

Remplacée par une version plus récente



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

UIT-T

SECTEUR DE LA NORMALISATION
DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
DE L'UIT

E.736

(05/97)

SÉRIE E: EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU,
SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES
SERVICES ET FACTEURS HUMAINS

Qualité de service, gestion de réseau et ingénierie du
trafic – Ingénierie du trafic – Ingénierie du trafic RNIS

**Méthodes de gestion du trafic au niveau
des cellules dans le RNIS à large bande**

Recommandation UIT-T E.736
Remplacée par une version plus récente

(Antérieurement Recommandation du CCITT)

Remplacée par une version plus récente

RECOMMANDATIONS UIT-T DE LA SÉRIE E

EXPLOITATION GÉNÉRALE DU RÉSEAU, SERVICE TÉLÉPHONIQUE, EXPLOITATION DES SERVICES ET FACTEURS HUMAINS

EXPLOITATION, NUMÉROTAGE, ACHEMINEMENT ET SERVICE MOBILE

EXPLOITATION DES RELATIONS INTERNATIONALES E.100–E.229

DISPOSITIONS OPÉRATIONNELLES RELATIVES À LA TAXATION ET À LA
COMPTABILITÉ DANS LE SERVICE TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL E.230–E.299

UTILISATION DU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE INTERNATIONAL POUR LES
APPLICATIONS NON TÉLÉPHONIQUES E.300–E.329

DISPOSITIONS DU RNIS CONCERNANT LES USAGERS E.330–E.399

QUALITÉ DE SERVICE, GESTION DE RÉSEAU ET INGÉNIERIE DU TRAFIC

GESTION DE RÉSEAU E.400–E.489

Statistiques relatives au service international E.400–E.409

Gestion du réseau international E.410–E.419

Contrôle de la qualité du service téléphonique international E.420–E.489

INGÉNIERIE DU TRAFIC E.490–E.799

Mesure et enregistrement du trafic E.490–E.505

Prévision du trafic E.506–E.509

Détermination du nombre de circuits en exploitation manuelle E.510–E.519

Détermination du nombre de circuits en exploitation automatique et semi-automatique E.520–E.539

Niveau de service E.540–E.599

Définitions E.600–E.699

Ingénierie du trafic RNIS E.700–E.749

Ingénierie du trafic des réseaux mobiles E.750–E.799

QUALITÉ DE SERVICE: CONCEPTS, MODÈLES, OBJECTIFS, PLANIFICATION DE LA
SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT E.800–E.899

Termes et définitions relatifs à la qualité des services de télécommunication E.800–E.809

Modèles pour les services de télécommunication E.810–E.844

Objectifs et concepts de qualité des services de télécommunication E.845–E.859

Utilisation des objectifs de qualité de service pour la planification des réseaux de
télécommunication E.860–E.879

Collecte et évaluation de données d'exploitation sur la qualité des équipements, des réseaux et
des services E.880–E.899

Pour plus de détails, voir la Liste des Recommandations de l'UIT-T.

Remplacée par une version plus récente

RECOMMANDATION UIT-T E.736

MÉTHODES DE GESTION DU TRAFIC AU NIVEAU DES CELLULES DANS LE RNIS À LARGE BANDE

Résumé

La présente Recommandation définit les procédures de commande qui permettent de satisfaire aux objectifs de niveau de service (GOS) au niveau des cellules. Elle a pour principal objectif de définir les procédures pratiques de commande d'admission des connexions (CAC) qui permettent à l'opérateur du réseau de décider à quel moment une nouvelle connexion peut être admise sur des liaisons ATM individuelles ou sur des connexions de conduit virtuel (VPC) du réseau. Chaque fois que cela est nécessaire, des considérations générales théoriques précisent les hypothèses retenues et situent le contexte des options de commande proposées. La présente Recommandation traite en outre des techniques de gestion adaptative des ressources, lorsque de telles techniques sont nécessaires pour définir les capacités de transfert ATM; elle identifie également les procédures d'intégration des services.

Source

La Recommandation UIT-T E.736, élaborée par la Commission d'études 2 (1997-2000) de l'UIT-T, a été approuvée le 26 mai 1997 selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

Remplacée par une version plus récente

AVANT-PROPOS

L'UIT (Union internationale des télécommunications) est une institution spécialisée des Nations Unies dans le domaine des télécommunications. L'UIT-T (Secteur de la normalisation des télécommunications) est un organe permanent de l'UIT. Il est chargé de l'étude des questions techniques, d'exploitation et de tarification, et émet à ce sujet des Recommandations en vue de la normalisation des télécommunications à l'échelle mondiale.

La Conférence mondiale de normalisation des télécommunications (CMNT), qui se réunit tous les quatre ans, détermine les thèmes d'études à traiter par les Commissions d'études de l'UIT-T lesquelles élaborent en retour des Recommandations sur ces thèmes.

L'approbation des Recommandations par les Membres de l'UIT-T s'effectue selon la procédure définie dans la Résolution n° 1 de la CMNT.

Dans certains secteurs de la technologie de l'information qui correspondent à la sphère de compétence de l'UIT-T, les normes nécessaires se préparent en collaboration avec l'ISO et la CEI.

NOTE

Dans la présente Recommandation, l'expression "Administration" est utilisée pour désigner de façon abrégée aussi bien une administration de télécommunications qu'une exploitation reconnue.

DROITS DE PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'UIT attire l'attention sur la possibilité que l'application ou la mise en œuvre de la présente Recommandation puisse donner lieu à l'utilisation d'un droit de propriété intellectuelle. L'UIT ne prend pas position en ce qui concerne l'existence, la validité ou l'applicabilité des droits de propriété intellectuelle, qu'ils soient revendiqués par un Membre de l'UIT ou par une tierce partie étrangère à la procédure d'élaboration des Recommandations.

A la date d'approbation de la présente Recommandation, l'UIT avait/n'avait pas été avisée de l'existence d'une propriété intellectuelle protégée par des brevets à acquérir pour mettre en œuvre la présente Recommandation. Toutefois, comme il ne s'agit peut-être pas de renseignements les plus récents, il est vivement recommandé aux responsables de la mise en œuvre de consulter la base de données des brevets du TSB.

© UIT 1997

Droits de reproduction réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'UIT.

Remplacée par une version plus récente

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
1	Domaine d'application..... 1
2	Références normatives..... 1
3	Termes et définitions 1
4	Abréviations 2
5	Introduction 2
6	Paramètres de trafic et gestion des paramètres de trafic 4
6.1	Descripteur de trafic source 4
6.1.1	Débit crête source et tolérance sur la variation CDV 4
6.1.2	Jeu de paramètres de débit cellulaire soutenu 4
6.2	Variables de trafic cellulaire 5
6.3	Prescriptions de qualité de service 5
6.4	Bit de priorité de perte de cellules..... 6
6.5	Gestion des paramètres 6
6.6	Mise en forme du trafic 6
7	Performance d'un multiplexeur ATM..... 7
7.1	Flux de multiplexage à débit binaire constant..... 7
7.1.1	Probabilité de débordement de tampon 7
7.1.2	Influence de la variation CDV..... 9
7.1.3	Variation CDV négligeable pour flux à débit CBR..... 9
7.1.4	Débit nominal du multiplexeur..... 10
7.2	Multiplexage d'enveloppe de débit..... 10
7.2.1	Taux de perte de cellules 11
7.2.2	Efficacité du multiplexage..... 11
7.2.3	Priorité de perte de cellules 12
7.2.4	Priorité de temps de transfert des cellules 12
7.3	Multiplexage statistique à partage de débit 12
7.3.1	Probabilité de saturation du tampon 13
7.3.2	Priorité de perte de cellules 13
7.3.3	Priorité de temps de transfert des cellules 13
7.4	Réseaux de files d'attente de multiplexeur 13
7.4.1	Flux de multiplexage à débit constant 13
7.4.2	Multiplexage à enveloppe de débit..... 14
7.4.3	Partage de débit 14
8	Commande d'admission des connexions pour capacités de transfert à débit DBR et à débit SBR..... 14
8.1	Commande CAC pour l'attribution du débit crête..... 15
8.2	Commande CAC pour le multiplexage à enveloppe de débit 15
8.2.1	Variables de trafic cellulaire connues..... 16
8.2.2	Attribution de ressources dans le cas le moins favorable 17
8.2.3	Commande CAC adaptative 17
8.3	Commande CAC pour multiplexage statistique à partage de débit..... 18
8.3.1	Variables de trafic cellulaire connues..... 18
8.3.2	Attribution de ressources dans le cas le moins favorable 18
8.3.3	Commande CAC adaptative 18
9	Gestion adaptative des ressources 18
9.1	Gestion des ressources par transfert ABT 19
9.1.1	Multiplexage à enveloppe de débit et transfert de blocs 19
9.1.2	Partage de débit et transfert de blocs 19
9.2	Gestion des ressources par allocation ABR 19

Remplacée par une version plus récente

Page

10	Intégration des services	20
10.1	Ressources spécialisées	20
10.2	Priorités des pertes	20
10.3	Priorités des temps de transfert	20
10.4	Méthodes de séquençement.....	20
11	Bibliographie	20
12	Historique	21
Appendice I – Exemples de méthodes de calcul du débit cellulaire équivalent pour le multiplexage à enveloppe de débit		21
I.1	Méthode 1 de calcul du débit cellulaire équivalent [RMV 96]	22
I.2	Méthode 2 de calcul du débit cellulaire équivalent [RMV 96]	22
I.3	Méthode 3 de calcul du débit cellulaire équivalent [ViS 97]	22

Remplacée par une version plus récente

Recommandation E.736

MÉTHODES DE GESTION DU TRAFIC AU NIVEAU DES CELLULES DANS LE RNIS À LARGE BANDE

(Genève, 1997)

1 Domaine d'application

La présente Recommandation décrit les méthodes d'évaluation de la performance et les méthodes de gestion du trafic permettant à un opérateur de réseau de répondre aux objectifs de qualité de fonctionnement du réseau au niveau des cellules. La présente Recommandation clarifie les conséquences, en termes d'ingénierie du trafic, des mécanismes et procédures de gestion du trafic et de protection contre les encombrements, définis dans la Recommandation I.371. Elle est complétée par la Recommandation E.735, qui décrit le cadre d'attribution des ressources dans le RNIS-LB et par la Recommandation E.737 qui fournit les directives de dimensionnement permettant à l'opérateur du réseau de répondre aux objectifs de performance au niveau des appels.

2 Références normatives

La présente Recommandation se réfère à certaines dispositions des Recommandations UIT-T et textes suivants qui de ce fait en sont partie intégrante. Les versions indiquées étaient en vigueur au moment de la publication de la présente Recommandation. Toute Recommandation ou texte étant sujet à révision, les utilisateurs de la présente Recommandation sont invités à se reporter, si possible aux versions les plus récentes des références normatives suivantes. La liste des Recommandations UIT-T en vigueur est régulièrement publiée.

- Recommandation UIT-T E.177 (1996), *Acheminement dans le RNIS à large bande.*
- Recommandation UIT-T E.716 (1996), *Modélisation de la demande usager dans le RNIS à large bande.*
- Recommandation UIT-T E.737 (1997), *Méthodes de dimensionnement pour le RNIS à large bande.*
- Recommandation UIT-T E.735 (1997), *Cadre pour la gestion du trafic et pour le dimensionnement dans le RNIS à large bande.*
- Recommandation UIT-T I.356 (1996), *Caractéristiques du transfert de cellules de la couche ATM du RNIS-LB.*
- Recommandation UIT-T I.371 (1996), *Gestion du trafic et des encombrements dans le RNIS-LB.*

3 Termes et définitions

La présente Recommandation définit les termes suivants:

3.1 débit cellulaire équivalent (ECR, *equivalent cell rate*): débit cellulaire attribué à une connexion, tel que les objectifs de niveau de service (GOS) au niveau des cellules soient atteints sur une liaison ATM ou sur une connexion VPC du réseau, à condition que la somme des débits cellulaires équivalents ne soit pas supérieure au débit de la liaison ATM ou de la connexion VPC.

3.2 multiplexage à enveloppe de débit: méthode de multiplexage statistique dans laquelle la commande CAC vise à rendre négligeable la probabilité que le débit d'arrivée combiné de connexions multiplexées dépasse la capacité du multiplexeur; la mise en mémoire tampon n'est employée que pour compenser l'écart du processus d'arrivée des cellules par rapport à une fluidité idéale où aucun tampon ne serait nécessaire pour répondre aux objectifs de qualité GOS au niveau des cellules.

3.3 partage de débit: méthode de multiplexage statistique dans laquelle une mémoire tampon est utilisée pour absorber les cellules excédentaires lorsque le débit d'arrivée est supérieur au débit de sortie du multiplexeur pendant des périodes notables; un tampon sera nécessaire pour répondre aux objectifs de qualité GOS au niveau des cellules, même dans le cas d'une fluidité idéale.

