

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.1741
(03/2006)

**Méthode de calcul des objectifs de qualité
de fonctionnement et optimisation de cette
méthode pour les applications de
transmission par paquets IP dans
le service mobile par satellite**

Série M

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur
y compris les services par satellite associés**



Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
BO	Diffusion par satellite
BR	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
BS	Service de radiodiffusion sonore
BT	Service de radiodiffusion télévisuelle
F	Service fixe
M	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
P	Propagation des ondes radioélectriques
RA	Radio astronomie
RS	Systèmes de télédétection
S	Service fixe par satellite
SA	Applications spatiales et météorologie
SF	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
SM	Gestion du spectre
SNG	Reportage d'actualités par satellite
TF	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
V	Vocabulaire et sujets associés

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2010

© UIT 2010

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R M.1741*

Méthode de calcul des objectifs de qualité de fonctionnement et optimisation de cette méthode pour les applications de transmission par paquets IP dans le service mobile par satellite

(Questions UIT-R 85/8, UIT-R 87/8, UIT-R 112/8 et UIT-R 233/8)

(2006)

Domaine de compétence

La présente Recommandation décrit la méthode de calcul des objectifs de qualité de fonctionnement et l'optimisation de cette méthode pour les applications de transmission par paquets IP dans le service mobile par satellite. Les lignes directrices relatives aux paramètres et objectifs de qualité de fonctionnement applicables à la couche physique et à la couche MAC, la méthode de calcul de ces objectifs de qualité de fonctionnement, ainsi que les lignes directrices relatives à l'optimisation de la qualité de fonctionnement du protocole TCP pour les applications de transmission par paquets IP dans le service mobile par satellite sont données respectivement dans les Annexes 1, 2 et 3 de la présente Recommandation.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la transmission par paquets sur le protocole Internet (IP) est devenue l'une des principales applications des réseaux de communication modernes, y compris des systèmes mobiles par satellite;
- b) que les circuits hypothétiques de référence, les caractéristiques techniques, les objectifs de qualité de fonctionnement et les critères de disponibilité applicables aux services mobiles par satellite classiques (SMS) ont été définis dans un certain nombre de Recommandations actuellement en vigueur;
- c) que les caractéristiques techniques et la qualité de fonctionnement devraient être définies à partir des couches de paquets IP, ainsi que la qualité de fonctionnement de base des transmissions numériques sur des liaisons support du SMS;
- d) que la Recommandation UIT-R M.1636 définit les modèles de référence et les paramètres de qualité de fonctionnement qui serviront de base technique pour le développement des applications de transmission par paquets dans le SMS;
- e) que l'on a besoin de lignes directrices pour l'élaboration des objectifs de qualité de fonctionnement de la couche physique et de la couche liaison des systèmes du SMS assurant la transmission de paquets IP, ainsi que d'une méthode de calcul des objectifs de qualité de

* La présente Recommandation devrait être portée à l'attention de la Commission d'études 4 des radiocommunications et de la Commission d'études 13 de la normalisation des télécommunications.

fonctionnement pour la transmission de paquets IP pour que les systèmes utilisent plus efficacement le spectre;

f) que le protocole de commande de transmission (TCP) est l'un des protocoles sur IP de la couche transport les plus largement utilisés et qu'il faut accorder une attention toute particulière à l'optimisation des paramètres de fonctionnement si ce protocole est utilisé pour un système caractérisé par un temps de propagation long, comme c'est le cas des liaisons du SMS,

recommande

1 d'utiliser les lignes directrices relatives aux objectifs de qualité de fonctionnement données dans l'Annexe 1 pour les transmissions de paquets IP dans le SMS;

2 d'appliquer la méthode donnée dans l'Annexe 2 pour calculer les objectifs de qualité de fonctionnement applicables aux transmissions de paquets IP dans le SMS;

3 de tenir compte des lignes directrices données dans l'Annexe 3 pour définir les paramètres de fonctionnement du protocole TCP, pour les transmissions de paquets IP dans le SMS.

