

Une architecture de transmissions multicast dans un environnement Mobile IPv6 Hiérarchique

Tanon Lambert Kadjo*, Souleymane Oumtanaga*, Tiémoman Koné**
Pierre Tety*

* Laboratoire de Recherche en Informatique et Télécoms (LARIT), Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUËT BOIGNY, 08 BP 475 ABIDJAN 08, COTE D'IVOIRE
nonatipv6@yahoo.fr; oumtana@nic.ci; tety@nic.ci

** Laboratoire Informatique et Développement (LABORATID), Institut de Recherche Mathématiques, Université de Cocody,
Kone.tiemoman@ucocody.ci

RÉSUMÉ. NC-HMIPv6 est une extension du protocole HMIPv6. Comme tous les autres protocoles de mobilité, il est nativement dépourvu de mécanismes permettant de gérer efficacement le multicast. Ainsi, le trafic multicast est confronté à plusieurs problèmes dont le taux de pertes de paquets et la latence lors des handovers en sont les principaux. L'architecture NC-HMIPv6&M (Multicast based NC-HMIPv6) décrite dans ce travail et basée sur le protocole NC-HMIPv6, offre une gestion efficace du handover multicast. Comparée aux récentes propositions effectuées dans les environnements MIPv6 et HMIPv6 (M-HMIPv6), NC-HMIPv6&M offre une meilleure gestion du multicast mobile. Les analyses et résultats théoriques l'attestent clairement.

ABSTRACT. NC-HMIPv6 is an extension of the HMIPv6 protocol. As all other protocols of mobility, it is natively devoid of mechanisms allowing to manage effectively the multicast. So, the multicast traffic is confronted with several problems among which the rate of losses of packets and the latency during handovers are the main ones. The NC-HMIPv6&M architecture (Multicast based NC-HMIPv6 environment) described in this work and based on the NC-HMIPv6 protocol, offers an effective management of the handover multicast. Compared with the recent propositions made in the MIPv6 and HMIPv6 (M-HMIPv6) environments, NC-HMIPv6&M offers a better management of the mobile multicast. Analysis and theoretical results give evidence proof this.

MOTS-CLÉS : Mobile IPv6, NC-HMIPv6, Multicast, ASM, MLD, PIM-DM, PIM-SSM.

KEYWORDS: Mobile IPv6, NC-HMIPv6, Multicast, ASM, MLD, PIM-DM, PIM-SSM.

1. Introduction

Dans l'Internet mobile, lorsqu'un nœud se déplace d'un réseau à un autre, il acquiert différentes adresses permettant de le localiser. Ses précédentes connexions peuvent être rétablies via son agent mère [3]. Si les nœuds correspondants supportent l'optimisation de routage [3], le nœud mobile communique directement avec ces derniers sans passer par son agent mère. Si ces deux mécanismes de rétablissement satisfont les connexions unicast, les résultats restent encore mitigés pour les communications de groupe multicast. Dans le cas du multicast, ces mécanismes sont identifiés par Bi-directional Tunneling (BT) et Remote Subscription (RS) [4] et constituent les mécanismes de base dans les environnements IPv6 mobiles. Le mécanisme Bi-directional Tunneling (BT) ou tunnelage IPv6 bidirectionnel permet au récepteur mobile de continuer de recevoir le trafic multicast depuis l'agent mère. La source multicast l'utilise également pour se connecter à son ancien routeur multicast d'accès de son réseau mère. Pour le mécanisme Remote Subscription (RS) ou réabonnement explicite hors réseau mère, le récepteur procède à un réabonnement auprès du routeur multicast d'accès courant. Si le nœud mobile est une source multicast, il diffuse le flux à partir des équipements du réseau visité.

