



UNIVERSITE MOHAMMED V-AGDAL
FACULTE DES SCIENCES



N° d'ordre : 2435

THÈSE DE DOCTORAT

Présentée par

Abderrahmane ELYOUSFI

Discipline : Sciences de l'Ingénieur

Spécialité : Informatique et Télécommunications

Réduction de la complexité du codage de la vidéo H.264/AVC

Soutenue publiquement le 07 Février 2009

Devant le jury

Président :

M. El Houssine BOUYAKHF Professeur (PES) à la Faculté des Sciences Université Mohammed V Agdal

Examineurs :

M. RACHID EL KOUCH, Professeur (PES) à l'Institut National des Postes et Telecommunication(INPT)

M. NOUREDDINE ZAHID, Professeur (PES) à la Faculté des Sciences Université Mohammed V Agdal

M. AHMED TAMTAOUI, Professeur (PES) à l'Institut National des Postes et Telecommunication(INPT)

M. MOSTAPHA BELKASMI, Professeur (PES) à l'Ecole Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systemes (ENSIAS)

M. ZOUHAIR GUENNOUN, Professeur (PES) à l'Ecole Mohammadia d'Ingenieurs (EMI) de Rabat

Résumé

La norme de codage de la vidéo H.264/AVC, ajoute différentes améliorations sur le schéma principal de codage de la vidéo, ce qui rend cette application plus performante par rapport aux précédentes normes sur les plans qualité et débit. Mais, dans plusieurs cas, comme les applications en temps réel ou des systèmes à puissances limités, les performances de ce codeur de la vidéo sont limitées par la complexité du codage de ce codeur. Cette thèse présente les travaux de recherche pour mettre en place des techniques qui permettent de réduire la complexité de codage de cette norme. Ces techniques visent à apporter l'économie de la réduction de la complexité en gardant la qualité et le débit.

En, s'appuyant sur les résultats des tests expérimentaux préalablement faits sur la plupart des parties améliorées dans ce codeur, nous avons sélectionné de nombreuses parties comme objet de notre thèse et nous avons innové par des méthodes et des algorithmes permettant de réduire la complexité de ces parties. Ces dernières incluant la prédiction intra, la prédiction inter et la méthode d'optimisation débit-distorsion.

De nouvelles techniques variées sont proposées pour la réduction de la complexité de calcul des parties de codage intra prédiction, inter prédiction ainsi que le critère d'évaluation du mode de prédiction. Il est démontré que ces algorithmes réduisent la complexité de calcul d'une façon considérable par rapport aux récents algorithmes en gardant la qualité et le débit.

Les performances des algorithmes proposés sont évaluées en termes de temps de calcul, de débit et de la qualité visuelle. Les comparaisons sont faites à base de tests expérimentaux sur plusieurs séquences. Les avantages et les inconvénients de chaque algorithme sont discutés.

Table des matières

Table des matières	i
Introduction	1
1 Image numérique et compression vidéo	3
1.1 Codage source et théorie de l'information	3
1.1.1 Théorie de l'information	4
1.1.1.1 Quantité d'information	4
1.1.1.2 Entropie	4
1.1.2 Outils de la compression	5
1.1.2.1 Codage de Huffman	5
1.1.2.2 Codage Arithmétique	6
1.1.2.3 Codage par plage	8
1.1.2.4 Codage statistique adaptatif et contextuel	8
1.2 Sources et formats	9
1.2.1 Image et l'espace de couleurs	9
1.2.1.1 Espace de couleur RGB	9
1.2.1.2 Espace de couleur YUV	10
1.2.1.3 Formats d'échantillonnage de YCrCb	10
1.2.2 Définition de la vidéo	11
1.2.2.1 La vidéo analogique	12
1.2.2.2 La vidéo numérique	12
1.2.2.3 Formats de la vidéo	13
1.2.3 Caractéristiques de la vidéo	13
1.2.3.1 Redondance spatiale	13
1.2.3.2 Redondance temporelle	13
1.2.3.3 Critères psychovisuels	14
1.2.4 Taille de la vidéo	14
1.3 Compression vidéo	15
1.3.1 Codage spatial	15
1.3.1.1 Schéma de codage	16