Annexe 1

Lignes directrices relatives aux objectifs de qualité de fonctionnement pour les transmissions de paquets IP dans le SMS

1 Introduction

Les protocoles utilisés par les terminaux du SMS doivent respecter un certain nombre de critères de qualité de fonctionnement pour que les caractéristiques de la liaison par satellite (temps de propagation important, taux d'erreur variable, dysfonctionnement périodique) soient tolérées et prises dûment en compte. Les protocoles à examiner qui sont utilisés pour la transmission de paquets IP sur la liaison par satellite comprennent la couche physique (PHY) et la couche commande d'accès au support (MAC). Le présent paragraphe définit les caractéristiques et les objectifs de qualité de fonctionnement des couches PHY et MAC qui peuvent contribuer à l'efficacité des transmissions de paquets IP sur la liaison du SMS.

2 Couche physique (couche 1)

2.1 Canal d'accès multiple en mode paquets

En règle générale, les terminaux du service mobile par satellite ont accès aux canaux radioélectriques et à leurs ressources pour se connecter aux passerelles d'accès satellite, via une liaison du SMS pour les transmissions de paquets IP. Les mécanismes de partage des canaux radio électriques et de leurs ressources pour l'accès multiple en mode paquets font intervenir une combinaison de techniques. Une des méthodes possibles de gestion des ressources pour que les terminaux du service mobile par satellite puissent avoir accès aux canaux radioélectriques consiste à utiliser ces canaux dans le sens aller en mode multiplexage par répartition dans le temps (MRT) et dans le sens retour en mode accès multiple par répartition dans le temps (AMRT). Dans ce cas, chaque passerelle d'accès satellite gère un ensemble de canaux aller (vers le mobile) et retour

(depuis le mobile). Les terminaux du service mobile par satellite peuvent par ailleurs prendre en charge une ou plusieurs paires d'émetteurs/récepteurs.

L'AMRT pour la couche physique suppose l'utilisation de certains protocoles de programmation des transmissions qui sont décrits en détail au § 4.4.

2.2 Rôles de la couche physique

La couche PHY, chargée du transfert d'un flux binaire d'information sur la liaison satellite, assure les fonctions suivantes:

Au niveau de l'émetteur:

- codage, embrouillage et entrelacement;
- modulation du flux binaire codé;
- transmission du signal modulé sur un canal démultiplexé.

Au niveau du récepteur:

- réception d'un signal modulé;
- démodulation du signal en un flux binaire codé;
- décodage, désembrouillage et désentrelacement.

La couche PHY achemine une trame entière ainsi que les paramètres mesurés du signal par satellite, par exemple la synchronisation et le niveau de puissance.

3 Couche MAC (couche 2)

La couche MAC est chargée de contrôler l'accès à la couche PHY (ressources de canaux) par chaque connexion ainsi que d'établir et d'assurer la connexion pour la remise des paquets IP sur la liaison du SMS. En règle générale, la couche MAC effectue les fonctions suivantes:

- adressage des dispositifs physiques ou des connexions logiques, programmation des ressources pour assurer le transfert de l'information entre ces entités, à la fois dans le sens aller et le sens retour, dans un canal multiplexé en mode paquets;
- groupage ou dégroupage des paquets IP en trames MAC, avec segmentation et réassemblage, si nécessaire;
- mise en mémoire tampon et gestion des flux d'information provenant de la couche supérieure (par exemple, la couche IP);
- demande de répétition automatique (ARQ) (si nécessaire, pour la connexion sensible aux erreurs).

4 Lignes directrices relatives à la conception d'un système de transmission de paquets IP dans le SMS susceptibles d'influer sur la qualité de fonctionnement de la couche réseau (couche 3) et des couches supérieures

Le présent paragraphe décrit les paramètres de qualité de fonctionnement et les lignes directrices relatives à la conception des systèmes pour la couche PHY et la couche MAC susceptibles d'influer sur l'efficacité des transmissions de paquets IP sur la liaison du SMS.

4.1 Taux d'erreur binaire

Le taux d'erreur binaire (TEB) d'une liaison du SMS peut être calculé à partir des paramètres de conception de cette liaison, lesquels dépendent des caractéristiques de la couche physique de la

liaison, par exemple la modulation et le procédé de codage des erreurs, la puissance d'émission et le bilan de liaison, la sensibilité du récepteur. Un exemple de TEB pour un canal support à 64 kbit/s est donné dans le Tableau 1.

