HAL
open science

Performances des mécanismes de robustesse de H.264/AVC sur un lien sans fil

Salim Benayoune, Nadjib Achir, Khaled Boussetta, Ken Chen

To cite this version:

Salim Benayoune, Nadjib Achir, Khaled Boussetta, Ken Chen. Performances des mécanismes de robustesse de H.264/AVC sur un lien sans fil. Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP 2006, Eric Fleury and Farouk Kamoun, Oct 2006, Tozeur/Tunisia, 12 p. inria-00110261

HAL Id: inria-00110261

https://inria.hal.science/inria-00110261v1

Submitted on 20 Nov 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Performances des mécanismes de robustesse de H.264/AVC sur un lien sans fil

Salim Benayoune, Nadjib Achir, Khaled Boussetta et Ken Chen

Laboratoire L2TI – Institut Galilée – Université Paris 13
99 Avenue J-B Clément
93430 Villetaneuse, France
prénom.nom@l2ti.univ-paris13.fr

RÉSUMÉ. *Le standard H.264/AVC suscite depuis quelque temps un intérêt croissant de la part de la communauté réseau. D'un point de vue réseau, le principal apport de ce standard réside dans l'introduction d'une couche d'adaptation réseau appelé NAL (Network Abstraction Layer) censée apporter une plus forte interaction entre un codeur-decodeur et le réseau. Parmi ceci, les outils permettant de renforcer la robustesse contre les erreurs figurent en bonne place, étant donné leur intérêt évident dans un réseau mobile. Sur ce point, H.264/AVC introduit de nouveaux outils de protection contre les erreurs. Dans cet article, nous analysons et nous évaluons l'impact quantitatif de certains de ces mécanismes de robustesse contre les erreurs dans le cas où le flux H.264/AVC est transmis dans un lien sujet à perturbations, comme cela est le cas dans un réseau mobile.*

ABSTRACT. *Since its normalization H.264/AVC standard has attracted a growing interest from the network community. As far as networks are concerned, the major advantage of H.264/AVC standard resides in the introduction of an adaptation layer allowing tight interaction between the encoder–decoder and the network. In particular, the set of error resilience tools defined by this standard is of great interest, given the need for such mechanisms in the specific context of an error prone link, such as a wireless one. The main objective of this work is to evaluate the impact of some error resilience tools for a video transmission over an imperfect wireless link. Through the analysis of the obtained results, we derive some recommendations regarding the parameters setting rules of some H.264 resilience tools that might significantly reduce the video quality degradation.*

MOTS-CLÉS : *H.264/AVC, Robustesse contre les erreurs, Réseaux sans fil*

KEYWORDS: *H.264/AVC, Error resilience tools, Wireless networks*

CFIP 2006 - POST PRINT

1. Introduction

Les réseaux mobiles de troisième génération ont été conçus avec le souci d'offrir une bande passante plus importante que la précédente génération et suffisamment large pour supporter l'échange de données informatiques issues de certaines applications classiques de l'Internet, notamment le Web ou le courrier électronique. Toutefois, plusieurs expert s'accordent à dire que le succès de ces nouvelles technologies dépendra de la capacité de ces réseaux à supporter et/ou à introduire de nouveaux services qui constitueront une plus-value en terme de confort réellement perceptible dans une communication. Le confort visuel que prodigue la vidéo téléphonie figure en bonne place parmi ces nouveaux services attendus. Malheureusement, l'exigence en terme de ressources (notamment d'une importante bande passante) et les fortes contraintes sur les paramètres de Qualité de Service (QdS) qu'impose la transmission d'un flux vidéo contraste avec la rareté du spectre radio et le manque de fiabilité des liens sans fil. Cette difficulté a naturellement conduit à l'élaboration de nouveaux standards vidéo, plus robustes dans des conditions fortement variables et contraignantes tout en offrant une qualité acceptable à l'utilisateur.

Parmi ces nouveaux standards, l'un des plus prometteurs est le standard H.264/AVC [ITU 03]. Ce dernier a été finalisé en Mai 2003 et se propose d'augmenter l'efficacité du codage et de la compression (au moins doubler le taux de compression de MPEG4) tout en facilitant l'adaptation du flux vidéo aux caractéristiques du réseau de transport sous jacent [WIE 03]. Cette adaptation est facilitée par l'introduction d'une nouvelle couche dans l'architecture du standard appelée NAL (Network Abstraction Layer) qui génère des unités appelées NALUs (NAL Units). Le standard H.264/AVC propose également plusieurs mécanismes qui visent à renforcer la robustesse contre les erreurs. Cet article se focalise sur ce dernier point. L'objectif recherché étant d'analyser l'apport réel d'un ensemble d'outils de robustesse contre les erreurs de H.264/AVC en terme de qualité, ainsi que leur impact en terme de consommation de la bande passante.

