

Etude de la compression robuste des entêtes dans un réseau IEEE 802.11

Ana Minaburo, Laurent Toutain, Samiha Ayed

► **To cite this version:**

Ana Minaburo, Laurent Toutain, Samiha Ayed. Etude de la compression robuste des entêtes dans un réseau IEEE 802.11. Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP 2006, Oct 2006, Tozeur/Tunisia, Hermès, Session 1 : Compression

robustesse, 12 p., 2006. <inria-00110129>

HAL Id: inria-00110129

<https://hal.inria.fr/inria-00110129>

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.

Etude de la compression robuste des entêtes

dans un réseau IEEE 802.11

Ana Minaburo, Samiha Ayed, Laurent Toutain.

ENST-Bretagne

2, rue de la châtaigneraie, CS 17607,

35576 Cesson-Sévigné

{anacarolina.minaburo; samiha.ayed; laurent.toutain}@enst-bretagne.fr

RÉSUMÉ. La compression robuste des en-têtes, ROHC (Robust Header Compression)[1], a montré de bonnes performances pour des flux multimédias comme la voix ou la vidéo sur des réseaux radio 3G en réduisant le surdébit lié à l'encapsulation. ROHC peut également améliorer l'utilisation des réseaux sans fils IEEE 802.11. Mais son utilisation en dehors de ses conditions de spécification engendre de nouveaux problèmes comme l'identification du bourrage dans les trames Ethernet, etc. L'intégration de ROHC aux réseaux sans fils doit rester compatible avec la norme tout en ajoutant des solutions efficaces qui n'affectent pas la performance globale. Notre étude propose une solution architecturale pour les nouvelles conditions d'utilisation de ROHC et en étudie les gains apportés par la compression.

ABSTRACT. The use of ROHC (Robust Header Compression) for multimedia applications as VoIP over 3G links has shown a good performance in reducing the overhead of RTP encapsulation. ROHC can also improve the use of IEEE 802.11 wireless networks. But this implies the use of ROHC out of its initial conditions and the considerations of IEEE 802.11 characteristics needs to be solved. Some efforts have been made to use ROHC over IEEE 802 links, but the solution needs to be optimized. The use of ROHC out of its operating assumptions adds some additional problems. These problems occur when the padding is used within small packets. This paper introduces a new architectural solutions to the use of ROHC with the new conditions and the performance.

MOTS-CLÉS : compression des en-têtes, IEEE 802.11, réseaux sans fils, performance.

KEYWORDS: header compression, IEEE 802.11, wireless, performance.

Nom de la revue. Volume X – n° X/2001, pages 1 à 12

1. Introduction

Le surdébit introduit pour l'encapsulation d'IP ne représente pas un problème sur un réseau Ethernet (IEEE 802.3) [BOR02] puisque la bande passante disponible n'est pas une ressource convoitée ou rare. Cependant, les réseaux sans fil d'accès WLAN (*Wireless Local Area Networks*, IEEE 802.11) [FOR05], ont souvent une bande passante limitée particulièrement quand l'utilisateur est loin du point d'accès (AP). Les mécanismes de compression des en-têtes comme ROHC (*Robust Header Compression*) [BOR04] peuvent améliorer l'usage du réseau sans fil en réduisant la bande passante utilisée. ROHC est un mécanisme robuste utilisé pour compresser les entêtes des protocoles comme : RTP, TCP, UDP et IP sur un canal point à point sans erreurs.

Nous avons étudié l'utilisation de la compression robuste des en-têtes ROHC sur un lien IEEE 802. Comme Ethernet est utilisé pour interconnecter 2 AP afin de ponter les paquets nous avons étudié les solutions pour envoyer les paquets ROHC sur Ethernet, même si dans un lien Ethernet la compression des en-têtes n'est théoriquement pas nécessaire, cela simplifie l'interconnexion..