1.3.1.2	Prédiction	17
1.3.1.3	Transformation	17
1.3.1.4	Quantification	18
1.3.2	Codage temporel	18
1.4	Conclusion	21
2	Performances et complexité de la norme H.264 par rapport aux précédentes normes	23
2.1	Type d'images IPB	24
2.1.1	Codage des images intra (I)	24
2.1.2	Codage des images prédites (P)	25
2.1.3	Codage des images bidirectionnelles (B)	26
2.2	Les normes de codage vidéo	26
2.2.1	Les normes de <i>VUIT - T</i>	27
2.2.2	Les normes de <i>ISO/IEC</i>	28
2.2.3	Spécificité de la norme H.264	29
2.2.3.1	Schéma global	30
2.2.3.2	Quantification	31
2.2.3.3	Prédiction Intra-image	31
2.2.3.4	Compensation de mouvement dans H.264	32
2.2.3.5	Codage entropique	33
2.3	Performances et complexité de la norme H.264	34
2.3.1	Environnement expérimental	35
2.3.1.1	Plateforme	35
2.3.1.2	Séquences testées	35
2.3.1.3	Logiciel utilisé	37
2.3.2	Critères d'évaluation	37
2.3.2.1	Mesure de la qualité	37
2.3.2.2	Mesure de la complexité de calcul	39
2.3.3	Simulations des performances de H.264	39
2.3.3.1	Les images de référence	39
2.3.3.2	Multiple tailles de bloc de prediction	40
2.3.3.3	Débit-Distorsion	40
2.3.3.4	Multiple direction de prediction spatiale	41
2.4	Conclusion	42
3	Prédiction Intra Rapide Dans H.264/AVC	43
3.1	Description de la prédiction intra dans H.264	44
3.1.1	Prédiction des blocs 4x4 de luminance	45
3.1.2	Prédiction des blocs 16x16 de luminance	46
3.1.3	Prédiction des blocs 8x8 de chrominance	47

3.2	Algorithmes proposés pour la prédiction spatiale rapide	48
3.2.1	Méthode de la prédiction quadratique	48
3.2.2	Méthode de la prédiction par le gradient	52
3.2.3	prédiction spatiale proposée sur les luminances et les chrominances	54
3.2.3.1	Prédiction spatiale du bloc luma 4x4	55
3.2.3.2	prédiction spatiale du macrobloc luma 16x16	56
3.2.3.3	prédiction spatial du bloc chroma 8x8	56
3.2.4	Analyse de la complexité de codage	57
3.3	Algorithmes proposés pour la décision rapide du mode prédiction spatiale	57
3.3.1	Décision du mode de prédiction spatiale du bloc luma 4x4	58
3.3.2	Décision du mode de prédiction spatial du bloc luma 8x8	61
3.3.3	Décision du mode de prédiction spatial du macrobloc luma 16x16	63
3.3.4	Décision du mode de prédiction spatial du bloc chroma 8x8	63
3.3.5	Analyse de la complexité de calcul	64
3.4	Résultat Experimental	64
3.4.1	Les résultats de simulation de la 1 ^{re} méthode	65
3.4.2	Les résultats de simulation de la 2 ^{me} méthode	66
3.5	Conclusion	70
4	Choix de la taille du bloc et du mode de prédiction dans H.264/AVC	73
4.1	Description de la prédiction temporelle dans la norme H.264/AVC	74
4.2	Algorithme rapide de la sélection du mode de prédiction spatiale	76
4.2.1	Théorie du centre de gravité	77
4.2.2	Centre de gravité et la direction de corrélation	77
4.2.2.1	Direction de corrélation du bloc luma 4x4	78
4.2.2.2	Direction de corrélation du bloc luma 8x8	84
4.2.2.3	Direction de corrélation du bloc luma 16x16 et chroma 8x8	84
4.2.3	Décision rapide du mode prédiction intra	85
4.2.4	Analyse de la complexité du calcul	86
4.3	Algorithme rapide de prédiction inter images	86
4.3.1	Détermination des régions homogènes par le centre de gravité.	87
4.3.2	Détermination de sous partitions homogènes à partir du centre de gravité.	88
4.3.3	La décision rapide pour prédiction inter	89
4.3.4	Analyse de la complexité du calcul de la prédiction inter	90
4.4	Résultats Experimentaux	91

4.4.1	Les résultats de simulations de l'algorithme de prédiction intra rapide	92
4.4.2	Les résultats de simulations des algorithmes rapides de prédiction inter	94
4.5	Conclusion	96
5	L'optimisation du débit-distorsion rapide pour le mode decision dans la norme H.264/AVC	99
5.1	Description du critère débit distorsion dans H.264/AVC	100
5.2	Réduction de la complexité du calcul du critère débit-distorsion dans H.264/AVC	103
5.2.1	Codage entropique	103
5.2.2	Le nombre de bits pour coder les coefficients du bloc par CABAC	104
5.2.3	Estimation du nombre de bits de codage R	105
5.3	Réduction de la complexité du calcul de la distorsion pour le RDO	106
5.3.1	La transformée dans H.264/AVC	106
5.3.2	Le théorème de Parseval et la réduction de la complexité de la distorsion	108
5.3.3	Le critère d'évaluation rapide du coût du mode de prédiction	110
5.4	Résultat Experimental	112
5.5	Conclusion	115
	Conclusion	117
	Bibliographie	119
	Publications	125
	Table des figures	127
	Annexes	131
	Annexe 1 : Prédiction MICD et MICDA	131
	Annexe 2 : Transformation	133
	Transformée de Karhunen Loève	133
	Transformée en cosinus discrète	134
	Annexe 3 : Quantification	136
	Quantification Scalaire	136
	Quantification Scalaire Uniforme	137
	Quantification Scalaire non-Uniforme	137
	Quantification vectorielle	139
	Annexe 4 : Différents algorithmes d'estimation de mouvement	140

Table des matières

v

Recherche exhaustive	140
Recherche sur une grille en diamant (Diamond Search Algorithm)	140
Méthode Three Step Search (TSS)	142

Glossaire

143