

Réseaux opérés avancés

Édouard Lumet - IR2020

Une brève introduction à RNIS

Un seul accès, différents types de service (téléphonie, accès Internet, etc le tout en simultané).

Le canal D est exploité en mode paquet (sporadique) => signalisation.

Conflit d'accès présent uniquement sur le canal D, lors de la première signalisation.

Ouverture d'un autre canal pour la signalisation car échelle de temps différente entre messages sur canal B et sur canal D. Une fois que la signalisation est passée, même si le canal D est saturé par la suite, les communications fonctionnent toujours parfaitement.

Le bit E de la trame descendante est l'écho du dernier bit D de la voie montante.

La transmission de paquets en mode circuit ne change rien sur ce qu'il se passe habituellement. Il y a demande d'appel, etc pour l'établissement du circuit.. sauf qu'au lieu d'envoyer de la voix numérisée, ce sont des paquets.

Pour utiliser le canal B en mode paquets cette fois-ci, il faut qu'il y ait le routeur d'entrée dans le réseau en face du terminal (BL). Ce n'est pas de la communication pour un canal mais juste de la communication.

Une brève introduction à PDH et SDH

Au coeur des réseaux de transport, débit constant, peu d'exigence quant aux pertes/erreurs.

SONET est une version de SDH spécifique à la FO.

Débits multiples de 64kbps, les trames sont conçues pour être émises toutes les 125 μ s.

Pas de reprise sur erreur mais mécanisme de vérification des données tout de même.

Présence d'overhead = bits présents pour la gestion comme savoir le début d'une trame (synchro trame), vérifier que pas de décalage pendant la comm. => Canaux de signalisation. (/!\ mise en place et terminaison faites hors bande).

Le verrouillage de trame se fait à l'aide d'une séquence binaire spécifique. En cas de répartition, elle ne se trouve pas nécessairement en début de la trame.

Étant synchrone, il y a nécessité d'avoir la même horloge entre le flux et le multiplexeur. Il échantillonne avec son horloge mais celle-ci est asservie sur celle du flux (réajustements avance/retard).

Fonctionnellement on a une horloge par flux chacune asservie sur le flux correspondant. Si le décalage est trop important d'un flux par rapport aux autres, petit à petit on va perdre la synchro trame et deux bits bleu vont arriver là où il n'y a qu'un jaune, qu'un vert, etc. => mécanisme de justification

Mécanisme de justification

Débit de sortie > débit d'entrée = cas où un bit en trop = justification positive. On prévoit un emplacement supplémentaire pour la justification **toujours présent**. Un bit en overhead permet de savoir s'il faut prendre ne compte la justification ou non. Pour chaque affluent on ajoute systématiquement deux bits (en overhead et en justification).

Débit de sortie < débit d'entrée = cas où un bit en moins = justification négative.

Pour ne pas utiliser les deux justifications en même temps, en ne faisant que de la justification positive par exemple, on **considère** un débit nominal légèrement inférieur (l'envoi reste 125µs bien sûr) pour pallier d'éventuels retards tout en faisant la justification positive.

Gestion des erreurs

La correction d'erreur n'est pas envisageable car quand on a tout reçu on a déjà commencé à transmettre la trame. Mais la détection est possible via bit de parité. On se contente de compter les erreurs pour signaler un trop grand nombre d'erreurs. La retransmission n'est pas non plus envisageable.

PDH

Dans le time slot 15, on trouve de la signalisation pour la communication (ex: SS7).

Pour comprendre la signification d'un bit, par exemple le bit de verrouillage, il faut regarder 16 trames = structure multitrame. Cette multitrame est divisée en deux sous-multitrames (SMT-1, SMT-2). Le premier bit de SMT-1 (défini une fois sur deux) permet de savoir où on en est dans la multitrame (synchro multitrame) tandis que la séquence *0b0011011* de la trame paire permet la synchro trame. Une fois sur deux, ce même premier bit de SMT-1 permet de détecter les erreurs de la SMT précédente (CRC4). Si présence d'erreur, les trames étant déjà parties quand on détecte, on ne fait rien. Cependant, on compte les erreurs et à force d'erreurs, on peut le signaler (remontée d'erreur à l'administrateur).

