

RAPPORT UIT-R BT.2005

**RÉDUCTION DU DÉBIT BINAIRE POUR SIGNAUX
DE TÉLÉVISION NUMÉRIQUE**

(1995)

1 Introduction

Le développement rapide des techniques de codage de source, mises en oeuvre au moyen de circuits intégrés, permet de conclure que de nouveaux services basés sur des techniques de codage de l'image verront le jour dans un avenir proche. Ces nouveaux services trouveront des applications non seulement dans le domaine de la radiodiffusion mais aussi dans le domaine des communications audiovisuelles interactives. On peut obtenir avec les techniques dont on dispose aujourd'hui un facteur de réduction du débit de données élevé et une très bonne qualité de l'image décodée. Il est donc possible d'utiliser efficacement les réseaux existants et de réduire de façon importante le coût de transmission des images.

Le présent Rapport se présente sous la forme d'une bibliographie avec un bref résumé du contenu de chaque article. Il regroupe des livres, des articles et des documents sur le codage avec réduction du débit binaire et la correction d'erreur et donne des informations de base et de nombreuses références que le lecteur intéressé, à la recherche d'informations plus précises, pourra consulter.

Lorsque le présent Rapport a été élaboré, les auteurs ont pris bien soin de vérifier que les livres cités étaient disponibles en librairie et que les articles pouvaient être trouvés dans des bibliothèques à vocation technique.

2 Introduction aux techniques de réduction avec débit binaire

2.1 Techniques de codage prédictif, par transformée et en sous-bandes

Jayant, N. et Noll, P.: *Codage numérique des signaux*. Prentice Hall 1984. Introduction aux principes du codage numérique de signaux vidéo et de signaux de parole: Echantillonnage, Quantification, MIC, MICD, Modulation Delta, Codage avec décision différée, Codage par plage-valeur, Codage en sous-bandes, Codage par transformée. Examen des techniques de base et nombreuses références.

Netravali, A. et Haskell, B.: *Images numériques. Représentation et compression*. Plenum Press 1988. Description des principes théoriques et pratiques de codage des images: Représentation numérique d'informations visuelles, Systèmes de communication d'images communs (PAL, NTSC, SECAM, etc.), Modèles statistiques redondants, Psychophysique visuelle, Techniques de compression de base (MIC, MICD, Codage par transformée, Codage par transformée hybride), Exemples de conception de codecs.

Rosenfeld, A. et Kak, A.: *Traitement d'images numériques, Volume 1*, Academic Press 1982. Description mathématique des différentes parties d'une méthode de codage utilisant des processus d'entrée stochastiques: Perception visuelle, Numérisation, Compression, Rehaussement, Restauration, Reconstruction. Le Volume 2 traite des problèmes d'analyse des images.

Clarke, R.: *Codage par transformée des images*. Academic Press 1985. Aspects théoriques et pratiques des systèmes de codage par transformée: Propriétés statistiques des images, Transformées orthogonales, Quantification et attribution binaire, Techniques de codage concrètes, Réaction du système visuel humain, Transformées rapides et mise en oeuvre des systèmes, Erreurs et effets du bruit, Théorie de la distorsion du débit et codage des images.

Rao, K. et Yip, P.: *Algorithmes de transformation discrète en cosinus (DCT), Avantages, Applications*. Academic Press 1990. Traité d'introduction sur les algorithmes DCT, y compris les algorithmes DCT à deux dimensions avec bases théoriques et pratiques pour le codage des sons et des images. Ce livre présente par ailleurs plusieurs applications au filtrage pour la décimation et l'interpolation, le codage des sons, le codage vidéo avec des méthodes de combinaison avec quantification vectorielle, combinaison avec compensation du mouvement et codage hiérarchique en couches.

Woods, J. (Editeur): *Codage des images en sous-bandes*. Kluwer Academic Publisher 1991. Ce livre décrit la subdivision du signal d'entrée entre plusieurs sous-bandes, présente les caractéristiques de différents types de filtres et les possibilités de codage pour les sous-bandes correspondantes.