La suite de l'article est organisée comme suit : une présentation du contexte général dans lequel se place cette étude et un état de l'art sur les travaux liés à la transmission vidéo dans les réseaux mobiles sont donnés dans la section suivante. Une attention particulière est portée sur les différents outils proposés dans H.264 pour la protection contre les erreurs. La méthodologie employée dans notre étude expérimentale est décrite dans la section 3. La section 4 propose une discussion portant sur l'analyse des résultats obtenus. Enfin, une conclusion et un ensemble de perspectives pouvant compléter ce travail sont donnés dans la section 5.

2. Contexte

2.1. *Outils de robustesse contre les erreurs de H.264/AVC*

L'une des principales causes de la dégradation de la qualité vidéo au niveau du ré-

CFIP 2006 - POST PRINT

cepteur est la présence des erreurs de transmission. Malheureusement les réseaux sans fil sont caractérisés par des taux d'erreurs qui sont très élevés par rapport aux réseaux filaires. Pour cela, plusieurs approches sont proposées dans la littérature pour minimiser la dégradation de la qualité vidéo perçue par l'utilisateur final dans de telles situations. D'une manière générale, ces approches se répartissent en quatre catégories : (1) la retransmission des paquets perdus (e.g. ARQ) (2) l'insertion de la redondance (e.g. la FEC) (3) les algorithmes de suppression de l'effet des erreurs (*error concealment*) au niveau du décodeur et (4) les outils de robustesse contre les erreurs au niveau de l'encodeur. Dans cet article, nous nous focalisons sur cette derniére catégorie. Plus précisement, nous étudions les performances des outils de robustesse contre les erreurs introduits dans le standard H.264/AVC. Ces derniers peuvent être résumés comme suit :

1) **Slices flexibles :** Le slice, qui est une suite de macroblocs (MBs) appartenants à la même image, constitue la plus petite unité qui est indépendamment décodable dans un flux vidéo. Chaque image dans la séquence vidéo est constituée d'un ou de plusieurs slices et chaque MB appartient à un seul slice. H.264 permet d'ajuster librement la taille des slices pour répondre aux exigences en terme de MTU (Maximal Transmission Unit) du réseau de transport sous jacent.

2) **La technique FMO (Flexible Macrobloc Ordering) :** La technique FMO permet de créer des slices avec des MBs qui ne sont pas forcément adjacents en se basant sur un schéma d'allocation de MBs aux slices, appelé *schéma FMO*. En utilisant cette technique, chaque image est divisée en groupes de slices et chaque groupe de slices se constitue à son tour d'un ou de plusieurs slices. La **Figure 1** montre quelques exemples d'utilisation de FMO. Si par exemple un slice de type 0 dans la **Figure 1**(b) se perd dans le réseau, chaque MB de ce slice perdu peut être estimé en se basant sur les MBs adjacents appartenants au slice de type 1.

3) **Insertion du contenu Intra-codé :** Un MB d'une image f est codé en I (Intra) s'il ne fait aucune référence à des MBs n'appartenant pas à l'image f. H.264 permet de forcer le codage en I de n macroblocs dans chaque image permettant ainsi de diminuer la propagation des erreurs sur les images successives.

4) **Références multiples :** H.264 permet de faire la prédiction en se basant sur plusieurs images de référence, ce qui limite l'effet de la perte d'une image entière sur le décodage des autres images.

5) **Partitionnement de données :** H.264 permet de diviser chaque slice en trois parties : la partie ***A*** qui contient les entêtes des slices, la partie ***B*** qui contient les coefficients des MBs I (prédiction spatiale) et la partie ***C*** qui contient les coefficients des MBs P et B (prédiction temporelle). De cette façon, même si les parties ***B*** et ***C*** sont perdues, les informations de la partie ***A*** demeurent utilisables par les algorithmes de suppression de l'effet des erreurs.

6) **Slices redondants (RS : Redundant Slices) :** Cette technique permet d'insérer dans le flux un slice primaire et un ou plusieurs slices secondaires codés avec une qualité moins que celle du slice primaire. Si le slice primaire arrive à destination, les slices secondaires seront ignorés. Sinon, un slice redondant remplacera le slice perdu.