Remplacée par une version plus récente

4 Abréviations

La présente Recommandation utilise les abréviations suivantes:

ABR	allocation dynamique de la bande passante (<i>available bit rate</i>)
ABT	transfert de bloc ATM (<i>ATM block transfer</i>)
ATM	mode de transfert asynchrone (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BEEN	notification d'encombrement explicite vers l'arrière (<i>backward explicit congestion notification</i>)
CAC	commande d'admission des connexions (<i>connection admission control</i>)
CDV	variation du temps de propagation des cellules (<i>cell delay variation</i>)
CLR	taux de perte de cellules (<i>cell loss ratio</i>)
DBR	débit binaire déterministe (<i>deterministic bit rate</i>)
ECR	débit cellulaire équivalent (<i>equivalent cell rate</i>)
FECN	notification d'encombrement explicite vers l'avant (<i>forward explicit congestion notification</i>)
GCRA	algorithme de débit cellulaire générique (<i>generic cell rate algorithm</i>)
GOS	qualité d'écoulement du trafic (<i>grade of service</i>)
IBT	tolérance intrinsèque aux rafales (<i>intrinsic burst tolerance</i>)
INI	interface entre réseaux (<i>inter-network interface</i>)
MBS	longueur maximale de rafale (<i>maximum burst size</i>)
NPC	commande des paramètres côté réseau (<i>network parameter control</i>)
PCR	débit cellulaire crête (<i>peak cell rate</i>)
QS	qualité de service
REM	multiplexage à enveloppe de débit (<i>rate envelope multiplexing</i>)
RM	gestion des ressources (<i>resource management</i>)
SBR	débit binaire statistique (<i>statistical bit rate</i>)
SCR	débit cellulaire soutenu (<i>sustainable cell rate</i>)
STD	descripteur de trafic source (<i>source traffic descriptor</i>)
UNI	interface usager-réseau (<i>user-network interface</i>)
UPC	commande des paramètres côté utilisation (<i>usage parameter control</i>)
VC	voie virtuelle (<i>virtual channel</i>)
VCC	connexion de voie virtuelle (<i>virtual channel connection</i>)
VPC	connexion de conduit virtuel (<i>virtual path connection</i>)

5 Introduction

La Recommandation I.371 définit le domaine d'application de la gestion du trafic et des encombrements dans la couche ATM. Elle identifie diverses fonctions allant de la gestion des ressources du réseau aux commandes de priorité, agissant dans une large étendue de délais. La présente Recommandation concerne essentiellement les implications, en termes d'ingénierie du trafic, des différentes capacités de transfert en mode ATM qui sont normalisées dans la Recommandation I.371, y compris la définition de la commande d'admission des connexions (CAC, *connection admission control*) et les procédures d'attribution des ressources. D'autres actions de commande, telles que la commande des paramètres d'utilisation, sont brièvement examinées dans la mesure où il est nécessaire d'assurer un haut degré de cohérence entre les diverses capacités de commande.

Remplacée par une version plus récente

On peut différencier les commandes de trafic selon que leur fonction est de permettre de garantir la qualité de service au niveau de la cellule (par exemple le taux de perte de cellules) ou au niveau des appels (par exemple la probabilité de blocage d'appel). La présente Recommandation concerne les commandes au niveau des cellules. L'étude sera limitée à l'application de la procédure de commande CAC à une liaison ATM unique ou à une seule connexion VPC réseau-réseau, qui détermine simplement si cette liaison ATM ou connexion VPC est ou non capable de traiter la communication demandée. Le problème du routage du trafic (c'est-à-dire de la détermination d'un conduit de réseau parmi ceux qui sont possibles) est traité dans la Recommandation E.177.

Le RNIS-LB est un réseau orienté vers les connexions. Chaque connexion est définie par un ensemble de paramètres de trafic et par des prescriptions de qualité de service. Lorsque l'établissement d'une nouvelle connexion est demandé, le réseau doit déterminer s'il a suffisamment de ressources pour l'accepter sans enfreindre les prescriptions de qualité GOS au niveau des cellules pour toutes les connexions établies ainsi que pour la nouvelle connexion: ce rôle incombe à la commande CAC. Une fois que la connexion est acceptée, le réseau doit s'assurer que l'utilisateur émet effectivement le trafic en conformité avec les paramètres de trafic déclarés: ce rôle incombe à la commande de paramètres d'utilisation (UPC, *usage parameter control*). Lorsque plusieurs réseaux participent à une connexion, il appartient également à chaque réseau de vérifier que le trafic qu'il reçoit du réseau voisin est conforme: ce rôle incombe à la commande des paramètres de réseau (NPC, *network parameter control*). Les paramètres de trafic normalisés et les algorithmes à l'aide desquels la conformité des connexions peut être vérifiée par les mécanismes UPC/NPC sont définis dans la Recommandation I.371. Le but de la présente Recommandation est de définir les procédures de commande CAC qui permettent de respecter les prescriptions de qualité de service compte tenu des informations disponibles sur le trafic des connexions et sur l'exactitude avec laquelle elles peuvent être gérées. La présente Recommandation traite également des techniques de gestion adaptative des ressources, lorsque ces techniques sont requises par des capacités de transfert en mode ATM définies; et elle identifie des procédures pour l'intégration des services.

Selon l'architecture du réseau, les commandes de trafic au niveau des cellules peuvent être appliquées à différentes entités de transmission. La Recommandation E.735 définit les entités physiques et logiques du réseau qui forment le cadre pour la gestion du trafic au niveau des cellules. Dans la présente Recommandation, on admet généralement qu'une connexion est offerte à une liaison ATM ou à une connexion VPC réseau-réseau définie par un descripteur de trafic en débit DBR ou par des variables de trafic conformes à la Recommandation E.735 (c'est-à-dire une connexion VPC à débit constant non contrôlé ou à débit variable).

Pour gérer efficacement le trafic des connexions en mode ATM, notamment lorsque l'objectif est d'effectuer le multiplexage statistique de connexions à débit binaire variable, il faut avoir une bonne compréhension de la relation de dépendance qui existe entre le fonctionnement des étages de multiplexage et les caractéristiques du trafic source. Une bonne part de cette compréhension ne sera acquise qu'avec l'expérience de l'exploitation du RNIS-LB. Même si des progrès considérables ont été réalisés au cours des dernières années, il faut admettre que la connaissance des caractéristiques du trafic et de leur incidence sur la qualité de fonctionnement du réseau reste limitée. Il est également vrai que la communauté scientifique est encore extrêmement divisée quant à l'efficacité des différentes méthodes de modélisation et quant à leur applicabilité à l'éventail des types de connexion. C'est pourquoi la présente Recommandation ne se borne pas à fournir une simple liste de recettes de gestion du trafic. Elle a également pour but d'exposer certaines notions théoriques pour clarifier les hypothèses et situer le contexte des options de gestion proposées. Lorsque cela est possible, des règles et des algorithmes de gestion définis sans ambiguïté sont clairement présentés dans le texte de la présente Recommandation, afin qu'on puisse les appliquer sans en connaître les bases sous-jacentes.

Les capacités suivantes du service de transfert en mode ATM sont définies dans la Recommandation I.371:

- débit binaire déterministe (DBR, *deterministic bit rate*);
- débit binaire statistique (SBR, *statistical bit rate*);
- allocation dynamique de bande passante (ABR, *available bit rate*);
- transfert de blocs ATM (ABT, *ATM block transfer*).

La présente Recommandation étudie les implications, en termes d'ingénierie du trafic, de la mise en œuvre de ces différentes catégories de service.

Le paragraphe 6 examine la question de la définition des paramètres de trafic et des algorithmes de commande UPC/NPC car ceux-ci ont une influence considérable sur le choix des procédures de commande CAC possibles et sur leur efficacité. Le paragraphe 7 formule ensuite, sur la modélisation du trafic, un certain nombre de considérations qui sous-tendent la relation entre trafic, capacité et qualité de fonctionnement. Cette relation sert de base à l'attribution des ressources par la commande d'admission des connexions (CAC). Le paragraphe 8 présente un certain nombre de possibilités de commande CAC pour capacités de transfert en débit DBR ou SBR. Le paragraphe 9 est consacré à

Remplacée par une version plus récente

l'utilisation des procédures de gestion des ressources pour adapter leur attribution à l'évolution des conditions de trafic pendant la durée d'existence d'une connexion, en fonction des capacités de service de transfert en mode ABR ou ABT. Finalement, dans le paragraphe 10, la présente Recommandation examine les commandes de trafic au niveau des cellules qui permettent de partager les ressources du réseau entre des connexions ayant différentes caractéristiques et différentes prescriptions de qualité de service, établies au moyen de différentes capacités de transfert en mode ATM.

6 Paramètres de trafic et gestion des paramètres de trafic

Une demande de connexion est spécifiée par un descripteur de trafic, par une valeur de variation du temps de propagation des cellules (CDV, *cell delay variation*) et par des prescriptions de qualité de service. Sur la base des conditions de trafic actuelles, le réseau doit déterminer s'il est possible d'accepter la demande de connexion (commande d'admission des connexions). Si la connexion est acceptée, un contrat de trafic est implicitement défini, par lequel l'opérateur du réseau fournit la qualité de service demandée à condition que le trafic émis par l'utilisateur soit conforme au descripteur de trafic déclaré. On notera que la commande CAC peut être exécutée sur la base de paramètres de trafic inclus dans le descripteur de trafic ou, en variante, sur la base des variables de trafic cellulaire définies dans la Recommandation E.716, lorsque ces variables sont connues ou peuvent être déduites.

6.1 Descripteur de trafic source

Le descripteur de trafic source est une liste de paramètres de trafic dont chacun doit (voir la Recommandation I.371):

- être compréhensible par l'utilisateur ou par son terminal; la conformité à ces paramètres devrait être possible;
- participer à des schémas d'allocation des ressources répondant aux prescriptions de performance du réseau;
- être exécutable par la commande UPC ou NPC.

Les paramètres de trafic peuvent se rapporter explicitement aux caractéristiques de trafic des connexions, telles que le débit cellulaire crête; elles peuvent également définir implicitement ces caractéristiques en faisant référence à un type de service.

6.1.1 Débit crête source et tolérance sur la variation CDV

Le débit cellulaire crête (PCR, *peak cell rate*) est défini dans la Recommandation I.371 comme étant l'inverse de l'intervalle minimal entre deux arrivées de cellules, observé à un certain terminal équivalent. Pour que le réseau puisse vérifier la conformité de ce débit avec une valeur déclarée, il est cependant nécessaire de tenir compte de la variation du temps de propagation des cellules qui intervient entre le terminal équivalent et le point d'observation. La conformité au débit cellulaire crête déclaré est déterminée par l'algorithme dit de débit cellulaire générique (GCRA, *generic cell rate algorithm*) qui est défini dans la Recommandation I.371 sur la base de la tolérance τ sur la variation du temps de propagation des cellules.

Lorsque le débit PCR est inférieur au débit de la liaison sur laquelle une connexion est acheminée, la tolérance sur la variation CDV permet une certaine variabilité du débit de la connexion. On pourra s'intéresser à la longueur maximale d'une rafale à un débit de liaison compatible avec les paramètres PCR et τ . Une succession de telles rafales, séparées par des périodes de silence, peut être considérée, aux fins de l'ingénierie du trafic, comme un trafic dans le cas le moins favorable. Admettons que le débit de liaison soit LR. La définition de τ est telle que la longueur maximale de rafale (MBS, *maximum burst size*) soit:

$$MBS = \lfloor 1 + \tau / (1/PCR - 1/LR) \rfloor \quad (6-1)$$

où $\lfloor x \rfloor$ indique la partie entière de x .

6.1.2 Jeu de paramètres de débit cellulaire soutenu

Les deux paramètres de trafic: débit cellulaire soutenu (SCR, *sustainable cell rate*) et tolérance intrinsèque aux rafales (IBT, *intrinsic burst tolerance*) sont définis dans la Recommandation I.371 par rapport à l'algorithme de débit cellulaire générique.

Remplacée par une version plus récente

Le jeu de paramètres *SCR/IBT* s'applique à une large gamme de flux de trafic, avec différentes variables de trafic cellulaire. Aux fins de l'ingénierie du trafic, il est utile de caractériser un trafic dans le cas le moins favorable, compatible avec un descripteur STD donné. Dans la présente Recommandation, on part du principe que le trafic dans le cas le moins favorable, compatible avec des paramètres *PCR*, *SCR* et *IBT* donnés, est un flux de rafales de longueur maximale au débit *PCR*. La longueur maximale des rafales (*MBS*), mesurée en cellules, est la suivante:

$$MBS = \lfloor 1 + IBT / (1/SCR - 1/PCR) \rfloor \quad (6-2)$$

Pour une tolérance sur variation CDV non nulle, les rafales à "débit crête" peuvent elles-mêmes être une succession de rafales au débit de liaison, comme indiqué au 6.1.1.

6.2 Variables de trafic cellulaire

Les paramètres de trafic de type STD (*STD*, *source traffic descriptor*) sont nécessairement définis par rapport à une règle permettant la configuration au moment de la commande UPC ou NPC. Dans certains cas, notamment lorsqu'une connexion est décrite par un type de service ou lorsque les caractéristiques de trafic sont définies par des opérations commandées par le réseau (comme la formation d'une connexion VPC réseau-réseau), il est possible de caractériser plus précisément une connexion au moyen de variables de trafic cellulaire. Celles-ci se rapportent directement aux propriétés statistiques du trafic des connexions. La Recommandation E.716 donne des exemples de variables de trafic cellulaire pouvant être utiles pour l'ingénierie du trafic.

Les variables de trafic cellulaire décrivant la loi de probabilité du débit source à un instant arbitraire t , noté Λ_t , sont particulièrement utiles pour les procédures de commande CAC examinées dans la présente Recommandation en vue du multiplexage à enveloppe de débit (voir 7.2). Par exemple, les variables de trafic cellulaire peuvent décrire, pour une source de type à mise en service commutable, le débit de la source lorsqu'elle émet (à son débit crête) ainsi que la probabilité que cette source soit active.

Pour prédire la performance et donc pour exécuter la commande CAC dans le cas d'un partage de débit (voir 7.3), il faut d'autres variables de trafic cellulaire, décrivant la nature transitoire des variations de débit (c'est-à-dire plus que la loi de probabilité stationnaire du débit instantané). De telles variables de trafic concernent le nombre de cellules arrivant pendant certains intervalles temporels ou le nombre d'arrivées dépassant un certain débit, comme indiqué dans la Recommandation E.716.