Pratt, W.: *Techniques de transmission d'image*. Academic Press 1979. Aperçu des différentes méthodes de codage: Application au codage des images des modèles visuels, Codage prédictif, Codage par transformée, Codage hybride, Codage de signaux de télévision avec remplissage de trame, Compression d'images binaires.

Netravali, A. et Limb, J.: Codage des images: A Review. *Proc. of the IEEE 68* (1980), pages 366 à 407. Récapitulation des techniques utilisées pour le codage numérique des images. Sont d'abord examinés les modèles statistiques de signaux d'image puis les techniques de codage.

Kunt, M., Ikonomopoulos, A. et Kocher, M.: Technique de codage des images de la seconde génération. *Proc. of the IEEE 73* (1985), pages 549 à 574. Un bref aperçu des techniques de codage de la première génération (MICD, codage par transformée) est donné. On décrit ensuite les techniques faisant appel à un opérateur local et les techniques de codage du contour de texture qui tiennent compte du système visuel humain.

Musmann, H., Pirsch, P. et Grallert, H.: Progrès enregistrés dans le codage des images. *Proc. of the IEEE 73* (1985), pages 523 à 548. Les techniques de codage prédictif et de codage par transformée sont décrites parallèlement à la prédiction avec compensation du mouvement. Différentes techniques d'évaluation du déplacement sont comparées en termes de précision de l'estimation.

2.2 *Autres techniques*

Mallat, S.: Théorie de la décomposition de signaux multirésolution: La représentation en ondelettes. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 11* (1989), pages 674 à 693. Description mathématique de la transformée en ondelettes et de la construction d'un ensemble orthonormé de fonctions de base pour une représentation en ondelettes appliquée à la compression de données dans le codage des images.

Chui, C.: Introduction aux ondelettes: Academic Press 1992. Traité d'introduction sur l'analyse des ondelettes avec accent sur les ondelettes basées sur les fonctions "sphino" et l'analyse temps-fréquence. Classification des ondelettes, des transformées en ondelettes, analyse des signaux multirésolution et algorithmes-ondelettes pour la décomposition et la reconstruction. Ce livre convient pour un cours de débutants sur le codage par ondelettes.

Antoine, J.: Analyse des ondelettes dans le traitement des images, Vandewalle, Boite, Moonen, Oosterlinck (éditeurs) *Signal Processing VI: Theories and Applications*, Elsevier Science Publishers 1992, pages 23 à 30. Examen des propriétés générales de la transformée en ondelettes à deux dimensions, dans sa version continue et sa version discrète. Les applications pour le traitement des images sont par ailleurs présentées.

Daubechies, I.: Bases orthonormées d'ondelettes compactes. *Commun of Pure and Applied Math. Volume XLI* (1988), pages 909 à 996. Cet article décrit les conditions d'une ondelette orthonormée et les méthodes de construction des bases orthonormées d'ondelettes compactes.

Malvar, H. et Staelin, D.: LOT: Codage par transformée sans effet de bloc (LOT). *IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing 37* (1989), pages 553 à 559. Ce livre présente une théorie de la transformée orthogonale recouvrante et de son optimisation, un algorithme LOT rapide découlant de l'algorithme, les effets de bloc et l'efficacité du codage par rapport à un algorithme DCT et donne un exemple de codage d'images fixes.

Lu, G.: Compression fractale d'images. *Image Communication 5* (1993) pages 327 à 343. Cet article décrit le principe et les techniques communes de compression fractale d'images et donne une introduction aux trois principales techniques. Il s'agit de systèmes par itération, de codage par segmentation et de codage "yardstick" qui s'appliquent toutes au codage intratrame.