Sur un lien Ethernet, si un paquet a une taille moins de 64 octets, des octets de bourrage sont ajoutés à ce paquet. Quand le paquet est transmis sans compression, Ethernet utilise le champ longueur d'IP pour identifier le bourrage. Avec l'utilisation de la compression des en-têtes, ROHC n'envoie pas ce champ longueur d'IP puisqu'il est considéré comme déduit de la longueur du paquet mesuré. Le bourrage ne peut pas être reconnu dans un paquet ROHC. Cet article étudie les solutions globales pour l'utilisation de ROHC sur un réseau sans fil IEEE 802.11.

Après l'introduction, la deuxième partie explique le mécanisme de compression des en-têtes ROHC. La troisième partie décrit les nouvelles conditions dans lesquelles ROHC doit être adapté pour travailler sur des liens Ethernet et IEEE 802.11. Ensuite, nous expliquons l'intégration de ROHC sur Ethernet suivie des usages généralisés à des réseaux IEEE 802. La dernière partie montre quelques mesures de performance.

2. ROHC (Robust Header Compression)

ROHC réduit la taille de l'en-tête transmis en éliminant la redondance. Le mécanisme de compression des en-têtes ROHC [1, 6, 7, 8] fait une classification des champs des en-têtes en fonction de la variabilité de ceux-ci : inféré, statique et changeant. Les champs classifiés comme inférés ne sont jamais envoyés, ceux qui sont statiques ne sont envoyés qu'initialement et ceux qui changent sont toujours envoyés. ROHC a été conçu pour travailler sur un support point à point. Il garde les informations de l'en-tête dans un contexte qui est maintenu aux deux extrémités, entre le compresseur et le

3 Etude de la compression robuste des en-têtes dans un réseau IEEE 802.11

décompresseur. Chaque contexte est identifié par un CID (*Context Identifier*) servant à référencer les flux.

ROHC définit un ensemble de profil décrivant l'encapsulation protocolaire qui devra être compressée. Ce protocole a trois modes d'opération : Unidirectionnel (U), Optimiste (O) et Fiable (R). Le mode U est utilisé quand le lien est unidirectionnel ou quand le canal de retour n'est pas disponible. Pour des liens bidirectionnels, le mode O utilise les acquittements négatifs et le mode R des acquittements positifs et négatifs. ROHC commence toujours dans le mode U même sur un lien bidirectionnel. ROHC ne retransmet pas les données quand une erreur survient et le paquet est rejeté. L'acquiescement est simplement utilisé pour indiquer au compresseur qu'une erreur a eu lieu et que le contexte est probablement endommagé.

Le compresseur de ROHC a trois niveaux de compression [fOR05] : Initiation (IR), Premier Ordre (FO) et Deuxième Ordre (SO). Chaque niveau définit un en-tête différent pour envoyer l'information compressée. Dans le niveau IR, le compresseur envoie le contexte contenant la partie statique et dynamique de l'en-tête. Le niveau FO établit le motif de changement de la partie dynamique de l'en-tête et dans le dernier niveau SO seules les valeurs du numéro de séquence (SN) et de l'estampille temporelle (TS) sont envoyés codés. L'utilisation de ces derniers formats d'en-tête permet la reproduction du contexte et l'établissement de l'en-tête original au bout du canal. Après la réception d'un acquiescement négatif ou lors des mises à jour ou de correction d'erreurs, le compresseur réduit son niveau de compression et il ne revient au SO qu'après avoir retransmis l'information actualisée et rétablit le contexte.

Le mode U utilise deux temporisateurs pour réduire de temps en temps le niveau de compression puisqu'en cas d'erreur le compresseur n'a aucun moyen de savoir si le contexte est perdu ou pas.

3. Réseau Ethernet

Dans un réseau infrastructure 802.11, IEEE 802.3 LLC est utilisé sur la partie sans-fil et Ethernet est utilisé sur la partie filaire. Pour cette raison, dans cette partie nous décrivons les différences entre 802.3 et Ethernet.