La relation entre les variables de trafic cellulaire et les paramètres descriptifs du trafic source est examinée dans la Recommandation E.716.

6.3 Prescriptions de qualité de service

Les critères de qualité de service de bout en bout au niveau des cellules font appel aux paramètres de performance suivants, qui sont définis dans la Recommandation I.356:

- temps de transfert de cellules (*CTD*, *cell transfer delay*);
- variation du temps de propagation cellulaire (*CDV*);
- taux de perte de cellules (*CLR*, *cell loss ratio*).

Les objectifs de performance de bout en bout relevant de l'ingénierie du trafic sont identifiés dans la Recommandation E.735 comme suit:

- retard maximal de bout en bout dû aux files d'attente, défini comme étant un quantile distant de la courbe de répartition des retards (10^{-8} par exemple);
- retard moyen dû aux files d'attente;
- taux de perte de cellules (*CLR*).

Ces objectifs de performance doivent être répartis entre les divers éléments de réseau contribuant à la dégradation de performance d'une connexion donnée, de façon à répondre aux critères de qualité de service QS de bout en bout.

Remplacée par une version plus récente

Aux fins de la présente Recommandation, l'on part du principe que l'on a assigné à chaque liaison des valeurs cibles pour les trois objectifs de performance. Les valeurs cibles qui ont été définies doivent être compatibles les unes avec les autres (par exemple, le retard moyen doit être inférieur au retard maximal). Mais l'ensemble des trois paramètres n'intervient pas obligatoirement dans la procédure de commande CAC.

6.4 Bit de priorité de perte de cellules

Le bit de priorité CLP dans l'en-tête de cellule sert à assigner des priorités élevées ($CLP = 0$) ou basses ($CLP = 1$) à la perte de cellules offertes au réseau. Cette assignation est effectuée par l'utilisateur mais, sur option, la commande UPC/NPC peut étiqueter des cellules non conformes en mettant leur bit de priorité CLP à 1. Il va de soi qu'en cas d'encombrement, un réseau peut rejeter les cellules à bit $CLP = 1$, de préférence aux cellules à bit $CLP = 0$. Les paramètres de trafic et les paramètres de qualité de service doivent donc être déclarés en précisant les deux types de cellules. Les Recommandations actuelles (Recommandation I.371 par exemple) prescrivent que les paramètres soient déclarés pour le flux $CLP = 0$ d'une part et pour le flux combiné $CLP = 0 + 1$ d'autre part.

6.5 Gestion des paramètres

L'une des trois prescriptions relatives aux paramètres de trafic inclus dans le descripteur STD est que ces paramètres puissent être mis en application par les commandes UPC et NPC, ce qui a conduit à une définition des paramètres de trafic suivants: débit cellulaire crête, débit cellulaire soutenu et tolérance intrinsèque aux rafales, qui permet de déterminer la conformité d'utilisateur par référence à une règle ou à un algorithme, à savoir l'algorithme de débit cellulaire générique (GCRA).

L'algorithme GCRA est normalisé dans la Recommandation I.371. L'algorithme utilisé pratiquement pour commander les paramètres n'est cependant pas normalisé. L'algorithme mis en œuvre devra, afin de préserver la qualité de service d'autres connexions, être transparent au flux de cellules conformes et donner le résultat approprié lorsqu'une valeur paramétrique déclarée sera dépassée.

Le réseau peut mettre en œuvre un contrat de trafic avec des paramètres de trafic déclarés pour les seules cellules à bit $CLP = 0$ et avec des paramètres de trafic déclarés pour les cellules à bit $CLP = 0 + 1$. Les cellules à bit $CLP = 0$ non conformes peuvent être "étiquetées" et admises dans le réseau en tant que cellules à bit $CLP = 1$. Les implications de ces possibilités, en termes d'ingénierie du trafic, feront l'objet d'un complément d'étude.

6.6 Mise en forme du trafic

Les usagers ou les réseaux peuvent introduire des temps supplémentaires de propagation de cellules pour mettre en forme les caractéristiques d'un flux donné. En lissant les variations du débit cellulaire, la mise en forme permet généralement d'augmenter le taux d'utilisation des ressources du réseau, ce qui se traduit par une augmentation des gains de multiplexage. Par ailleurs, la mise en forme peut introduire des temps de propagation non négligeables et une partie de l'objectif de qualité GOS de bout en bout doit être attribuée au conformateur.

La mise en forme peut être effectuée par l'utilisateur afin d'assurer la conformité aux paramètres de trafic déclarés et à la tolérance sur la variation CDV. L'opérateur du réseau peut utiliser la mise en forme à l'entrée du réseau, à l'intérieur de celui-ci ou à sa sortie (pour répondre à des contraintes sur les caractéristiques du trafic de sortie). La mise en forme est une option pour les usagers et pour les réseaux.

Un exemple particulier de mise en forme est la réduction de la variation CDV au moyen de l'espacement des cellules. L'espaceur tente de produire un flux cellulaire dont l'intervalle entre cellules consécutives est au moins égal à l'intervalle crête d'émission de cellules (inverse du débit PCR), en imposant un temps de propagation variable à chaque cellule. La Figure 6-1 décrit un espaceur agissant sur une ligne d'accès au débit LR en supposant qu'un total de m connexions virtuelles doivent être espacées conformément à leur paramètre de débit crête individuel PCR_i avec $\sum PCR_i \leq LR$. Les cellules correspondant à la connexion i doivent être envoyées dans une file d'attente de type FIFO desservie au débit PCR_i , avant d'être réintégrées avec les cellules d'autres connexions dans une file d'attente FIFO desservie au débit LR . La variation CDV résiduelle à la sortie de cet espaceur est équivalente à celle qui est produite par un seul étage de multiplexage FIFO recevant des flux cellulaires périodiques. Les réalisations des espaceurs utilisent généralement des algorithmes de séquençement et n'impliquent pas de file d'attente physique pour chaque connexion. D'autres modèles de conformateur, utilisant des algorithmes de séquençement plus évolués, peuvent produire des connexions ayant une variation CDV inférieure à celle de l'exemple ci-dessus.

Remplacée par une version plus récente

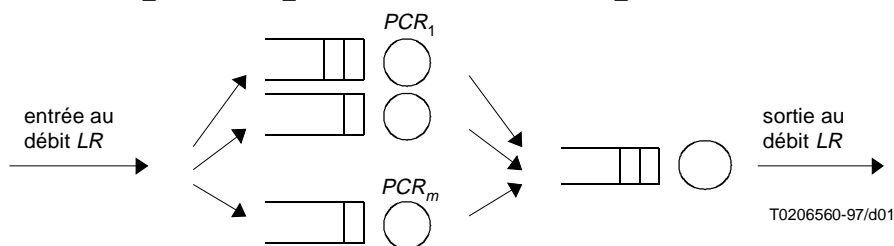


Figure 6-1/E.736 – Espaceur théorique pour connexions à débit crête assigné m ($\sum PCR_i \leq LR$)

Un autre exemple de mise en forme est la réduction du débit PCR pour des connexions à débit variable.

7 Performance d'un multiplexeur ATM

L'élément de réseau générique qui détermine la performance du réseau est le multiplexeur ATM. Pour les besoins de la présente Recommandation, cet élément est défini comme étant un dispositif permettant à plusieurs flux de cellules de partager en exclusivité une capacité de transmission de débit c (par exemple, une liaison ATM ou une connexion VPC à débit DBR) avec une mémoire tampon de capacité B permettant de stocker temporairement des cellules en attendant leur transmission. Le multiplexeur peut mettre en œuvre différentes politiques de files d'attente ou de séquençement dans le temps. Dans le présent paragraphe, on suppose qu'il s'agit généralement du service FIFO. Les disciplines de service discriminant les cellules selon leur bit CLP sont toutefois examinées aux 7.2.3 et 7.3.2. Les algorithmes de priorité à la tête de file et de séquençement sont examinés dans le paragraphe 10 concernant l'intégration des services. On notera que la capacité tampon B peut correspondre à la capacité physique de l'équipement ou peut être déterminée par la contrainte de performance en terme de retard maximal des cellules: si celui-ci est W_{\max} , on suppose que le multiplexeur ATM a un tampon de capacité B donnée par la relation:

$$B = \min \{ cW_{\max}, \text{capacité physique} \} \quad (7-1)$$

Le présent paragraphe étudie les modèles qui peuvent être utilisés pour prédire la performance d'un multiplexeur ATM. Ces modèles de performance peuvent servir à dimensionner les tampons du multiplexeur ou à déterminer la quantité de trafic qui peut être prise en charge par un multiplexeur de dimensions données. L'on part ici du principe que les caractéristiques du trafic source sont indépendantes de la performance du multiplexeur. Les modèles considérés ne s'appliquent donc pas à la capacité de transfert à allocation dynamique de bande passante (ABR, *available bit rate*). La performance du multiplexage ABR est examinée au paragraphe 9.

Il est utile de distinguer trois principes d'exploitation différents: le multiplexage de flux binaires à débit constant (7.1); le multiplexage statistique de flux binaires à débit variable avec "multiplexage à enveloppe de débit" (7.2) et le multiplexage statistique de flux binaires à débit variable avec "partage de débit" (7.3). L'influence de la performance sur une succession d'étages du multiplexeur est étudiée au 7.4.

7.1 Flux de multiplexage à débit binaire constant

L'on part ici du principe que la somme des débits binaires des flux multiplexés en débit CBR est inférieure au débit binaire du multiplexeur. On suppose d'abord que les flux sont purement périodiques à l'entrée du multiplexeur (c'est-à-dire sans variation du temps de propagation des cellules). Soit c le débit du multiplex en cellules par seconde et N le nombre de flux ayant tous le même intervalle entre arrivées de cellules de T secondes, émettant des cellules indépendamment les uns des autres en ce sens que, dans tout intervalle de durée T , les instants d'arrivée de chacune des N cellules sont répartis uniformément et indépendamment dans l'intervalle. Soit $D = Tc$ l'intervalle normalisé entre arrivées de cellules lorsque la durée de transmission d'une cellule est prise comme unité de temps.

7.1.1 Probabilité de débordement de tampon

Pour un ensemble donné de flux, le taux de remplissage de la mémoire tampon suit une loi périodique dont la période est T . Si le tampon déborde au cours de cette période et que des cellules soient perdues, certains flux perdront toutes leurs cellules tandis que les autres n'en perdront aucune. Pour rendre la probabilité de cet événement inférieure à un niveau cible (de 10^{-9} par exemple), le tampon du multiplexeur pourra être dimensionné de manière que, pour un

Remplacée par une version plus récente

ensemble choisi au hasard de phases du flux, la probabilité $Q(B)$ de la file d'attente soit inférieure à la valeur cible dans un tampon illimité de capacité supérieure à B cellules, à un instant quelconque. Pour les faibles probabilités généralement prises en compte, la probabilité $Q(B)$ peut être assimilée à la probabilité de saturation d'un tampon de capacité B . Cette probabilité est donnée par l'expression suivante [RMV96]:

$$Q(B) = \sum_{B < n \leq N} \binom{N}{n} \left(\frac{n - B}{D} \right) \left(1 - \frac{n - B}{D} \right)^{N-n} \frac{D - N + B}{D - n + B} \quad (7-2)$$

On notera que la probabilité équivalente, évaluée à un instant d'arrivée, est donnée par la même formule mais avec remplacement de N par $N - 1$. Une formule approchée plus simple, donnant de bonnes estimations de l'ordre de grandeur pour une charge de trafic (N/D) supérieure à 0,8 est la suivante [RMV96]:

$$Q(B) \approx \exp \left\{ -2B \left(\frac{B}{N} + \frac{D - N}{N} \right) \right\} \quad (7-3)$$

Pour les très faibles probabilités en cause, la valeur $Q(B)$ constitue une limite supérieure à la tolérance étroite du taux de perte de cellules.

En général, les flux n'ont pas le même débit. Le mélange des débits augmente la durée du processus de file d'attente jusqu'au plus petit multiple commun des intervalles entre arrivées de cellules du flux; il diminue également la concentration éventuelle des pertes de cellules sur certains flux. Supposons que les N flux multiplexés aient des intervalles normalisés entre arrivées D_i pour $i = 1, \dots, N$. La charge du multiplexeur est $\sum 1/D_i$. Le calcul de la probabilité de débordement du tampon, $Q(B)$, se révèle compliqué pour un tel mélange de débits binaires. Des résultats empiriques donnent toutefois à penser que l'on peut obtenir une limite supérieure des caractéristiques du tampon en supposant N flux identiques de période $D = N \times (\sum 1/D_i)^{-1}$ et en utilisant la Formule 7-2.

Les évaluations numériques de la Formule 7-2 donnent les résultats du Tableau 7-1, qui représentent les nombres de cellules contenues dans le tampon de capacité B de façon à avoir la probabilité $Q(B) < 10^{-9}$ pour divers nombres de sources et de charges de multiplexeur.

Tableau 7-1/E.736

N	50	50	500	500	5000	5000	∞	∞
N/D	.80	.95	.80	.95	.80	.95	.80	.95
B	19	22	37	61	47	135	48	204

Les deux dernières colonnes correspondent aux résultats pour la file $M/D/1$, c'est-à-dire dans l'hypothèse d'arrivées suivant une loi de Poisson. Ce modèle de trafic peut être utilisé comme outil pour le dimensionnement dans le cas le moins favorable en l'absence de limite supérieure du nombre de connexions multiplexées. Comme indiqué dans les résultats du Tableau 7-1, les résultats pour la file $M/D/1$ fournissent des estimations prudentes des caractéristiques du tampon et constituent une bonne approximation lorsque le nombre de sources est élevé et que la charge du multiplexeur n'est pas trop proche de 1. Une bonne approximation de la répartition des longueurs de la file $M/D/1$ est donnée par la formule suivante [RMV96]:

$$Q(B) \approx C e^{-rB} \quad (7-4)$$

où $C = (1 - \rho) / (\rho e^r - 1)$ et où r est la solution de l'équation $\rho(e^r - 1) - r = 0$.

