

Turbo codes: performance et simulation dans le canal radio-mobile

Mouhamadou Lamine Sylla, étudiant 2^e cycle

Dr Paul Fortier, directeur de recherche

Abstract: A new class of recursive systematic convolutional codes using a parallel concatenation, the so called turbo codes, are considered. This new coding scheme can achieve a BER of 10^{-5} at an $E_b/N_0 = 0.7$ in the white gaussian noise channel. But the performance of turbo codes, in the original form, is not yet well defined in the mobile radio channel. It is intended, by simulations, to analyse their performance by modeling a channel and an encoder structure (block length, block or random interleaver) that allows an optimal decoding using the Soft Output Viterbi Algorithm (SOVA).

Résumé: Les performances de la nouvelle classe de codes convolutionnels appelés codes turbo sont examinées. Ils sont formés à partir d'une concaténation en parallèle de codes convolutionnels récurrents et systématiques. Il a été montré que ces codes sont capables d'approcher la limite de Shannon dans le canal gaussien avec un BER de 10^{-5} pour $E_b/N_0 = 0.7$. Cependant, leur comportement dans le canal radio-mobile reste difficilement prévisible, du moins sous la forme initialement proposée. L'analyse de ces codes, essentiellement par simulation, tentera d'établir à partir d'un modèle de canal une structure d'encodage (longueur des blocs, format d'entrelacement) qui permet d'atteindre une performance optimale dans le cas d'un decodeur utilisant l'algorithme SOVA.

La structure d'encodage turbo présentée dans [1] repose sur la concaténation en parallèle de codes convolutionnels récurrents systématiques (RSC) de longueur de contrainte k et sur un entrelaceur pseudo-aléatoire prenant des blocs d'informations de longueur très grande. La taille des blocs rend ce format inadéquat aux communications audio en temps réel. C'est dans ce sens que nous allons examiner la performance de ces codes utilisant cette fois-ci une séquence de longueur inférieure à 200 [2] dans le canal radio-mobile.

Le schéma de la figure 1 illustre le principe d'encodage turbo: la séquence \underline{u} de longueur L est présentée à l'entrée de RSC1 après qu'une séquence de $k-1$ bits lui soit ajoutée pour remettre les codeurs à l'état initial. Les autres encodeurs reçoivent une version entrelacée de la séquence d'information. La séquence x_{info} est alors concaténée avec les sorties des M autres encodeurs pour obtenir un taux de codage $R = 1/M+1$. Souvent, on a recours au poinçonnage pour avoir un taux $R = 1/2$.

Grâce à l'entrelacement pseudo-aléatoire, les codes turbo paraissent aléatoires au canal, ce qui constitue une caractéristique dont le décodage peut tirer bénéfice. Le design de l'entrelaceur affecte les performances de ces codes dans le sens qu'il modifie leurs propriétés de distance. Dans [3], on présente une structure d'entrelacement qui permet de ramener les M encodeurs à l'état initial avec une même séquence de bits d'ajout.

Le décodage, basé sur un principe itératif, utilise l'algorithme de Bahl modifié [1]. Cet algorithme tente de minimiser le taux d'erreur binaire par l'estimation de la probabilité à priori (APP) de chaque bit du mot-code. Ceci constitue un réel avantage sur l'algorithme de Viterbi qui calcule le MLE du mot-code. Cependant, l'estimation des APP rend cet algorithme très complexe d'utilisation; ceci justifie le recours au SOVA [2], [4] qui présente des performances proches de celles proposées dans [1].

Le décodage, comme cela apparaît à la figure 2 requiert deux décodeurs SOVA délivrant chacun un estimé des bits et une séquence d'informations extrinsèques Z_{ext} qui constitue une mesure de confiance de l'estimation. Les séquences extrinsèques sont utilisées de façon itérative par les deux décodeurs. Au fil des itérations, la sortie x de SOVA2 s'approche d'un estimé MAP alors que les informations extrinsèques deviennent de plus en plus corrélées. Les résultats déjà publiés montrent qu'au bout de 7 itérations on arrive à des performances satisfaisantes.

La performance de ces codes justifie les nombreuses études en cours pour des applications dans les modulations à haute efficacité spectrale, par exemple la télévision numérique, et aussi dans les systèmes CDMA en radio-mobile.

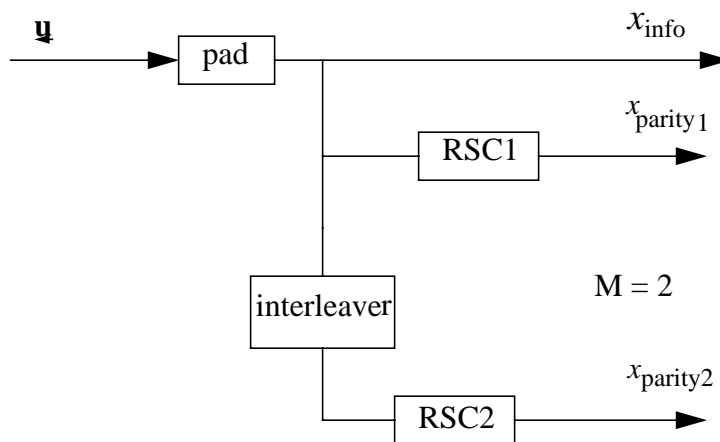


Figure 1 Schéma d'encodage

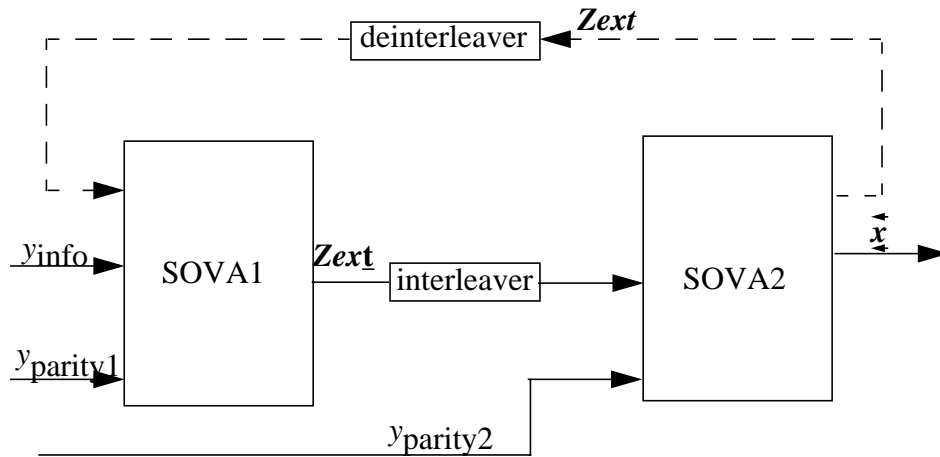


Figure 2 Principe du décodage

Références

- [1] C. Berrou, A. Glavieux, et P. Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo Codes," Proc., IEEE Int Conf. on Communications Genève, Suisse, mai 1993, pp. 1064-1070.
- [2] P. Jung, "Comparison of turbo-code decoders applied to short frame transmissionsystems," IEEE J. Select. Areas Communications., vol. 14, pp. 530-537, avril 1996.
- [3] W. Blackert, E. Hall, et S. Wilson, "Turbo code termination and interleaver conditions," Electronics Letters, vol. 31, pp. 2082-2083, nov. 1995.
- [4] J. Hagenauer and L. Papke, "Decoding turbo codes with the soft-output Viterbi algorithm (SOVA)," Proc., IEEE Int. Conf. on Communications, Nouvelle Orléans, mai 1994, pp. 737-740.