



HAL
open science

CAN large bande pour la linéarisation des amplificateurs de puissance pour station de base

Dang-Kiên Germain Pham, Patricia Desgreys, Patrick Loumeau, Timothy
Ridgers

► **To cite this version:**

Dang-Kiên Germain Pham, Patricia Desgreys, Patrick Loumeau, Timothy Ridgers. CAN large bande pour la linéarisation des amplificateurs de puissance pour station de base. Colloque National du GdR SoC-SiP, Jun 2011, France. hal-00761363

HAL Id: hal-00761363

<https://hal.science/hal-00761363>

Submitted on 5 Dec 2012

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.

CAN large bande pour la linéarisation des amplificateurs de puissance pour station de base

Dang-Kiên G. Pham*, Patricia Desgreys*, *Member, IEEE*, Patrick Loumeau*, *Member, IEEE*, Timothy Ridgers†

*LTCI UMR 5141 - Institut TELECOM - Telecom ParisTech, Paris

Email : {germain.pham, desgreys, loumeau}@telecom-paristech.fr

†NXP Semiconductors, Colombelles

Email : tim.ridgers@nxp.com

Résumé—Étant donné le contexte technique actuel, nous présentons des enjeux de la linéarisation des amplificateurs de puissance. La technique de pré-distorsion est présentée ici car elle s'intègre facilement aux nouveaux système de communication. Les performances de cette technique dépendent cependant des performances de la voie de retour pour l'apprentissage des coefficients de distorsion. Nous présentons alors les caractéristiques principales du signal à convertir, et proposons d'utiliser un convertisseur de type $\Sigma\Delta$ passe-bande pour cette application.

Index Terms—Conversion analogique numérique – ADC – CAN – linéarisation – pré-distorsion – prédistorsion – station de base – $\Sigma\Delta$ – sigma delta passe-bande

I. INTRODUCTION

LES besoins futurs en télécommunication nécessitent des réseaux sans fil haute capacité. Le développement des nouvelles techniques de modulation numérique permet d'apporter une solution à ces besoins. En effet, ces modulations ont de bonnes efficacités spectrales et permettent de transmettre davantage de bits par Hertz.

Un inconvénient de ces modulations est que le signal résultant n'est pas à enveloppe constante. Or, les amplificateurs de puissance sont non linéaires et dégradent la qualité du signal émis en générant des distorsions. Ces distorsions se traduisent du point de vue fréquentiel par un enrichissement spectral du signal en sortie de l'amplificateur de puissance (PA).

De nombreuses techniques permettent de réduire ces distorsions [1]. La plus simple consiste à éviter de faire fonctionner l'amplificateur dans sa zone non linéaire (Output Back-Off), voir Fig. 1. Bien que cette approche soit valide, le problème est que, dans sa zone linéaire, l'amplificateur est peu efficace : l'essentiel de l'énergie fournie à l'amplificateur est perdue en chaleur alors que le signal amplifié ne représente qu'une faible partie de l'énergie totale.

La pré-distorsion numérique est une autre technique de linéarisation particulièrement adaptée au cas des nouveaux systèmes de communication car la génération du signal en bande de base est faite dans le domaine numérique [2] et de plus le bloc de traitement de pré-distorsion peut être facilement ajouté à une telle chaîne de transmission.

Par ailleurs, cette technique autorise aussi le fonctionnement de l'amplificateur dans sa zone non linéaire permettant d'augmenter le rendement énergétique de l'opération.

Cette amélioration de l'efficacité de l'amplificateur a des conséquences économiques directes dans l'exploitation des stations de base ; elle devient un enjeu majeur dans la réduction de leur consommation.