On notera que l'hypothèse d'arrivée selon une loi de Poisson correspond au modèle de trafic dans le cas le moins favorable pour une superposition quelconque de flux périodiques (homogènes ou hétérogènes) ayant le même débit moyen global d'arrivées en ce sens que tous les quantiles de la répartition des temps de propagation sont au-dessus de cette moyenne. En particulier, le taux de perte de cellules (CLR), estimé par la probabilité $Q(B)$, est maximal pour des arrivées poissonniennes.

Remplacée par une version plus récente

Il est parfois pratique de définir des processus d'arrivée par lots, dans lesquels exactement k cellules arrivent à chaque instant. Les formules ci-dessus peuvent être utilisées pour estimer la probabilité de saturation de la mémoire tampon pour des systèmes correspondants à arrivée par lots, à condition de remplacer la capacité B par B/k . Par exemple, la probabilité de saturation du tampon lorsque les cellules arrivent en lots de k cellules conformément à une loi de Poisson (c'est-à-dire la file d'attente $M^{(k)}/D/1$ peut être estimée par $Q(B/k)$ où la probabilité $Q(\cdot)$ est donnée par la Formule 7-4.

7.1.2 Influence de la variation CDV

La variation du temps de propagation cellulaire, due à diverses raisons comme indiqué dans la Recommandation I.371, altère la périodicité d'un flux à débit CBR. La variation CDV affecte en particulier un flux CBR lorsque celui-ci traverse chacun des étages de multiplexage au cours de son itinéraire dans un réseau, à cause des différents retards de file d'attente affectant des cellules successives. Aux fins de l'ingénierie du trafic, et notamment pour la commande CAC, il importe de comprendre comment cette variation CDV affecte la performance du multiplexeur.

Il suffit souvent, en réalité, de caractériser un flux soumis à variation CDV en déterminant s'il se traduit ou non par une meilleure performance par rapport à un flux de référence donné, en ce sens que les paramètres de performance correspondants [par exemple le taux CLR ou la probabilité de saturation du tampon, $Q(B)$] seraient dégradés si le flux considéré était remplacé par le flux de référence. En ce sens, comme indiqué dans le sous-paragraphe précédent, une superposition quelconque de sources périodiques à débit CBR est préférable à un processus d'arrivées poissonniennes au même débit moyen.

Dans la présente Recommandation, l'influence de la variation CDV sur les flux à débit CBR peut être de deux sortes: "négligeable" ou "non négligeable". La notion de variation CDV négligeable est définie précisément ci-dessous et permet des procédures de commande CAC relativement simples. L'influence d'une variation CDV non négligeable sur la performance et sur l'ingénierie du trafic fera l'objet d'un complément d'étude.

7.1.3 Variation CDV négligeable pour flux à débit CBR

La notion de variation CDV négligeable est définie par rapport à un processus d'arrivée de référence et à un paramètre de performance donné. Un flux est considéré comme ayant une variation CDV négligeable si la valeur réalisée du paramètre de performance considéré n'est pas meilleure lorsque le flux est remplacé par le processus de référence ayant le même débit. Un paramètre de performance approprié pour les flux à débit CBR est la probabilité de saturation, qui tient compte des contraintes de perte comme des contraintes de temps de propagation des cellules. Le processus de référence définit le trafic pris en compte aux fins de l'ingénierie du trafic. On notera que, selon cette définition, le processus de référence lui-même possède une variation CDV négligeable et que toute superposition de flux indépendants à CDV négligeable possède également une variation CDV négligeable.

Dans la présente Recommandation, le processus de référence considéré décrit des arrivées par lot suivant une loi de Poisson avec des lots de longueur constante de k cellules pour une certaine valeur de $k \geq 1$. Ce processus sera appelé processus poissonnien à lots k (ou simplement processus poissonnien si $k = 1$). Ce choix est motivé par le fait que la superposition de flux satisfaisant la relation $\tau \cdot PCR \leq k - 1$ possède une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k .

Si toutes les connexions prises en charge par un multiplexeur ont des débits définis avec une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k (avec une valeur commune de k), la performance est meilleure que celle de la file $M^{(k)}/D/1$ correspondante et la probabilité de saturation peut être prudemment estimée par la grandeur $Q(B/k)$ calculée par la Formule 7-4.

Pour déterminer si un flux donné possède une variation CDV négligeable, les directives suivantes sont proposées:

- si un flux de débit PCR a été mis en forme dans un espaceur de cellules tel que décrit dans la Figure 6-1, ce flux possède une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien de débit PCR ;
- si un flux est caractérisé par le débit PCR indiqué par le descripteur de trafic et par une tolérance associée, τ , sur la variation CDV ce flux possède une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k où $k \geq \tau \cdot PCR + 1$;
- conformément à la conjecture formulée au 7.4.1 ci-dessous, un flux qui possède une variation CDV négligeable et qui est multiplexé en files d'attente stables avec d'autres flux à CDV négligeable (par rapport au même processus de référence) conserve en sortie la propriété de variation CDV négligeable.

Remplacée par une version plus récente

Sur la base des directives précédentes, il est possible de définir une politique d'opérateur fondée sur la notion de variation CDV négligeable, par exemple comme suit:

- déterminer un certain processus de référence (c'est-à-dire une certaine valeur de k) et l'utiliser pour effectuer l'ingénierie du trafic comme indiqué dans la présente Recommandation;
- mettre en forme les connexions pour lesquelles la tolérance τ sur la variation CDV répond à la relation $\tau \cdot PCR > k - 1$.

7.1.4 Débit nominal du multiplexeur

Pour un multiplexeur à débit de sortie c donné et à tampon de capacité B , il est utile de définir une capacité nominale c' de multiplexeur déterminée de manière que l'objectif de taux CLR soit satisfait lorsque la somme des paramètres de débit PCR des connexions n'est pas supérieure à la capacité c' . Le choix de c' doit tenir compte de la tolérance sur la variation CDV des connexions à multiplexer sans biais spécifique vers un certain assortiment de connexions (par exemple un calcul du cas le moins favorable qui soit compatible avec la tolérance maximale admissible sur la variation CDV). Une nouvelle connexion est acceptée si son débit PCR , ajouté à la somme des valeurs de PCR des connexions existantes, est inférieur ou égal à la capacité c' .

Cette notion de débit nominal peut être rapprochée de celle de variation CDV négligeable mentionnée au 7.1.3. Supposons que la valeur de la capacité c' soit déterminée de façon qu'un trafic de référence donné (par exemple un flux cellulaire poissonnien) se traduise par une perte de cellules inférieure à ε du moment que la charge du multiplexeur est inférieure à c'/c . Le simple critère d'admission consistant à comparer la somme des valeurs de débit PCR avec c' s'applique alors aux flux de trafic ayant une variation CDV négligeable par rapport au processus d'arrivée de référence donné.

7.2 Multiplexage d'enveloppe de débit

Pour de nombreux types de service, il est naturel d'identifier les états source pendant lesquels le débit d'émission des cellules est approximativement constant (par exemple des sources de type à mise en service commutable ou des sources dont le débit change selon différents niveaux). Pour les besoins actuels, on part du principe que la notion de débit instantané d'arrivée de cellules est bien définie pour une connexion ou pour un faisceau de connexions. Par exemple, le débit instantané d'arrivée d'un groupe de sources de type à mise en service commutable sera la somme des débits des sources actuellement actives.

On peut effectuer le multiplexage statistique de flux à débit variable en s'assurant que le débit d'entrée instantané mixte, tel qu'examiné ci-dessus, n'est pas supérieur au débit de service du multiplexeur. On peut contrôler cela en limitant le flux cellulaire offert au moyen de commandes CAC et UPC/NPC appropriées et par modification du débit de service du multiplexeur au moyen de la gestion adaptative des ressources, par exemple. Comme l'objectif est de maintenir le débit d'arrivée des cellules à l'intérieur des limites définies par le débit de service, ce procédé de multiplexage est appelé multiplexage à enveloppe de débit (REM, *rate envelope multiplexing*).

Par analogie avec la mécanique des fluides, où un flux d'arrivée de cellules de débit combiné λ est vu comme l'écoulement d'un fluide de même débit, le multiplexage REM se démarque nettement des autres procédés de multiplexage par le fait qu'il ne fait pas appel à une mise en mémoire tampon: chaque fois que le débit d'entrée λ est supérieur au débit de service c , des cellules sont perdues au débit $(\lambda - c)$. Dans cette analogie avec les fluides, les procédures de gestion du trafic sont considérablement plus simples que celles qui sont nécessaires pour des multiplexeurs qui font appel à des mémoires tampons pour absorber des surdébits momentanés. Cette simplification est à l'origine de la présente définition du multiplexage REM, qui adapte les procédures de commande applicables en mécanique des fluides aux flux de trafic cellule par cellule du réseau réel.

Avec le multiplexage REM, une petite mémoire tampon (c'est-à-dire d'environ 100 emplacements de cellule) est requise dans le multiplexeur pour gérer la file d'attente qui se forme en raison des arrivées asynchrones de flux dont le débit combiné est inférieur au débit du multiplexeur. Les commandes de gestion du trafic par multiplexeur REM n'exploitent cependant pas le gain de rendement apporté par l'absorption des surdébits par ce tampon, dont la capacité est déterminée comme pour les flux de multiplexage à débit CBR de manière que la durée de prise en charge d'une cellule entrant dans le dernier emplacement soit compatible avec les objectifs de qualité GOS en termes de temps de propagation de la connexion.

Les raisons d'utiliser le multiplexage REM comme stratégie de partage de ressources sont les suivantes:

- il est possible de donner des garanties de performance sans connaître les détails statistiques de la structure des rafales (seule la répartition du débit stationnaire est applicable);
- des tampons de faible capacité peuvent suffire (ce qui simplifie la conception des multiplexeurs);
- le temps de transfert des cellules est très faible et répond à de stricts objectifs de performance.

Remplacée par une version plus récente

En revanche, le multiplexage REM peut être considéré comme nécessaire lorsque les caractéristiques de trafic décrivant la structure de rafale sont inconnues, lorsque les multiplexeurs ne sont pas équipés de tampons de grande capacité ou lorsque les prescriptions relatives au temps de transfert des cellules sont strictes. Un autre avantage du multiplexage REM est que les procédures de commande CAC sont simplifiées.

7.2.1 Taux de perte de cellules

Dans le cas du multiplexage REM, il est commode de décomposer le taux de perte de cellules en une composante "d'échelle de rafale", CLR_{bs} , qui correspond aux pertes dues à des débits supérieurs à la capacité du multiplexeur calculée au moyen de l'analogie avec les fluides, et en une composante "d'échelle de cellule", CLR_{cs} , qui correspond à un terme de correction nécessaire pour tenir compte de l'écart du processus réel d'arrivée des cellules par rapport au fluide idéal.

Soit Λ_t le débit binaire combiné de tous les flux à l'instant t . La composante d'échelle de rafale du taux CLR est alors:

$$CLR_{bs} = E\left\{(\Lambda_t - c)^+\right\} / E\{\Lambda_t\} \quad (7-5)$$

Il se révèle difficile d'estimer exactement la composante d'échelle de cellule. Cependant, lorsque le débit des flux de trafic multiplexés est défini avec une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k , l'approximation suivante est satisfaisante aux fins de l'ingénierie du trafic:

$$CLR_{cs} \approx Q(B/k) \quad (7-6)$$

où le terme $Q'(B/k)$, donné par la Formule 7-4, est évalué pour un débit d'arrivée égal au débit d'arrivée moyen des flux multiplexés. Le 7.1.3 donne quelques directives pour déterminer le moment où les débits sont définis avec une variation CDV négligeable.

7.2.2 Efficacité du multiplexage

Une contrainte sur le taux CLR_{bs} définit une relation implicite entre les caractéristiques du trafic offert et le taux de remplissage réalisable dans le multiplexeur. L'exemple suivant illustre plus précisément le rôle du débit crête d'une connexion.

N sources de type à mise en service commutable identiques, de débit crête p et de débit moyen m , sont multiplexées sur une liaison de capacité c . Le débit CLR_{bs} est alors estimé par:

$$CLR_{bs} \approx \sum_{ip > c'} (ip - c) \binom{N}{i} \left(\frac{m}{p}\right)^i \left(1 - \frac{m}{p}\right)^{N-i} \times \frac{1}{Nm} \quad (7-7)$$

Une contrainte sur le taux CLR_{bs} (par exemple $CLR_{bs} < 10^{-9}$) impose une limite à l'utilisation possible du multiplex, Nm/c . Supposons un débit cible $CLR_{bs} = 10^{-9}$. La charge réalisable et compatible avec la probabilité de surdébit limite peut alors être calculée comme une fonction du débit crête de source. Cette fonction est représentée graphiquement sur la Figure 7-1 pour plusieurs valeurs de N , (y compris le cas limite où le nombre de sources tend vers l'infini) et pour plusieurs valeurs du rapport p/m . Cette figure montre qu'une utilisation intense de la liaison n'est ici possible que lorsque le débit crête est une petite fraction du débit multiplex de la liaison à moins que les sources ne possèdent un faible rapport de débit crête à débit moyen. A titre d'illustration, considérons une liaison de capacité 100 Mbit/s; pour tenir compte de rafales d'un débit crête de 20 Mbit/s (rapport $c/p = 5$) avec un taux $CLR_{bs} = 10^{-9}$, il faut que le taux d'utilisation moyen soit limité à 2% environ. Pour arriver à un taux d'utilisation de 50% avec le même objectif, il faut soit que les sources soient légèrement sporadiques (par exemple avec un rapport $p/m = 2$) lorsque le nombre N est petit, soit que les sources aient un très faible débit crête ($p \ll c$) lorsque le nombre N est grand.

