

Le multicast IPv6 - Protocoles et déploiements

Jérôme Durand
GIP RENATER
jerome.durand@renater.fr

Résumé

Cet article passe en revue les principaux aspects spécifiques au multicast IPv6, des protocoles de gestion des groupes multicast sur le lien local, aux mécanismes mis en jeu pour l'interdomaine multicast. Dans un second temps, une description des différents déploiements réalisés est faite.

Mots clefs

ASM, Embedded-RP, IETF, IPv6, M6Bone, MLD, MLDv2, Multicast, PIM, RENATER, SSM.

1 Introduction

Le multicast IP est de plus en plus utilisé par les opérateurs pour offrir des services à forte valeur ajoutée. Par exemple, de nombreux fournisseurs d'accès à internet utilisent le multicast pour diffuser un ensemble de chaînes de télévision à leurs abonnés et certaines places financières diffusent en temps réel leurs cours en multicast. Le support du multicast pour IPv6 intéresse également les opérateurs d'autant plus qu'il devient maintenant plus simple de déployer des services sur IPv6 lorsque le nombre de clients connectés devient si important que même des adresses privées ne suffisent plus. C'est ainsi que NTT a déployé récemment au Japon un service de diffusion de télévision sur Internet reposant sur le multicast IPv6.

L'année 2004 a été un tournant majeur pour le multicast IPv6. Les dernières briques permettant son déploiement ont été normalisées à l'IETF¹ : MLDv2 (Multicast Listener Discovery version 2 - RFC 3810 [9]) et Embedded-RP (RFC 3956 [10]). Aussi, les protocoles multicast ont été implémentés par les principaux constructeurs de routeurs en cours d'année et les premiers déploiements sur réseaux opérationnels ont été réalisés.

Cette article passe en revue les principaux éléments relatifs au multicast IPv6 mais ne donne pas de détails sur les protocoles utilisés. Le lecteur pourra lire les références pour obtenir d'avantage d'information sur les protocoles mentionnés. Aussi, le livre « IPv6, théorie et pratique » [1] inclut dans sa 4^{ème} édition un chapitre entier consacré au multicast. Cet ouvrage, rédigé en français, pourra donner au lecteur une bonne compréhension du multicast IPv6.

¹ Internet Engineering Task Force : l'IETF est l'organisme de standardisation des protocoles de l'Internet.

2 L'adressage multicast IPv6

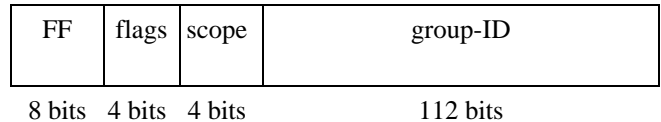


Figure 1 - Structure d'une adresse multicast IPv6

L'adressage multicast IPv6 est défini dans de nombreux standards de l'IETF. Toutes les adresses multicast IPv6 sont dérivées du préfixe FF00::/8. Si au départ, seule une distinction était faite entre les adresses multicast permanentes (allouées par l'IANA²) et les adresses temporaires, de nouveaux types d'adresses ont ensuite été définis, permettant de dériver des adresses multicast d'un préfixe unicast IPv6 (RFC 3306 [1]), ou même de l'adresse du Point de Rendez-vous (RFC 3956 [10]). Cette hiérarchisation de l'espace d'adressage, qui n'existe pas pour IPv4, offre des éléments de solution pour l'allocation des adresses multicast. Le champ "flags" de l'adresse multicast permet de différencier ces types d'adresses multicast.

La gestion de la portée de la diffusion multicast est également différente pour IPv4 et IPv6. Les 4 bits du champ « scope » de l'adresse multicast IPv6 sont réservés à ce sujet. Par exemple les valeurs 5 et E pour le champ « scope » correspondent respectivement à une portée locale au site et une portée globale.

Si l'adressage semble simplifié il n'en reste pas moins que la question du choix de l'adresse multicast par l'utilisateur final ou l'application n'est pas complètement résolue. Des éléments de réponse sont présentés dans la suite de cet article.

