

Couverture de thèse INSA – UEB
Informations à compléter et à transmettre à l'imprimerie INSA
pour la réalisation de vos thèses provisoires et définitives

Page 2 : Couverture de thèse INSA-UEB.

- Remplir les différents champs en **Rouge** en remplaçant le texte
- « examinateurs » et « co-encadrants » : suivant la composition du jury, et si nécessaire, substituer le mot « examinateur » par le mot « co-encadrant » dans la liste des membres du jury, afin que l'imprimerie de l'INSA puisse modifier la maquette d'impression en conséquence.

Page 3 : Dernière page de couverture de thèse INSA-UEB.

- Remplir les champs texte en bleu (résumés français et anglais) en respectant le nombre maximum de caractères autorisés **en taille Arial 9**.
- Rentrer le numéro d'ordre au bas de la page pour l'impression de la thèse définitive.

Page 4 : Page logos (optionnelle) :

- Modifier l'intitulé de la thèse, le prénom et le nom du doctorant.
- Insérer les logos des partenaires

**Une fois les modifications terminées,
« enregistrer (ce document) sous »
en rajoutant votre prenom-nom dans le nom du fichier
(Couverture-These-INSA-UEB-prenom-nom.doc)**



THESE INSA Rennes
sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne
pour obtenir le titre de
DOCTEUR DE L'INSA DE RENNES
Spécialité : Traitement du Signal et des Images

présentée par
Adrià Arrufat

ECOLE DOCTORALE: MATISSE
LABORATOIRE: IETR

Multiple transforms for video coding

Thèse soutenue le 11.12.2015
devant le jury composé de :

Christine Guillemot

Directrice de Recherche à l'INRIA de Rennes (France) / *présidente*

Béatrice Pesquet-Popescu

Professeure à Telecom ParisTech (France) / *rapporteur*

Mathias Wien

Chercheur à l'Université de Aachen (Allemagne) / *rapporteur*

Fernando Pereira

Professeur à l'Institut des Télécom à Lisbonne (Portugal) / *examineur*

Philippe Salembier

Professeur à l'Université Polytechnique de Catalogne (Espagne) / *examineur*

Pierrick Philippe

Ingénieur de recherche à Orange Labs Rennes (France) / Co-encadrant de thèse

Olivier Déforges

Professeur à l'INSA de Rennes (France) / Directeur de thèse

Les codeurs vidéo état de l'art utilisent des transformées pour assurer une représentation compacte du signal. L'étape de transformation constitue le domaine dans lequel s'effectue la compression, pourtant peu de variabilité dans les types de transformations est constatée dans les systèmes de codage vidéo normalisés : souvent, une seule transformée est considérée, habituellement la transformée en cosinus discrète (DCT).

Récemment, d'autres transformées ont commencé à être considérées en complément de la DCT. Par exemple, dans le dernier standard de compression vidéo, nommé HEVC (High Efficiency Video Coding), les blocs de taille 4x4 peuvent utiliser la transformée en sinus discrète (DST), de plus, il est également possible de ne pas les transformer. Ceci révèle un intérêt croissant pour considérer une pluralité de transformées afin d'augmenter les taux de compression.

Cette thèse se concentre sur l'extension de HEVC au travers de l'utilisation de multiples transformées. Après une introduction générale au codage vidéo et au codage par transformée, une étude détaillée de deux méthodes de construction de transformations est menée : la transformée de Karhunen Loève (KLT) et une transformée optimisée en débit et distorsion sont considérées. Ces deux méthodes sont comparées entre-elles en substituant les transformées utilisées par HEVC. Une expérimentation valide la pertinence des approches.

