

¹Leonardo H. Fonteles, ¹Pierre Duhamel, ²Anissa Mokraoui

¹LSS/CNRS, SUPELEC, 3 rue Joliot Curie, 91 192 Gif sur Yvette, France

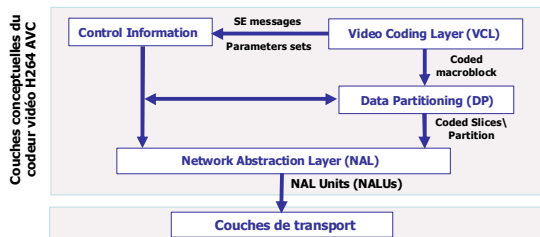
²L2TI, Institut Galilée, Université Paris 13 Sorbonne Paris Cité, 99 avenue J.-B. Clément, 93 430 Villetaneuse, France

{fonteles, pierre.duhamel}@lss.supelec.fr, anissa.mokraoui@univ-paris13.fr

Lors de travaux précédents [1], nous avons proposé des méthodes de décodage robuste de flux vidéo encodés suivant la norme H264 AVC, qui amélioraient très nettement la qualité des vidéos reçues. Cette amélioration basée sur des algorithmes de décodage séquentiels vérifiant la syntaxe du flux binaire était obtenue au prix de l'insertion d'informations supplémentaires (la longueur des séquences CAVLC) dans le flux émis, qui augmentaient d'environ 30% la taille du flux transmis. Dans cet article, nous appliquons tout d'abord la même stratégie aux flux vidéo encodés suivant la norme SVC, qui permet d'obtenir des flux scalables, et réduisons cet inconvénient. Après application aux flux SVC de la méthode [1], nous expliquons comment réduire la taille des informations supplémentaires, qui peut alors tomber à environ 10% du flux total pour des performances encore excellentes. Enfin, nous démontrons la supériorité des flux encodés SVC par rapport aux flux AVC en présence de décodage robuste, et pour des tailles de séquences codées comparables.

I. Objectifs et contexte de travail

Standard H264 AVC



H.264 AVC prévoit des outils de résistance aux erreurs (outils de partitionnement de données (DP)) :

- DPA (haute priorité) regroupe les éléments importants d'encodage (en-têtes, vecteur de mouvement, mode Intra, image de référence)
- DPB (basse priorité) regroupe les éléments moins importants (résidus de prédiction des macrobloques codés en mode Intra)
- DPC (basse priorité) regroupe les éléments moins importants (résidus de prédiction des macrobloques codés en mode Inter)

Solutions développées pour améliorer la qualité de la vidéo décodée :

- Retransmettre les paquets DPB et DPC corrompus
- Utiliser des codes correcteurs
- Utiliser des techniques de masquage (concealment) spatio-temporelles

Inconvénients :

- Situation de diffusion, une retransmission n'est pas possible
- Mauvaise utilisation du débit disponible sur des canaux variables
- Masquage des erreurs (Error concealment) peut s'avérer très coûteux en calcul dans le récepteur

Solution envisagée pour améliorer la qualité [1] :

- Décodeur robuste qui bénéficie de la redondance inhérente des flux vidéo paquetsés

Standard H264 SVC

H264 SVC (extension du standard H 264 AVC) partage le flux vidéo comprimé en :

- Une couche de base (BL – base layer) codée avec la norme H264/AVC
- Plusieurs couches d'amélioration (EL – enhancement layer) pour apporter des informations supplémentaires sur la qualité, la résolution ou la fréquence d'image à la couche de base

Outils de résistance aux erreurs :

- Prévoit des outils de partitionnement de données de la couche de base (BL – base layer), mais ne sont pas implémentés dans l'encodeur SVD de référence de la norme (JSMV software)
- Ne prévoit pas d'outils de partitionnement de données de la couche d'amélioration (EL – enhancement layer)

Objectifs

- Implémenter le partitionnement des données (DP) de la couche de base (BL)
- Proposer un nouveau type de NALU pour les couches d'amélioration (EL) compatible à la norme
- Adapter les algorithmes de décodage robuste et réduire l'overhead

II. Adaptation du flux vidéo H264 SVC pour un décodage robuste

Décodeur robuste repose sur :

- Information présente dans la couche VCL (NALUs slices encodés)
- Connaissance de la longueur des séquences binaires générées à l'encodage des informations résiduelles stockées dans les NALUs de type DPB et/ou DPC

H264 configuré selon le profil de base :

- Basé sur l'encodeur à longueur variable et à contexte adaptatif CAVLC
- Séquence CAVLC représente l'information d'un bloc de 4x4 coefficients DCT
- Information sur la taille des séquences CAVLC n'est pas prévue

Partitionnement des données : Nouveau type de NALUs de synchronisation

Deux types additionnels de NALUs sont proposés pour les couches d'amélioration :