En général, bien que la charge transportable sur la liaison dépende de l'assortiment précis des flux de trafic, on peut affirmer que le multiplexage REM peut être efficace pour des sources sporadiques à débits crête relativement faibles; mais qu'il peut nécessiter un taux d'utilisation assez faible du réseau si celui-ci doit acheminer des flux sporadiques dont les débits crête sont comparables au débit de liaison. Le multiplexage REM n'est cependant jamais moins efficace que la procédure d'attribution des débits crête.

Remplacée par une version plus récente

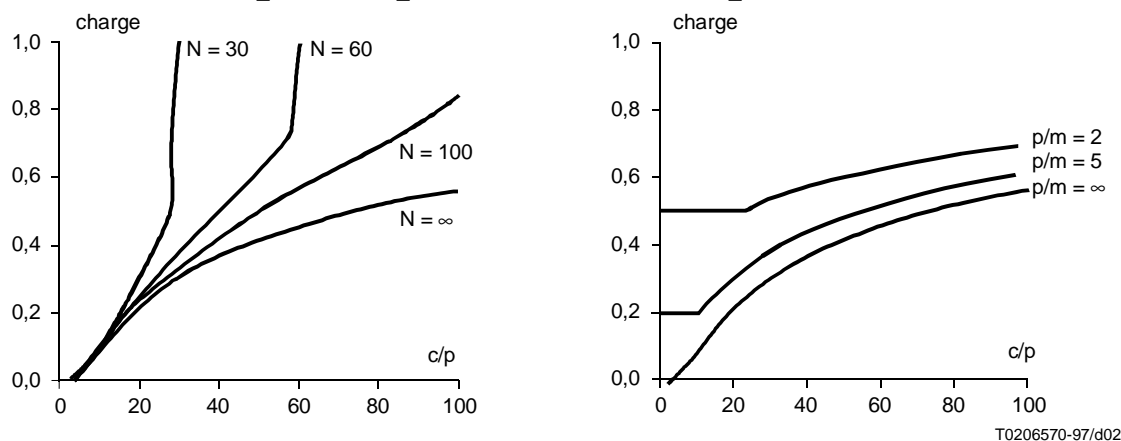


Figure 7-1/E.736 – Charge absorbable en fonction du rapport capacité de liaison/débit crête (c/p)

7.2.3 Priorité de perte de cellules

Le bit de priorité CLP permet à un multiplexeur d'effectuer un rejet sélectif de cellules et donc de répondre à deux contraintes de taux de perte de cellules: l'une pour les cellules à priorité CLP = 0 et l'autre pour les cellules à priorité CLP = 1 (ou CLP = 0 + 1). Il est également possible de distinguer différentes connexions en rejetant des cellules selon un certain ordre de priorité, selon la valeur de l'identificateur de connexion virtuelle. Dans le cas du bit CLP, deux stratégies de rejet ont été identifiées:

- le partage partiel ou "marginal" de la mémoire tampon, dans lequel les cellules CLP = 1 sont rejetées par le multiplexeur lorsque sa file d'attente dépasse un certain seuil;
- le partage par "poussée", dans lequel les cellules CLP = 0 trouvant une file d'attente pleine à leur arrivée peuvent déplacer une cellule CLP = 1 en attente dans la file.

Ces mécanismes d'attente sont qualifiés de "prioritaires à la perte" par opposition aux méthodes traditionnelles à tête de file qui offrent une priorité au temps de propagation. Les mécanismes prioritaires à la perte doivent préserver l'ordre des cellules dans une connexion donnée, que ces cellules aient le bit CLP = 0 ou le bit CLP = 1. La performance de ces méthodes de mise en file d'attente a été étudiée dans les références [RMV96] et [LuP90].

A titre de première approximation, on peut partir de l'hypothèse qu'en cas de surdébit, aucune cellule CLP = 0 ne sera rejetée, à moins que le débit combiné d'arrivée des cellules CLP = 0 ne soit supérieur au débit nominal du multiplexeur. Les modèles décrits au 7.2 peuvent être utilisés pour prédire la performance des seules cellules à bit CLP = 0 (en utilisant le débit d'arrivée de ces cellules comme terme Λ_T) et de toutes les cellules (en utilisant le débit d'arrivée global comme terme Λ_T).

Lorsque l'on effectue une discrimination entre différentes connexions, il n'est pas nécessaire, dans le cas de la priorité CLP, de préserver l'intégrité des séquences de cellules. L'utilisation des méthodes susmentionnées de mise en file d'attente avec faible priorité garantit cependant que les temps de propagation des cellules transmises seront limités.

7.2.4 Priorité de temps de transfert des cellules

Les méthodes de mise en file d'attente par tête de file peuvent être utilisées afin d'attribuer des priorités de temps de transfert aux cellules de différentes connexions. Ce type d'exploitation annihile cependant les avantages du multiplexage REM tels que décrits au 7.2. La priorité de temps de transfert des cellules est une option plus appropriée dans le cas d'un partage de débit. La priorité au temps peut aussi être utilisée pour permettre d'utiliser le multiplexage REM dans un groupe de connexions de très grande priorité, pendant que les autres connexions utilisent la mémoire tampon pour se partager la largeur de bande restante.

7.3 Multiplexage statistique à partage de débit

Le multiplexage statistique des flux à débit binaire variable (VBR) peut être effectué avec un taux d'utilisation de liaison supérieur à celui qui est réalisable avec un multiplexeur REM, si les multiplexeurs sont équipés d'une plus grande mémoire tampon afin d'absorber le trafic excédentaire arrivant lorsque le débit d'arrivée combiné est momentanément supérieur à celui de la liaison de transmission. Ce système de multiplexage statistique est dit à *partage de débit* pour le distinguer du débit REM où tout se passe comme si les flux possédaient un débit binaire spécialisé chaque fois qu'ils en

Remplacée par une version plus récente

ont besoin. En général, plus le tampon est important, plus le taux d'utilisation réalisable sur la liaison est important pour un taux de perte de cellules donné. De très grands tampons impliquent également des temps de propagation éventuellement plus longs. Il est donc nécessaire de vérifier que ces temps sont compatibles avec les objectifs de qualité GOS.

7.3.1 Probabilité de saturation du tampon

Un certain nombre de modèles de multiplexeurs ATM à partage de débit ont été proposés dans la littérature. Ces modèles sont tous fondés sur une certaine représentation du trafic offert et, en règle générale, sont d'autant plus complexes que les caractéristiques des flux multiplexés sont plus générales. Un complément d'étude est nécessaire pour recommander un quelconque modèle en vue de fournir un outil de dimensionnement permettant de définir des assortiments de trafic acceptables pour une capacité de mémoire tampon donnée.

Des résultats plus simples, valables en régime asymptotique, peuvent toutefois fournir des règles pratiques en matière d'ingénierie du trafic pour certaines classes de trafic. On a montré que, pour une vaste classe de processus d'arrivée, la fonction de survie de la longueur de la file d'attente dans un multiplexeur équipé d'une mémoire tampon illimitée était asymptotiquement exponentielle pour une grande valeur de x , c'est-à-dire $Pr \{ \text{longueur de file d'attente} > x \} \approx \alpha e^{-\gamma x}$ (voir par exemple la référence [RMV96]. On notera que cette limite asymptotique ne peut servir qu'à estimer de très faibles probabilités [CLW94]. En outre, la limite exponentielle n'est pas valable pour certains types de trafic caractérisés par une dépendance à long terme [RMV96].

Les modèles d'organisation des files d'attente ont servi à rechercher l'influence, sur la performance, de différentes caractéristiques du trafic. On a montré, en particulier pour les flux de trafic du type à mise en service commutable (voir la Recommandation E.716), que la performance dépend de façon significative des deux premiers instants des répartitions de la longueur des rafales et de la longueur des silences. Les corrélations dans le processus de génération des rafales (rafales de rafales, etc.) exercent aussi une influence importante sur la répartition de la longueur de la file d'attente du multiplexeur. Il s'ensuit que, pour prédire les valeurs de paramètres de performance tels que le taux de perte de cellules et le temps maximal ou moyen de mise en file d'attente, il faut connaître des caractéristiques de trafic aussi complexes.

Un intérêt particulier est présenté par un modèle de superposition de sources périodiques à mise en service commutable, constituant un "trafic dans le cas le moins favorable" compatible avec les paramètres de trafic *SCR* et *IBT*. De tels modèles ont été étudiés dans la littérature (voir par exemple la référence [RMV96]) mais la déduction de procédures dans la pratique de l'ingénierie du trafic reste à étudier.

7.3.2 Priorité de perte de cellules

Les stratégies permettant de distinguer les cellules à bit $CLP = 0$ et à bit $CLP = 1$, décrites au 7.2.3, sont également applicables ici. Il est également possible de distinguer des priorités de perte entre toutes les cellules de différentes connexions. La prédiction des différents flux de priorité se heurte toutefois aux problèmes déjà décrits dans le 7.3.1 ci-dessus.

7.3.3 Priorité de temps de transfert des cellules

Les méthodes de mise en file d'attente par priorité au temps de transfert des têtes de file peuvent être utilisées pour fournir différentes qualités de service à des faisceaux de connexions spécifiques. On peut évaluer par approximation la performance globale du faisceau ayant la plus haute priorité en ne prenant en considération que le processus d'arrivée de ce faisceau. On peut également évaluer le temps de transfert moyen global des i faisceaux de priorité la plus élevée en prenant en considération le processus d'arrivée global de ces i faisceaux.

7.4 Réseaux de files d'attente de multiplexeur

Les caractéristiques des flux de trafic acheminés sur les connexions s'altèrent au fur et à mesure que ces flux progressent dans les étages de multiplexage du conduit de réseau. Il est nécessaire de pouvoir tenir compte de ces altérations, notamment en exécutant des commandes CAC. L'incidence sur le flux cellulaire est différente selon le type de multiplexage employé.

7.4.1 Flux de multiplexage à débit constant

Les flux à débit CBR sont définis par le paramètre de débit *PCR* et par sa tolérance associée sur la variation CDV. La déclaration ci-après est étayée par des démonstrations analytiques et simulatoires au sujet de la performance du réseau; mais elle n'a pas été formellement prouvée:

si la variation CDV de tous les flux est négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k à l'entrée du réseau (c'est-à-dire à l'interface UNI ou INI) et qu'un multiplexage soit effectué de façon que la somme des valeurs de débit *PCR* reste inférieure au débit de service dans chaque étage de multiplexage, la variation CDV reste négligeable par rapport au même processus de référence dans tout le réseau.

Remplacée par une version plus récente

En particulier, les flux dont la périodicité était initialement exacte ou qui ont été espacés lors de leur entrée dans le réseau à leur débit PCR nominal, ne subissent pas de variation CDV non négligeable par rapport à un processus poissonnien, quel que soit le nombre d'étages de multiplexage qu'ils traversent. Si tous les flux contenus dans le réseau ont une tolérance sur la variation CDV inférieure à $(k - 1)$ intervalles d'émission crête ($\tau \leq (k - 1) T$), ces flux ont et conservent une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k .

7.4.2 Multiplexage à enveloppe de débit

Avec le multiplexage REM, la somme des débits des sources actives peut dépasser le débit c du multiplexeur et des cellules peuvent être perdues. La perte de cellules modifie les caractéristiques de la source. Si cependant des débits de flux d'entrée sont définis avec une variation CDV négligeable par rapport à un processus de référence poissonnien ou poissonnien à lots k , ces flux conservent à la sortie une variation CDV négligeable par rapport au même processus de référence (c'est-à-dire à un processus poissonnien ou poissonnien à lots k ayant le débit du processus d'entrée et non le débit modifié par la perte de cellules). Cette propriété permet d'appliquer la commande CAC à tous les multiplexeurs contenus dans le réseau en supposant que la répartition des débits est la même que celle qui est observable à l'entrée dans le réseau.

7.4.3 Partage de débit

L'influence du multiplexage à partage de débit sur les caractéristiques de trafic des connexions fera l'objet d'un complément d'étude.

8 Commande d'admission des connexions pour capacités de transfert à débit DBR et à débit SBR

Lorsqu'un usager demande l'établissement d'une nouvelle connexion, il faut que le réseau détermine si cette connexion peut être admise tout en répondant aux conditions de qualité de service requises à la fois pour les connexions nouvelles et pour les connexions existantes. Le réseau peut parfois prendre cette décision en attribuant des ressources à des connexions ou à des faisceaux de connexions spécifiques et en refusant de nouvelles demandes lorsque les ressources disponibles sont insuffisantes. On notera que l'attribution est en général logique: aucune ressource physique particulière n'est attribuée à une connexion spécifique. Les ressources en question sont généralement la largeur de bande et la capacité de mémoire tampon. L'on part du principe que les ressources sont attribuées indépendamment pour chaque liaison ATM ou connexion VPC d'un conduit, une décision distincte étant prise pour chaque sens de transmission d'une connexion virtuelle. Une connexion ne sera établie que si des ressources sont disponibles sur chaque liaison de son trajet, dans les deux sens.