Jacquin, A.: Codage des images basé sur une théorie fractale des transformations d'images contractives par itération *IEEE Trans. on Image Processing 1* (1992) pages 18 à 30. Les principes théoriques du codage d'images monochromes avec transformations contractives par itération sont présentés. Ce procédé permet de démarrer le processus de décodage avec une image arbitraire qui converge vers une approximation fractale de l'image d'origine.

Stackhouse, W. (Président): Rapport du Groupe spécial sur l'architecture des images numériques. *SMPTE Journal 101* (1992), pages 855 à 891. Ce rapport décrit les caractéristiques à respecter dans un système de codage générique utilisable dans un réseau de communication mondial. Les conditions à réunir pour élaborer un ensemble compatible de normes sont examinées.

2.3 Correction des erreurs

Chapitre 13 "Théorie de l'information et Codage" dans Taub, H. et Schilling, D.: *Principes des systèmes de communication*, McGraw-Hill 1986, pages 511 à 609. Introduction aux méthodes de détection et de correction des erreurs utilisant des codes de bloc et des codes convolutifs. On compare les taux d'erreur observés dans des systèmes de transmission codés et non codés.

Viterbi, A. et Omura, J.: *Principes des communications numériques et codage* McGraw-Hill 1979. Description mathématique des principes fondamentaux des communications numériques et du codage par bloc, analyse des performances des codes de bloc, codage convolutif et analyse des performances de ces codes. Le livre contient par ailleurs une description de plusieurs modèles de canaux et donne une introduction à la théorie de la distorsion du débit.

Blahut, R.: *Théorie et pratique des codes de contrôle d'erreurs*. Addison-Wesley 1984. Ce livre est destiné aux ingénieurs qui s'intéressent aux applications des codes de contrôle d'erreurs. Après une introduction à l'algèbre, différents codes (codes de bloc, codes cycliques, codes de Reed Solomon, codes BCH, codes convolutifs, etc.) sont présentés et des exemples d'application sont donnés.

Peterson, W. et Weldon, E.: *Codes correcteurs d'erreurs*. MIT Press 1972. Ce livre couvre la quasi-totalité des principes fondamentaux des codes correcteurs d'erreurs et examine en détail chaque sujet. Il s'agit donc d'une bible pour les chercheurs et les ingénieurs qui veulent étudier en détail la théorie des codes correcteurs d'erreurs.

Clark, C. et Cain, J.: *Codage avec correction des erreurs pour communications numériques*. Plenum Press 1981. Ce livre décrit les techniques de décodage pour divers codes. Le principe fondamental du codage, l'introduction au décodage avec décision douce et les applications des systèmes sont présentés.

Imai, H.: *Principes essentiels des techniques de codage avec contrôle des erreurs*. Academic Press 1990. Les principes théoriques et les applications du codage avec contrôle des erreurs sont décrits. Les applications aux systèmes de communication, aux systèmes informatiques et aux systèmes audio-vidéo sont examinées en détail. Le livre est donc utile pour les ingénieurs qui s'intéressent aux applications du codage avec contrôle des erreurs.

Pietrborn, S.: Modulation de phase multidimensionnelle avec code en treillis. *IEEE Trans. on Information Theory* 36 (1990). Une méthode efficace de segmentation d'ensembles de signaux MDPM multidimensionnels est présentée. Cette méthode, qui offre une certaine souplesse, permet d'obtenir divers débits d'information avec un gain de codage variable.

3 Normes pour différentes applications

Wallace, G.: Norme JPEG de compression d'images fixes. *Commun of the ACM Vol. 34, N° 4* (1991), pages 31 à 44. Description de l'algorithme utilisé pour le codage d'images fixes. Les différentes étapes de traitement nécessaires pour la mise en oeuvre de l'algorithme sont expliquées.

Compression numérique et codage d'images fixes à tonalité continue. Partie I, Spécifications et directives *ISO/CEI JTC 1 Committee Draft CD 10198-1* (mars 1991). Document officiel de l'ISO/CEI pour la norme JPEG de compression d'images fixes. Disponible dans les organismes nationaux de normalisation.