Cependant, si ces mécanismes permettent d'acheminer le trafic de groupe au mobile hors de son réseau mère, la mobilité multicast doit faire face à plusieurs problèmes, entre autres : routage triangulaire pour le cas du BT, temps de réabonnement parfois non négligeable pour le cas du RS (l'exemple d'un réseau n'ayant aucun routeur d'accès membre de l'arbre de diffusion), reconstruction partielle ou totale d'une branche (pour un récepteur mobile) ou de l'arbre de diffusion (pour une source mobile), longue interruption de service due au temps de latence des handovers. Ainsi, ces solutions de base proposées par l'IETF restent inefficaces. Le trafic de groupe multicast s'appuyant sur un routage particulier, il est donc nécessaire de l'adapter à chaque environnement de mobilité selon le protocole de mobilité utilisé. Parmi les protocoles de mobilité existants, seuls HMIPv6, FMIPv6 et MIPv6 ont bénéficié récemment de propositions intégrant explicitement le multicast [4,5 et 8], afin d'offrir aux internautes mobiles, une transparence lors des abonnements et désabonnements aux groupes. Dans ces propositions, le routage multicast est assujéti au routage unicast traditionnel. Ainsi, il n'est nullement épargné des problèmes liés aux handovers de mobilité (taux de pertes de paquets, temps de latence) et faisant l'objet de notre étude.

Notre but est de définir une architecture permettant d'améliorer les handovers multicast afin de minimiser les problèmes liés à ce mécanisme. Dans la section 2, nous décrivons les récentes solutions proposées dans la littérature pour la résorption de problèmes énumérés ci-dessus. Nous proposons dans la section 3, une extension du protocole NC-HMIPv6 pour la gestion des trafics de groupe multicast dénommée NC-HMIPv6&M

(Multicast-Based NC-HMIPv6). Une étude comparative de notre solution avec l'existant est fournie dans la section 4.

2. Quelques approches

Les nouvelles propositions visent l'utilisation conjointe des deux mécanismes de base de l'IETF (BT et RS). Désormais, le récepteur mobile sollicite aussi bien l'agent mère que les équipements multicast locaux pour la gestion de ses flux multicast [4]. L'agent mère (pour MIPv6) et les agents de mobilité (pour HMIPv6) constituent des points de concentration de flux multicast. Des propositions portent sur l'extension des fonctionnalités de ces entités afin de permettre la sélection du mécanisme approprié. Dans l'environnement MIPv6, l'agent mère devra répondre aux requêtes MLD (Multicast Listener Delivery) de ses récepteurs mobiles se trouvant hors du réseau mère, via un tunnel unicast. Grâce aux informations de son cache relatives au routage unicast, il peut délivrer le flux multicast au récepteur mobile [4]. Le choix du mécanisme dépend de l'emplacement courant du récepteur mobile.

Dans un domaine HMIPv6, l'agent de mobilité MAP (Mobility Anchor Point) enregistre les états multicast de ses routeurs d'accès et reçoit les messages PIM en provenance de ses derniers. Ses fonctionnalités ont donc été étendues afin de rediriger les flux concernant les sessions en cours [5].

Quand au protocole FMIPv6, les messages de signalisation (FBU et HI) intègrent des informations permettant de gérer les trafics de groupe multicast entre le récepteur mobile, son ancien routeur d'accès et le futur routeur d'accès [8]. Des algorithmes permettant au nouveau routeur d'accès de choisir le mécanisme (RS ou BT) approprié et de traiter les cas de duplications ont été également proposés.

Toutes ces architectures multicast mobiles proposées sont intimement liées à la performance des mécanismes de routage unicast existants. Les différentes décisions de sélection du mécanisme de base (BT ou RS) et de traitement du doublon sont assujetties au routage unicast (l'acquisition d'une nouvelle adresse temporaire principale valide). En se basant sur une architecture unicast mobile efficace, l'on obtient une architecture multicast mobile améliorant le taux de pertes de paquets, le temps d'interruption de service, etc. mentionnés dans la section 1. Notre solution est basée sur un protocole de micro-mobilité offrant un meilleur temps de latence.