3 MLD et MLDv2

MLD (RFC 2710 [3]) et MLDv2 (RFC 3810 [9]) sont les protocoles permettant la gestion des abonnements entre les applications et les routeurs multicast du lien. Ils sont respectivement les équivalents de IGMPv2 (RFC 2236 0) et IGMPv3 (Internet Group Management Protocol version 3 - RFC 3376 [6]) définis pour IPv4. Il n'y a à ce niveau protocolaire que peu de différences avec IPv4. MLDv2

² Internet Assigned Numbers Authority : organisme chargé entre autres de l'allocation de tous les numéros de protocoles et adresses relatives aux protocoles de l'Internet.

permet aux applications de s'abonner à un groupe et de spécifier un ensemble de sources, ce qui est indispensable pour le modèle SSM (Source Specific Multicast).

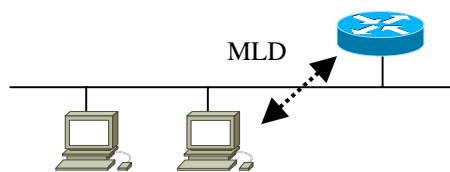


Figure 2 - Le protocole MLD

Si IGMP est pour IPv4 un protocole à part entière, les messages MLD sont contenus dans des paquets ICMP pour IPv6. Des types de messages ICMPv6 sont réservés pour définir les principaux messages MLD (report, query, leave). Aussi, afin que ces messages soient interprétés par le routeur, il est nécessaire que l'extension IPv6 « hop-by-hop - router alert » soit insérée entre l'en-tête IPv6 et le message MLD.

IPv6 Header next header = 0 (Hop-by-hop)	Hop-by-hop extension Option = Router alert Next header = 58 (ICMPv6)	MLD message Message type: ICMPv6
---	--	--

Figure 3 - Le paquet MLD

Si le multicast est géré au niveau des routeurs, il ne l'est pas, par défaut, au niveau des commutateurs ethernet et autres équipements de niveau 2. La plupart des commutateurs broadcastent le trafic multicast, ceci étant problématique dans la plupart des réseaux connectés. Afin de pallier ce problème, des protocoles ont été définis pour IPv4. Pour le moment, la seule solution disponible en IPv6, et implémentée depuis peu sur certains équipements, est MLD snooping. Cette technique permet aux commutateurs de gérer le multicast en interceptant les messages MLD échangés sur le lien. Des protocoles comme CGMP [19] ou RGMP [7] existants pour IPv4 ne sont pas standardisés pour IPv6.

4 Construction de l'arbre multicast

La construction de l'arbre multicast est réalisée grâce au protocole PIM-SM v2 (Protocol Independant Multicast - Sparse Mode - version 2) défini dans [15]. Ce protocole n'offre là aussi que peu de différences pour IPv4 et IPv6. Une différence notoire est cependant l'utilisation des adresses IPv6 link-local (locales au lien) pour l'envoi des messages PIM par les routeurs.

PIM-SMv2 permet aussi bien de gérer le modèle ASM (Any-Source Multicast) que le modèle SSM (Source Specific Multicast). En ASM, une station s'abonne à un

groupe et reçoit les données de toutes les sources transmettant dans ce groupe. En revanche, en SSM, les récepteurs doivent spécifier³ les sources dont ils souhaitent recevoir du trafic. Le fonctionnement de PIM-SMv2 pour l'ASM est plus complexe car le protocole doit gérer l'apprentissage des sources multicast à travers un point de Rendez-Vous (RP). Le modèle SSM est utilisé par les routeurs quand des adresses multicast de type FF3X::/32 sont utilisées. Pour toutes les autres adresses multicast, PIM fonctionne en mode ASM.

5 Multicast IPv6 interdomaine

Le multicast interdomaine est fondamentalement différent pour IPv4 et IPv6. Personne n'a voulu déployer MSDP (Multicast Source Discovery Protocol - RFC 3618 [9]), protocole lourd et compliqué, déjà frein du multicast IPv4. La communauté IETF s'oriente vers le modèle SSM (Source Specific Multicast). Dans ce modèle, la gestion de l'interdomaine est simple puisque les adresses des sources sont connues des récepteurs. Des arbres de diffusion sont créés directement des sources aux récepteurs en traversant les différents domaines intermédiaires. Si le modèle SSM est très adapté à la diffusion de télévision ou de radio sur Internet, où les sources sont connues ; il ne l'est pas pour les groupes où il y a plusieurs émetteurs non spécifiés à l'avance, et pouvant varier pendant les sessions multicast. De nombreux travaux sont en cours pour permettre la découverte des sources dans le modèle SSM [16].