Le format de la trame entre IEEE 802.3 et Ethernet diffère seulement avec le contenu de l'en-tête, cf. figure 1.

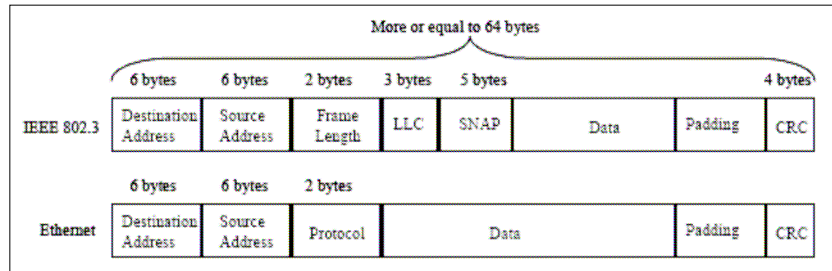


Figure 1. Différence entre la trame Ethernet et la trame 802.3

Les deux types de trames utilisent la même encapsulation physique. Au niveau MAC, la différence entre les deux protocoles provient du troisième champ. Ethernet l'utilise pour le numéro de protocole tandis que IEEE 802.3 s'en sert pour coder la longueur de données utiles. Dans Ethernet, le récepteur n'est pas capable d'identifier les données du bourrage ; le protocole du niveau supérieur est obligé de contenir cette information. Le réseau IEEE 802.3 permet la détection du bourrage mais force l'utilisation de l'encapsulation LLC pour identifier le protocole de niveau supérieur. Ethernet utilise une taille minimale pour la trame de 64 octets qui est nécessaire pour la détection de collisions. Ainsi pour arriver à cette taille, les trames avec une taille inférieure à 64 auront des octets de bourrage ajoutés. A la réception, le champ longueur d'IP est utilisé pour déterminer le bourrage de la trame. Quand un flux Ethernet est envoyé vers un réseau utilisant l'encapsulation LLC, l'AP ou pont traduit l'en-tête Ethernet vers un en-tête IEEE 802 utilisant automatiquement l'encapsulation LLC/SNAP. Dans tous les cas, SNAP est obligatoire pour IP pour maintenir l'alignement à 32 octets, cf. figure 2.

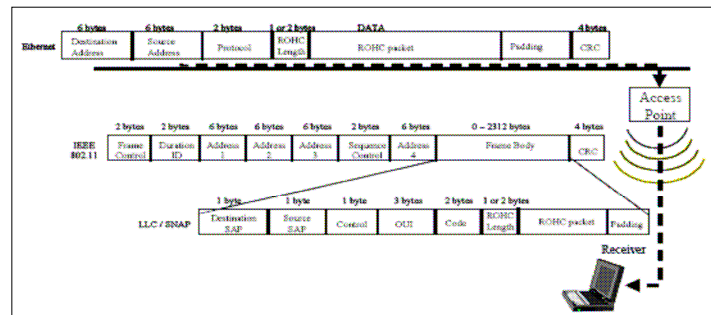


Figure 2. Translation de la trame Ethernet à la trame IEEE 802 en utilisant les paquets ROHC comme données

4. Intégration de ROHC au dessus d’Ethernet

Les paquets courts sont souvent utilisés pour les applications multimédias comme la VoIP. Quand des petits paquets sont émis avec une encapsulation Ethernet, la compression par ROHC ne permet plus au niveau Ethernet de reconnaître la longueur réelle du paquet parce que le champ “longueur de datagramme” n’est jamais envoyé dans les en-têtes des paquets ROHC. Comme le montre la figure 2, en plus du fait que le récepteur ne pourra pas différencier le bourrage des données, pour les paquets de taille inférieure à 64 octets, le bourrage sera transmis aux liens IEEE 802 et les ressources rares seront perdues.

