

Interaction Protocoles de Transport/Fiabilisation MAC pour service mobiles par satellite

Bastien Tauran¹

Emmanuel Lochin¹

Jérôme Lacan¹

Laurence Clarac²

Nicolas Kuhn²

Fabrice Arnal³

Mathieu Gineste³

¹ISAE-SUPAERO et TéSA, ²CNES, ³Thalès Alenia Space

Contexte

L'accès à Internet via satellite permet de relier des lieux isolés ou des mobiles en mouvement. L'utilisation de constellations de satellites pose cependant certains problèmes spécifiques. Les principaux étant :

- de long délais de transmission par rapport à une communication terrestre
- d'importantes pertes sur les liens entre le satellite et la station au sol (récepteurs mobiles)
- le caractère dynamique des routes relatif au mouvement des satellites

Les protocoles de transports actuels tels que TCP sont inadaptés à des communications par satellite, le débit utile étant proche de zéro pour des mauvais canaux à cause des délais longs et variables.

Des mécanismes existent pour améliorer les communications ; mon travail durant cette thèse sera d'étudier ces mécanismes, de les optimiser voire de développer de nouvelles approches.

Correction des erreurs sur les couches basses

Les couches physique et liaison gèrent la transmission entre deux nœuds adjacents. Elles utilisent des mécanismes de fiabilisation et de retransmission pour corriger des erreurs de transmission :

- Les codes **FEC (Forward Error Correction)**
- L'**Automatic Repeat reQuest (ARQ)**
- Le **Hybrid ARQ (HARQ)**. Son fonctionnement est donné en Figure 1

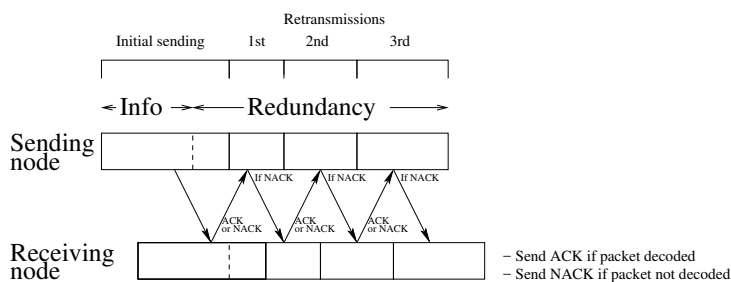


FIGURE 1: Fonctionnement de l'HARQ

Ces mécanismes sont particulièrement essentiels sur les liens entre le dernier satellite sur le chemin du paquet et le récepteur au sol, segment qui est le plus générateur d'erreurs. Sur ces segments, la qualité des transmissions varie fortement avec le temps.

Les mécanismes de retransmission standard (i.e. ARQ) vont corriger les erreurs dans un délai qui sera fonction du RTT du lien. En revanche, la correction d'erreurs est indépendante du RTT mais engendre un surcoût en termes de transmission. Aussi, il y a donc un compromis à trouver entre délai de récupération et capacité. Ce délai a un impact sur le protocole de routage. De plus, la différence de temps de traitement entre deux paquets implique que ceux-ci vont arriver de manière désordonnée dans la suite du réseau. Le protocole de transport choisi doit donc s'adapter à cette nouvelle contrainte.

Routage sur les couches hautes

Les couches transport et réseau gèrent l'acheminement bout en bout. Elles choisissent la meilleure route possible pour arriver à destination, en fonction des paramètres et de l'état du réseau : délai, congestion, etc.

Le protocole de transport le plus couramment utilisé est TCP, mais dans le cas de communications par satellite, les retransmissions potentielles relatives à des pertes de données sont contraintes par des délais longs et variables, et non plus de la congestion.

Simulations et résultats

Les simulations se font avec le logiciel **Network Simulator 2 (ns-2)**, dans un premier temps en envoyant un seul flot long vers un unique récepteur mobile. Celles-ci ont montré clairement que beaucoup de retransmissions de TCP étaient dues à des paquets arrivant dans le désordre, causant des DUPACK par le récepteur TCP, et des retransmissions abusives par la source.

Ces paquets désordonnés, en plus d'entraîner des retransmissions abusives, font réduire la fenêtre d'émission de TCP, et diminuent ainsi considérablement le débit d'émission de la source. Il est donc nécessaire de trouver des solutions pour mitiger l'impact de ce désordonnement

Une solution efficace est l'ajout d'un mécanisme de réordonnement à la sortie du module HARQ. L'impact de ce mécanisme sur le débit utile de TCP est montré en Figure 2.

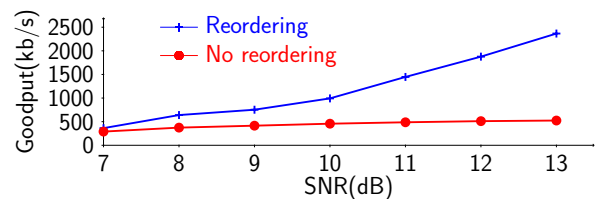


FIGURE 2: Impact des mécanismes de réordonnement sur le débit utile

L'ajout de réordonnement après HARQ permet de fortement améliorer le débit utile de TCP

Ce mécanisme nécessite de fixer certains paramètres, tels que la taille du buffer stockant les paquets en cours de réordonnement ou la politique à adopter en cas de pertes. Ces paramètres ont été optimisés afin d'améliorer au maximum la performance de TCP.

Travaux actuels

Quand plusieurs utilisateurs reçoivent chacun un flot long, les canaux LMS liés à chacun d'entre eux seront différents et indépendants. Dans le fonctionnement normal, le satellite enverra à chaque moment la même quantité de données à chaque récepteur. Une solution peut être de privilégier l'utilisateur ayant à un instant le meilleur canal, puis d'envoyer aux autres quand ils auront une meilleure qualité de canal.