L'exposé ci-après se rapporte à une seule liaison ATM ou connexion VPC, telle que définie dans la Recommandation E.735. Une connexion VPC mise en forme en débit DBR est considérée comme analogue à une liaison ATM, l'une et l'autre étant supposées complètement caractérisées par un débit binaire de sortie égal à c cellules par seconde ainsi que par une mémoire tampon d'une capacité de B cellules. Pour une connexion VPC à débit DBR, la capacité de la mémoire tampon est déterminée par l'algorithme de mise en forme qui est décrit dans la Recommandation E.735. Les connexions VPC à débit constant non contrôlé et à débit variable sont caractérisées par des variables de trafic. Dans tous les cas, on suppose que le débit binaire de sortie est "totalement accessible" en ce sens que la seule restriction d'accès provient de la valeur totale du débit attribué. On prend en considération un seul ensemble d'objectifs de performance (taux de perte de cellules, temps de propagation maximal et moyen), correspondant aux prescriptions les plus sévères de toutes les connexions multiplexées. Le paragraphe 10 examine des systèmes plus généraux de partage des ressources, y compris les commandes de priorité.

Les ressources peuvent être attribuées une fois pour toutes au début de la communication ou, après renégociation, à certains moments de la communication. La renégociation des ressources peut être effectuée au moyen de cellules de gestion de ressource (RM, *resource management*), dans le cas de capacités de transfert de type ABR ou ABT, ou au moyen du système de signalisation hors bande. Le présent paragraphe se limite aux procédures de commande CAC pour capacités de transfert à débit DBR ou SBR. L'on part du principe que ces procédures sont applicables aussi bien pour l'attribution initiale des ressources lors de l'établissement des appels qu'ensuite pour les renégociations conduites par signalisation. L'utilisation de procédures de gestion adaptative des ressources pour les capacités de transfert ABR et ABT est examinée au paragraphe 9.

La façon dont les attributions de ressources peuvent être associées aux caractéristiques des connexions est examinée ci-dessous selon les trois procédés de multiplexage examinés dans le paragraphe 7 ci-dessus.

Remplacée par une version plus récente

8.1 Commande CAC pour l'attribution du débit crête

Lors du multiplexage de flux à débit binaire constant, une méthode évidente d'attribution des ressources consiste à attribuer, à chaque connexion et sur chaque liaison, une largeur de bande égale au débit binaire déclaré (avec la tolérance appropriée sur la variation CDV). La même procédure d'attribution des ressources peut être appliquée à des connexions à débit variable si une largeur de bande égale au débit crête de la connexion est réservée sur chaque liaison.

Les connexions sont caractérisées par leur débit PCR et par leur paramètre τ de tolérance sur la variation CDV, ou par leur débit PCR et le fait que la variation CDV est négligeable par rapport à un certain processus de référence poissonnien à lots k . La commande CAC peut être appliquée par comparaison des valeurs de débit PCR avec un débit nominal c' de multiplexeur ou par comparaison d'un débit équivalent avec la capacité c réelle du multiplexeur. Le débit nominal du multiplexeur est défini au 7.1.4. Dans le cas présent, le débit équivalent est défini comme suit:

débit cellulaire équivalent

un débit cellulaire équivalent (ECR, *equivalent cell rate*) est attribué à chaque connexion de façon que, si la somme des valeurs de débit ECR de toutes les connexions multiplexées est inférieure au débit de sortie du multiplexeur c , l'objectif de taux CLR soit atteint. La définition générale du débit ECR fera l'objet d'un complément d'étude. Dans le cas d'une variation CDV négligeable, on peut toutefois considérer le débit ECR comme étant égal au débit PCR multiplié par le rapport c/c' où c' est le débit nominal de sortie défini au 7.1.4 ci-dessus.

Exemple de procédure CAC pour une liaison ATM ou pour une connexion VPC mise en forme en DBR au débit c avec un tampon de capacité B

- l'on part du principe que les débits crête de la connexion sont définis avec une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k de référence (voir 7.1.3);
- l'estimation du débit nominal c' est telle que la probabilité de surdébit d'une file d'attente de valeur $M^{(k)}/D/1/B$ soit inférieure à la valeur cible ε . La probabilité $Q(B/k)$, indiquée par la Formule 7-4, peut être utilisée pour estimer la probabilité de surdébit lorsque ε est petit;
- l'on admet les connexions de débit pcr_i tant que $\sum pcr_i \leq c'$;
- en variante, on calcule le débit cellulaire équivalent pour la connexion i sous la forme $ecr_i = pcr_i \times c/c'$ et l'on admet les connexions tant que $\sum ecr_i \leq c$.

On notera que les prescriptions de temps moyen et maximal d'attente sont censées être satisfaites pour tous les assortiments de trafic, grâce au choix de la capacité tampon B et de la capacité nominale c' .

Exemple de procédure CAC pour une connexion VPC à débit constant non contrôlé r_{VPC} .

- l'on part du principe que la connexion VPC et les connexions VCC multiplexées ont une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k de référence;
- l'on admet les connexions de débit pcr_i tant que $\sum pcr_i \leq r_{VPC}$.

On notera qu'il n'est pas nécessaire d'appliquer le rapport c/c' pour évaluer un débit équivalent car celui-ci est déjà pris en compte dans la commande CAC de la liaison appliquée à la connexion VPC. Dans ce cas, $ecr_i = pcr_i$.

Une connexion VPC à débit variable est équivalente à une connexion VPC à débit constant non contrôlé dans le cas présent d'une attribution de débit crête. Ce débit variable est donc soumis à la même procédure de commande CAC.

8.2 Commande CAC pour le multiplexage à enveloppe de débit

Le multiplexage de flux à débit binaire variable utilisant l'attribution du débit crête peut conduire à une utilisation inefficace des liaisons. L'on peut utiliser les ressources plus efficacement tout en répondant aux objectifs de qualité GOS en effectuant une surréservation de la largeur de bande des liaisons dans les systèmes à multiplexage statistique de type REM, comme indiqué au 7.2 ci-dessus.

L'objectif de qualité GOS en terme de taux $CLR \leq \varepsilon$ doit être décomposé en deux parties: l'une pour l'échelle des cellules, $CLR_{cs} \leq \varepsilon_{cs}$, et l'autre pour l'échelle des rafales, $CLR_{bs} \leq \varepsilon_{bs}$ avec $\varepsilon = \varepsilon_{cs} + \varepsilon_{bs}$. Pour veiller à ce que $CLR_{cs} \leq \varepsilon_{cs}$ lorsque les débits sont définis avec une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k , il est proposé de comparer les débits moyens d'arrivée avec une capacité nominale c' déterminée de façon que $Q(B/k) \leq \varepsilon_{cs}$ où la probabilité Q est donnée par la Formule 7-4 avec $\rho = c'/c$. La commande de la composante d'échelle de rafales, CLR_{bs} , se fonde sur la possibilité d'estimer la répartition de la probabilité stationnaire du débit instantané de flux binaires multiplexés (ou, du moins celle de ses premiers moments), soit collectivement pour toutes les connexions existantes ou individuellement pour chaque connexion.

Remplacée par une version plus récente

8.2.1 Variables de trafic cellulaire connues

Si l'on connaît les variables de trafic cellulaire statistique concernant la structure des rafales, telles que définies dans la Recommandation E.716 (par exemple pour un type de source donné), on peut utiliser ces variables dans une commande CAC. Par exemple, une connexion en mode téléphonie codée conformément à un algorithme donné avec élimination des silences (c'est-à-dire où seules sont transmises les cellules contenant un signal significatif) peut être caractérisée avec précision comme une source à mise en service commutable de débit crête p et de débit moyen m . Le multiplexage à enveloppe de débit de telles sources peut être effectué sur une liaison ATM ou sur une connexion VPC dont la composante scalaire de rafales CLR_{bs} peut être estimée au moyen de la Formule 7-7.

Un assortiment de sources ayant des répartitions de débit connues mais différentes peut être pris en charge de la même façon, le taux CLR_{bs} étant calculé par la Formule 7-5 avec des probabilités calculées au moyen de la répartition du terme Λ_f calculée par convolution des répartitions individuelles. La commande CAC doit faire en sorte qu'une nouvelle connexion ne soit admise que si le taux CLR_{bs} résultant est inférieur à la valeur cible pour toutes les connexions.

débit cellulaire équivalent

la commande CAC est grandement simplifiée par l'exploitation des propriétés connues de la convolution des répartitions de débit. Il est en particulier possible d'attribuer à chaque connexion un débit cellulaire équivalent (ECR) tel que les objectifs de qualité GOS soient atteints si la somme des valeurs de débit ECR est inférieure au débit c du multiplexeur. En d'autres termes, on assigne à une connexion i un débit ECR de valeur ecr_i telle que $CLR_{bs} < \epsilon_{bs}$ tant que $\sum ecr_i \leq c$. On peut calculer ce débit ECR au moyen d'une règle qui ne dépend que des caractéristiques de trafic de la connexion et de paramètres statiques décrivant le multiplexeur et son assortiment de trafic probable. En variante, cette règle peut aussi dépendre des caractéristiques de trafic des autres connexions utilisant le multiplexeur: elle change donc dynamiquement, au fur et à mesure que les connexions sont établies et libérées. L'Appendice I décrit des méthodes permettant de calculer la valeur ecr_i .

Exemple de procédure pour une liaison ATM ou une connexion VPC mise en forme en débit DBR de valeur c et de capacité tampon B

- dans cet exemple, on part du principe que les débits sont indiqués avec une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k tel que défini au 7.1.3 et que le débit cellulaire moyen de chaque connexion est connu; soit mcr_i le débit moyen de la connexion i ;
- les valeurs cibles ϵ_{cs} et ϵ_{bs} sont attribuées aux débits CLR_{cs} et CLR_{bs} , respectivement, de façon que la somme $\epsilon_{cs} + \epsilon_{bs}$ soit inférieure à l'objectif de qualité GOS en terme de taux CLR ;
- la capacité nominale du multiplexeur c' est déterminée à partir du débit de liaison c et de la capacité tampon B de façon que $Q(B/k) \leq \epsilon_{cs}$ où $Q(B/k)$ est la probabilité d'une file d'attente $M^{(k)}/D/1$ estimée par la Formule 7-4 pour une charge $\rho = c'/c$;
- on calcule le débit cellulaire équivalent ecr_i de la connexion i conformément à l'une des méthodes décrites dans l'Appendice I; selon la définition du débit cellulaire équivalent, il est parfois nécessaire de calculer la valeur ecr_i une fois pour toutes lors de la demande d'établissement de la connexion ou de la réévaluer lorsque le taux de remplissage de la mémoire se modifie;
- on admet les connexions tant que les relations suivantes sont vérifiées: $\sum mcr_i \leq c'$ et $\sum ecr_i \leq c$.

Exemple de procédure de commande CAC pour une connexion VPC à débit constant non contrôlé de débit r_{VPC}

- la connexion VPC et les connexions multiplexées sont censées avoir une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k de référence;
- on évalue le débit cellulaire équivalent ecr_i pour chaque connexion i (par exemple au moyen d'une des méthodes de l'Appendice I) mais avec r_{VPC} au lieu de c ;
- on admet les connexions tant que la relation $\sum ecr_i \leq r_{VPC}$ est vérifiée.

La condition de l'exemple précédent concernant la somme des débits moyens des connexions VCC n'est pas applicable ici car l'encombrement à l'échelle des cellules est pris en compte dans la commande CAC de la liaison appliquée à la connexion VPC. On notera que, dans ce cas, le taux CLR_{bs} n'est pas strictement un taux de perte de cellules mais la fraction des cellules qui violent le débit r_{VPC} déclaré pour la connexion VPC. La valeur cible ϵ_{bs} pour CLR_{bs} doit donc être ici négligeable par rapport au taux cible CLR des liaisons ATM du conduit de VPC afin d'éviter une dégradation de la performance d'autres connexions ayant ces liaisons en partage.

Remplacée par une version plus récente

Exemple de procédure de commande CAC pour une connexion VPC à débit variable

Les connexions VPC à débit variable permettent d'effectuer un multiplexage plus efficace au prix de commandes CAC plus complexes tenant compte, à titre individuel, des liaisons ATM sur lesquelles les connexions VPC sont transportées. La commande CAC est facilitée lorsque la connexion VPC à débit variable est caractérisée par un ensemble de débits cellulaires équivalents, comme indiqué dans la Recommandation E.735.

- toutes les connexions multiplexées utilisant les liaisons considérées sont censées avoir des débits définis avec une variation CDV négligeable par rapport à un processus poissonnien à lots k de référence;
- chaque liaison ATM_j de la connexion VPC est caractérisée, dans le nœud VC d'origine, par l'ensemble de paramètres suivant:
 - ECR^j , qui est un débit cellulaire équivalent déterminé hors ligne par une procédure de dimensionnement de réseau tenant compte de la capacité requise de la connexion VPC ainsi que du débit et de l'assortiment de trafics prévu sur la liaison j , comme indiqué dans la Recommandation E.735;
 - les paramètres de débit de liaison et d'assortiment de trafics prévu, qui sont nécessaires pour calculer les débits cellulaires équivalents des connexions VCC à multiplexer dans la connexion VPC (il s'agit des paramètres déjà utilisés pour calculer le débit cellulaire équivalent de toutes les connexions VCC et VPC prises en charge par la liaison ATM).
- la connexion VPC est également caractérisée par un débit cellulaire moyen, MCR (MCR , *mean cell rate*). Soit mcr_i le débit cellulaire moyen des connexions VCC_i ;
- pour chaque connexion VCC_i à prendre en charge dans la connexion VPC, on évalue un débit cellulaire équivalent ecr_i^j pour chaque liaison j utilisant les caractéristiques de liaison spécifiées ci-dessus;
- on accepte une nouvelle connexion tant que $\sum_i ecr_i^j \leq ECR^j$ pour chaque liaison j et tant que $\sum_i mcr_i \leq MCR$.