SDH

Conteneurs (C)

Les conteneurs (C) contiennent les données issues de l'affluent.

Conteneurs Virtuels (VC)

Les conteneurs virtuels (VC) permettent de véhiculer les C, ils contiennent un en-tête (adresse émetteur + CRC) et gèrent en général le transport de PDH (plésiochrone). La signalisation dans les VC n'est pas du style SS7, elle est plus basique par soucis de rapidité et permet la gestion du réseau (et non des appels). Voir d79-80 pour l'en-tête des VC-3 et VC-4.

Tributary Units (TU)

Les TU gèrent les dérives d'horloge cumulatives, ils contiennent un overhead qui contient un pointeur (offset) indiquant le début du premier octet du prochain VC. Un TU ne contient pas nécessairement un VC entier, il peut y avoir un décalage, d'où l'offset. Le débit est donc légèrement supérieur. Pour un décalage négatif, il n'est pas possible de ralentir le débit sinon il y aurait écrasement de données. Les données en trop (arrivées trop tôt) seront placées dans l'overhead (voir d82). Les multitrames MTU sont composées d'un certain nombre de trames TU. C'est dans une MTU que l'overhead/la signalisation prend son sens. Le pointeur (longueur = 10 bits) n'est pas constamment lu, on prévient quand on le modifie.

Tributary Units Group (TUG)

Il y a possibilités de multiplexer les TU dans un TUG.

Unités administratives (AU) et AUG

Les AU sont le début des trames de base, il y a moins de quincaillerie. À noter que les TU jouent le rôle des AU pour la PDH. Les AUG sont à l'image des TUG pour les TU, ils permettent le multiplexage. Les H1, H2 et H3 sont les pointeurs pour l'offset dans les AUG, H3 pour la justification négative.

STM-n

STM-1 est la trame de base de SDH, elle contient un AUG, un pointeur et des SOH (overhead). STM-0 est la trame correspondant à SONET. STM-4 est la superposition de 4 modules STM. À noter que la durée est toujours $125\mu s$. L'overhead dans les STM-n est subdivisée en deux : RSOH et MSOH. RSOH est réutilisé à chaque régénérateur donc permet la signalisation jusqu'à ce dernier. Pour une signalisation "persistante", donc jusqu'au multiplexeur, on utilise MSOH. La RSOH présente une séquence d'alignement au départ pour verrouiller le récepteur sur la trame (et le lot de trames). Pour réduire la probabilité d'apparition de cette séquence ailleurs, on utilise l'embrouillage.

Protection des réseaux

La protection du réseau SDH commence évidemment par la redondance. Il existe des signaux d'alarme qui permettent de signaler différents problèmes. Par exemple lors de la détection d'erreur, lorsque le nombre d'erreurs devient trop élevé, l'information est remontée par ces signaux. C'est aussi par ces signaux qu'est remontée l'information de perte de signal ([alerte pelleteuz](#)).

Paquets sur SDH

Pour ATM le problème est lié à la taille des cellules, cependant elles sont fixes donc prévisibles. De plus, comme SDH, ATM émet en continu.

Pour IP on peut faire de l'IP over ATM ou PPP ou Ethernet le tout over SDH. Dans le cas de PPP, on emploie une variante plus proche de HDLC ou alors LAP-S (X.86). C'est aussi LAP-S qui est utilisé pour Ethernet.

Une brève introduction à ATM

Les objectifs d'ATM sont :

- de pouvoir utiliser différents services aux besoins variés sur un même réseau,
- garantir un niveau de QoS pour chaque application selon ses besoins.

