

# RFC 5692 : Transmission of IP over Ethernet over IEEE 802.16 networks

Stéphane Bortzmeyer  
<stephane+blog@bortzmeyer.org>

Première rédaction de cet article le 28 octobre 2009

Date de publication du RFC : Octobre 2009

<https://www.bortzmeyer.org/5692.html>

---

Le système de transmission radio par micro-ondes Wimax, normalisé par l'IEEE sous le numéro de 802.16, offre une interface Ethernet aux protocoles de couche réseau comme IP. À première vue, on pourrait penser qu'il n'y a donc rien de spécial à faire pour faire fonctionner IP sur Wimax. En fait, ce système offre suffisamment de particularités par rapport à l'Ethernet filaire pour que ce RFC soit nécessaire, pour normaliser les points de détails où il faut s'écarter de l'usage classique d'Ethernet.

Parmi les points importants de Wimax, système conçu pour fonctionner à grande distance, contrairement au Wifi :

- Il n'est pas pair-à-pair. Les machines connectées (nommées SS pour "*Subscriber Station*") ne peuvent pas se parler directement, elles doivent passer par la station de base (BS pour "*Base Station*").
- Wimax est orienté connexion et non pas datagramme : la machine ne peut pas transmettre avant une négociation avec la station de base, qui lui alloue un canal et des ressources.
- Il n'y a pas de vraie diffusion : une machine qui veut parler à toutes les autres doit transmettre à la station de base, qui diffusera.
- Comme souvent avec les transmissions radio, les machines qui l'utilisent peuvent avoir des ressources limitées, notamment en électricité, et il faut éviter de les activer pour un oui ou pour un non.
- Wimax offre, entre autres, une interface (un "*convergence layer*", dans la terminologie IEEE) Ethernet. Mais Ethernet avait été prévu pour un bus, un média partagé, alors que Wimax est point-à-multipoint.

La norme IEEE 802.16 est très riche et complexe et beaucoup d'options qu'elle présente peuvent avoir une influence sur IP.

Le défi de ce RFC 5692<sup>1</sup> (section 1) est donc de profiter de l'interface Ethernet de Wimax, tout en l'optimisant pour l'usage d'IPv4 et IPv6, sans abandonner les principes de base de l'IP sur Ethernet. Le cahier des charges détaillé avait fait l'objet du RFC 5154.

---

1. Pour voir le RFC de numéro NNN, <https://www.ietf.org/rfc/rfcNNN.txt>, par exemple <https://www.ietf.org/rfc/rfc5692.txt>

La section 4 décrit le modèle d'IEEE 802.16. Chaque connexion entre la SS (la machine qui se connecte) et la BS (la station de base) reçoit un identificateur sur 16 bits, le CID ("*Connection Identifier*"). Il peut y avoir plusieurs connexions entre une BS et une SS. L'acheminement des paquets se fait avec le CID, pas avec l'adresse MAC de l'interface Ethernet.

La section 4.2 couvre les subtilités de l'adressage 802.16. Chaque SS a une adresse MAC sur 48 bits, comme avec Ethernet. Mais la commutation des paquets par la BS se fait uniquement sur la base des CID, les identificateurs des connexions SS-BS. L'adresse MAC sources des paquets sur un lien radio n'est donc pas forcément celle d'une des deux stations, puisque la BS peut relayer des messages, jouant le rôle d'un pont.

Contrairement au vrai Ethernet, il n'y a pas de diffusion (globale ou restreinte) avec Wimax. La BS peut diffuser à toutes les SS mais si une SS veut en faire autant, elle doit transmettre à la BS, qui reflétera le paquet vers toutes les stations (section 4.3 et annexe A).

Les concepteurs de 802.16, conscients de l'importance d'Ethernet dans le monde des réseaux, avaient prévu dans la norme un mécanisme (et même deux) pour la transmission de paquets au format Ethernet. Comme l'explique la section 4.4, le premier de ces mécanismes, "*Packet Convergence Sublayer*" permet d'affecter différents protocoles au dessus d'Ethernet à des connexions différentes (et donc d'avoir des QoS différentes).