TABLEAU 1
Exemple de taux d'erreur binaire (TEB)

Canal	TEB du démodulateur du terminal du SMS	TEB du démodulateur de la passerelle du SMS	Période de mesures
64 kbit/s	$\leq 10^{-6}$	$\leq 10^{-6}$	1 500 s

Les valeurs indiquées dans le Tableau 1 sont mesurées après synchronisation du signal. Toutes les causes possibles de dégradation du TEB, par exemple le bruit de phase, la perte du verrouillage de synchronisation, les dérapages d'horloge et de cycle pendant les mesures sont prises en compte mais toute dégradation causée par des salves d'erreurs imputables à la propagation par trajets multiples, à l'effet d'écran ou au brouillage par le canal adjacent est exclue.

4.2 Mise en mémoire tampon et gestion des flux d'information

Les paquets IP arrivant de la couche supérieure (par exemple la couche réseau IP) seront mis en mémoire tampon au niveau de la sous-couche MAC de la connexion avant d'être acheminés par le canal d'accès multiple en mode paquets de la couche PHY. Le mécanisme de contrôle et la taille de la mémoire tampon auront une incidence sur l'efficacité de la transmission des paquets IP. Par exemple, si la taille de la mémoire tampon est suffisamment grande, les pertes de paquets dues à un débordement de la mémoire tampon peuvent être réduites; par contre, le délai de mise en mémoire tampon peut augmenter sensiblement si la taille de la mémoire est trop grande. Il faut donc définir avec soin le mécanisme de contrôle et la taille de la mémoire tampon en tenant compte du compromis qui sera fait entre les pertes et le délai de transmission des paquets IP.

4.3 ARQ

La couche MAC offre un mécanisme de transmission fiable grâce auquel l'information est remise sans erreurs et de façon séquentielle avec, en contrepartie, une augmentation du délai de transmission des paquets. Le mécanisme de prise en charge de la fonction ARQ doit être choisi de façon à avoir un bon équilibre entre le taux d'erreur et l'importance du délai de transmission.

4.4 Programmation

La programmation est le processus d'attribution des ressources du canal d'accès multiple en mode paquets à chaque connexion, laquelle est gérée par la passerelle satellite. La méthode simple d'attribution des ressources est la méthode du premier arrivé premier servi (FIFO, *first-in first-out*), selon laquelle les priorités de toutes les connexions sont considérées comme égales. Pour différencier la priorité de chaque connexion, le processus de programmation peut être basé sur la qualité des paramètres de service de chaque connexion.

En outre, le statut des files d'attente pour d'autres connexions pourrait être utilisé pour déterminer la priorité de transfert des données dans le processus de programmation.

Annexe 2

Méthode de calcul des paramètres de qualité de fonctionnement de transfert des paquets IP dans le SMS

1 Introduction

Les définitions génériques des paramètres de qualité de fonctionnement et les objectifs associés sont donnés respectivement dans les Recommandations UIT-T Y.1540 et UIT-T Y.1541 pour les applications de transmission de paquets IP. Pour les transmissions par paquets IP dans le SMS, ces paramètres concernent essentiellement le tronçon SMS du trajet de communication de bout en bout. Les propriétés et les paramètres de qualité de fonctionnement des liaisons du SMS ayant été définis au paragraphe précédent, le présent paragraphe résume quelques méthodes possibles de calcul de ces paramètres pour les transmissions de paquets IP sur les liaisons du SMS. Par liaison ou tronçon satellite du SMS on entend la liaison satellite entre les terminaux d'accès au niveau de la station mobile et de la station terrienne passerelle (Fig. 1 et Fig. 2 de la Recommandation UIT-R M.1636).

2 Taux d'erreur sur les paquets IP

Le taux d'erreur sur les paquets IP (IPER) est défini dans la Recommandation UIT-T Y.1540 comme étant le rapport entre le nombre total de paquets contenant des erreurs et le nombre total de paquets sans erreurs et de paquets comportant des erreurs. Un paquet contient des erreurs lorsque le contenu binaire du champ d'information du paquet remis n'est pas exactement analogue à celui du paquet envoyé à l'origine ou lorsqu'un ou plusieurs des champs d'en-tête du ou des paquets remis sont altérés.