3. Proposition d'architecture de communications multicast

3.1. L'environnement NC-HMIPv6

NC-HMIPv6 est un protocole de micro-mobilité basé sur une gestion hiérarchique des agents de mobilité [1]. Il constitue une extension HMIPv6 [6] et comme HMIPv6, bénéficie de toutes les améliorations de MIPv6 [3]. Les entités GM (Gestionnaire de Mobilité) de l'environnement NC-HMIPv6 jouent le rôle des MAP de HMIPv6.

A l'aide de la base de données (DB) du domaine NC-HMIPv6, le GM gère la mobilité du nœud mobile. La décision de handover est prise par le GM en envoyant au nœud mobile, les paramètres réseaux du prochain réseau de visite lorsque ce dernier exprime le besoin d'effectuer un handover. Le choix du meilleur point d'accès (basé sur la charge, le rapport signal/bruit, et d'autres critères définis par l'administrateur du domaine) est effectué par le GM. Des problèmes tels que le « ping-pong » dû à l'affaiblissement temporaire du signal du point d'accès courant sont efficacement traités.

Pour minimiser le temps de latence lors des handovers, le nœud mobile peut exécuter une procédure de handover HMIPv6 pour pallier certaines insuffisances de la procédure NC-HMIPv6. Ainsi la procédure de handover NC-HMIPv6 globale inclut la procédure de handover HMIPv6 et justifie la performance du protocole NC-HMIPv6 par rapport à HMIPv6 et MIPv6 [1].

Cependant comme les autres protocoles, aucun mécanisme permettant de traiter de manière efficace n'a été proposé. Ainsi, ce présent travail intègre du multicast dans un tel environnement en traitant le cas spécifique d'un récepteur multicast mobile. Pour la source multicast mobile, le choix du mécanisme BT est le plus approprié car il permet d'éviter la reconstruction de l'arbre de diffusion [4].

3.2. L'architecture NC-HMIPv6&M : une extension de NC-HMIPv6

L'architecture NC-HMIPv6&M (Multicast-based NC-HMIPv6) proposée dans ce document constitue une extension de NC-HMIPv6. Certaines entités fonctionnelles de l'environnement NC-HMIPv6 ont été modifiées :

- le nœud mobile est un récepteur (RMM).
- l'agent mère est un routeur multicast d'accès (HA) et un proxy MLD.
- le GM gère les transmissions multicast des mobiles multicast du réseau ;
- les Routeurs d'Accès sont des routeurs Multicast (RMA).

Les protocoles de gestion des transmissions multicast utilisés sont :

- MLDv2 [7] avec l'intégration de nouveaux types d'enregistrement pour explicitement prendre en compte la mobilité ;

- PIM-SSM pour la construction de l'arbre multicast [2] mieux adapté à MLDv2.

3.2.1 Gestion de la mobilité multicast inter-domaine

Dans cette partie, nous décrivons différents scénarios mettant en exergue le handover multicast mobile, en fonction de l'état du réseau : soit le GM appartient à l'arbre de diffusion multicast, soit le GM n'appartient pas à l'arbre de diffusion.

3.2.1.1 Le GM appartient à l'arbre de diffusion

Si le GM du nouveau domaine visité est membre du groupe multicast, le prochain RMA peut être membre (Figure 1) ou non membre (Figure 2).

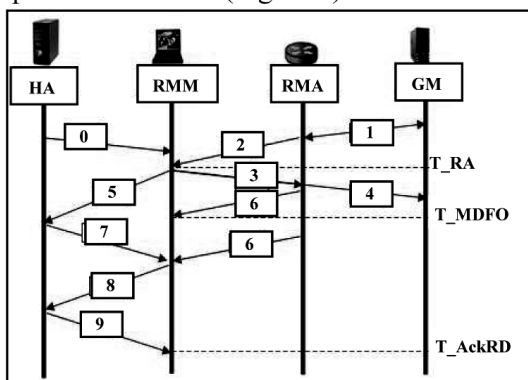


Figure 1. Handover multicast : cas d'un réseau visité avec le RMA membre du groupe