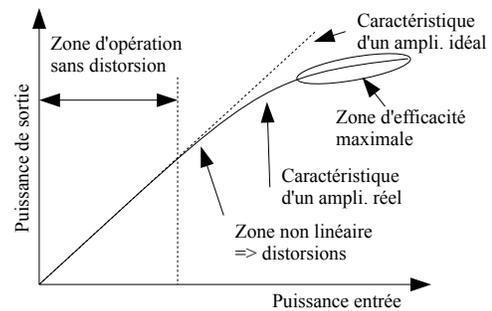


FIGURE 1. Caractéristique entrée/sortie d'un amplificateur de puissance

II. LA PRÉ-DISTORSION NUMÉRIQUE ADAPTATIVE

La pré-distorsion numérique (DPD) permet d'étendre la zone de fonctionnement linéaire du système global. Comme on l'a vu précédemment, la réponse réelle de l'amplificateur de puissance dévie de celle idéale quand la puissance augmente. La DPD consiste premièrement à comparer le signal entrant et le signal de sortie de PA et à apprendre les modifications à apporter sur les valeurs de signal entrant pour contrer l'effet de compression du gain du PA. Pour cela, il faut une voie de retour qui permette de prélever le signal distordu, voir Fig. 2.

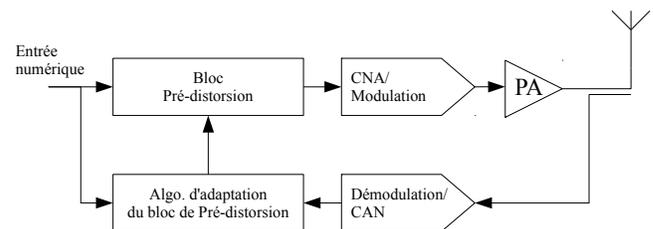


FIGURE 2. Schéma fonctionnel de la pré-distorsion numérique avec la voie de retour

Idéalement, le comportement non linéaire d'un PA devrait être le même pour n'importe quel type de signal, à toutes les

fréquences et invariable dans le temps. Malheureusement, la plupart des amplificateurs RF sont affectés d'un phénomène de mémoire, et tous, ont leurs paramètres de fonctionnement qui varient avec les conditions d'environnement comme la température. Il est donc nécessaire d'opérer une mise à jour périodique des coefficients de pré-distorsion pour rendre le système moins sensible à la température ou au vieillissement. La technique de linéarisation est alors dite adaptative.

III. ARCHITECTURE DE CONVERTISSEUR

Les caractéristiques requises pour le convertisseur dans la voie de retour sont d'une très grande importance. Les nouveaux systèmes de communication utilisant des bandes passantes de plus en plus larges, la conversion des signaux distordus nécessite des convertisseurs analogique numérique (CAN) à hautes performances en terme de résolution, bande passante et linéarité. En outre, une attention particulière commence à être portée sur la consommation qui doit être la plus petite possible.

La bande passante est fixée par le nombre de canaux ou bandes adjacents que l'on souhaite a priori corriger. En pratique, on prend cinq fois la bande initiale comme bande passante du convertisseur ; ainsi, l'information des IM3 et IM5 peut être récupérée. Pour un signal WCDMA composé de 3 porteuses, la bande initiale avant distorsion est de 15MHz. La bande à convertir est donc de 75MHz.

La Fig. 3 illustre la composition spectrale d'un tel signal. Une différence de 60dB entre le niveau de la bande principale et la première bande adjacente résultant des distorsions a été identifiée comme une valeur typique attendue suite à une linéarisation.

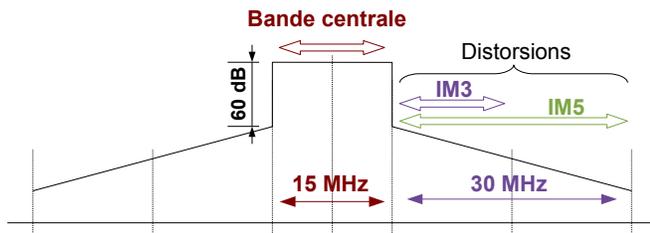


FIGURE 3. Schéma du spectre du signal distordu

Lorsque celui-ci est documenté, le choix de la résolution se fait souvent par simulation du système complet et en particulier de l'algorithme d'apprentissage [3], [4]. Lorsque la résolution du CAN n'est pas discutée, elle est fixée par la résolution des modules de mesure disponibles souvent surdimensionnés [5]–[7]. Cependant une analyse de la quantification est présentée dans [8]. Quoiqu'il en soit, le choix de la résolution se base sur les valeurs des rapport de puissance de bande centrale à bande adjacente (ACI/ACLR) et d'EVM. Cependant, en observant le spectre présenté Fig. 3 nous pouvons déduire que la dynamique minimale doit être de 60dB pour pouvoir convertir les signaux de faible puissance.