Il serait possible en théorie de calculer l'IPER lié aux paquets contenant des erreurs transmis sur la liaison du SMS à partir des paramètres de qualité de fonctionnement propres aux transmissions numériques qui sont énoncées pour les liaisons du SMS. Si on peut partir de l'hypothèse que les erreurs se produisent de façon aléatoire, l'IPER, c'est-à-dire la probabilité pour qu'au moins un bit soit erroné dans un paquet, peut être calculé statistiquement comme suit:

$$IPER = 1 - (1 - BER)^{Packet_size \times 8} \quad (1)$$

où:

TEB: taux d'erreur binaire après avoir appliqué le système de correction d'erreurs directe

Packet size: taille d'un paquet IP en octets transféré par la liaison du SMS.

Par exemple, la Recommandation UIT-R M.1476 prend comme objectif de qualité de fonctionnement pour le SMS faisant partie du RNIS un TEB inférieur à 9×10^{-7} . Si, par hypothèse, la taille des paquets est de 1 500 octets, l'IPER pour un système conforme à la Recommandation UIT-R est de 1×10^{-2} .

On considère généralement qu'il y aurait une relation de compromis entre réduction du nombre d'erreurs dans les paquets et réduction du temps de transfert. Ce compromis dépend de la conception du système.

Pour les applications sensibles aux erreurs, la Recommandation UIT-T Y.1541 indique que l'objectif de qualité de fonctionnement pour l'IPER est provisoirement inférieur à 1×10^{-4} . Pour respecter la Recommandation de l'UIT-T en ce qui concerne les classes de QoS associées aux applications sensibles aux erreurs, une méthode possible consiste à appliquer un procédé ARQ à la

liaison du SMS pour améliorer l'IPER avec, en contrepartie, une augmentation du temps de transfert des paquets IP.

Pour les applications sensibles au temps de transmission (à temps critique) aucune technique de retransmission (technique ARQ, par exemple) ne peut être appliquée. L'IPER est donc déterminé uniquement en fonction de la qualité de fonctionnement du canal satellite, c'est-à-dire le *TEB* et la taille de chaque paquet IP, *Packet_size*, qui devrait être déterminée avec soin lors de la conception du système.

3 Taux de perte de paquets IP

Le taux de perte de paquets IP (IPLR) est défini dans la Recommandation UIT-T Y.1540, comme étant le rapport entre le nombre total de paquets perdus et le nombre total de paquets transmis. Les pertes de paquets IP sont imputables à diverses raisons: erreur d'acheminement du paquet IP en raison d'une mauvaise mise à jour des tables de routage, débordement des mémoires tampon des routeurs ou des équipements de transmission des paquets, surcharge des routeurs, etc. Pour ce qui est du tronçon liaison SMS du trajet de communication de paquets IP, la principale cause de la perte de paquets IP serait le débordement des paquets de la mémoire tampon au niveau de l'interface de l'équipement de transmission par satellite qui sert à connecter la liaison SMS au tronçon terrestre.

Le taux de perte de paquets IP dû au débordement des paquets de la mémoire tampon de l'équipement de transmission dépend des paramètres suivants:

- le processus d'arrivée des paquets IP;
- la taille de la mémoire tampon de l'équipement de transmission au niveau de l'interface qui sert à connecter la liaison SMS au tronçon terrestre;
- la programmation des paquets IP sur la liaison SMS.

Il est largement admis que, pour les applications de données, les paquets IP arrivent par salves. Par exemple, un modèle de trafic est défini pour la navigation sur le web afin d'évaluer les techniques de transmission radioélectrique utilisées pour les applications de télécommunications mobiles¹. Ce modèle utilise le modèle d'arrivée des paquets on-off. La période (on) et la période (off) correspondent respectivement au téléchargement d'un fichier et au temps de lecture de ce fichier. Ce modèle est une bonne représentation des activités de navigation sur le web mais, à ce jour, aucune méthode analytique n'a été signalée ou définie pour évaluer la qualité de fonctionnement des applications de transmission par paquets IP dans le cadre du modèle de trafic par salves complexe. Une méthode possible pour évaluer l'*IPLR* dans le cas d'un trafic par salves consiste à faire une simulation de mise en file d'attente en adoptant une hypothèse appropriée pour les paramètres ci-dessus.