Un schéma de codage qui incorpore et augmente l'utilisation de multiples transformées est alors introduit : plusieurs transformées sont mises à disposition de l'encodeur, qui sélectionne celle qui apporte le meilleur compromis dans le plan débit distorsion. Pour ce faire, une méthode de construction qui permet de concevoir des systèmes comportant de multiples transformations est décrite. Avec ce schéma de codage, le débit est significativement réduit par rapport à HEVC, tout particulièrement lorsque les transformées sont nombreuses et complexes à mettre en œuvre. Néanmoins, ces améliorations viennent au prix d'une complexité accrue en termes d'encodage, de décodage et de contrainte de stockage. En conséquence, des simplifications sont considérées dans la suite du document, qui ont vocation à limiter l'impact en réduction de débit.

Une première approche est introduite dans laquelle des transformées incomplètes sont motivées. Les transformations de ce type utilisent un seul vecteur de base, et sont conçues pour travailler de concert avec les transformations de HEVC. Cette technique est évaluée et apporte une réduction de complexité significative par rapport au précédent système, bien que la réduction de débit soit modeste.

Une méthode systématique, qui détermine les meilleurs compromis entre le nombre de transformées et l'économie de débit est alors définie. Cette méthode utilise deux types différents de transformée : basés sur des transformées orthogonales séparables et des transformées trigonométriques discrètes (DTT) en particulier. Plusieurs points d'opération sont présentés qui illustrent plusieurs compromis complexité / gain en débit. Ces systèmes révèlent l'intérêt de l'utilisation de transformations multiples pour le codage vidéo.

State of the art video codecs use transforms to ensure a compact signal representation. The transform stage is where compression takes place, however, little variety is observed in the type of transforms used for standardised video coding schemes: often, a single transform is considered, usually a Discrete Cosine Transform (DCT).

Recently, other transforms have started being considered in addition to the DCT. For instance, in the latest video coding standard, High Efficiency Video Coding (HEVC), the 4x4 sized blocks can make use of the Discrete Sine Transform (DST) and, in addition, it is also possible not to transform them. This fact reveals an increasing interest to consider a plurality of transforms to achieve higher compression rates.

This thesis focuses on extending HEVC through the use of multiple transforms. After a general introduction to video compression and transform coding, two transform designs are studied in detail: the Karhunen Loève Transform (KLT) and a Rate-Distortion Optimised Transform are considered. These two methods are compared against each other by replacing the transforms in HEVC. This experiment validates the appropriateness of the design.

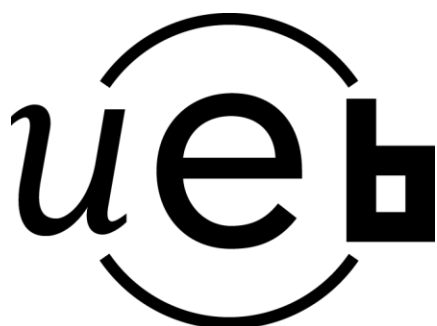
A coding scheme that incorporates and boosts the use of multiple transforms is introduced: several transforms are made available to the encoder, which chooses the one that provides the best rate-distortion trade-off. Consequently, a design method for building systems using multiple transforms is also described. With this coding scheme, significant amounts of bit-rate savings are achieved over HEVC, especially when using many complex transforms. However, these improvements come at the expense of increased complexity in terms of coding, decoding and storage requirements. As a result, simplifications are considered while limiting the impact on bit-rate savings.

A first approach is introduced, in which incomplete transforms are used. This kind of transforms use one single base vector and are conceived to work as companions of the HEVC transforms. This technique is evaluated and provides significant complexity reductions over the previous system, although the bit-rate savings are modest.

A systematic method, which specifically determines the best trade-offs between the number of transforms and bit-rate savings, is designed. This method uses two different types of transforms based on separable orthogonal transforms and Discrete Trigonometric Transforms (DTTs) in particular. Several designs are presented, allowing for different complexity and bit-rate savings trade-offs. These systems reveal the interest of using multiple transforms for video coding.

Transformées multiples pour la compression vidéo

Adrià Arrufat



En partenariat avec