- NALU de synchronisation B (Synchro_B) en lui attribuant le numéro de code 26
- NALU de synchronisation C (Synchro_C) en lui attribuant le numéro 27 de façon à
- Transmettre la longueur des séquences CAVLC (marqueurs) au décodeur robuste
- Maintenir la compatibilité avec le décodeur SVC standard

Codage Exponentiel-Golomb pour encoder les longueurs binaires des séquences CAVLC

III. Algorithme de décodage robuste

Décodage robuste repose sur les mêmes bases que [1] :

- Décodeur séquentiel H.264 AVC combiné à une vérification de syntaxe
- Utilisation de toutes les redondances

Décodage robuste extrait l'information utile inhérente aux séquences CAVLC en exploitant :

- Les contraintes présentes dans la syntaxe des codes à longueur variable (tables VLC)
- Les combine avec les propriétés sémantiques (ex. le nombre maximum de coefficient) du codeur source

Principales étapes du déroulement de l'algorithme (Extension du M-algorithme) :

- Divise chaque séquence CAVLC dans des segments plus petits composés de n bits
- Calcule la probabilité $a posteriori$ de chacun des différents segments de n bits basés sur la syntaxe et la sémantique de l'encodeur CAVLC
- Retient les M segments les plus probables sont retenus
- Concatène avec les prochains segments les plus probables
- Itère le processus jusqu'à ce que la longueur totale de la séquence CAVLC soit atteinte
- Retient la séquence la plus probable

IV. Réduction des coûts de synchronisation des NALUs

Réduction de la taille de l'information supplémentaire des longueurs (overhead) :

- Introduire une information de longueur pour un groupe de NALUs, plutôt que pour chaque NALU
- Inconvénient : introduit une incertitude sur la longueur de chaque séquence individuelle

Nécessité de modifier le M-algorithme :

- Vérifier si plusieurs sous-séquences de syntaxe correcte forment une séquence CAVLC complète
- Stocker les M séquences terminées les plus probables (longueur pouvant varier de 1 au nombre de séquences restantes dans le groupe)
- Ré-exécuter, pour chacune d'elle, la même procédure pour les bits restants
- Exécuter ce processus de manière séquentielle (choix de la table VLC pour la séquence suivante dépend du nombre total de coefficients non nuls dans la séquence actuelle)

Codage entropique (Exponentiel-Golomb) sur l'overhead

V. Évaluation de performance

Réduction de l'overhead : Pourcentages d'overhead dans le flux vidéo

Séquence	Sync NALUs ExpGolomb (%)	Sync NALUs Entropy Based 2 CAVLC (%)	Sync NALUs Entropy Based 4 CAVLC (%)
AVC			
High rate	26,22	10,98	6,22
Medium rate	34,99	16,00	9,19
Low rate	41,40	20,56	11,91
SVC : 2 Layers			
High rate, delta QP = 2	36,95	16,72	9,64
High rate, delta QP = 4	37,01	16,44	9,46
High rate, delta QP = 6	36,45	15,97	9,17
Medium rate, delta QP = 2	45,58	21,47	12,34
Medium rate, delta QP = 4	45,78	21,23	12,16
Medium rate, delta QP = 6	45,09	20,81	11,93

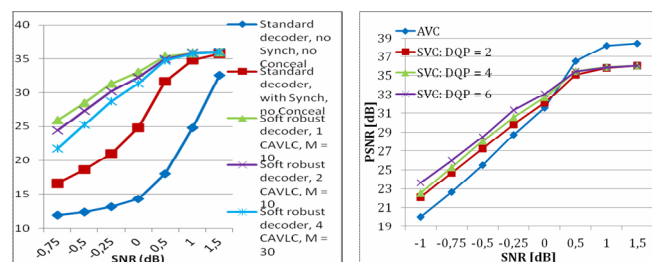
Paramètres et conditions de simulation :

- Séquence « BUS » QCIF ; 70 images ; 15Hz
- Modulation BPSK ; Canal AWGN
- Séquence encodée à 420 kbps
- Encodeur H264/SVC : Mode de scalabilité CGS ; 2 couches d'amélioration
- Codage canal de la norme 802.11a (K=7;133,171; r=1/2)
- SNR = 5 dB

Image n°6



PSNR vs SNR canal pour des vidéos décodées par AVC et SVC



Référence :

- [1] C. Marin, K. Bouchireb, M. Kieffer, P. Duhamel, "Joint Exploitation of Residual Source Information and MAC Layer CRC Redundancy for Robust Video Decoding," *IEEE Trans Wireless Com.*, vol. 9 p.2165 - 2175 (2010).
 [2] P. Duhamel, M. Kieffer, "Joint Source-Channel Decoding: A Cross-Layer Perspective with Applications in Video Broadcasting over Mobile and Wireless Networks," Dec., 2009, ISBN-13: 978-0-12-374449-4, 334 pages, Elsevier, EURASIP and Academic Press Series in Signal and Image Processing.