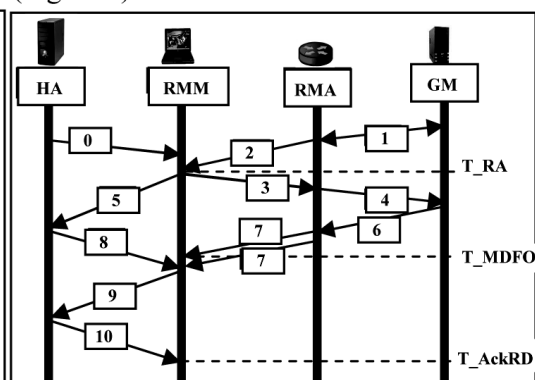


Figure 2. Handover multicast : cas d'un réseau visité avec le RMA non membre et GM membre du groupe

Les étapes 0 à 5 de la Figure 1 sont similaires aux mêmes étapes de la Figure 2. Le RMM recevant ses flux multicast du HA (étape 0) se retrouve dans un nouveau réseau détecté grâce aux annonces de routeur (étapes 1 et 2). Il effectue un handover NC-HMIPv6 simultanément avec l'envoi d'un rapport d'abonnement MLD au RMA (étape 3) puis au HA (étape 5) après validation de son adresse temporaire principale (VCoA) (étape 4).

Si le RMA est rattaché à l'arbre de diffusion (Figure 1), le RMM reçoit ses flux multicast (étape 6). Les mêmes flux délivrés par le HA, provoquent une duplication de flux (étape 7). Le RMM envoie un rapport MLD_Standby au HA (étape 8). Ce type de rapport permettra au HA d'être rattaché à l'arbre même s'il existe plus de récepteurs locaux.

Si le RMA n'est pas membre du groupe (Figure 2), il se rattaché à l'arbre à partir du GM (étapes 4 et 6). Les étapes 7, 8, 9 et 10 de la Figure 2 correspondent respectivement aux étapes 6, 7, 8 et 9 de la Figure 1.

3.2.1.2 Le GM n'appartient pas à l'arbre de diffusion

Ici, le GM n'appartient pas à l'arbre de diffusion (Figure 3). Les étapes 0, 1, 2, 3, 4 et 5 correspondent aux mêmes étapes de la Figure 2 du paragraphe 3.2.1.1. Cependant ici, le GM devra envoyer un message PIM en direction de la source multicast (SM) (étape 6). Après s'être rattaché à l'arbre (étape 7), il délivrera les flux multicast au RMA demandeur (étape 8). Si le RMM reçoit les flux depuis le HA en premier (étapes 10 et 11). Les flux délivrés par le RMA (étape 9) créant une duplication, il est nécessaire d'y mettre fin (étapes 12 et 13, correspondant respectivement aux étapes 9 et 10 de la Figure 2) .

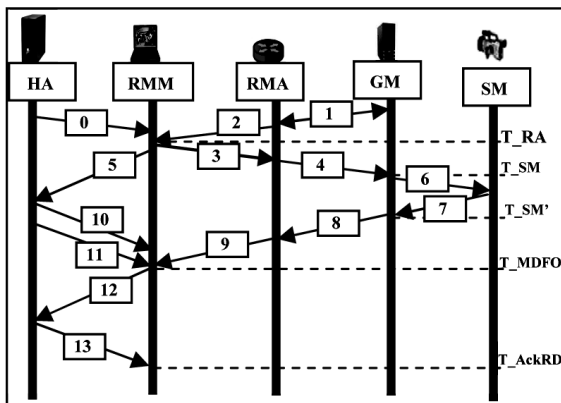


Figure 3. Handover multicast : cas d'un réseau visité n'ayant aucun RMA membre du groupe