Dans l'hypothèse d'un processus de Poisson pour l'arrivée des paquets IP et d'une mémoire tampon finie, avec programmeur FIFO, une autre approximation possible du taux de perte de paquets, *IPLR*, dû à un débordement de la mémoire tampon est donnée par une analyse de la file d'attente *M/M/1/K* comme suit:

$$IPLR = \rho^K / \sum_{n=0}^K \rho^n \quad (2)$$

¹ UMTS TR 101 112, «Procédures à suivre pour choisir les technologies de transmission radioélectrique des UMTS», avril 1998.

où:

- K : taille de la mémoire tampon en termes de nombre de paquets
- ρ : intensité du trafic, c'est-à-dire $\rho = \lambda \cdot h$
- λ : rythme d'arrivée des paquets (nombre de paquets/s)
- h : temps moyen d'attente pour la transmission des paquets.

4 Temps de transfert des paquets IP (IPTD)

Le temps de transfert des paquets IP (IPTD) est le temps de transmission total associé à une connexion IP de bout en bout. Il faut attribuer correctement le temps IPTD à tous les segments constituant la connexion de bout en bout. Le temps IPTD pour le tronçon liaison SMS, $IPTD_{sat}$ est défini dans la Recommandation UIT-R M.1636 comme suit:

$$IPTD_{sat} = \sum_{n=1}^{N+1} \{T_{n,propagation} + T_{n,processing}\} + T_{buffer} \quad (3)$$

où:

- N : nombre de retransmissions par demande ARQ
- $T_{n,propagation}$: temps de propagation d'une liaison SMS pour la n ème transmission
- $T_{n,processing}$: temps de traitement pour la transmission des paquets sur le canal satellite et adaptation pour la n ème transmission sur une liaison SMS
- T_{buffer} : temps de mise en mémoire tampon au niveau d'une interface pour connecter la liaison SMS à un tronçon terrestre.

Les valeurs types du temps de propagation pour les paquets IP, $T_{n,propagation}$ sont données dans la Recommandation UIT-R M.1636 pour divers systèmes du SMS avec la variation du temps de propagation. Pour les systèmes non OSG (MEO) du SMS, $T_{n,propagation}$ est égal à 69 ms au point à la verticale du satellite et à 103 ms en bordure de la zone de couverture assurée par le satellite. Le temps de traitement, $T_{n,processing}$ dépend des caractéristiques de transmission par paquets IP pour le système du SMS, par exemple:

- schéma de correction des erreurs directe;
- structure des trames pour la liaison du SMS;
- longueur des paquets et le débit de transmission des paquets (bit/s);
- schéma de programmation des paquets IP sur la liaison du SMS.

Il est possible de calculer ces paramètres à partir des objectifs de qualité de fonctionnement de la couche physique et de la couche liaison du SMS. Il est possible de calculer le temps de mise en mémoire tampon, T_{buffer} en analysant les files d'attente ou en procédant à une étude de simulation, sous une forme ou une autre, si on peut prendre pour hypothèse un modèle approprié pour le processus d'arrivée des paquets, pour la taille de la mémoire tampon et pour la programmation et la mise en trames des paquets sur la liaison du SMS.

Dans la Recommandation UIT-T Y.1541, l'objectif de qualité de fonctionnement pour le temps de transfert de paquets est défini comme étant l'IPTD moyen.

Pour les applications sensibles au temps de transmission, lorsqu'aucune retransmission de paquets n'est autorisée, la valeur moyenne de $IPTD_{sat}$, $\overline{IPTD_{sat}}$ est calculée simplement en additionnant $T_{n,propagation}$, $T_{n,processing}$ et T_{buffer} .

Pour les applications sensibles aux erreurs, \overline{IPTD}_{sat} dépend de la demande ARQ utilisée.

