



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur IBRAHIM TAABANE

Discipline : Génie Electrique
Spécialité : Systèmes embarqués et Informatique

Sujet de la thèse

Lightweight machine learning-based complexity optimization for real-time VVC encoding

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et informatique"

Thèse présentée et soutenue **le samedi 21 décembre 2024 à 10h** à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
Sanaa EL FKIHI	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes de Rabat	Président
Francois-Xavier COUDOUX	PES	UPHF France	Rapporteur
Mohamed ALI BEN AYED	PES	ENET'Com Sfax Tunisie	Rapporteur
El Habib NFAOUI	MCH	Faculté des Sciences Dhar el Mehraz de Fès	Rapporteur
Maher JRIDI	MC	ISEN Yncrea France	Examineur
Ali AHAILOUF	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de Thèse
Daniel MENARD	PES	INSA Rennes France	Directeur de Thèse
Anass MANSOURI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Co-Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : Systèmes Intelligents, Géo-ressources et Energie Renouvelables
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Résumé de la thèse

Au cours des dernières années, l'augmentation de la consommation de vidéo, stimulée par des plateformes telles que Netflix, YouTube, Twitch et les réseaux sociaux, a dominé le trafic internet mondial. Les avancées dans les infrastructures de réseau (4G, 5G, fibre optique) ont permis d'augmenter la bande passante, facilitant ainsi le streaming vidéo de haute qualité. Cependant, le volume de données conséquent et la demande pour des résolutions élevées, comme le 8K, posent des défis en termes de bande passante, de stockage et de puissance de calcul. La compression vidéo efficace est devenue essentielle, les codecs vidéo jouant un rôle crucial pour équilibrer la qualité et la taille des fichiers. Les standards de codage vidéo ont évolué, depuis le H.261 jusqu'au récent Versatile Video Coding (VVC), finalisé en 2020, qui permet environ 40 % d'économie de débit par rapport au High Efficiency Video Coding (HEVC), tout en maintenant une qualité similaire. Bien que cela rende le VVC idéal pour les contenus en haute résolution, son efficacité de compression améliorée augmente considérablement la complexité computationnelle, posant des défis pour les applications en temps réel. L'objectif principal de cette thèse est de traiter la complexité computationnelle de l'encodage VVC, et plus particulièrement du processus de partitionnement. La recherche vise à réduire cette complexité sans sacrifier l'efficacité de compression, rendant ainsi l'encodage en temps réel plus faisable. Pour atteindre cet objectif, cette thèse propose des approches basées sur l'apprentissage automatique, en utilisant des modèles Light Gradient Boosting Machine (LightGBM) pour prédire les modes de partitionnement optimaux, réduisant ainsi la nécessité du processus exhaustif d'optimisation du taux de distorsion (RDO). Dans cette thèse, une étude de l'état de l'art a été menée pour identifier les avancées dans les travaux existants portant sur la réduction de la complexité de l'encodage VVC. Ensuite, une analyse statistique complète de l'encodeur VVenC a été réalisée afin d'identifier les domaines où la complexité computationnelle pourrait être réduite. Pour relever ces défis, une stratégie de partitionnement basée sur l'apprentissage automatique a été développée pour le codage intra, en utilisant l'implémentation optimisée de VVC connue sous le nom de VVenC. Cela a permis des réductions de temps significatives allant de 30,21 % à 82,46 %, avec seulement une légère augmentation du débit binaire. Enfin, la recherche a étendu ces optimisations au codage inter dans la configuration Random Access (RA), réduisant le temps d'encodage de 43,21 %, avec une légère augmentation du débit binaire. Ces contributions, intégrées dans l'encodeur VVenC, ont démontré qu'elles surpassent les approches de pointe. Par conséquent, cette thèse



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

contribue à l'avancement continu des technologies de compression vidéo en offrant une solution pratique pour atteindre l'encodage vidéo en temps réel. Elle répond également aux exigences croissantes de la consommation vidéo moderne et ouvre la voie à de futures optimisations, améliorant l'encodeur VVC pour des applications en temps réel et pratiques.

Mots clés : Compression Vidéo, Optimisation de la Complexité, Partitionnement (QTMTT), Apprentissage Automatique, Versatile Video Coding (VVC), Versatile Video Encoder (VVenC)