Le Gall, D.: MPEG: Norme de compression vidéo pour applications multimédias. *Commun of the ACM Vol. 34, N° 4* (1991), pages 47 à 58. Description de l'algorithme MPEG-1 utilisé pour le codage de signaux vidéo à 1,5 Mbit/s environ. L'algorithme est optimisé pour le traitement de trames vidéo sur des supports de stockage numériques.

Technologies de l'information - Codage de l'image animée et du son associé pour les supports de stockage numérique jusqu'à environ 1,5 Mbit/s. *ISO/CEI JTC 1 Draft International Standard DIS 11172* (1992). Document officiel de l'ISO/CEI pour la Norme de codage MPEG-1. Disponible dans les organismes nationaux de normalisation.

Okubo, S., McCann, K. et Lippman, A.: Spécifications de la Norme MPEG-2, Profils et vérification de performance dans *International Workshop on HDTV'93, Proceedings Vol. 1*. Ce document décrit les activités que le MPEG a consacrées à la définition du cadre d'une norme de codage vidéo générique susceptible d'être utilisée pour un certain nombre d'applications, en particulier la distribution, le stockage et l'interrogation ainsi que les services de communication. Disponible auprès de M. L. Chiariglioni, CSELT, via G. Reiss Romoli, 274, I-10148 Turin.

Technologie de l'information - Codage générique des images cinématographiques animées et des informations audio associées. Recommandation H.262. *ISO/CEI JTC 1 Committee Draft CD 13818-2* (novembre 1993). Document officiel de l'ISO/CEI pour la Norme MPEG-2 de codage de signaux vidéo. Disponible dans les organismes nationaux de normalisation.

Liou, M.: Examen de la norme de codage vidéo à p x 64 kbit/s. *Commun. of the ACM Vol. 34, N° 4* (1991) pages 60 à 63. Description de la norme de codage vidéo pour la téléphonie vidéo utilisant le réseau numérique à intégration de services (RNIS) conformément à la Recommandation H.261 du CCITT. Les formats d'entrée vidéo possibles, le traitement des signaux et la structure des données sont expliqués.

Codec vidéo pour services audiovisuels à p x 64 kbit/s. *Recommandation UIT-T (CCITT) H.261*. Description de la norme de codage vidéo pour la téléphonie vidéo à des débits binaires de sortie compris entre 64 kbit/s et 1 920 kbit/s. On peut se procurer la Recommandation auprès de l'UIT, Secrétariat général, Service des ventes, Place des Nations, CH-1211 Genève 20.

Transmission de signaux de télévision numériques codés en composantes pour des applications de qualité contribution à des débits binaires voisins de 140 Mbit/s. *Recommandation UIT-R CMTT.721-2*. Cette Recommandation décrit la méthode de codage utilisée pour les signaux d'entrée de télévision conformément à la Recommandation 601 si l'on veut obtenir une image de haute qualité. Pour la réduction des données on utilise un système de codage MIC/MICD hybride intratrame. On peut se procurer la Recommandation auprès de l'UIT, Secrétariat général, Service des ventes, Place des Nations, CH-1211 Genève 20.

Transmission de signaux vidéo numériques à codage en composantes pour les applications de qualité contribution au troisième niveau de la hiérarchie numérique de la Recommandation UIT-T G.702. *Recommandation UIT-R CMTT.723*. Cette Recommandation décrit la méthode de codage utilisée pour des signaux d'entrée de télévision conformément à la Recommandation 601 si l'on veut obtenir une image de haute qualité pour un débit binaire de sortie de 34 Mbit/s. Pour la réduction des données, on utilise un système de codage DCT avec compensation du mouvement. On peut se procurer la Recommandation auprès de l'UIT, Secrétariat général, Service des ventes, Place des Nations, CH-1211 Genève 20.