Ethernet n'est pas seulement un format de paquets, c'est aussi un modèle de réseau où toute station d'un même Ethernet peut parler directement à n'importe quelle autre. Ce n'est pas le cas, on l'a vu, pour 802.16, et il a donc fallu introduire un pont, rôle joué par la station de base, la BS (section 5). Ce mécanisme n'est pas très différent de celui de l'Ethernet filaire commuté (section 5.1). Comme un commutateur, la BS transmet aveuglément les paquets d'une station d'abonné, une SS, à une autre.

Il reste à réaliser la diffusion ("*broadcast*"). Comme indiqué plus haut, et précisé en section 5.2, la BS réalise une diffusion en dupliquant les paquets, un exemplaire par SS destinataire.

Bien, maintenant que le modèle de la liaison et celui de l'émulation Ethernet sont clairs, comment faire passer IP là-dessus? C'est le rôle des techniques exposées en section 6. Les sections 6.1 et 6.2 font un rappel de la méthode habituelle de transmission d'IP sur Ethernet. Décrite dans les RFC 894 pour IPv4 et RFC 2464 pour IPv6, cette méthode décrit l'encapsulation d'IP dans Ethernet, et la résolution d'adresses IP en adresses MAC par les protocoles ARP (RFC 826, pour IPv4) et NDP (RFC 4861, pour IPv6). IP sur Wimax continue dans la même veine et utilise les mêmes techniques.

C'est ici que se nichent les subtiles différences entre IP sur Ethernet et IP sur 802.16. Par exemple, la section 6.2.2.1 recommande des valeurs particulières pour certaines variables comme l'écart maximum entre deux annonces par un routeur. Comme les machines connectées en Wimax peuvent dépendre d'une batterie, qu'il faut économiser, les valeurs recommandées sont plus importantes que pour un réseau où la majorité des machines est connectée au secteur.

La section 7 détaille ces améliorations qui doivent être apportées à « IP sur Wimax ». Par exemple, la mise en œuvre de la diffusion restreinte Ethernet par les BS consiste à répéter la trame sur tous les liens virtuels, réveillant ainsi même les machines qui n'étaient pas membres du groupe "*multicast*" considéré. La section 7.1.1 demande donc que l'information sur qui est membre ou pas soit traitée par la BS, de façon à ce qu'elle sache sur quels liens transmettre la trame. Pour cela, la BS doit donc écouter le trafic lié à la diffusion restreinte, comme expliqué dans le RFC 4541.

Et la diffusion générale ("*broadcast*")? Elle est encore plus gourmande en électricité. La section 7.1.2 demande donc que la station de base procède intelligemment et ne transmette **pas** les trames de diffusion des protocoles comme ARP, DHCP ou IGMP, qu'elle doit plutôt intercepter et traiter elle-même. La section 7.2 explique comment assurer ce traitement pour DHCP et la 7.3 pour ARP. Dans ce dernier cas, la BS, connaissant toutes les stations des clients et donc leurs adresses MAC, doit assurer un rôle de relais ARP. À noter que l'équivalent d'ARP pour IPv6, NDP, ne fonctionne pas de la même manière (les trames sont transmises en diffusion restreinte) et peut donc être traitée par le mécanisme général de la diffusion restreinte.

La section 10 clôt le RFC avec les questions de sécurité. Comme IP sur Wimax est très proche de IP sur Ethernet, les problèmes de sécurité liés à Ethernet sont souvent les mêmes, et les solutions aussi. Ainsi, les paquets NDP ("*Neighbor Discovery Protocol*") peuvent être mensongers et les techniques de sécurité comme SEND peuvent être utilisées.

Deux annexes reviennent sur des choix qui ont été faits lors de l'adaptation d'IP à 802.16. L'annexe A discute la possibilité d'utiliser des CID ("*Connection Identifier*") pour la diffusion restreinte, mais la rejette car la diffusion restreinte de 802.16 ne fonctionne que dans un seul sens, de la BS vers les SS. De plus, elle nécessite un traitement par toutes les machines à qui la BS a envoyé la trame, les forçant ainsi à se réveiller et à consommer du courant.

L'annexe B discute pour sa part les avantages et les inconvénients d'un pont centralisé entre les SS, par rapport à un ensemble de ponts connectés entre eux.