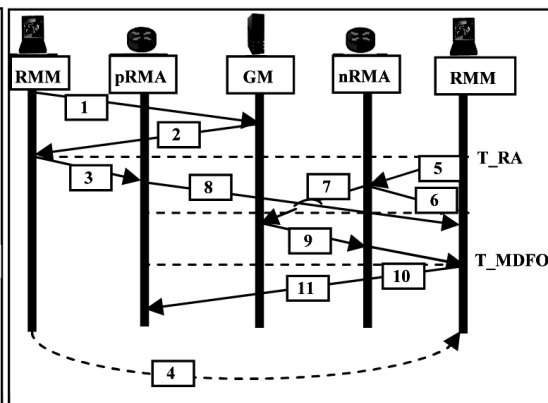


Figure 4. Handover multicast intra-domaine

Dans le cas où plusieurs GM gèrent un même domaine, le GM devra privilégier le rattachement depuis un GM voisin avant d'optimiser la construction de sa branche multicast. Cette duplication de GM permet de faire face au facteur d'échelle et de réduire le temps de latence ou d'interruption de service multicast.

3.2.2 Gestion de la mobilité multicast intra-domaine

En intra-domaine (Figure 4), le RMM, suivant la procédure NC-HMIPv6 (section 3.1), envoie sa requête d'enregistrement au GM (étapes 1 et 2). Dès la configuration de sa nouvelle adresse temporaire locale (LCoA), il envoie un rapport MLD contenant un enregistrement Flow_Forwarding à son RMA courant (pRMA) (étape 3). Cet enregistrement renseigne sur sa nouvelle destination (LCoA, adresse du nouveau RMA (nMAR), groupes multicast d'appartenance). Dès lors, le RMA s'attache au nRMA selon un handover NC-HMIPv6 (étapes 5 et 7). Conjointement il envoie un rapport d'abonnement MLDv2 au nRMA. Si ce dernier est rattaché à l'arbre, le flux sollicité lui sera délivré directement (étape 6), sinon, le nRMA devra se rattacher à l'arbre (étapes 7, 9 et 10 correspondant respectivement aux étapes 4, 6 et 7 de la Figure 2 de la section

3.2.1.1). Le flux est également tunnelé par le pRMA (étape 8) au RMM. La détection du premier doublon permettra d'envoyer un message MLDv2 contenant un enregistrement EXCLUDE au pRMA pour tous les flux tunnelé (étape 11).

A chaque nouvel abonnement à un nouvel groupe multicast, un message MLD_Standby Report est tunnelé vers le HA. Le HA entretient dès lors, une correspondance (S,G)-HoA-VCoA dans sa table jusqu'à la réception d'un message Multicast_Listener_Hold.

4. Analyse comparative des temps de latence intra-domaines

Le tableau suivant fournit une évaluation des temps de latence observé dans trois environnement de mobilité : MIPv6 (environnement de macro-mobilité), M-HMIPv6 (environnement de micro-mobilité) et NC-HMIPv6&M (la présente proposition).

Tableau 1 : Evaluation des temps de latence en intra-domaine

	<i>Le nRMA appartient à l'arbre de diffusion</i>	<i>Le nRMA n'appartient pas à l'arbre de diffusion</i>
MIPv6	$MHLD + T_{MD} + T_{NA} + T_{DAD} + T_{EXE} + RTT(RMM, RMA) + \min(RTT(RMA, SPTR), 2RTT(RMA, HA) + \alpha \cdot RTT(HA, SPR_{HA}))$, avec $\alpha=0$ si HA membre et 1 sinon	$MHLD + T_{MD} + T_{NA} + T_{DAD} + T_{EXE} + RTT(RMM, RMA) + \min(RTT(RMA, SPTR), 2RTT(RMA, HA) + \alpha \cdot RTT(HA, SPR_{HA}))$, avec $\alpha=0$ si HA membre et 1 sinon
M_HMIPv6	$MHLD + T_{MD} + T_{DAD} + T_{EXE} + 2 \cdot RTT(RMM, nRMA)$	$MHLD + T_{MD} + T_{NA} + T_{DAD} + T_{EXE} + 2RTT(RMM, nRMA) + \min(2RTT(nRMA, MAP), RTT(nRMA, MAP) + RTT(pRMA, nRMA)/2)$
NC-HMIPv6&M	$MHLD + T_{EXE} + RTT(RMM, nRMA)$	$MHLD + T_{EXE} + RTT(RMM, RMA) + \min(RTT(nRMA, GM), RTT(nRMA, HA), RTT(pRMA, nRMA)/2)$

