Modem 25 Mbit/s pour canaux non-linéaires : réalisation et résultats expérimentaux

F. Cuozzo, M. Olivieri, J.L. Monrolin

► To cite this version:

F. Cuozzo, M. Olivieri, J.L. Monrolin. Modem 25 Mbit/s pour canaux non-linéaires : réalisation et résultats expérimentaux. Revue de Physique Appliquée, 1984, 19 (2), pp.117-120. 10.1051/rphysap:01984001902011700 . jpa-00245162

HAL Id: jpa-00245162

<https://hal.science/jpa-00245162>

Submitted on 1 Jan 1984

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Classification
Physics Abstracts
07.50

Modem 25 Mbit/s pour canaux non-linéaires : réalisation et résultats expérimentaux

F. Cuzzo, M. Olivieri

Groupe d'Etudes et de Recherches en Sciences Physiques de l'Ingénieur de Caen
(G.E.R.S.I.C.), E.N.S.I. de Caen (I.S.M.Ra), 5, avenue d'Edimbourg, 14032 Caen Cedex, France

et J. L. Monrolin

C.E.R. IBM La Gaude, 06610 La Gaude, France

(Reçu le 3 juin 1983, révisé le 7 novembre, accepté le 18 novembre 1983)

Résumé. — La réalisation d'une ligne de transmission de données numériques fonctionnant en mode symétrique équilibré a été envisagée à l'aide de modems dont la vitesse de transmission avoisine 25 Mbit/s. Le type de modem retenu utilise une Modulation à Déplacement d'indice $m = 0,5$ et Continuité de Phase (MDFCP) à enveloppe constante obtenue par codage à entrelacement. Ce type de modulation présente des avantages par rapport aux modulations de phase classiques vis-à-vis des distorsions non-linéaires. La démodulation s'effectue de façon différentielle sur un canal unique. Les filtres adaptés d'entrée et de sortie sont à structure transversale (technique OAS : Ondes Acoustiques de Surface) et les parties digitales ont été réalisées à l'aide de circuits rapides ECL.

Abstract. — In order to perform a data transmission line a 24.576 Mbit/s modem has been set up. This modem has been designed according to Minimum Shift Keying (MSK) modulation technique which denotes a good behaviour on non-linear channels, and a one way differential demodulation. Output and input bandpass matched filters are designed with Surface Acoustic Waves devices or equivalent. Implementation of digital parts is using ECL integrated circuits.

1. Introduction.

La liaison numérique envisagée, basée sur une architecture « liaison multipoints » type bus, s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'un réseau local comportant n abonnés ($n \leq 32$). La plupart du temps, la contention d'une telle ligne est assurée par la présence d'une station dite primaire qui gère l'ensemble du réseau. Dans le cas présent, c'est le fonctionnement en mode symétrique équilibré qui nous préoccupe. Cela repose les problèmes de la vitesse de transmission sur la ligne et de la nature des signaux, de la capacité du canal, des protocoles de transmission et de la gestion des mémoires tampons qui résulte de la différence entre vitesse de transmission et vitesse de traitement local.

Actuellement, notre effort porte sur les problèmes de la transmission de données sous forme analogique par modulation et démodulation autour d'une fréquence porteuse $f_0 = 70$ MHz, le modem obtenu assurant l'interface entre le canal et l'abonné.

2. Conception de l'interface modem.

2.1 MOTIVATIONS. — Une ligne de communication à haut débit comporte le plus souvent des éléments à caractéristique en amplitude non-linéaire. Suivant la nature du support envisagé (câble, fibre optique), les non-linéarités seront dues à des amplificateurs fonctionnant au voisinage de la saturation, à des limiteurs, à des transducteurs électro-optiques, etc... Or des non-linéarités de transmission se traduisent par l'apparition d'une distorsion par intermodulation sur le signal analogique en ligne. Ainsi, la réponse symétrique en tension d'un amplificateur saturé décrite par

$$F(x) = a_1 x + a_3 x^3 + a_5 x^5 + \dots \quad (1)$$

engendre des harmoniques de rang impair 3, 5, ... qui apparaissent à l'intérieur même de la bande utile avec une phase inconnue [1]. Ces nouvelles composantes spectrales, assimilées à du bruit, provoquent une dégradation du rapport signal sur bruit à la

détection, et se traduisent globalement par une diminution des performances en termes de taux d'erreur.