Le passage à SSM ne peut pas se faire dans l'immédiat. Cela nécessite le support de MLDv2 sur tous les systèmes d'exploitation, ainsi que sur les applications multicast. Si des progrès sont réalisés dans ce domaine, des solutions sont nécessaires à court terme pour permettre l'interdomaine en ASM (Any Source Multicast), dans lequel une application s'abonne à un groupe et reçoit le trafic de toutes les sources du groupe.

La solution retenue, appelée Embedded-RP (RFC 3956 [10]) consiste à insérer l'adresse du RP (Point de Rendez-vous) à l'intérieur de l'adresse multicast. Ainsi la seule lecture de l'adresse de groupe permet de connaître le point de Rendez-Vous utilisé pour la session. Aucune configuration des RP n'est nécessaire, le déploiement est simplifié. Un type d'adresse multicast a du être défini pour Embedded-RP, il s'agit des adresses dérivées du préfixe FF70::/12

Cette approche change complètement le modèle connu à ce jour puisque le RP n'est plus forcément local. La notion de domaine multicast telle qu'on la connaît aujourd'hui disparaît. Le réseau devient un unique domaine multicast, dans lequel des RP sont configurés et sont partagés. Ceci a plusieurs impacts sur le réseau multicast et sa gestion.

³ Les récepteurs utilisent le protocole MLDv2 précédemment décrit afin de spécifier l'ensemble de sources dont ils souhaitent recevoir du trafic.

Tout d'abord, le support d'Embedded-RP est requis sur tous les routeurs. Un équipement du réseau ne supportant pas cette technologie ne pourrait pas construire les arbres multicast adéquats et forwarder les paquets correspondants.

De plus, si dans le modèle connu actuellement, toutes les adresses multicast peuvent être utilisées pour une session, ce n'est pas le cas avec Embedded-RP. Les adresses utilisées doivent correspondre à une adresse de RP valide. Il n'est donc pas possible pour l'utilisateur final de spécifier une adresse multicast, car la méthode de construction n'est pas triviale. Des mécanismes d'allocation d'adresses multicast sont donc requis. A la date de rédaction, aucun mécanisme simple n'a été implémenté pour IPv6 mais des propositions ont été discutées à l'IETF [11] [12] [13] [14].

Un dernier frein au déploiement d'Embedded-RP est la restriction d'utilisation des RP aux utilisateurs locaux. Personne ne désire déployer un RP qui sera utilisé par des utilisateurs extérieurs, et les implémentations actuelles ne permettent pas de spécifier aisément les règles d'utilisation de cette ressource.

L'impact majeur d'Embedded-RP est certainement pour les ISPs (Internet Service Providers). Si dans le modèle déployé pour IPv4 (MSDP), les opérateurs doivent configurer un point de Rendez-Vous, il est probable que dans le modèle Embedded-RP, les RP soient configurés en bordure de réseau, dans les sites et réseaux d'entreprise. La notion de service multicast pour un opérateur change et paraît simplifiée.

6 Déploiements réalisés

Les principaux constructeurs de routeurs implémentent depuis 2004 les protocoles décrits précédemment permettant les premiers déploiements sur réseaux opérationnels. Ainsi le multicast IPv6 a pu être déployé sur le réseau GÉANT⁴ en Janvier 2005. Tous les routeurs du backbone pan-européen ont été configurés avec PIM-SMv2, permettant la construction d'arbres multicast entre les divers réseaux de recherche européens connectés. A ce jour, les réseaux connectés au service pilote multicast IPv6 de GÉANT sont RENATER (France), SWITCH (Suisse), JANET (Grande-Bretagne), DFN (Allemagne), RCTS (Portugal), Surfnet (Pays-Bas), Rediris (Espagne), UNINETT (Norvège), FUNET (Finlande), UNI-C (Danemark), CESNET (République Tchèque) HUNGARNET (Hongrie) et GARR (Italie).

⁴ Réseau pan-européen interconnectant les réseaux de la recherche et de l'éducation en Europe.