CFIP 2006 - POST PRINT

CFIP'2006.

2.2. *Etat de l'art*

La littérature concernant l'évaluation des mécanismes de robusesse contre les erreurs du standard H.264 dans les réseaux sans fil est encore assez peu nombreuse. Cela s'explique par la standardisation relativement récente et l'absence d'un codeur-décodeur logiciel ouvert, intégrant l'ensemble des outils de robustesse. Il existe toutefois, un nombre d'articles grandissant sur ce sujet.

Une excellente présentation des outils de robustesse contre les erreurs du standard H.264 se trouve dans [WEN 03] et [STO 03]. Dans [WEN 03], les auteurs évaluent quelques outils sur un réseau *filaire* avec des taux de pertes allant de 3% jusqu'à 20%. L'article [STO 03] discute l'utilisation de H.264 sur des réseaux sans fil, mais analyse surtout des techniques orientées codage comme l'optimisation Débit-Qualité (Rate-Distortion optimization) et l'utilisation du canal de retour pour le choix des images de référence pour la prédiction temporelle.

La transmission du flux H.264 sur des réseaux Ad Hoc est étudiée dans [MAS 03] et [CAL 03]. [MAS 03] évalue l'impact de la congestion dans le réseau sur la qualité vidéo mais les auteurs n'étudient pas l'apport des outils de robustesse de H.264 dans un tel contexte. Par contre, [CAL 03] évalue l'apport de l'insertion du contenu Intracodé et FMO sur des réseaux Ad Hoc. Malheureusement, dans l'étude de FMO, les auteurs considèrent seulement la perte d'une seule image dans tout le flux vidéo, ce qui n'est pas réaliste. Dans une étude récente, [LIN 05] évalue l'apport de l'insertion du contenu Intracodé et de FMO dans des réseaux 3G pour des applications conversationnelle. Cependant, le taux d'erreurs considéré ne dépasse pas 1.3% sur l'ensemble des paquets, ce qui n'est pas suffisant pour évaluer proprement l'apport des outils étudiés.

Ici, il convient de noter que peu d'articles proposent l'évaluation de l'ensemble des outils de robustesse dans des conditions de transfert réalistes pour un réseau sans fil. La contribution principale de cet article réside dans l'évaluation des plusieurs mécanismes de robusesse, à savoir les quatres premiers outils décrits dans la section 2.1. Les parametres de performance concidèrent la qualité de la vidéo reçue (i.e. le PSNR) et le surcoût induit par chaque outil sur le réseau (i.e. bande passante requise). La méthodologie suivie est détaillée dans la section suivante.

3. Méthodologie

Notre étude s'appuie sur une approche expérimentale. A cette fin, nous avons mis en place une plate-forme permettant l'émulation d'une transmission d'un flux vidéo H.264 avec pertes. Nous avons utilisé des séquences vidéo admises pour être des séquences de référence pour ce type d'études. Notre choix s'est porté sur trois séquences : `Akio` qui présente peu de mobilité, `Mobile` qui présente une forte mobilité et `Foreman` qui est une séquence avec une mobilité moyenne. Pour toute ces séquences, on a choisit le format QCIF (176×144) vu qu'il est plus adapté pour les terminaux mobiles actuels. Ensuite, les séquences vidéo sélectionnées sont codées en utilisant l'encodeur H.264 de référence, à savoir JM-10.2.

CFIP 2006 - POST PRINT

Après cette première étape d'encodage, nous avons utilisé un "*parsseur*", permettant d'extraire des informations sur le flux binaire, à savoir la taille des NALUs et les entêtes RTP. Pour chaque paquet RTP nous avons émulé le procesus d'encapsulation, jusqu'à la couche IP. En se basant sur ces informations, un module de génération de pertes de paquets émule la transmission du flux binaire au travers d'un lien radio sans fil en insérant des erreurs qui carctérisent les environnements sans fil. Dans cet article nous ne concidérons que les pertes dues aux erreurs de transmission, nullement les pertes dues au dépacement du délai, à la variation du délai (c-à-d. débordement du buffeur de réception) ou à la congestion. Au niveau du décodeur, nous avons appliqué un algorithme de suppression de l'effet des erreurs qui consiste à remplacer les MBs manquants par ceux de l'image précédente. La dernière étape, consiste en une mesure de la qualité vidéo (rapport signal sur bruit - PSNR) en effectuant une comparaison entre le fichier vidéo brut YUV obtenu après décodage, le fichier vidéo altéré par la perte, et le fichier vidéo brut original.