Relève de la commutation de paquets et non circuit mais on parle de cellule car les "paquets" ici sont de petite taille constante.

ATM est asynchrone, en mode connecté et n'effectue que peu de contrôle (erreur, flux) et gère la congestion de façon préventive (par contrat). C'est une évolution cohérente de FR, avec la découplage des plans de données et de contrôle. Les cellules sont commutées en mode circuit virtuel selon leur identifiant. Les connexions quant à elles sont déterminées en dehors du plan de données.

AAL est une couche ayant pour but est d'adapter le trafic à ATM. Il contient deux sous-couches pour la convergence et la segmentation.

Couche physique

Cette couche traduit les cellules en flot binaire puis les reconstruit. Pour alimenter la continuité d'émission sur le support, trois sources sont disponibles :

1. les cellules ATM issues des données utilisateur,
2. les cellules physiques s'il n'y a rien à transmettre, donnant une opportunité d'acheminer de la signalisation (configuration de la couche physique),
3. des cellules vides sinon.

A chaque top d'horloge (tous les 53 octets) il se passe quelque chose. La problématique étant de se caler correctement la première fois. Pour ce faire, chaque 53 octets on calcule un CRC sur ce qui paraît être un en-tête et on vérifie avec le code HEC (en fin d'en-tête). S'il y a correspondance alors on se verrouille.

Les cellules peuvent être soit encapsulées, soit envoyées directement sur le support (ATM natif).

Couche ATM

Cette couche a pour fonction de multiplexer/démultiplexer les cellules, traduire les VPI/VCI, générer/extraire l'en-tête et effectuer un contrôle de flux basique.

Les interactions avec la couche AAL consistent en la demande d'émission avec priorité et indication d'encombrement, de même pour la réception de cellules. De même avec la couche physique sans priorité etc.

Les cellules sont de taille fixe pour simplifier le traitement et de taille faible pour réduire le risque d'encombrement et un meilleur multiplexage. Cette taille est de 48 octets (+ 5 octets d'en-tête).

Qualité de service

Le client et le réseau sont contraints par les contrats de trafic.

Le temps de traversée n'est pas assurée, selon la longueur des files d'attente. Les pertes ne le sont pas non plus.

Pour respecter ces contraintes, il faudra mettre en place notamment du contrôle d'admission. Lorsque l'on accepte le trafic le service doit pouvoir être assuré, sinon il peut être refusé.

Les besoins sont variés en termes de taux de perte (ex: applications infos = taux de perte nul), de débit et de gigue (ex: téléphonie = gigue nulle).

On spécifie différentes classes de service (ATC = ATM Transfert Capacity), la caractérisation du trafic (selon la classe) ainsi que les besoins (paramètres QoS). Ceci sera fait à chaque commutation = lors de l'établissement des circuits virtuels (VC).

Paramètres de trafic

Pour définir le débit il est nécessaire de bien choisir la fenêtre de mesure. Si trop petite, le débit mesuré sera instantané et pas très représentatif. Le débit moyen en mesuré sur du "long terme" tandis que le débit crête, supérieur au précédent, est mesuré sur une échelle plus courte. Le débit crête est appelé **PCR** (Peak Cell Rate) et est lié au terminal, avec une gigue acceptable. Le débit moyen est appelé **SCR** (Sustained Cell Rate).

Paramètre de QoS

- **CLR** (Cell Loss Rate) qui est le taux de perte cellule
- **CTD** (Cell Transfer Delay) qui est le temps d'acheminement (pas d'importance par exemple pour le transfert de fichiers)
- **CDV** (Cell Delay Variation) qui est la gigue (variation de délai), conséquence en terme de bufferisation