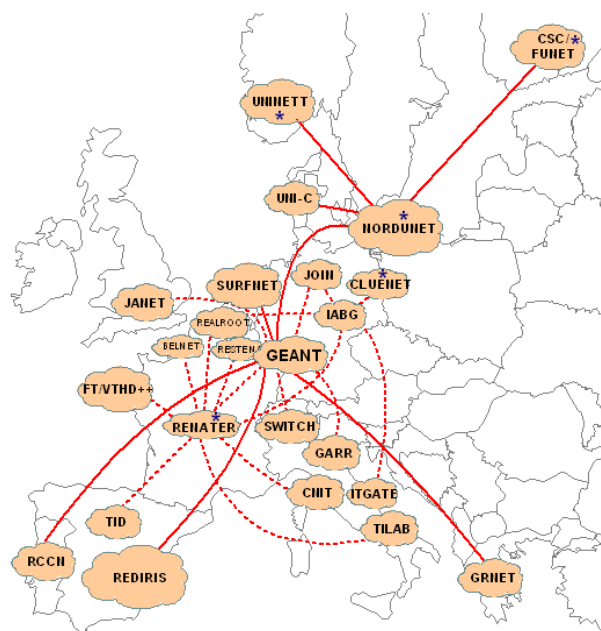


Figure 4 - Déploiement du multicast IPv6 en Europe

GÉANT est interconnecté au M6Bone [18], réseau expérimental multicast IPv6, dont le déploiement a débuté en juillet 2001, sous l'impulsion de RENATER, du G6⁵ et de l'association Aristote⁶. Le M6Bone s'étend aujourd'hui sur plus de 70 réseaux, en Europe, Asie, Amérique du Nord et du sud, en Afrique et il ne cesse de s'étendre. C'est principalement un réseau de tunnels IPv6 multicast (dans IPv6 ou IPv4 unicast) qui interconnecte les différents réseaux voulant participer au développement de cette technologie. Le M6Bone est un unique domaine PIM Sparse-Mode, maillé, avec un point de rendez-vous global géré par RENATER. Certains sites ont pu déployer des RP locaux, bénéficiant d'une hiérarchie et d'un meilleur contrôle de la portée de chaque diffusion. Des points de rendez-vous basés sur Embedded-RP (RFC 3956) ont aussi été mis en oeuvre. Les tests réalisés sur le M6Bone, principalement par les partenaires du projet IST 6NET [17] ont permis d'accélérer considérablement la standardisation et le déploiement du multicast IPv6.

⁵ Groupe d'experts français sur le protocole IPv6 (<http://www.g6.asso.fr>)

⁶ Association regroupant des grands organismes et entreprises français dans le but de mettre en commun des efforts de prospective, d'étude et d'information (<http://www.aristote.asso.fr>)

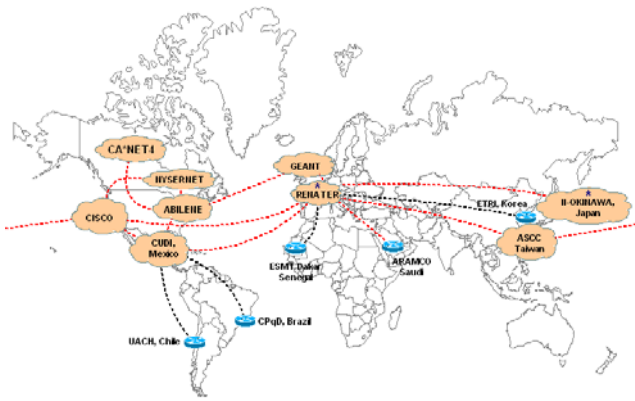


Figure 5 - Le M6Bone

L'année 2005 est également riche en déploiements. GÉANT a pu s'interconnecter récemment avec Abilene aux Etats-Unis, et le déploiement est en train de s'étendre vers CUDI (Mexique) et CA*NET (Canada). En Europe, plusieurs réseaux de recherche pourraient prochainement passer d'un réseau de test multicast IPv6 à un service pilote, voire un service de production. En Asie, de nouveaux réseaux commerciaux devraient se connecter, rejoignant les quelques fournisseurs d'accès à Internet déjà connectés au M6Bone. Sur le plan technologique, l'usage d'Embedded-RP et du modèle SSM devrait se généraliser, permettant de rendre le service encore plus robuste et plus distribué.

En plus de tous ces déploiements coordonnés dans le M6Bone, certains fournisseurs de service ont déployé le multicast IPv6 dans leur réseau, ceci dans le but de rendre des services à forte valeur ajoutée. C'est ainsi que NTT a déployé le multicast IPv6 pour diffuser la télévision à ses abonnés. D'autres opérateurs convergent vers ce type de solution, alliant l'efficacité du multicast en terme d'utilisation de ressources réseau, et la simplicité du protocole IPv6 quand le nombre de clients connectés est si important qu'un espace d'adressage privé ne suffit plus.