Dans le cas d'une demande ARQ, avec arrêt et attente, \overline{IPTD}_{sat} peut être calculé comme suit:

$$\overline{IPTD}_{sat} = \bar{x} + \frac{\lambda \bar{x}^2}{2(1 - \lambda \bar{x})} - (T_{propagation} + T_{ack,processing}) \quad (4)$$

$$\bar{x} = \frac{T_D}{1 - p} \quad (5)$$

$$\bar{x}^2 = \frac{T_D^2 (1 + p)}{(1 - p)^2} \quad (6)$$

où:

- λ : rythme d'arrivée des paquets (paquet/s)
- p : taux d'erreur sur les paquets IP, c'est-à-dire *IPER*
- T_D : temps de propagation aller-retour pour la liaison du SMS,
 $T_D = 2T_{propagation} + T_{data,processing} + T_{ack,processing}$
- $T_{propagation}$: temps de propagation moyen sur la liaison du SMS
- $T_{data,processing}$ $T_{ack,processing}$: temps de traitement moyen respectivement pour un paquet de données et un paquet d'accusé de réception.

Pour une demande ARQ avec mémoire à N blocs, \overline{IPTD}_{sat} peut être calculé comme suit:

$$\overline{IPTD}_{sat} = \bar{x} + \frac{\lambda \bar{x}^2}{2(1 - \lambda \bar{x})} + (T_{propagation}) \quad (7)$$

$$\bar{x} = T_{data,processing} + T_D \cdot \frac{p}{1 - p} \quad (8)$$

$$\bar{x}^2 = T_{data,processing}^2 + 2T_{data,processing} \cdot T_D \cdot \frac{p}{1 - p} + T_D^2 \cdot \frac{p(1 + p)}{(1 - p)^2} \quad (9)$$

Enfin, pour une demande ARQ, avec répétition sélective, \overline{IPTD}_{sat} peut être calculé comme suit:

$$\overline{IPTD}_{sat} = \bar{x} + (T_D - T_{data,processing}) \cdot \frac{p}{1 - p} + \frac{\lambda \bar{x}^2}{2(1 - \lambda \bar{x})} + T_{propagation} \quad (10)$$

$$\bar{x} = \frac{T_{data,processing}}{1 - p} \quad (11)$$

$$\bar{x}^2 = T_{data,processing}^2 \frac{1 + p}{(1 - p)^2} \quad (12)$$

5 Variation du temps de transmission des paquets IP

Le calcul de la variation du temps de transmission des paquets (IPDV) est décrit dans l'Appendice IV de la Recommandation UIT-T Y.1541, dans laquelle il convient de prendre en compte divers contributeurs. Par ailleurs, les fluctuations du temps de propagation ont également

une incidence sur l'IPDV dans le cas de la transmission de paquets IP sur des liaisons non OSG du SMS. La valeur type de la variation du temps de propagation applicable à ce cas est donnée dans la Recommandation UIT-R M.1636. La valeur globale de l'IPDV sur la liaison SMS devrait tenir compte des facteurs susmentionnés et elle est trop complexe pour pouvoir être calculée à partir d'une analyse des files d'attente. On peut calculer l'IPDV sur la liaison du SMS en créant une fonction de distribution pour l'IPTD par mesure des systèmes types existants du SMS ou par simulation.

Annexe 3

Lignes directrices pour l'optimisation de la qualité de fonctionnement des applications de transmission par paquets IP dans le SMS

1 Introduction

Aujourd'hui, pour les communications sur internet, le protocole TCP est le protocole de la couche transport le plus utilisé sur la couche IP. La qualité de fonctionnement des transmissions de paquets IP avec le protocole TCP est déterminée essentiellement par la largeur de bande de transmission et le temps de transmission. Lorsque le temps de propagation est important, comme c'est le cas pour les liaisons de communication par satellite, le débit du protocole TCP que l'on peut obtenir serait sensiblement altéré. Par exemple, pour un temps de propagation aller-retour de 200 ms et une taille de fenêtre de 8 koctets, le débit du protocole TCP est limité à 310 kbit/s, quelle que soit la largeur de bande du réseau d'accès.

Compte tenu du temps de transmission important sur les liaisons du SMS, l'option réglage de la taille de fenêtre qui permet au protocole TCP d'utiliser une taille de fenêtre de plus de 64 koctets est beaucoup utilisée dans les divers modules logiciels centraux du protocole TCP, pour les systèmes récemment exploités. Le présent paragraphe indique comment le protocole TCP règle la taille de fenêtre lorsque le temps de propagation est important.