Afin d'émuler le comportement d'un lien radio, nous avons utilisé le modèle Gilbert-Elliot [GIL 60] [ELL 63] qui modélise des erreurs qui arrivent en rafales (typique sur les lien sans fil). Ce modèle est une Chaîne de Markov à Temps Discret avec deux états : un état "*Bon*" et un etat "*Mauvais*". A chaque état du modèle correspond une certaine condition spécifique du réseau sans fil et dispose d'un certain taux de perte binaire (BER – Bit Error Rate), e_B pour l'état "*Bon*", et e_M pour l'état "*Mauvais*" ($e_B \ll e_M$). La matrice de transition est complètement déterminée par les probabilités P_{BB} (la probabilité que le prochain état soit bon, en sachant que l'état courant est bon), et P_{MM} (la probabilité que le prochain état soit mauvais, en sachant que l'état courant est mauvais). Pour notre expérimentation, les valeurs de P_{BB} et de P_{MM} utilisées sont issues de [FAN 96]. Ainsi, $P_{BB} = 0.995$, $P_{MM} = 0.96$, $e_B = \alpha \times 0.00001$ et $e_M = \alpha \times 0.001$. Ici, α est une variable réelle qui nous permet de faire évoluer le taux d'erreurs binaires dans nos experimentations. On peut en effet déduire que le taux d'erreurs binaires vaut $\alpha \times 0.00012$.

4. Résultats

Dans cette section, nous présentons les résultats obtenus pour les outils de robustesse suivants : slices flexibles, insertion du contenu intra-codé et la technique FMO. Notons que nous avons évalué les référence multiples, par manque d'espace nous ne pouvons pas présenter nos résultats. Nous pouvons toutefois indiqué que dans nos expérimentations l'utilisation des références multiples n'a pas amélioré la qualité vidéo. Nous pensons que l'utilité de cet outil réside beaucoup plus dans l'augmentation de l'efficacité de compression plutôt que dans la protection contre les erreurs. Nous avons choisi de présenter les courbes en fonction du paramètre α pour faciliter l'analyse. Chaque expérience (émulation) est répétée 20 fois et les valeurs moyennes sont représentées sur les courbes. La taille des slices est de 50 octets sauf pour l'outil slices flexibles dans lequel la taille des slices est variable.

CFIP 2006 - POST PRINT

CFIP'2006.

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(a) interlaced

0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

(b) dispersed

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(c) foreground

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	2	1	2	1	0	0	0
0	0	0	2	1	2	1	2	0	0	0
0	0	0	1	2	1	2	1	0	0	0
0	0	0	2	1	2	1	2	0	0	0
0	0	0	1	2	1	2	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