Expliquons maintenant comment se fait la détermination de bourrage avec ROHC. Une indication de bourrage pour ROHC doit être définie pour résoudre ce problème pour ROHC sur Ethernet. Cette indications peuvent être également utilisées, pour résoudre le problème de ROHC au dessus des liens IEEE 802, mais comme nous le verrons par la suite, plus globale et optimale une nouvelle encapsulation .

Les indications de bourrage pour ROHC sont basés sur l’insertion de la longueur absente dans les paquets ROHC pour identifier la fin des données. Ces schémas résolvent le problème de bourrage au niveau ROHC par réduction des performances de la compression. Nous avons étudié différentes solutions comme le montre la table 1.

Scheme	Solution	Size	ROHC (ACL)
ROHC packet length [11]	Ajouter la longueur dans tous les paquets ROHCs	2 octets	6 octets
Packet Length (first alternative)	Si le paquet est < 64 envoyer la longueur, sinon envoyer 000000	1 octets (divisé en 2 bits pour indiquer un paquet long ou court et 6 bits pour coder la longueur)	5 octets
Padding Length (second alternative)	Si le paquet < 64 envoyer la longueur de bourrage sinon envoyer 000000	1 octets (divisé en 2 bits pour indiquer un paquet long ou court et 6 bits pour coder la longueur du bourrage)	5 octets

Table 1. Les schémas de bourrage pour ROHC (TMC pour Ipv6 = 4 [BOR04])

La première solution a été introduite par Fortuna et. al. [PEL05] où une longueur (2 octets) est ajoutée à chaque paquet ROHC. Mais, l'ajout de 2 octets pour l'en-tête ROHC revient à doubler la TMC (*Taille Moyenne Compressée*) de ROHC. Ainsi, nous proposons deux autres alternatives où un seul octet est ajouté à l'en-tête des paquets ROHC. Comme le bourrage est envoyé que pour les petits paquets, nous avons besoin de la longueur que lorsqu'un paquet a la taille inférieure à 64 octets. La première et la deuxième alternative identifient les petits paquets des larges paquets et n'envoient la longueur que si le paquet est plus petit que 64 octets. Cette longueur peut être représentée par 6 bits.

Dans notre proposition cet octet est divisé comme suit :

-- Les deux premiers bits, seront utilisés pour identifier les petits et les grands paquets:

00 Si le paquet est < 64 bytes, il y a du bourrage.

01 Si le paquet est > 64 bytes, il n' y a pas de bourrage.

10 Reservé.

11 Reservé.

-- Les derniers 6 bits sont utilisés pour représenter la longueur si la taille du paquet est inférieure à 64 octets sinon si la taille du paquet est supérieure à 64 octets ces bits sont à zéro.

Dans nos solutions proposées, la TMC de ROHC est incrémentée que par un seul octet. La différence entre les deux solution provient de la signification de la valeur de la longueur. La première alternative calcule la longueur du paquet du paquet compressé. Cette opération peut être faite durant la compression ROHC. Lorsque le compresseur choisit le format de l'en-tête compressé du paquet à utiliser selon le niveau de compression, il réduit la taille de l'en-tête et il utilise le champ « longueur du datagramme » du paquet original pour calculer la longueur des données. La longueur du paquet compressé (6 bits) sera l'addition de ces deux tailles (en-tête et données).

Pour la deuxième alternative, la taille de bourrage doit être calculée en fonction de la taille des paquets ROHC. Cette opération se fait en deux parties. La première partie est faite comme pour la première solution durant la compression ROHC pour calculer la longueur du paquet compressé. La deuxième partie nécessite l'identification des petits paquets, si la longueur du paquet compressé est inférieure à 64 octets, ROHC déduit que la couche Ethernet va ajouter du bourrage. Ainsi ROHC va calculer la taille du bourrage (64 moins la longueur du paquet compressé). Cette solution est plus complexe. L'avantage de cette solution est qu'elle offre directement pour la couche Ethernet la taille du bourrage. Ainsi, le traitement à ce niveau est simplifié. Mais en contre partie, elle ajoute une complexité au niveau de traitement de ROHC.