Afin d'optimiser le système de transmission, il convient donc de chercher à réduire l'importance de ces effets non-linéaires.

La technique de modulation choisie dans cette optique s'identifie à une Modulation à Déplacement de Phase 2 états (MDP 2), obtenue par codage à entrelacement. Elle se définit également comme étant une Modulation à Déplacement de Fréquence et Continuité de Phase (MDFCP) d'indice 1/2 [2-4]. Ce double aspect présente l'avantage d'associer les performances d'une modulation de phase avec, par suite d'une enveloppe constante, une immunité vis-à-vis des non-linéarités particulièrement intéressante [3].

2.2 RÉALISATION PRATIQUE. — L'ensemble des blocs fonctionnels représentés sur la figure 1 schématise le dispositif réalisé [5]. L'émetteur est bâti autour d'un modulateur quatre phases classiques attaqué par un codeur à entrelacement de telle sorte que les variations de phase du signal de sortie soient de $\pm 90^\circ$ entre deux instants de signalisation. La réalisation du codeur est obtenue en engendrant, à partir du message initial $m(t)$, les deux trains $p(t)$ et $q(t)$, respectivement

$$[m(t) \oplus h(t)/4] \quad \text{et} \quad [m(t) \oplus h(t)/4] \oplus h(t)/2,$$

où $h(t)$ est le signal d'horloge, $\oplus$ représente l'opérateur « ou exclusif ».

Fig. 1. — Synoptique du modem 25 Mbit/s proposé.

[Block diagram of the proposed 25 Mbit/s modem.]

La variation continue et graduelle de la phase du signal modulé est obtenue par filtrage passe-bas. L'enveloppe résultante présente une ondulation résiduelle qui dépend de la forme du filtrage utilisé. Avec une réponse de filtrage en Cauer-Chebyshev du 3^e ordre coupant à la fréquence de Nyquist (-1 dB à 12,5 MHz), l'ondulation représente environ 1,8 dB.

Cette modulation se présentant comme une double modulation biphase (1 bit/baud), dans un but de simplicité une démodulation différentielle sur un seul canal suffit. Une réduction notable de l'encombrement sera acquise par l'intégration prochaine du

filtre large bande d'entrée ($FI = 70$ MHz ; $BP = 25$ MHz à -3 dB) et d'une partie de la boucle de démodulation (ligne à retard, diviseur de puissance, déphaseur 90°) en technologie à OAS.

Enfin, l'utilisation d'un brouilleur de polynôme caractéristique, $P(z) = z^7 + z^6 + 1$, recommandé par le CCITT, permet la récupération de l'horloge indépendamment du contenu du message transmis.

3. Résultats expérimentaux.

La technique de mesure mise en œuvre a pour but de caractériser le comportement du modem sur un canal non-linéaire. Pour cela, les mesures ont été faites en rebouclant le modem sur lui-même avec un

Fig. 2. — Taux d'erreur en fonction du rapport signal sur bruit : (1) donné par la théorie, (2) obtenu sur un canal linéaire : modem rebouclé sur lui-même par un câble coaxial, (3) obtenu sur un canal non-linéaire : mêmes conditions qu'en (2), mais un comparateur rapide a été placé sur la ligne.

[Error rate versus signal-to-noise ratio : (1) given by the theory, (2) obtained on a linear channel : modem back-to-back with coaxial cable, (3) obtained on a non-linear channel : same conditions as in (2), but a fast comparator has been put on the line.]

câble coaxial. Une source de bruit blanc et un élément non-linéaire ont été introduits sur la ligne.