Classes de services

- **CBR** (Constant Bit Rate) pour un débit constant : typiquement pour de la téléphonie, ressemble à un circuit. On émet en permanence au débit crête, on est exigeant sur la gigue
- **RT-VBR** (Real Time Variable Bit Rate) ou **SBR** (Statistical Bit Rate) pour du temps réel : notamment pour la vidéo avec débit moyen, bursts et contraintes de délais faibles
- **NRT-VBR** (Non Real Time Variable Bit Rate) pour des applications informatique : exigeant concernant le CLR et débit moyen avec des bursts
- **ABR** (Available Bit Rate) pour un service simple : les applications s'adaptent au réseau, à l'aide de cellules RM (Resource Management) pour faire varier le débit soit en précisant le débit soit en indiquant s'il faut ralentir/accélérer ou non
- **UBR** (Unspecified Bit Rate) de type best-effort : il n'y a pas de garantie, un PCR est tout de même spécifié (mais sans garantie donc) de même pour le **DMCR** (Desirable Minimum Cell Rate)
- **GFR** (Guaranteed Frame Rate) pour un débit trame garanti : fondé sur la notion de trame garantissant un taux de perte faible au niveau de la trame (et non seulement des cellules)

Classe	Paramètres flux	Paramètres QoS
CBR	PCR/CDVT	CLR/CDV CTD
RT-VBR	PCR/CDVT SCR/MBS	CLR/CDV CTD
NRT-VBR	PCR/CDVT SCR/MBS	CLR
ABR	PCR/CDVT MCR	CLR
UBR	PCR/CDVT	DMCR
GFR	PCR MCR MBS MFS	CLR

d77

Contrôle d'admission (CAC)

Il est chargé d'accepter ou non une demande de connexion selon la disponibilité des ressources en fonction du service demandé. C'est avec cette entité d'ATM que l'application négocie. En cas d'acceptation la demande poursuit son chemin et les ressources sont allouées, la conformité des paramètres du service sont alors vérifiés.

Couche AAL

L'objectif de cette couche est d'adapter le service selon les différents types/qualités de services. On distinguera alors différentes AAL. Dans tous les cas, cette couche est découpée en sous-couches :

- SAR = Segmentation And Reassembly
- Convergence : CPCS (CS commune) et SSCS (CS spécifique)

AAL-1

Cette AAL est adapté à un service de type CBR : orientée connexion, similaire à une liaison louée en

termes de service, débit constant.

- SRTS : fournit un service d'horloge, toutes les 8 cellules car 4 bits sont transmis 1 par 1 toutes les cellules impaires
- Offset : pointeur pour se repérer dans la PDH = verrouillage

AAL-2

Adaptée à un service de faible débit (quelques kbit/s), avec des paquets courts (quelques octets) et variables et sensible au délai. Il n'y a pas de SAR dans l'AAL-2. On retrouve cependant un offset comme pour PDH.