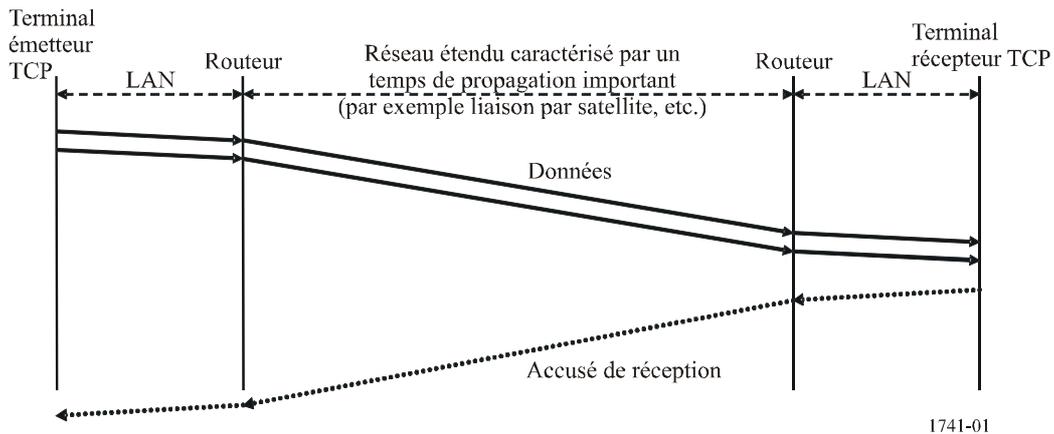
2 Problèmes posés par les communications de bout en bout présentant un temps de propagation important

Le protocole TCP gère les flux de données à l'aide d'un mécanisme de fenêtre glissante entre terminaux d'extrémité, de bout en bout, comme indiqué dans la Fig. 1. Le logiciel central du protocole TCP contrôle les flux de données au niveau des ordinateurs individuels ou des postes de travail. La taille de fenêtre est utilisée pour contrôler les flux de données et elle indique le volume de données qui peut être envoyé sans accusé de réception. La taille de fenêtre maximale du protocole TCP utilisée est, en règle générale, de 64 koctets ou de 8 koctets.

Cette petite taille de fenêtre présente de gros inconvénients si le temps de propagation sur la liaison, par exemple 80 ms entre la côte est des Etats-Unis et le Japon via un câble à fibres optiques, est important. Comme l'illustre la Fig. 1, un terminal émetteur TCP ne peut envoyer de données même si la liaison d'accès est inactive car aucun accusé de réception n'a été envoyé depuis de nombreuses heures.

FIGURE 1

Séquence du contrôle de flux de bout en bout avec une taille de fenêtre insuffisante