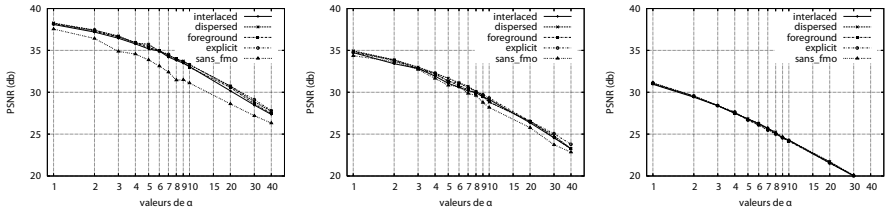
(d) explicit

Figure 1. *Schémas FMO utilisés dans l'évaluation*

4.1. *La technique FMO*

Pour l'évaluation de la technique FMO, nous avons sélectionné les schémas FMO *interlaced* (**Figure 1(a)**), *dispersed* (**Figure 1(b)**), *foreground* (**Figure 1(c)**) qui sont proposés par le standard. Afin de montrer la flexibilité de ce nouveau concept, nous avons proposé un nouveau schéma FMO que nous avons appelé *explicit*. Ce dernier est une fusion du schéma *dispersed* et du schéma *foreground* (**Figure 1(d)**). La **Figure 2(a)** représente le PSNR obtenu pour `Akiyo` en fonction de α pour les différents schémas FMO décris ci-dessus. Afin de mesurer l'apport de cet outil, on a tracé sur la même figure les résultats pour le cas sans FMO. Cette figure montre clairement que tous les schémas FMO permettent d'avoir une qualité supérieure au cas sans FMO et l'amélioration atteint $2.5\ db$. Cependant, en comparant les différents schémas FMO entre eux, on note qu'ils ont des valeurs de PSNR très proches les unes des autres. Un petit avantage de $0.5\ db$ pour le schéma *explicit* est perçu pour des valeurs de α supérieures à 20. Les mêmes remarques sont valables pour `Foreman` (**Figure 2(b)**), sauf que la différence atteint au maximum $1\ db$ entre le cas sans FMO et les différents schémas FMO. La **Figure 2(b)** représente le PSNR obtenu pour la séquence `Mobile`. On remarque ici que tous les schémas FMO ainsi que le cas sans FMO donnent la même qualité en terme de PSNR. On peut penser que les différences observées en terme de PSNR sont dues à des taux de pertes paquets (PLR) plus élevés pour `Mobile` que ceux pour `Akiyo` et `Foreman`. Ce n'est pas le cas car nous avons calculer ces taux de pertes et nous avons obtenu pratiquement les mêmes valeurs de PLR pour les trois séquences avec un PLR allant de 1% (pour $\alpha = 1$) jusqu'à 25% (pour $\alpha = 40$).

CFIP 2006 - POST PRINT



(a) PSNR Akiyo (b) PSNR Foreman (c) PSNR Mobile

Figure 2. *Résultats de l'outil FMO*

Il est à noter que FMO est une technique qui améliore essentiellement la prédiction spatiale et non temporelle, ce qui explique parfaitement les résultats obtenus. En effet, `Akiyo` et `Foreman` contiennent de grands objets avec une mobilité faible (`Akiyo`) ou moyenne (`Foreman`). L'existence des grands objets combinée avec l'utilisation de FMO permet à n'importe quel algorithme de suppression des effets des erreurs, aussi simple qu'il soit, de mieux recouvrir les pertes (compartivement à un schéma sans FMO). Quant à la séquence `Mobile`, elle contient de petits objets en mouvement rapide, ce qui ne permet pas d'avoir une redondance spatiale et par conséquent limite l'apport de FMO.

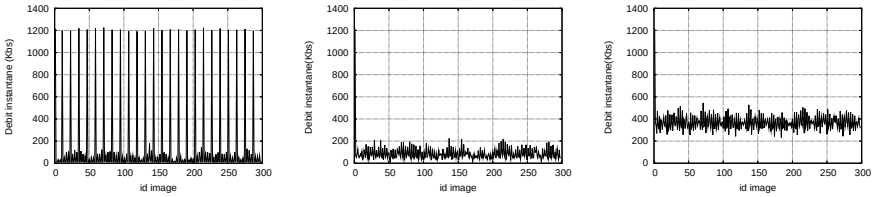
4.2. *Insertion du contenu Intra-codé*

Afin d'évaluer cet outil, nous avons effectué plusieurs expérimentations en modifiant chaque fois le pourcentage de MBs codés en Intra dans chaque image. La méthode consiste à choisir *aléatoirement* r % MBs dans chaque image et de les coder en Intra. On note brièvement cette méthode par RIR (Random Intracoding Refresh). Dans ce qui suit, RIR(r) signifie que le taux utilisé pour RIR est de r %.

La **Figure 3** montre l'effet de l'outil RIR sur le débit instantané. Les figures **3(a)**, **3(b)** and **3(c)** montrent le débit instantané engendré par la transmission de `Akiyo` et ceci : sans RIR, avec RIR(5) et avec RIR(30), respectivement. Dans le premier cas, une image de type I est insérée une fois toutes les 12 images, d'où les pics remarqués sur la **Figure 3(a)**, les images de petites tailles qui sont entre deux pics sont des images de types P ou B. Cependant, pour RIR(5) (**Figure 3(b)**) on note qu'il y'a un seul pic qui correspond à l'envoi de la première image, ce qui permet d'avoir un débit moins variable. En utilisant l'outil RIR, les images P et B ont des tailles un peu plus grandes que celles obtenues sans RIR. Néanmoins, du point de vue réseau, l'outil RIR offre l'avantage de pouvoir lisser le trafic. Ceci est appréciable dans la mesure où il facilite le dimensionnement de certaines ressources réseau, comme par exemple, les tampons.

CFIP 2006 - POST PRINT

CFIP'2006.