Dans le cas présent d'une connexion VPC à débit variable, il n'est pas envisagé que les débits cellulaires équivalents dépendent du taux d'occupation réel des liaisons. Dans le cadre des méthodes à débit cellulaire équivalent décrites dans l'Appendice I, la méthode 1 ne fait pas appel à un paramètre d'assortiment de trafics tandis que les méthodes 2 et 3 font appel à un paramètre désigné par α . Les paramètres qui décrivent la deuxième connexion et les connexions suivantes de la connexion VPC doivent toujours être communiqués au nœud VC d'origine via le plan de gestion lors de l'établissement ou de la modification de cette connexion VPC.

8.2.2 Attribution de ressources dans le cas le moins favorable

On peut atteindre les objectifs de performance en attribuant des ressources dans l'hypothèse des caractéristiques de trafic "dans le cas le moins favorable"¹, compatibles avec les valeurs déclarées des paramètres de trafic. Si seul le débit PCR est déclaré, la commande CAC est alors équivalente à l'attribution du débit crête (voir 8.1 ci-dessus).

Si l'on connaît à la fois les débits PCR et SCR , une attribution dans le cas le moins favorable peut être calculée dans l'hypothèse où la source est de type à mise en service commutable, avec un débit crête PCR et un débit moyen SCR . Les procédures décrites au 8.2.1 peuvent être suivies pour la commande CAC. On notera que le paramètre de tolérance IBT n'a pas d'incidence sur la commande CAC lorsque le multiplexage REM est utilisé.

8.2.3 Commande CAC adaptative

La décision de la commande CAC dépend des caractéristiques de trafic de la connexion qui demande l'admission et des caractéristiques combinées de toutes les connexions existantes. On obtiendra une efficacité plus grande que l'attribution de ressources correspondant au cas le moins favorable si on peut estimer de manière précise ces dernières caractéristiques combinées par des mesures de trafic en temps réel. Les caractéristiques de trafic observées doivent permettre d'estimer le taux CLR qui en résulterait si la nouvelle connexion, ayant les caractéristiques du cas le moins favorable, était ajoutée aux connexions existantes: la connexion ne serait pas admise si le taux CLR estimé était supérieur au taux requis. Certains travaux dans ce domaine ont été signalés dans la littérature [SaS 91], [DMM 94], [KRK 94], [RMV 96] mais des études complémentaires sont requises avant que l'on puisse recommander une quelconque méthode particulière.

¹ Par "cas le moins favorable", l'on entend les caractéristiques de trafic qui sont compatibles avec le descripteur de trafic déclaré nécessitant la plus grande attribution de ressources pour répondre aux prescriptions de qualité de service.

Remplacée par une version plus récente

8.3 Commande CAC pour multiplexage statistique à partage de débit

Comme indiqué au 7.3, pour obtenir un taux d'utilisation élevé des liaisons lors du multiplexage de connexions dont le débit crête n'est pas une petite fraction du débit binaire de multiplexeur, il faut une grande mémoire tampon pour absorber les cellules qui arrivent pendant des périodes de surcharge momentanées. Ce type de multiplexage a été dit à partage de débit (*RS, rage sharing*). Cette technique peut également être utilisée pour des connexions à faible débit crête; la différence essentielle avec le multiplexage REM est que l'on fait appel à une grande mémoire tampon pour absorber des surdébits d'entrée qui se produisent avec une probabilité non négligeable. Avec le partage de débit, il peut être nécessaire de mettre en œuvre la commande CAC en attribuant une part de largeur de bande et d'espace de mémoire tampon à chaque connexion.

Comme pour le multiplexage REM, on peut distinguer trois possibilités permettant d'estimer les caractéristiques de trafic nécessaires pour prévoir la qualité de fonctionnement des multiplexeurs.

8.3.1 Variables de trafic cellulaire connues

Si toutes les variables de trafic² nécessaires aux connexions multiplexées peuvent être déduites du fait qu'elles appartiennent chacune à un type de source donné, il est possible de mettre en œuvre la commande CAC par référence à un modèle mathématique de prévision de la qualité de fonctionnement du multiplexeur (par exemple, taux de perte de cellules et temps moyen/maximal de mise en file d'attente). La définition d'un tel modèle doit faire l'objet d'un complément d'étude.

débit cellulaire équivalent

comme pour le multiplexage REM, on peut simplifier la commande CAC dans certains cas où il est possible d'attribuer à chaque connexion un débit ECR en fonction du débit du multiplexeur, de la capacité de mémoire tampon et des propriétés intrinsèques de la connexion. La procédure de commande CAC consiste alors à accepter les connexions jusqu'à ce que la somme de valeurs ECR soit supérieure au débit du multiplexeur. La définition exacte du débit ECR et son domaine d'application dans le présent contexte nécessitent un complément d'étude.

8.3.2 Attribution de ressources dans le cas le moins favorable

Comme pour le multiplexage REM, les objectifs de qualité GOS peuvent être garantis si des ressources sont attribuées pour le trafic du "cas le moins favorable" correspondant aux descripteurs de trafic déclarés. Lorsque seul le débit *PCR* est déclaré, le trafic du cas le moins favorable est un flux CBR et la commande CAC équivaut à l'attribution du débit crête (voir 8.1).

Si les paramètres de débit *PCR*, de débit *SCR* et de tolérance *IBT* sont déclarés, un trafic qui peut prétendre au cas le moins favorable est une source à mise en service commutable avec des périodes de rafales et de silence de durée maximale (voir 6.1.2). La définition des règles de commande CAC fondées sur un tel modèle du cas le moins favorable fera l'objet d'un complément d'étude.

8.3.3 Commande CAC adaptative

On peut utiliser les mesures de trafic (par exemple, des observations du taux de remplissage des mémoires tampons) pour calculer une estimation de la possibilité d'accepter de nouvelles connexions sans enfreindre les objectifs de performance. La définition de telles mesures et des procédures de commande CAC correspondantes nécessite un complément d'étude.

9 Gestion adaptative des ressources

On peut améliorer l'efficacité du partage des ressources en employant dynamiquement la gestion adaptative des ressources, en particulier lorsqu'il n'est pas possible de déclarer toutes les caractéristiques de trafic des connexions pendant leur établissement. Les capacités de service de transfert en mode ABR ou ABT se fondent chacune sur l'utilisation de cellules de gestion de ressources (RM) afin d'adapter l'attribution des ressources pendant la durée de vie d'une connexion. En mode d'allocation dynamique de la bande passante (ABR), c'est le réseau qui détermine le débit binaire mis à la disposition d'une connexion donnée et qui en informe l'utilisateur. Le service de transfert ABT, par ailleurs, est fondé sur l'envoi, par l'utilisateur, de requêtes visant à modifier l'attribution des ressources.

² L'expression "variables de trafic nécessaires" sous-entend tous les paramètres du processus d'arrivée des cellules qui exercent une influence importante sur la performance du multiplexeur (voir la Recommandation E.716).

Remplacée par une version plus récente

9.1 Gestion des ressources par transfert ABT

Dans le présent sous-paragraphe, l'on examinera la possibilité d'une renégociation, par l'utilisateur, de l'attribution des ressources au cours de la durée de vie d'une connexion afin de suivre de plus près les exigences actuelles de l'utilisateur en terme de trafic.

9.1.1 Multiplexage à enveloppe de débit et transfert de blocs

Lorsque les multiplexeurs sont équipés de petites mémoires tampons dimensionnées comme cela est indiqué au 7.2 pour le multiplexage REM, tout surdébit (débit binaire combiné instantané supérieur au débit nominal de la liaison) conduit à une perte de cellules pour toutes les connexions. Cela peut avoir de graves conséquences si, par exemple, la perte de cellules conduit à la retransmission d'unités de données de protocole (PDU, *protocol data units*) affectées. Cette possibilité est écartée si l'on attribue les débits crête comme indiqué au 8.1. L'une des façons de préserver cette propriété souhaitable lorsqu'on tire parti des avantages du multiplexage statistique est d'exiger que les connexions réservent dynamiquement une largeur de bande suffisante pour leurs besoins instantanés actuels. Par exemple, un utilisateur qui émet par intermittence des rafales de cellules à un débit binaire donné réservera la largeur de bande nécessaire pour ce débit au début d'une rafale et l'abandonnera à la fin de celle-ci.

La commande CAC sera, dans une large mesure, appliquée de la façon décrite au 8.2 ci-dessus bien que les critères d'admission de connexion puissent être différents, sachant que les conséquences du blocage d'une requête d'augmentation de largeur de bande (n'affectant qu'un seul utilisateur) sont moins graves que la perte généralisée de cellules dans un système sans réservation de largeur de bande à ce niveau. Il conviendrait de spécifier des critères de qualité de service ayant un rapport explicite avec la probabilité d'échec d'une demande de gestion des ressources.

9.1.2 Partage de débit et transfert de blocs

On peut utiliser les procédures de gestion des ressources (RM) déclenchées par l'utilisateur avec un multiplexage statistique à partage du débit pour adapter plus étroitement la quantité de ressources attribuée à une connexion à son niveau d'activité existant. On peut attribuer dynamiquement la largeur de bande et l'espace de mémoire tampon.

Pour les connexions dont le débit binaire crête est proche du débit du multiplexeur, il semble peu approprié de chercher à réserver une largeur de bande égale à ce débit crête pour chaque rafale d'activité. Pour tenter de le faire avec une probabilité raisonnablement faible de blocage de rafale, il faudrait que le multiplexeur fonctionne avec un taux d'utilisation moyen très faible, ce qui découle de considérations semblables à celles qui ont été présentées au 7.2.2. L'attribution de mémoire tampon peut également être adaptée aux besoins actuels d'une connexion établie. Il suffit de réserver l'espace de mémoire tampon lorsque la connexion transmet effectivement les données.

9.2 Gestion des ressources par allocation ABR

La capacité de transfert par allocation dynamique de la bande passante (ABR) est essentiellement conçue pour le multiplexage statistique à partage de débit, dans lequel les files d'attente peuvent occuper une grande longueur dans les mémoires tampons et peuvent avoir une grande sensibilité aux attributs des processus d'arrivée, ce qui n'est pas le cas en multiplexage REM. Sans aucun mécanisme de rétroaction en fonction des sources, il est difficile de concevoir une capacité tampon et une bande passante répondant à un critère de perte de cellules. Avec l'allocation ABR, les sources reçoivent constamment en retour une information relative au débit qui peut actuellement être pris en charge. Lorsque les mémoires sont encombrées, certaines sources (choisies) peuvent être priées de diminuer leur débit cellulaire autorisé actuel.

Le dimensionnement approprié et la commande CAC pour l'allocation ABR dépendent de la nature du service que l'opérateur du réseau a l'intention d'offrir en mode ABR. Par exemple, sur la base de décisions stratégiques qui sont hors du domaine d'application de la présente Recommandation, un opérateur peut déterminer une certaine valeur de largeur de bande à consacrer au service en mode ABR; l'opérateur peut choisir d'admettre toutes les demandes de connexion, ou leur imposer une limite supérieure. Dans un autre cas de figure, l'opérateur peut offrir un service en mode ABR avec la garantie de fourniture, en période d'activité d'une connexion, d'un débit cellulaire minimal donné, avec une probabilité donnée.

Les utilisateurs de la capacité de transfert en mode ABR ont la possibilité de demander un débit cellulaire minimal (MCR, *minimum cell rate*). Si celui-ci est accordé, le réseau garantit la fourniture à la source d'au moins ce débit pendant la durée de la connexion. La partie de la commande CAC qui gère le débit cellulaire minimal des connexions en mode ABR peut donc être similaire à la partie qui gère la capacité de transfert en mode DBR (voir le paragraphe 8).

Les implications, en termes d'ingénierie du trafic, de la capacité de transfert en mode ABR feront l'objet d'un complément d'étude.

Remplacée par une version plus récente

10 Intégration des services

Si toutes les cellules des files d'attente des multiplexeurs suivent l'ordre premier entré, premier sorti (FIFO, *first in first out*), les prescriptions les plus strictes en termes de temps de propagation des cellules et de variation du temps de propagation des cellules des types de connexions devant être multiplexées déterminent la taille maximale de la mémoire tampon. En particulier, si on est amené à traiter des services comportant des impératifs de réponse en temps réel comme les conversations interactives, il ne semble pas possible de réaliser un multiplexage statistique avec des mémoires tampons de grande taille comme il en est question au 7.3 ci-dessus, à moins d'employer une certaine organisation plus complexe des services.

10.1 Ressources spécialisées

Pour satisfaire aux différentes prescriptions de qualité GOS de diverses classes de service, on peut consacrer des ressources particulières à des services ayant des prescriptions similaires. En particulier, on peut utiliser des liaisons ATM distinctes ou créer des connexions à conduits virtuels distinctes, mises en forme en débit DBR, leur largeur de bande étant adaptée à la demande prévue pour le groupe donné de services. L'espace tampon réservé pour une connexion VPC donnée sera également choisi de façon appropriée (par exemple, de petites mémoires tampons pour les services comportant des prescriptions de réponse en temps réel, de grandes mémoires tampons pour les services à débit élevé qui tolèrent un certain délai). On notera que des connexions VPC non mises en forme ne peuvent pas être utilisées à cette fin: la fourniture de différents niveaux GOS à différentes connexions utilisant des débits non contrôlés nécessite la mise en œuvre de mécanismes de priorité ou de séquençement comme indiqué ci-dessous.

10.2 Priorités des pertes

On peut utiliser les mécanismes de priorité de pertes examinés aux 7.2.3 et 7.3.2 afin de différencier le taux *CLR* offert aux cellules d'une connexion donnée en fonction de la valeur du bit CLP ou afin d'offrir différents taux de perte de cellules à différentes connexions. Les mécanismes de priorité de perte peuvent être combinés avec les mécanismes de priorité des temps de transfert.

La définition des règles d'ingénierie du trafic permettant de fournir des garanties de qualité de service précises fera l'objet d'un complément d'étude.