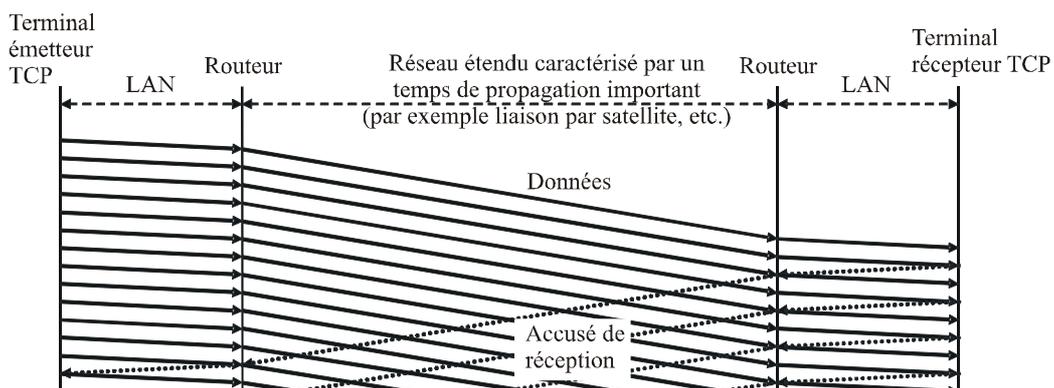
1741-01

3 Méthode pour améliorer le débit obtenu du protocole TCP

L'optimisation des paramètres du protocole TCP est une des solutions possibles pour améliorer le débit de ce protocole que l'on peut obtenir. Le principal paramètre est la taille de fenêtre maximale. En particulier, lorsque la liaison satellite fait partie du réseau étendu, on a besoin d'une taille de fenêtre importante supérieure à 64 koctets. Or, le logiciel classique du protocole TCP n'autorise pas une taille de fenêtre de plus de 64 koctets. Pour régler ce problème, des extensions du protocole TCP sont actuellement spécifiées pour améliorer le débit obtenu lorsque le temps de propagation est important. L'option réglage de la taille de fenêtre est l'une des extensions du protocole TCP utilisées à cette fin. Elle permet d'obtenir des débits élevés pour le protocole TCP même lorsque l'on utilise des liaisons par satellite. Comme l'illustre la Fig. 2, un terminal émetteur TCP peut toujours envoyer les données, même lorsque le temps de propagation est important.

FIGURE 2

Séquence de contrôle des flux de données de bout en bout avec une taille de fenêtre suffisante



1741-02

4 Débit estimé du protocole TCP

Dans l'hypothèse où il n'y a pas de pertes sur les segments TCP du réseau étendu, le débit estimé du protocole TCP est calculé à l'aide de l'équation suivante:

«débit estimé du protocole TCP» =

«taille de fenêtre maximale du protocole TCP» / («RTT (temps de propagation aller-retour) entre émetteur et récepteur TCP» + «temps d'envoi sur le segment TCP, au niveau de l'émetteur»).

Le Tableau 2 indique la relation entre le temps de propagation aller-retour et le débit estimé, pour les deux types de taille de fenêtre maximale du protocole TCP. Les valeurs sont calculées dans le cas où la taille de segment maximale (MTU) est de 1 460 octets (l'unité de transmission maximale est de 1 500 octets) et la vitesse sur la ligne d'accès de l'émetteur est de 400 kbit/s ce qui représente la limite de largeur de bande (c'est-à-dire que le temps de transmission sur le segment TCP au niveau de l'émetteur est de 0,03 s).

TABLEAU 2
Débit estimé du protocole TCP

	Taille de fenêtre maximale = 64 koctets	Taille de fenêtre maximale = 512 koctets
RTT = 50 ms	6,55 Mbit/s	52,4 Mbit/s
RTT = 360 ms	1,34 Mbit/s	10,8 Mbit/s
RTT = 1 000 ms	0,51 Mbit/s	4,07 Mbit/s
RTT = 2 000 ms	0,26 Mbit/s	2,07 Mbit/s

Il ressort des résultats du Tableau 1 de l'Annexe 1, que la taille de fenêtre maximale du protocole TCP doit être adaptée en fonction du temps de propagation aller-retour entre l'émetteur et le récepteur TCP. Il convient de noter que le débit estimé du protocole TCP doit être adapté à la limite de largeur de bande (c'est-à-dire la largeur de bande de la liaison du SMS) si cette largeur de bande est inférieure aux résultats calculés. Par conséquent, si le débit du protocole TCP indiqué dans le Tableau 2 est inférieur à cette limite de largeur de bande (c'est-à-dire la largeur de bande de la liaison d'accès par satellite du SMS), la taille de fenêtre maximale du protocole TCP devrait être supérieure pour que la largeur de bande puisse être utilisée efficacement pour les transmissions de paquets IP.

5 Autre méthode pour améliorer la qualité de fonctionnement du protocole TCP/IP

La méthode de la subdivision en segments est une autre méthode possible pour améliorer la qualité de fonctionnement du protocole TCP/IP dans le cas de canaux de transmission par satellite. Cette méthode permet de subdiviser les sessions TCP de bout en bout en 2 ou 3 segments pour que le segment liaison par satellite caractérisé par un temps de transmission important ne détériore pas la qualité de fonctionnement de bout en bout du protocole TCP/IP. L'UIT-R a étudié cette méthode et les résultats de cette étude sont intégrés dans la Recommandation UIT-R S.1711. Des descriptions figurant dans la Recommandation UIT-R S.1711 et les résultats associés des essais expérimentaux permettent de comprendre en détail cette méthode ainsi que son incidence sur l'amélioration de la qualité de fonctionnement du protocole TCP/IP.