAR CODE SPECTRAL

Il est aussi possible de concevoir des dispositifs où le code est défini dans le plan des longueurs d'onde^{8,9}. Une source à large bande -contrôlée électroniquement au rythme des symboles- est filtrée : chaque bit "1" ou "0" est un ensemble défini choisi parmi $2 \times N$

longueurs d'onde. Puisqu'il n'y a pas de risque de corrélation cyclique, on peut utiliser des codes orthogonaux comme les codes de Walsh. Si l'on se contente de codes à autocorrélation périodique faible mais non nulle, le nombre d'utilisateurs peut être de l'ordre de N^2 ("Gold codes") en considérant les N décalages possibles attribuables aux utilisateurs.

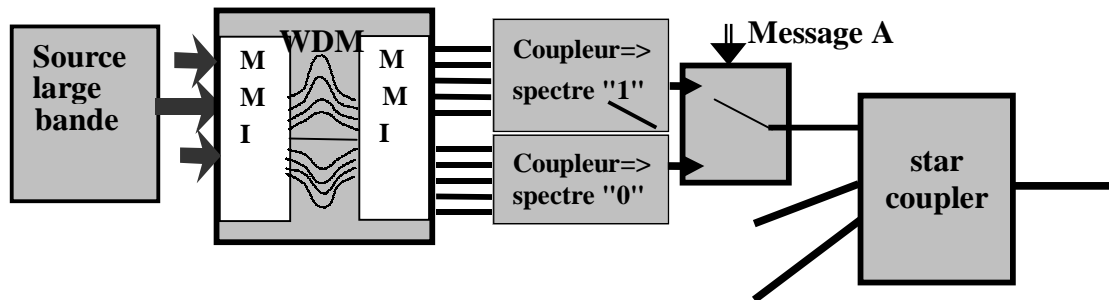


Figure 3 : Emetteur CDMA avec codage spectral.

La source large bande (Fibre dopée, LED superluminescente) alimente un WDM. Après regroupement par moitié des longueurs d'onde, le spectre correspondant au "1" ou au "0" est rajouté sur le support de communication. La détection utilise un schéma conjugué où le commutateur est remplacé par deux photodiodes pour une mesure en différentiel des sorties des coupleurs. Nous proposons l'emploi de WDMs réalisés selon la technique MMI : les sorties voisines dans un tel dispositif ne correspondent pas à des longueurs d'onde voisines, de plus, les longueurs d'onde de sortie sont permutées si l'entrée du premier MMI est changée: En alimentant (entrée 7) un WDM construit avec deux MMI à 8 voies, sur les quatre premières sorties on récupère $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_3, \lambda_6$ qui constitue alors le spectre du "1" et qui correspondent aux positions des bits à -1 du code C_A sur la figure 2; le spectre du "0" est complémentaire. Si on utilise l'entrée 2, on retrouve le code C_B de la figure 2.

CONCLUSION

La technique d'accès multiple par code, peut être réalisée très simplement par l'utilisation de codes orthogonaux bipolaires définis dans le domaine spectral. L'économie sur les marges de séparation de longueurs d'onde, sur la prise en compte de l'inactivité temporaire devrait permettre une efficacité spectrale importante.

Références

- ¹ WDM solutions, supplement to Laser Focus World, February 2000.
- ² P. Coudray, P. Etienne, Y. Moreau, "Integrated optics based on organo-mineral materials", E-MRS Spring Meeting, Materials, Process and Technology for Optical Interconnect, invited paper, Strasbourg, France, Juin 1999
- ³ J. Porque, P. Coudray, R. Charters, K. Kribich, P. Etienne, Y. Moreau, "WDM based on multimode interference-coupler built in an organic-inorganic material", Optics Comm. 183, pp.45-49, 1 Sep 2000
- ⁴ K.Iversen, D. Hampicke, « Comparison and classification of all-optical CDMA systems for future telecommunications networks », SPIE Proc., vol. 2614, pp.110-121, oct. 1995.
- ⁵ J.A.Salehi, "Code Division Multiple-Access Techniques in Optical Fiber Networks – Part I : Fundamental Principles.", IEEE Trans. Comm., 37,8, aug. 89.
- ⁶ K.Iversen, D.Hampicke, J. Mückenheim, « Feasibility of incoherent all optical CDMA with 165 subscribers all active at data rates of 155 Mb/s », Proc. NOC'96, , vol. III, pp.109-116, Heidelberg, June 1996.
- ⁷ J.A.Salehi, A.M. Wiener and J.P. Heritage, « Coherent Ultrashort Light pulse Code Division Multiple Access Communication system », J. Lightwave Tech., vol. 13, n°9, pp. 478-491, March 90.
- ⁸ M/Kavehrad, D. Zaccarin, « Optical Code Division Multiple Access Systems Based on Spectral Encoding of Noncoherent sources », J. of Lightwave Technol., Vol. 13, No 3, March 95.
- ⁹ L. Nguyen, B Aazhang and J.F. Young, « All optical CDMA with bipolar codes », Electron. Lett., vol.31, No 6, March 95.