Selon, [9] et [10] plusieurs architectures peuvent répondre à ces besoins en bande passante et résolution. Cependant,

l'architecture $\Sigma\Delta$ passe-bande nous semble particulièrement appropriée pour ce type d'application. En effet, le signal HF est de bande limitée centré en une certaine fréquence donc, par nature, passe-bande. Ce signal peut être aisément transposé en une fréquence intermédiaire qui correspond à la fréquence centrale du convertisseur $\Sigma\Delta$ passe-bande. En outre, ces convertisseurs présentent un fort potentiel en terme de consommation réduite.

La mise en parallèle optimisée de tels convertisseurs laisse entrevoir des solutions moins gourmandes en puissance qu'un convertisseur unique dimensionné au plus large. En outre, la contrainte en dynamique peut être relâchée si on considère le signal décomposé en bande au lieu de traiter la totalité des bandes.

IV. CONCLUSION

La linéarisation des amplificateurs de puissance est un sujet de recherche très actif dont l'impact économique et écologique est très important. Nous nous sommes intéressés à la technique de pré-distorsion numérique qui est une technique bien adaptée aux nouveaux systèmes de communication. En explicitant les caractéristiques du signal à convertir en numérique, nous montrons que l'architecture $\Sigma\Delta$ passe-bande est une architecture de convertisseur qui peut convenir dans la voie de retour pour l'adaptation des coefficients de la pré-distorsion.

RÉFÉRENCES

- [1] S. C. Cripps, *RF Power Amplifier Design for Wireless Communications*. Artech House, 2006.
- [2] M. J. Franco, "Wideband digital predistortion linearization of radio frequency power amplifiers with memory," Ph.D. dissertation, Drexel University, 2005.
- [3] A. Kokkeler, "Feedback quantization in crosscorrelation predistorters," *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*, vol. 15, no. 9, pp. 552 – 554, sept. 2005.
- [4] P. Jardin and G. Baudoin, "Filter lookup table method for Power Amplifier Linearization," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 56, no. 3, pp. 1076 –1087, may 2007.
- [5] S. Boumaiza, J. Li, M. Jaidane-Saidane, and F. Ghannouchi, "Adaptive digital/RF predistortion using a nonuniform LUT indexing function with built-in dependence on the amplifier nonlinearity," *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, vol. 52, no. 12, pp. 2670 – 2677, dec. 2004.
- [6] A. Benchahed, A. Ghazel, M. Mabrouk, C. Rebai, and M. Ghannouchi, "RF Digital Predistorter for Power Amplifiers of 3G Base Stations," in *Electronics, Circuits and Systems, 2006. ICECS '06. 13th IEEE International Conference on*, dec. 2006, pp. 999 –1002.
- [7] E. Jeckeln, F. Ghannouchi, and M. Sawan, "A new adaptive predistortion technique using software-defined radio and DSP technologies suitable for base station 3G power amplifiers," *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, vol. 52, no. 9, pp. 2139 – 2147, sept. 2004.
- [8] L. Sundstrom, M. Faulkner, and M. Johansson, "Quantization analysis and design of a digital predistortion linearizer for RF power amplifiers," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 45, no. 4, pp. 707 –719, nov 1996.
- [9] P. Desgreys, F. Ghanem, D. K. G. Pham, F. Hussein, and P. Loumeau, "Beyond 3G Wideband and High linearity ADCs," 2011, sera publié à FTFC 2011.
- [10] J. de la Rosa, "Sigma-Delta Modulators : Tutorial Overview, Design Guide, and State-of-the-Art Survey," *Circuits and Systems I : Regular Papers, IEEE Transactions on*, vol. 58, no. 1, pp. 1 –21, jan. 2011.