7 Applications multicast IPv6

Des applications supportant le multicast IPv6 ont pu être testées avec succès, notamment :

- vic, rat, nte, wb (communément appelés outils du Mbone, ces applications open-source permettent de réaliser des visioconférences multi-utilisateurs, avec chat et tableau blanc partagé)
- Conference-XP, ISABEL (ces outils sous licence permettent d'effectuer des réunions entre plusieurs sites, avec notamment la possibilité de présenter des transparents à distance)
- SDR (ce logiciel permet de recenser les différentes sessions multicast annoncées)

- Freeamp, Windows Media Player, Videolan (ces logiciels permettent de lire des flux audios et/ou vidéos qui peuvent être émis en multicast IPv6)
- FLUTE (cet outil permet de transférer des fichiers en multicast)

Des visioconférences, réunissant parfois plus d'une dizaine de participants ont été organisées sur le M6Bone. Aussi des conférences sont retransmises périodiquement en multicast IPv6, démontrant les divers usages possibles du réseau. Les applications multicast mises en jeu peuvent être installées sur la plupart des systèmes d'exploitations.

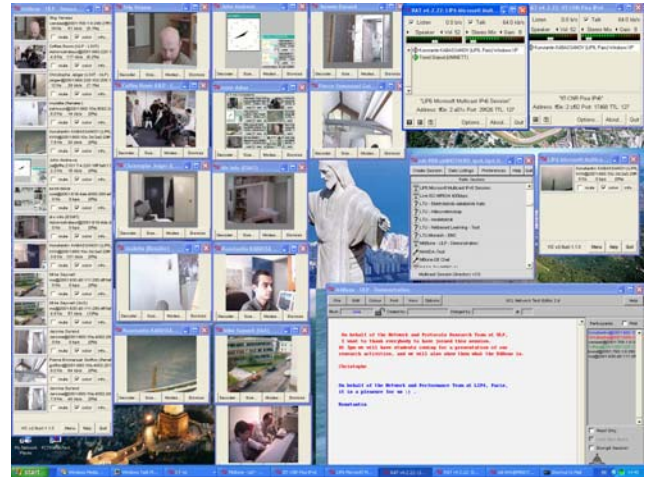


Figure 6 - Une visioconférence en multicast IPv6

Des passerelles IPv6 multicast - IPv4 multicast ont également été développées et déployées, permettant à des utilisateurs du M6Bone de joindre des groupes IPv4 existants et vice-versa. Ainsi il est possible pour un site de ne déployer que le multicast IPv6 et d'assurer l'interopérabilité avec le multicast IPv4, et ce de manière transparente pour l'utilisateur.

Le M6Bone a aussi permis de tester et de déployer DBeacon [20] et SSMPING [21], des outils de supervision permettant d'obtenir des statistiques de performance sur les réseaux multicast (Taux de perte de paquets, délai, gigue...) Les éventuels problèmes multicast peuvent être diagnostiqués dès qu'ils surviennent et peuvent ainsi être résolus en amont.

8 Multicast IPv6 et RENATER-4

Déployé durant l'été 2005, RENATER-4 offre un grand nombre de services réseau :

- Classification de service
- IPv4 et IPv6 unicast
- IPv4 multicast
- VPN de niveau 2 et 3

- Fibres noires pour l'interconnexion de projets fort consommateurs de ressources réseau
- Fiabilité accrue grâce à un maillage plus performant et l'utilisation de protocoles de routage adéquats

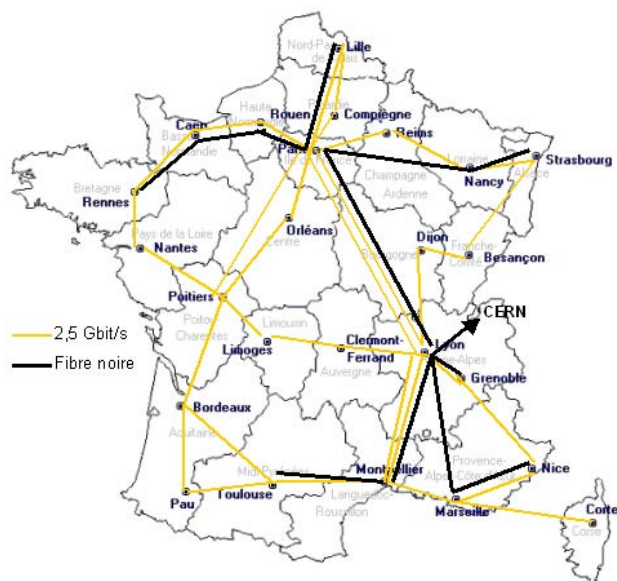


Figure 7 - RENATER-4

En attendant le déploiement du multicast IPv6 sur RENATER-4. Un service expérimental a été déployé sur des équipements dédiés. En septembre 2005, 16 sites de la communauté RENATER sont interconnectés en multicast IPv6. Aussi de par son activité motrice pour le multicast IPv6, RENATER offre une connectivité à tous les réseaux qui désirent expérimenter les protocoles inhérents au multicast IPv6.