5. Intégration de ROHC au des liens IEEE 802

Cette section donne une proposition pour l'utilisation de ROHC au-dessus des liens IEEE 802, comme les réseaux Wi-Fi qui utilisent obligatoirement une encapsulation LLC/SNAP. Pour les liens IEEE 802, le problème ne provient pas du bourrage mais de l'utilisation de l'encapsulation SNAP et du pontage avec des réseaux Ethernet qui nécessite l'introduction d'octets de bourrage.

5.1. Le problème de pontage

Le problème quand ROHC est utilisé au-dessus des liens IEEE 802 provient du besoin d'envoyer des paquets à travers différents points d'accès (AP ou pont). Couramment les APs sont connectés à travers un réseau Ethernet. Le pontage des trames IEEE 802 aux trames Ethernet implique que l'AP va transformer l'en-tête Ethernet en un en-tête IEEE 802 en ajoutant par défaut l'encapsulation LLC/SNAP. Les schémas de bourrage pour ROHC donnent une solution partielle pour l'intégration de ROHC au dessus des réseaux IEEE 802. Avec l'utilisation de ROHC toute la performance du protocole est affectée parce que pour ROHC l'encapsulation SNAP n'est pas nécessaire comme dans le cas de paquets IP. L'alignement des bits a déjà été cassé avec la compression ROHC.

Une conséquence possible de l'utilisation de ROHC au dessus des liens IEEE 802 est le besoin de clarifier la traduction lors du pontage effectué par l'AP. Si la translation de l'AP n'est pas modifiée, elle implique l'utilisation des schémas de bourrage ensemble avec l'encapsulation LLC/SNAP. Avec l'utilisation du premier schéma de bourrage, c'est à dire l'encapsulation (LLC/SNAP/Longueur), la performance au dessus des liens 802 est augmentée de 7 octets (SNAP + longueur) comme indiqué figure 2. Pour le deuxième et le troisième schéma de bourrage, c'est-à-dire l'encapsulation (LLC/SNAP/1octet) la performance de ROHC au dessus des liens IEEE 802 est incrémentée par 6 octets (SNAP + longueur). Mais 6 ou 7 octets vont réduire les performances de ROHC et la TMC comme le montre la figure 7.

Pour optimiser l'utilisation de la compression ROHC au dessus des liens IEEE 802, nous avons besoin d'éviter la traduction automatique d'Ethernet vers le format IEEE 802, comme le montre la figure 3. Nous proposons de résoudre ce problème par l'élimination de l'utilisation de SNAP dans les flux ROHC. Ceci implique l'utilisation des trames LLC directement par la source. Les paquets ROHC seront encapsulés dans des trames 802.3. Quand les trames LLC arrivent au point d'accès, qui reconnaît l'encapsulation LLC et lit le champ longueur, en déduit la taille du bourrage et il va recopier la trame LLC dans le format de l'autre support.

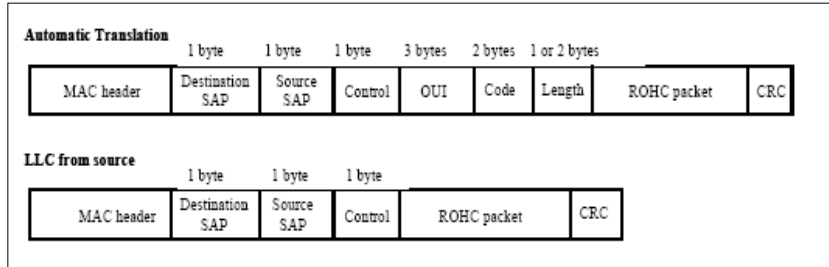


Figure 3. Différences entre les schémas de bourrage pour ROHC et les trames LLC.