Le cas linéaire a d'abord fait l'objet d'un relevé du taux d'erreur de réception en fonction du rapport signal sur bruit rapporté à la quantité d'énergie par élément binaire (Fig. 2). L'écart par rapport à la théorie vaut environ 1,5 dB. Ce résultat est à rapprocher du bilan des pertes escomptées, présenté sur le tableau I.

Tableau I. — Bilan des pertes imputées aux divers modules.

— Codage différentiel	: 0,27 dB
— Filtrage	: 0,30 dB
— Démodulation différentielle	: 0,40 dB
— Récupération d'horloge	: 0,30 dB
Total (taux d'erreur 10^{-4})	: 1,27 dB

Dans un deuxième temps, un comparateur ultra-rapide a été commuté pour étudier le cas non-linéaire. Ce comparateur représente en effet un amplificateur

à gain très élevé qui peut être considéré comme saturé dès les premiers 100 mV d'entrée. On se place ainsi dans un état de non-linéarité en amplitude qui est parmi les plus défavorables. La courbe obtenue montre une faible dégradation ($\approx 1,5$ dB) par rapport au cas linéaire (par comparaison, une modulation 4 phases classique produit environ 4 dB de dégradation dans les mêmes conditions).

La nature du support n'étant pas mise en cause dans ces relevés, la validité des résultats acquis reste fondée pour des transmissions analogiques par fibre optique ou par faisceau hertzien.

Les photographies numérotées de 1 à 6 exposent les différents signaux rencontrés dans la chaîne de transmission.

4. Conclusion.

Les mesures effectuées sur le modem bouclé sur lui-même avec un câble coaxial mettent en évidence la faible dégradation (1,5 dB) introduite par la présence, sur le canal, d'un élément fortement non-linéaire en

Photos 1 et 2. — Enveloppe et densité spectrale du signal modulé non bruité ; lobes latéraux à - 27 dB.
[Envelope and spectral density of the modulated signal without noise ; sidelobes at - 27 dB.]

Photos 3 et 4. — Mêmes mesures après avoir introduit un élément non-linéaire (comparateur) sur la ligne ; lobes latéraux à - 20 dB.
[Same measures but after introducing a non-linear device (comparator) on the line.]

Photos 5 et 6. — Diagrammes de l'œil à la réception, (5) cas linéaire sans bruit, (6) cas non-linéaire, $S/B = 10$ dB.

[Eye's diagrams at the reception, (5) linear case without noise, (6) non-linear case, $S/B = 10$ dB.]

amplitude. La relative simplicité de l'ensemble (absence de circuits de récupération de porteuse) et son faible encombrement lié à l'intégration de plusieurs modules en technologie à OAS devraient constituer un attrait supplémentaire pour l'utilisation d'un tel système sur des canaux non-linéaires.

Remerciements.

Ce projet est soutenu par la Direction des Constructions et Armes Navales de Toulon (GESTA/CAPCA). Les mesures ont été faites grâce au support matériel du Centre d'Etude et de Recherche d'IBM La Gaude.

Bibliographie

- [1] DEBBASH, B., Intermodulations causées par un canal non-linéaire en transmissions de données, rapport de stage MST (1981), IBM La Gaude, France.
- [2] PASUPATHY, S., Minimum Shift Keying : a spectrally efficient modulation, *IEEE Trans. Com.* **COM 22** (1979) 14-22.
- [3] SULLIVAN, W. A., High capacity microwave system for digital data transmission, *IEEE Trans. Com.* **COM 20** (1972) 466-470.
- [4] MATWICH, H., BALCEWICZ, J., HECHT, M., The effect of tandem band and amplitude limiting on the E_b/N_0 performance of MSK, *IEEE Trans. Com.* **COM 22** (1974) 1525-1540.
- [5] OLIVIERI, M., Etude d'un modem MSK à 24,576 Mbit/s, Rapport de D.E.A. (1981), ENSP de Marseille, France.