Le déploiement du multicast IPv6 sur RENATER-4 est prévu pour le début de l'année 2006. Les protocoles PIM-SMv2 ainsi que MBGP [4] seront déployés sur l'ensemble du réseau, permettant de rendre les services ASM et SSM. Des adresses multicast seront allouées aux sites connectés, permettant l'utilisation des RP déployés sur RENATER suivant la technologie Embedded-RP. Une interconnexion native est prévue avec le réseau GÉANT. Aussi une connexion avec le M6Bone permettra de continuer les expérimentations avec les sites déjà connectés.

Glossaire

ASM - Any Source Multicast

IANA - Internet Assigned Numbers Authority

IETF - Internet Engineering Task Force

IP - Internet Protocol

MBGP - Multiprotocol Border Gateway Protocol

MLD - Multicast Listener Discovery

MSDP - Multicast Source Discovery Protocol

PIM - Protocol Independant Multicast

PIM-SM - Protocol Independant Multicast - Sparse Mode

RP - Rendezvous Point

SAP - Session Announcement Protocol

SSM - Source Specific Multicast

Bibliographie

- [1] IPv6, théorie et pratique, 4ème édition. Éditions O'Reilly, Gisèle Cizault
- [2] RFC 2236 - Internet Group Management Protocol, Version 2. W. Fenner. November 1997
- [3] RFC 2710 - Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6. S. Deering, W. Fenner, B. Haberman. October 1999.
- [4] RFC 2858 - Multiprotocol Extensions for BGP-4. T. Bates, Y. Rekhter, R. Chandra, D. Katz. June 2000.
- [5] RFC 3306 - Unicast-Prefix-based IPv6 Multicast Addresses. B. Haberman, D. Thaler. August 2002.
- [6] RFC 3376 - Internet Group Management Protocol, Version 3. B. Cain, S. Deering, I. Kouvelas, B. Fenner, A. Thyagarajan. October 2002.
- [7] RFC 3488 - Cisco Systems Router-port Group Management Protocol (RGMP). I. Wu, T. Eckert. February 2003.
- [8] RFC 3618 - Multicast Source Discovery Protocol (MSDP). B. Fenner, Ed., D. Meyer, Ed.. October 2003.
- [9] RFC 3810- Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6. R. Vida, Ed., L. Costa, Ed.. June 2004.
- [10] RFC 3956 - Embedding the Rendezvous Point (RP) Address in an IPv6 Multicast Address. P. Savola, B. Haberman. November 2004.
- [11] draft-jdurand-all-drs-are-rps-00 - All DRs all RPs model. J. Durand, D. Thaler. January 2005.
- [12] draft-jdurand-assign-addr-ipv6-multicast-dhcpv6-01 - IPv6 multicast address assignment with DHCPv6. J. Durand. Febraury 2005.
- [13] draft-jdurand-ipv6-multicast-ra-00 - Router Advertisement Option for IPv6 Multicast Prefixes. J. Durand, P. Savola. February 2005.

- [14] draft-ietf-mboned-addrarch-02 - Overview of the Internet Multicast Addressing Architecture. P. Savola. February 2005.
- [15] ietf-pim-sm-v2-new-11 - Protocol Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM): Protocol specification (Revised). B. Fenner, M. Handley, H. Holbrook, I. Kouvelas. October 2004.
- [16] <http://www-r2.u-strasbg.fr/~hoerd/~/libssmsdp/>
- [17] <http://www.6net.org>
- [18] <http://www.m6bone.net>
- [19] CGMP - CISCO Group Management Protocol
<ftp://ftpeng.cisco.com/ipmulticast/specs/cgmp.txt>
- [20] <http://artemis.av.it.pt/~hsantos/dbeacon/>
- [21] <http://www.venaas.no/multicast/ssmping/>