5.2. La proposition des flux d'information

5.2.1. La négociation ROHC

L'établissement du canal ROHC est fait entre les deux extrémités. Un paquet de négociation doit être envoyé au début du flux de compression d'en-tête ou quand une nouvelle adresse destination ou source est utilisée. Si un nouveau flux contient la même adresse déjà utilisée pour un autre flux, il n'y a pas de paquet de négociation à envoyer. Après la réception du message, le récepteur enregistre les paramètres ROHC, vérifie si ROHC peut être utilisé et envoie un acquittement pour accepter ou rejeter les paramètres de négociation. La figure 4 montre l'échange proposé des paquets.

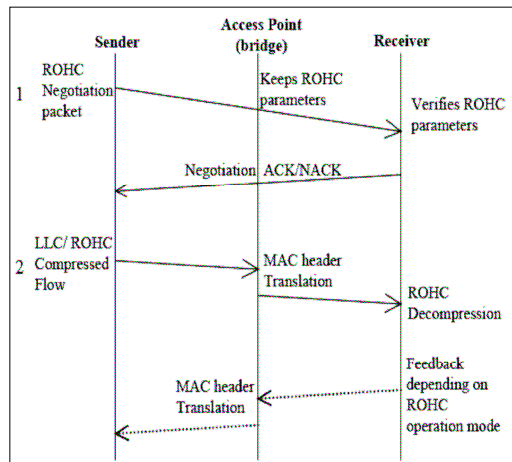


Figure 4. Le flux d'information ROHC

5.2.2. Les paquets ROHC

Après la négociation, les deux extrémités peuvent envoyer des paquets ROHC. Côté source, les paquets IP sont compressés et envoyés dans des trames LLC à la destination. Au niveau des ponts intermédiaires, l'en-tête MAC est changée, le bourrage est soit ajouté ou supprimé si c'est nécessaire et le paquet est envoyé à la destination. Après la décompression du paquet, le récepteur peut envoyer un acquittement selon le mode d'opération utilisé. Les acquittements ROHC ne génèrent pas des retransmissions, ils sont utilisés pour donner l'information de l'en-tête au décompresseur.

6. Performances

L'analyse est faite en se basant sur la taille de l'en-tête. La figure 5 montre les différences entre les différentes propositions pour l'encapsulation de ROHC au dessus des liens IEEE 802. Dans un premier temps la taille de l'en-tête d'un paquet IPv6/UDP/RTP est donnée avec la taille totale de l'en-tête sur un lien IEEE 802 pour un paquet IP non compressé, qui utilise l'encapsulation LLC/SNAP. Ensuite, les encapsulations non compressées sont comparées avec les encapsulations globales: Les schémas de bourrage, qui ont l'encapsulation LLC/SNAP/Longueur/ROHC et notre proposition pour envoyer les paquets LLC/ROHC de la source.

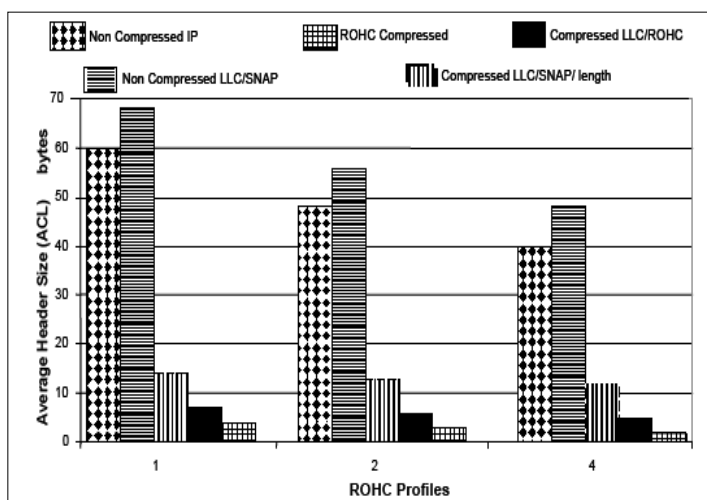


Figure 5. TMC de l'en-tête selon les différentes solutions et selon les profils de ROHC