(a) sans RIR (b) avec RIR(5) (c) avec RIR(30)

Figure 3. *Débit instantané (Akiyo)*

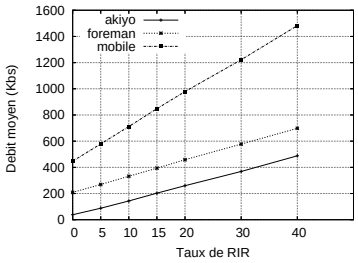
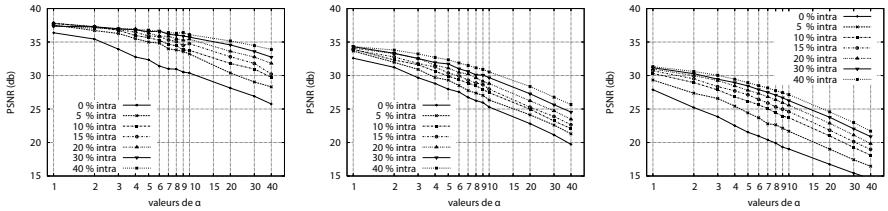


Figure 4. *Debit moyen requi pour RIR*

L'apport de l'outil RIR en terme de qualité vidéo (PSNR) est représenté sur les figures **5(a)**, **5(b)** est **5(c)** pour `Akiyo`, `Foreman` et `Mobile` respectivement. Pour les trois séquences, l'augmentation du taux de RIR améliore la qualité vidéo, et donc augmente la robustesse de la séquence contre les erreurs. En plus, l'amélioration de la qualité vidéo est proportionnelle au degré de mobilité des objets dans chaque image. En effet, l'utilisation de l'outil RIR dans `Mobile` permet d'avoir des différences de PSNR plus grandes que celles obtenues pour `Akiyo` et `Foreman`. Ceci revient au fait que la séquence `Mobile` est plus sensible aux erreurs de transmission car elle a moins de redondance spatiale.

Dans la **Figure 4**, qui représente le débit moyen requis en fonction du taux RIR, on remarque que le débit augmente linéairement avec le taux RIR. Un compromis entre le débit requis et la qualité vidéo voulue peut être retrouvé. Par exemple, pour un débit offert de $200\ kbs$, le taux RIR de la séquence `Akiyo` ne doit pas dépasser 15% et le PSNR reste supérieure à $30\ db$ ce qui est largement acceptable.

CFIP 2006 - POST PRINT



(a) PSNR Akiyo (b) PSNR Foreman (c) PSNR Mobile

Figure 5. *Résultats de l'outil RIR*

4.3. *Slices flexibles*

Pour évaluer cet outil, nous avons fait varier la taille maximale des slices. Les valeurs choisies pour cette taille maximale sont : 50, 100, 200 et 300 octets. Les tailles des slices qui dépassent les 300 octets provoquent des taux d'erreurs de paquets non acceptables.

Les figures **7(b)**, **7(d)**, et **7(f)** représentent le taux de perte des paquets pour `Akiyo`, `Foreman` et `Mobile`, respectivement. Nous remarquons que l'augmentation de la taille des slices augmente le taux de perte des paquets. Ce résultat est attendu car chaque slice est encapsulé dans un seule paquet et que la probabilité de perte d'un paquet est proportionnelle à sa taille.

La **Figure 7(a)** représente le PSNR de la séquence `Akiyo` en foction de α et pour les différentes tailles de slices choisies. Cette figure montre que la meilleure qualité s'obtient toujours pour les petites tailles de slices. La raison est la suivante : la perte d'un slice de grande taille conduit à une perte d'une grande zone dans l'image, ce qui est difficile à récupérer par les algorithmes de suppression de l'effet des erreurs au niveau du décodeur. La même remarque est valable pour `Foreman` (**Figure 7(c)**) et `Mobile` (**Figure 7(e)**).

Ces remarques montrent que la meilleure qualité vidéo est obtenue en utilisant des slices de petites tailles. Cependant, l'utilisation des slices de petites tailles consomment plus de bande passante réseau. En effet, en se basant sur la **Figure 6** qui trace les débits moyens en fonction des tailles des slices, il est clair que le débit augmente d'une façon non linéaire lorsque la taille des slices diminue. Par conséquent, la diminution de la taille des slices augmente la qualité vidéo mais augmente aussi la consommation en bande passante et diminue l'efficacité de l'utilisation du lien.

CFIP 2006 - POST PRINT

CFIP'2006.