Les paramètres utilisés sont : MHLD (temps nécessaire au mobile pour se rattacher à un point d'accès), T_MD (temps pour la détection de changement de réseau), T_NA (Temps de réception des Annonces Non sollicitées), T_DAD (Durée de validation de l'adresse sur le lien (algorithme DAD), RTT (Round-Trip Time), T_EXE (Temps nécessaire à la reconnaissance de l'adresse au niveau application).

A l'analyse de ces données du tableau, il est clair que NC-HMIPv6 fournit des temps de latence meilleurs à ceux des deux autres protocoles.

5. Conclusion

Les services multicast ayant une contrainte de temps élevée tels que les services voix, ou ceux sensibles aux pertes de données tels que les services vidéo sont inadaptés à l'Internet mobile. Le principal problème est indéniablement la latence lors des

handovers. Cette latence provoque des interruptions du service de groupe (par exemple la mobilité d'une source) et des pertes de paquets (le cas d'un récepteur mobile). Pour résoudre donc le problème du multicast mobile, plusieurs mécanismes ont été proposés. Ils se basent sur les différentes architectures mobiles existantes (Mobile IPv6, Fast handover Mobile IPv6 et HMIPv6). Cependant le handover multicast étant subordonné au handover mobile, un protocole offrant une meilleure latence lors des handovers de mobilité constitue un bon support d'intégration du routage multicast. Ce qui permet aux propositions basées sur les protocoles HMIPv6 et FMIPv6 (améliorations de Mobile IPv6) d'offrir une meilleure gestion de la latence dû au handover multicast mobile que celles utilisant Mobile IPv6.

Notre proposition intègre le multicast dans l'environnement NC-HMIPv6. A travers différents scénarios, une description claire de l'environnement NC-HMIPv6&M (Multicast-based NC-HMIPv6 environnement) a été faite. Ces scénarios ont permis de décrire les différents types de handover observés pour un récepteur mobile après une analyse efficiente des architectures multicast existantes. Egalement, pour permettre une parfaite prise en compte de la mobilité dans le routage multicast, de nouveaux types d'enregistrement ont été proposés pour le protocole MLDv2 : Flow_Forwarding, MLD_Standby et Multicast_Listener_Hold.

Cependant, la réalisation d'une étude comparative approfondie par simulation des différentes solutions (M-FMIPv6, M-HMIPv6) et de NC-HMIPv6&M est nécessaire afin de quantifier le gain apporté par NC-HMIPv6&M.

6. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Guillouard K. et al., *Gestion Hiérarchique de la Mobilité IPv6 Contrôlée par le réseau*, <http://www-rp.lip6.fr/dnac/3.2-khouaja-article.pdf>, 2002.
- [2] Jelger C. and Noel T. *Supporting Mobile SSM sources for IPv6 (MSSMSv6)*, Internet Draft, January 2002.
- [3] Johnson D. B., Perkins C. Et al., *Mobility Support in IPv6*, RFC 3775, June 2004.
- [4] Schmidt T.C., Waehlich M., *Multicast Mobility in MIPv6: Problem Statement and Brief Survey*, internet draft, May 2007
- [5] Schmidt T.C. and Waehlich M., *Seamless Multicast Handover in a Hierarchical Mobile IPv6 Environment (M-HMIPv6)*, internet Draft, December 2005.
- [6] Soliman H., et al., *Hierarchical Mobile IPv6 mobility management*, RFC 4140, August 2005.
- [7] Vida R. and Costa L., *Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6*, RFC3810, June 2004.
- [8] Xia F. and Sarikaya B., *FMIPv6 extensions for Multicast Handover*, Internet draft, September 2006.