Le surdébit ajouté aux paquets ROHC augmente considérablement la TMC quand SNAP est utilisée, l'en-tête dans chaque paquet est augmenté par 5 octets. De point de vue compression, l'utilisation de SNAP peut être vu comme étant un bourrage parce que sa principale utilisation a été perdue avec la compression des en-têtes. La performance de ROHC est perdue quand l'encapsulation LLC/SNAP/longueur est utilisée, la TMC est incrémentée plus que 6 fois. Avec cette encapsulation ROHC ne sera pas utilisé, non pas parce que son utilisation est complexe mais aussi parce que cette solution n'aboutit pas à des bonnes performances du protocole. La solution d'encapsuler ROHC de la source augmente aussi la TMC mais la performance de ROHC est moins affectée et son utilisation peut être utile pour les liens IEEE 802. En général, la taille de l'en-tête représente un problème quand la taille des paquets est petite.

L'encapsulation d'en-têtes dans ces flux est vue comme un surdébit parce que sa taille représente plus que deux fois la taille des données utiles. Ceci peut être calculé par le gain de la compression vis-à-vis à la taille du paquet: Soit G le gain en utilisant ROHC, H la taille de l'en-tête non compressée en octets, TMC est la taille moyenne de l'en-tête compressé avec ROHC en octets et L représente la taille du paquet.

$$G = ((H+L) - (TMC+ L)) / (H + L)* 100 \quad [1]$$

Figure 6 montre le gain obtenu sur le paquet avec l'utilisation de ROHC dans son profil 1, i.e. avec un flux multimédia utilisant IP/UDP/RTP au dessus d'un lien IEEE 802. Cette figure montre la solution LLC/SNAP/Longueur vis à vis de la solution LLC/ROHC proposée dans ce papier avec un gain maximal qui représente le cas où TMC devient zéro. Elle montre un comportement logique en terme de bande passante, qui implique l'utilisation de la compression des en-têtes pour les flux avec des petits paquets comme les applications voix qui est mieux que pour les grands paquets.

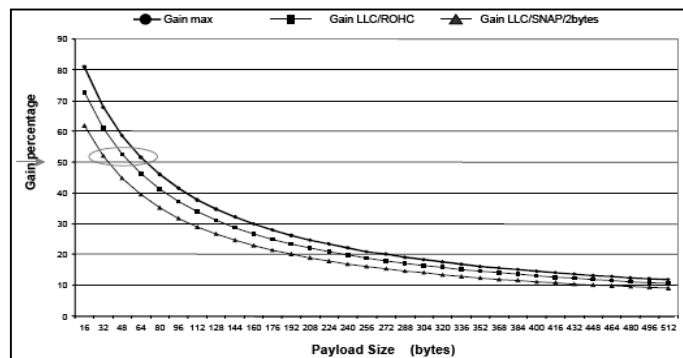


Figure6 . Le gain de compression ROHC

Nous pouvons aussi voir que pour le schéma de bourrage on a besoin d'envoyer deux paquets pour avoir le même gain. Par exemple, si le gain cherché est 50% la taille de données utiles doit être réduite de 64 octets dans le cas hypothétique à 48 octets pour notre proposition et 32 octets dans le cas d'utilisation de SNAP et le schéma de bourrage.