10.3 Priorités des temps de transfert

On peut donner la priorité de tête de file à certains flux de trafic, notamment pour diminuer le temps d'attente de leurs cellules dans des multiplexeurs équipés de mémoires tampons de grande capacité. On pourrait définir plusieurs niveaux de priorité, le niveau auquel appartient un flux donné étant identifié par le champ VPI/VCI de l'en-tête de cellule. On peut mélanger la priorité de tête de file et la priorité de perte en utilisant le bit CLP (voir 7.2.3 et 7.3.2).

10.4 Méthodes de séquençement

La priorité de tête de file peut servir à assurer un délai minimal aux services qui comportent des contraintes de temps de réponse en temps réel. On peut obtenir une séparation plus générale des services avec des méthodes d'organisation des files d'attente plus perfectionnées, telles que l'organisation équitable et pondérée des files d'attente [RMV 96]. L'influence de ces méthodes sur la performance des multiplexeurs et sur la gestion du trafic appelle un complément d'étude.

11 Bibliographie

- [CLW 94] CHOUDURY (G.L.), LUCANTONI (D.M.), WHITT (W.): on the effectiveness of effective bandwidth for admission control in ATM networks (de l'efficacité de la largeur de bande équivalente pour la commande d'admission dans les réseaux en mode ATM), *Proceedings of ITC 14*, juin 1994.
- [DMM 94] DZIONG (Z.), MONTANUY (O.), et MASON (L.G.): adaptive traffic admission in ATM networks – Optimal estimation framework (admission adaptative du trafic dans les réseaux ATM – Cadre d'estimation optimale), *Proceedings of ITC 14*, Juan-les-Pins, juin 1994.
- [KRK 94] KRÖNER (H.), RENGER (T.), KNOBLING (R.): performance modelling of an adaptive CAC strategy for ATM networks (modélisation des performances d'une stratégie de commande CAC adaptative pour réseaux en mode ATM), *Proceedings of ITC 14*, Juan-les-Pins, juin 1994.

Remplacée par une version plus récente

- [LuP 90] LUCANTONI (D.M.), PAREKH (S.): selective cell discarding mechanisms for a B-ISDN congestion control architecture (mécanismes de rejet sélectif de cellules pour une architecture de protection contre les encombrements dans le RNIS-LB), *ITC Seminar*, Morristown, 1990.
- [RMV96] ROBERTS (J.), MOCCI (U.), VIRTAMO (J.), (Eds): broadband Network Teletraffic, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1155, Springer-Verlag, 1996.
- [SaS 91] SAITO (H.), SHIOMOTO (K.) dynamic Call Admission Control in ATM Networks (commande d'admission dynamique des appels dans les réseaux ATM), *IEEE JSAC*, Vol. 9, n° 2, septembre 1991.
- [ViS 97] VILLÉN-ALTAMIRANO (M.), SÁNCHEZ-CAÑABATE (M.F.): effective bandwidth dependent of the actual traffic mix: an approach for bufferless CAC (largeur de bande équivalente en fonction de l'assortiment de trafics actuel: vers une commande CAC sans mémoire tampon), *ITC 15*, juin 1997.

12 Historique

Il s'agit d'une nouvelle Recommandation.

Appendice I

Exemples de méthodes de calcul du débit cellulaire équivalent pour le multiplexage à enveloppe de débit

Les trois méthodes suivantes permettent de calculer le débit cellulaire équivalent (ECR) d'une connexion, ecr_i . Elles sont conçues pour le cas du multiplexage à enveloppe de débit. Ces trois méthodes modélisent le flux cellulaire comme un fluide. Elle utilisent en entrée le débit de la liaison ATM (ou de la connexion VPC) ainsi que le paramètre ε du critère de performance $CLR_{bs} < \varepsilon$.

Comme indiqué dans la Recommandation E.735, le débit ECR dépend en général des variables de trafic des autres connexions multiplexées sur la même liaison ATM ou sur la même connexion VPC. Dans certains cas, cette dépendance peut être prise en compte par un seul paramètre, appelé α dans la Recommandation E.735. Ce paramètre peut être évalué pour le trafic actuel ou, pour simplifier la commande CAC, pour un ensemble représentatif de connexions, \mathbf{R} . L'ensemble \mathbf{R} est tel que le nombre de connexions de différents types soit proportionnel à celui d'un assortiment de trafics attendus et que l'objectif ε de débit CLR_{bs} soit atteint (c'est-à-dire de façon que le faisceau de connexions représentatif soit situé à la frontière de la région des connexions admissibles). L'utilisation du paramètre α est une caractéristique des méthodes 2 et 3 ci-dessous. Pour ces deux méthodes, bien que le paramètre α soit défini différemment, l'on sait que la valeur du débit ECR ne dépend pas absolument du faisceau de connexions exactement considéré et que l'estimation est toujours prudente. En d'autres termes, le débit ECR calculé est plus grand que celui qui est déterminé pour le faisceau de connexions proprement dit.

La première méthode suppose l'existence de sources à mise en service commutable, dont les débits moyen et crête sont choisis de façon à correspondre à la moyenne et à la variance de leur débit instantané. Dans cette méthode, le calcul de la largeur de bande équivalente d'une connexion ne dépend pas des variables de trafic d'une autre connexion. Cette méthode est la plus simple des trois mais c'est la moins exacte. Elle ne garantit pas que les résultats seront prudents (c'est-à-dire que le critère de performance sera réellement atteint lorsque $\sum ecr_i \leq c$).

La deuxième méthode utilise directement la répartition du débit instantané du flux cellulaire à un moment donné. Sur la base de la borne de Chernoff, cette méthode calcule un paramètre α qui tient compte des variables de trafic de la connexion réelle ou du faisceau de connexions réel. Dans ce dernier cas, le paramètre α peut être calculé en différé, de sorte que cette méthode peut être utilisée en temps réel pour la commande CAC. Le calcul en temps réel du paramètre α pour le trafic actuel ne semble pas réalisable en raison de la complexité des opérations à effectuer.

Remplacée par une version plus récente

La troisième méthode suppose l'existence de sources à mise en service commutable. Elle se fonde sur le calcul d'un paramètre α qui dépend des caractéristiques du faisceau de connexions actuel ou d'un faisceau de connexions représentatif. L'algorithme permettant de déterminer α pour le trafic actuel est plus simple que celui de la méthode 2 et peut vraisemblablement être appliqué en temps réel.

Les méthodes 2 et 3 ont été initialement proposées pour évaluer un débit cellulaire équivalent destiné à un algorithme de commande CAC garantissant que la probabilité que le débit d'arrivée Λ_t dépasse le débit de service c sera inférieure à une valeur cible. Ces méthodes sont adaptées ici aux algorithmes de commande CAC fondés sur un débit CLR conforme à la simple relation d'ordre de grandeur $CLR \approx Pr\{\Lambda_t > c\} \times 100$ (voir [RMV96] page 446).

I.1 Méthode 1 de calcul du débit cellulaire équivalent [RMV96]

- pour une source de débit moyen m_i et de variance σ_i^2 , considérons une source équivalente à mise en service commutable de débit crête h_i telle que $\sigma_i^2 = m_i(h_i - m_i)$,
- calculons la "largeur de bande équivalente" eb_i comme suit:

$$eb_i = \begin{cases} am_i(1 + 3z_i(1 - m_i / h_i)), & \text{pour } 3z_i \leq \min(3, h_i / m_i) \\ am_i(1 + 3z_i^2(1 - m_i / h_i)), & \text{pour } 3 < 3z_i^2 \leq h_i / m_i \\ ah_i, & \text{sinon} \end{cases} \quad (\text{I-1})$$

où $a = 1 - \frac{\log_{10}\epsilon}{50}$ et $z_i = \frac{-2 \log_{10}\epsilon}{c / h}$.

- le débit cellulaire équivalent pour $CLR_{bs} \leq \epsilon$ est $ecr_i = eb_i$.

I.2 Méthode 2 de calcul du débit cellulaire équivalent [RMV96]

- soit $\lambda_i(t)$ le débit de la source i au moment t . Calculons la fonction génératrice des logarithmes temporels de la répartition de ce débit: $M_i(s) = \log_e E \left\{ e^{s\lambda_i(t)} \right\}$.
- déterminons le paramètre α tel que la fonction **Error!** $M_i(s) - sc$ soit minimisée à $s = \alpha$.
le paramètre α peut être évalué pour deux définitions du faisceau de connexions S considéré dans les sommations:
 - le faisceau de connexions actuellement pris en charge par la liaison ou par la connexion VPC (méthode 2a);
 - le faisceau de connexions représentatif R décrit ci-dessus (méthode 2b);
- calculer la "largeur de bande équivalente" de la source i sous la forme $eb_i = M_i(\alpha) / \alpha$.
- l'admission des connexions tant que **Error!** $eb_i \leq c - \gamma / \alpha$ garantit que **PrError!**.
- utilisons l'approximation d'ordre de grandeur $CLR_{bs} \approx Pr$ **Error!** pour calculer le débit cellulaire équivalent lorsque $CLR_{bs} \leq \epsilon$:

$$ecr_i = \frac{eb_i}{c + \log_e(100\epsilon) / \alpha} \times c \quad (\text{I-2})$$

I.3 Méthode 3 de calcul du débit cellulaire équivalent [ViS 97]

- pour une source de débit moyen m_i et de variance σ_i^2 , considérons une source équivalente à mise en service commutable de débit crête h_i telle que $\sigma_i^2 = m_i(h_i - m_i)$,
- soit $e^{-\gamma}$ une valeur cible de probabilité de surdébit; définissons le rapport $\gamma_i = -\log_e \left(\frac{m_i}{h_i} \right)$,

Remplacée par une version plus récente

- définissons le paramètre α et la grandeur M comme suit:

$$\alpha = \frac{\gamma - \sum_{i \in P} \gamma_i}{c - \sum_{i \in P} h_i - \sum_{i \notin P} m_i}; \quad M = c - \frac{\gamma}{\alpha} \quad (\text{I-3})$$

où P est l'ensemble des sources satisfaisant à la relation: $\gamma_i/(h_i - m_i) < \alpha$;

- comme pour la méthode 2, le paramètre α peut être évalué pour deux définitions du faisceau de connexions considéré dans les sommations:
 - le faisceau de connexions actuellement pris en charge par la liaison ou par la connexion VPC (méthode 3a);
 - le faisceau de connexions représentatif R décrit ci-dessus (méthode 3b);
- calculons la largeur de bande équivalente eb_i , et le débit moyen modifié, m'_i , de la source i comme suit:

$$eb_i = \begin{cases} h_i & \text{si } i \in P \\ h_i \sum_{k=0}^3 a_k^{(p_i)} (\alpha h_i)^k & \text{si } i \notin P \end{cases}$$

$$m'_i = \begin{cases} h_i - \frac{\gamma_i}{\alpha} & \text{si } i \in P \\ m_i & \text{si } i \notin P \end{cases} \quad (\text{I-4})$$

où:

$$\begin{aligned} p_i &= m_i / h_i \\ a_0^{(p_i)} &= p_i \\ a_1^{(p_i)} &= 1,7 p_i (1 - p_i) \\ a_2^{(p_i)} &= \begin{cases} p_i (1 - p_i) (1,72 - 4,06 p_i + 1,55 p_i^2) & \text{si } p_i \geq 0,04 \\ p_i (1 - p_i) (0,9 + 16,6 p_i) & \text{si } p_i < 0,04 \end{cases} \\ a_3^{(p_i)} &= \frac{(1 - p_i)^4 - a_1^{(p_i)} (1 - p_i)^2 |\log p_i| - a_2^{(p_i)} (1 - p_i) |\log p_i|^2}{|\log p_i|^3} \end{aligned} \quad (\text{I-5})$$

- l'admission des connexions tant que:

$$\text{Error!} \quad (\text{I-6})$$

garantit une probabilité de surdébit inférieure à $e^{-\gamma}$. Notons qu'avec la méthode 3a, **Error!**, et la condition ci-dessus peut donc s'écrire comme suit: **Error!** $eb_i \leq c$;

- le débit ECR, pour une relation $CLR_{bs} \leq \varepsilon \approx e^{-\gamma}/100$, est le suivant:

$$ecr_i = \frac{c}{c + M} (eb_i + m'_i) \quad (\text{I-7})$$

Remplacée par une version plus récente

SÉRIES DES RECOMMANDATIONS UIT-T

Série A	Organisation du travail de l'UIT-T
Série B	Moyens d'expression: définitions, symboles, classification
Série C	Statistiques générales des télécommunications
Série D	Principes généraux de tarification
Série E	Exploitation générale du réseau, service téléphonique, exploitation des services et facteurs humains
Série F	Services de télécommunication non téléphoniques
Série G	Systèmes et supports de transmission, systèmes et réseaux numériques
Série H	Systèmes audiovisuels et multimédias
Série I	Réseau numérique à intégration de services
Série J	Transmission des signaux radiophoniques, télévisuels et autres signaux multimédias
Série K	Protection contre les perturbations
Série L	Construction, installation et protection des câbles et autres éléments des installations extérieures
Série M	RGT et maintenance des réseaux: systèmes de transmission, de télégraphie, de télécopie, circuits téléphoniques et circuits loués internationaux
Série N	Maintenance: circuits internationaux de transmission radiophonique et télévisuelle
Série O	Spécifications des appareils de mesure
Série P	Qualité de transmission téléphonique, installations téléphoniques et réseaux locaux
Série Q	Commutation et signalisation
Série R	Transmission télégraphique
Série S	Equipements terminaux de télégraphie
Série T	Terminaux des services télématiques
Série U	Commutation télégraphique
Série V	Communications de données sur le réseau téléphonique
Série X	Réseaux pour données et communication entre systèmes ouverts
Série Z	Langages de programmation