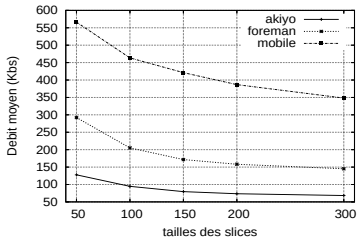
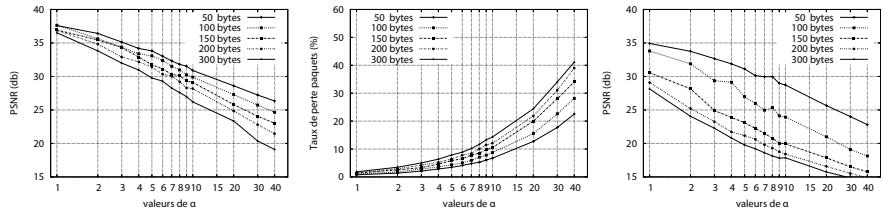
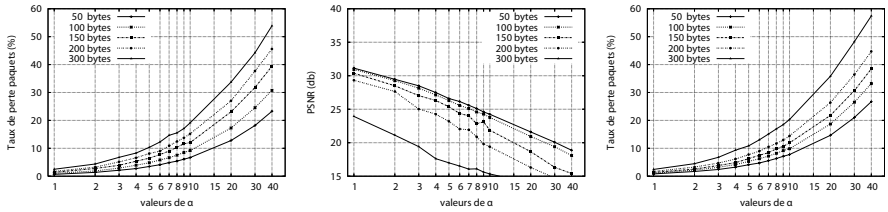


Figure 6. *Débit moyen pour différents tailles de slices*



(a) PSNR Akiyo (b) Taux de pertes, Akiyo (c) PSNR Foreman



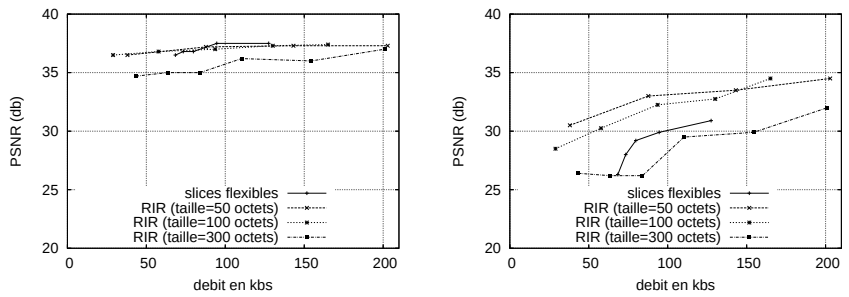
(d) Taux de pertes, Foreman (e) PSNR Mobile (f) Taux de pertes, Mobile

Figure 7. *Résultats de l'outil slices flexibles*

4.4. *Discussion*

Dans les sections précédentes, nous avons mesuré l'apport de chaque outil de robustesse contre les erreurs en essayant de désactiver les autres outils qui existent dans H.264. Toutefois, deux questions principales méritent d'être abordées ici : (1) Pour un débit donné, comment choisir l'outil qui offre la meilleure qualité vidéo, (2) La combinaison de ces outils augmente-t-elle la qualité vidéo ? Vu le nombre important de combinaisons possibles, on se contente ici de comparer deux outils seulement : slices flexibles et l'outil RIR.

CFIP 2006 - POST PRINT



(a) $\alpha = 1$ (b) $\alpha = 10$

Figure 8. *Comparaison entre slices flexibles et RIR*

Afin de comparer la consommation en terme de bande passante pour les deux outils choisis (slices flexibles et RIR), on a tracé sur la **Figure 8(a)** le PSNR obtenu en fonction du débit nécessaire. Ces résultats sont obtenus pour la séquence `Akiyo` et pour $\alpha = 1$. Sur cette figure, nous avons représenté 4 courbes : la première est relative à l'outil slices flexibles, les trois dernière sont relatives à l'outil RIR avec utilisation de slices de tailles 50, 100 et 300 octets respectivement. Pour la courbe relative à l'outil slices flexibles, chaque point représente une taille de slice de 50, 100, 150, 200 ou 300 octets. Les points sur les courbes de RIR sont relatives à des taux de raffraichissement Intra de 5, 10, 15, 20, 30 et 40, respectivement. Néanmoins, si le débit dépasse $200kbs$, le point correspondant ne sera pas représenté sur la courbe.