La figure 7 montre la taille de l'en-tête pour les deux solutions globales en utilisant le mode unidirectionnel. Le mode unidirectionnel de ROHC reste dans chaque niveau de compression pour quelques paquets qui représentent l'approche optimiste. Il utilise deux temporisateurs pour revenir à un niveau de compression plus bas. L'utilisation de SNAP avec le schéma de bourrage représente en terme de taille d'en-tête pour ROHC, la réduction de sa performance parce que cette solution est supposée envoyer, comme taille minimale de l'en-tête du paquet, la taille des paquets du niveau FO. L'utilisation de l'encapsulation LLC/ROHC de la source s'avère d'être la meilleure solution pour garder la robustesse et l'efficacité de ROHC. La performance est peu affectée, il est similaire d'avoir une large valeur pour l'approche optimiste dans le mode unidirectionnel [JON05]. Dans [JON05] les auteurs ont étudié les performances de ROHC selon chaque paramètre de compression. Quand la valeur de l'approche optimiste est plus grande que 7 la TMC est incrémentée dans le même sens que la solution globale de LLC/ROHC.

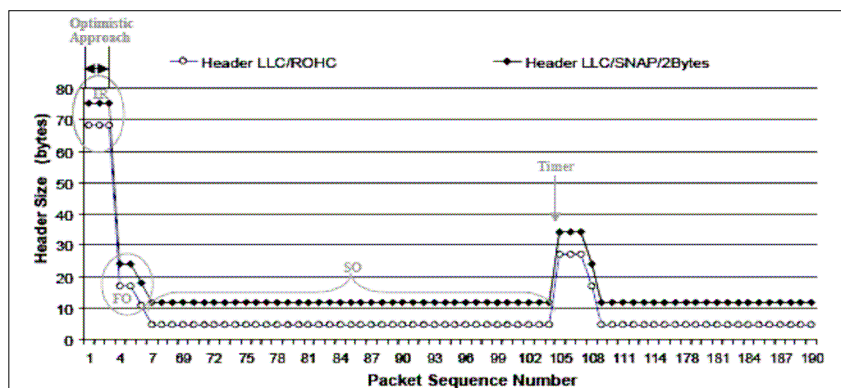


Figure 7. Les schémas globaux en utilisant le mode unidirectionnel

7. Conclusions

Ce papier donne une solution pour utiliser ROHC au-dessus des liens IEEE 802. Il propose principalement un schéma de négociation et deux solutions optimales pour la

reconnaissance du bourrage lors de l'utilisation de ROHC directement au-dessus d'Ethernet en résolvant les différences entre les liens point-à-point et les liens IEEE 802. Mais la proposition la plus importante de ce papier est une solution globale sans l'affectation des performances de ROHC.

Nous avons tout d'abord présenté une solution pour le cas standard qui optimise le champ longueur dans Ethernet pour permettre au récepteur de faire la distinction entre les données utiles et le bourrage. Cette solution n'optimise pas l'usage de la bande passante. Comme la deuxième partie le montre, l'utilisation des trames LLC dans tout le réseau va améliorer les performances. Nous avons également défini une manière d'inclure les paramètres de la négociation dans ces réseaux.

8. Remerciements

Nous remercions Nora Cuppens, Jean-Marie Bonnin et Abdelfettah Belghith leurs commentaires et leurs discussions.

9. Bibliographie

[BOR04] C.Bormann, « Robust Header Compression (ROHC) over 802 Networks », Internet Draft, Oct 2004

[BOR02] C.Bormann, « Robust Header Compression (ROHC) over PPP », RFC 3241, Apr.2002

[FOR05] Fortuna, P., Carneiro, G., Ricardo M., « Robust Header Compression in 4G Networks with QoS Support », IEEE PIMRC 2005, 16th IEEE Proceedings on Personal Indoor and Mobile Radio Communications, Berlin 2005.

[JON04] Jonson, L-E., Pelletier, G., « Robust Header Compression (ROHC) : A Compression Profile for IP, RFC 3843, 2004.

[PEL05] Pelletier, G., « Robust Header Compression (ROHC) : Profiles for User Datagram Protocol Lite (UDP-Lite), RFC 4019, 2005.

[JON05] Pellier, G., Jonson L., Sandlund, K., West, M., « Robust Header Compression (ROHC): a profile for TCP/IP (ROHC-TCP), draft-ietf-rohc-tcp-10.txt, 2005.