Cette figure (**Figure 8(a)**) montre que l'outil slices flexibles est le plus performant pour les taux d'erreurs binaires faibles (car cette figure correspond à $\alpha = 1$). L'utilisation de RIR avec une taille de slices de 300 $octets$ dégradent énormément la qualité vidéo. Pour des taux d'erreurs faibles, l'utilisation d'une taille de slice de 50 ou de 100 octets donnent des meilleurs résultats en terme de compromis débit-qualité. Cependant, l'utilisation de l'outil RIR permet d'avoir un débit moins variable (pas de pics causé par les images I) ce qui permet de mieux dimensionner les ressources réseau. Pour bénéficier de l'avantage des deux outils, nous proposons d'utiliser l'outil RIR avec un taux de 5% et une taille de slice de 100 $octets$. Ce compromis permet d'avoir un PSNR acceptable (37 db) avec un débit faible (55 kbs) est quasi constant. La **Figure 8(b)** représente les mêmes courbes que la **Figure 8(a)**, mais cette fois ci avec $\alpha = 10$. Nous remarquons que l'utilisation de RIR avec une taille de slices de 300 $octets$ donne des mauvaises performances. Par contre, l'utilisation de RIR avec des tailles de slices de 50 $octets$ donne les meilleurs résultats. Par exemple, pour une bande passante offerte de 100 kbs, le meilleure compromis est d'utiliser RIR pour un taux de 10 $\%$ et une taille de slices de 50 $octets$.

CFIP 2006 - POST PRINT

CFIP'2006.

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons proposé une analyse des outils de robustesse du standard H.264 dans le cas où un flux vidéo conforme à ce standard subit des altérations typiques à celles rencontrées dans réseau sans fil. Nous nous sommes particulièrement focalisés sur la technique FMO, la flexibilité de variations de la taille des slices et l'insertion du contenu intra-codé. Les résultats obtenus montrent que, du point de vue réseau, l'insertion du contenu intra-codé avec une taille de slice convenable offre les meilleures performances. L'insertion du contenu intra-codé a l'avantage de lisser le débit et donc de faciliter le dimensionnement des ressources réseau. Nous avons aussi constaté que l'apport de la technique FMO dépend largement du contenu de la séquence vidéo. Dans des travaux futurs, nous allons étudier l'impact des outils de robustesse de H.264 dans des environnements sujets à d'autres causes d'erreurs comme par exemple les congestions et les pertes aux niveau des tampons de réseau.

6. Bibliographie

[CAL 03] CALAFATE C., MALUMBRES M., « Testing the H.264 error-resilience on wireless ad-hoc networks », *Video/Image Processing and Multimedia Communications*, July 2003, p. 789- 796.

[ELL 63] ELLIOT E., « Estimates of error rates for codes on burst-noise channels », *Bell System Technological Journal*, vol. 42, 1963, p. 1977 - 1997.

[MAS 03] MASALA E., CHIASSERINI C.F., M.MEO, MARTIN J., « Real-Time Transmission of H.264 Video Over 802.11-Based Ad Hoc Networks », *Workshop on DSP in Mobile and Vehicular Systems*, April 2003.

[ITU 03] ITU-T, « Advanced vido coding for generic audiovisual services », Recommendation H.264, May 2003.

[LIN 05] LIN L., XIU-ZI Y., SAN-YUAN Z., YIN Z., « H.264/AVC error resilience tools suitable for 3G mobile video services », *Journal of Zhejiang University SCIENCE*, , 2005, p. 41-46.

[FAN 96] FANTACCI R., SCARDI M., « Performance evaluation of preemtive polling schemes and ARQ technique for indoor wireless networks », *IEEE Transaction on Vehicular Technologie*, vol. 45, n° 2, 1996, p. 248-257.

[GIL 60] GILBERT SE.N., « Capacity of a burst-noise channel », *Bell System Technological Journal*, vol. 39, 1960, p. 1253 - 1265.

[STO 03] STOCKHAMMER T., HANNUKSELA M., WIEGAND T., « H.264/AVC in Wireless Environments », *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, n° 7, 2003, p. 657- 673.

[WEN 03] WENGER S., « H.264/AVC over IP », IEEE *Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 13, n° 7, 2003, p. 645–656.

[WIE 03] WIEGAND T., SULLIVAN G. J., BJNTEGAARD G., LUTHRA A., « Overview of the H.264/AVC video coding standard. », *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techn.*, vol. 13, n° 7, 2003, p. 560-576.

CFIP 2006 - POST PRINT