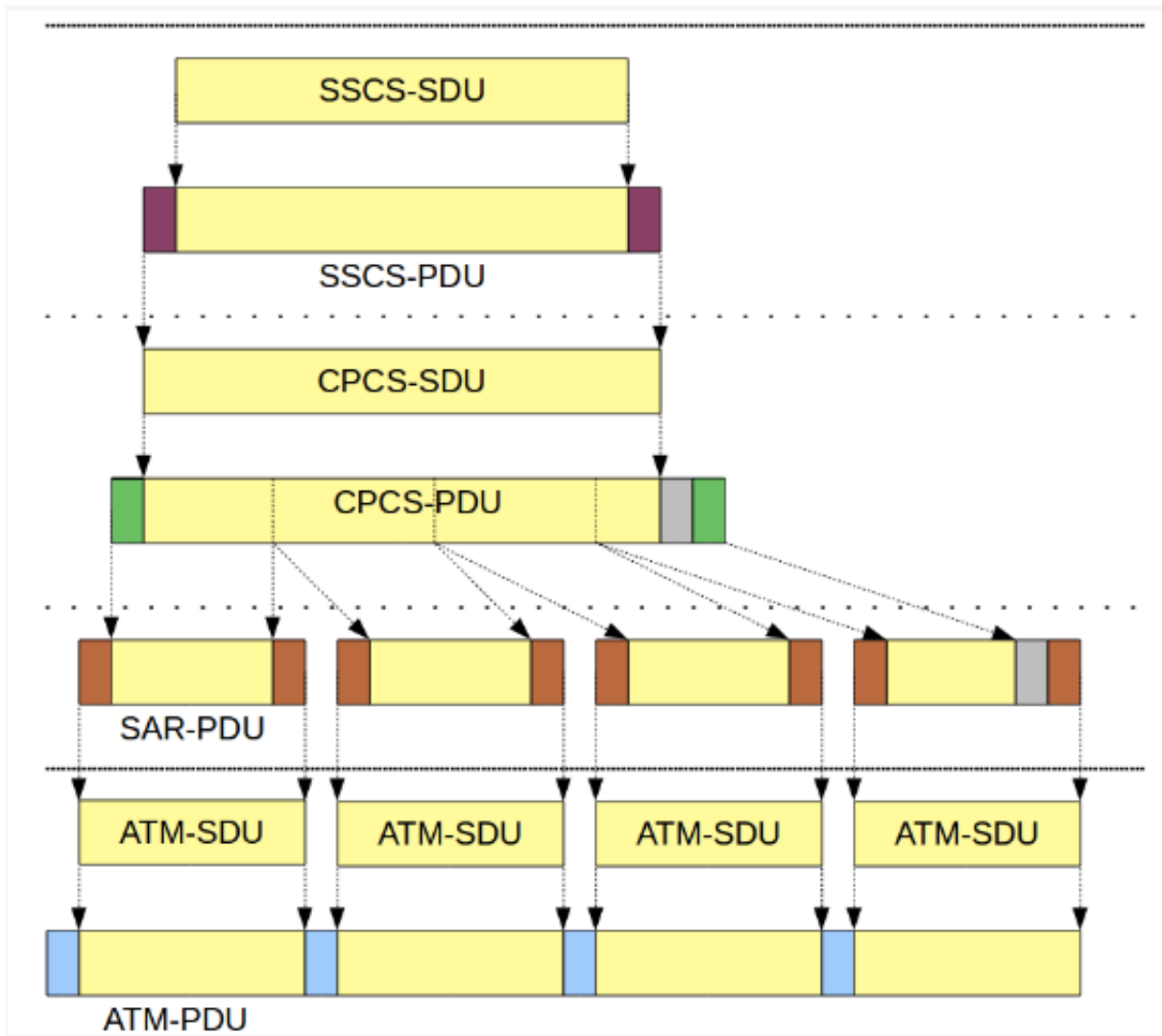
Pour des paquets plus longs (> 48 o), il faut une architecture protocolaire plus complexe pour se repérer comme précédemment.

Enfin, l'AAL-2 nécessite une signalisation qui peut être une extension de la signalisation ATM ou un nouveau protocole (solution choisie).

AAL-3/AAL-4

Ces deux AAL n'offrent aucune garantie et sont orientées trame. La différence entre les deux étant qu'AAL-3 et AAL-4 sont respectivement non orientée connexion et orientée connexion.

La sous-couche SAR a pour but l'identification des segments, le numéro de séquence permettant de faire du contrôle de perte.



AAL-5

L'AAL-5 est similaire aux AAL-3 et -4 à la différence qu'il n'y a pas de sous-couche SSCS et d'en-tête SAR. La SAR-SDU est intégrée directement dans la cellule ATM.

- CPCS : en-tête = 8 octets + padding (0 à 47 octets) ; body = 1 à 65536 octets. La longueur totale devant être multiple de 48 octets !
- SAR : en-tête = 8 octets. La SAR-PDU doit faire 48 octets !
- ATM : en-tête = 5 octets ; body = 48 octets

La détection de la fin d'une SAR-PDU s'effectue via le service *user-to-user* dans ATM.

Signalisation

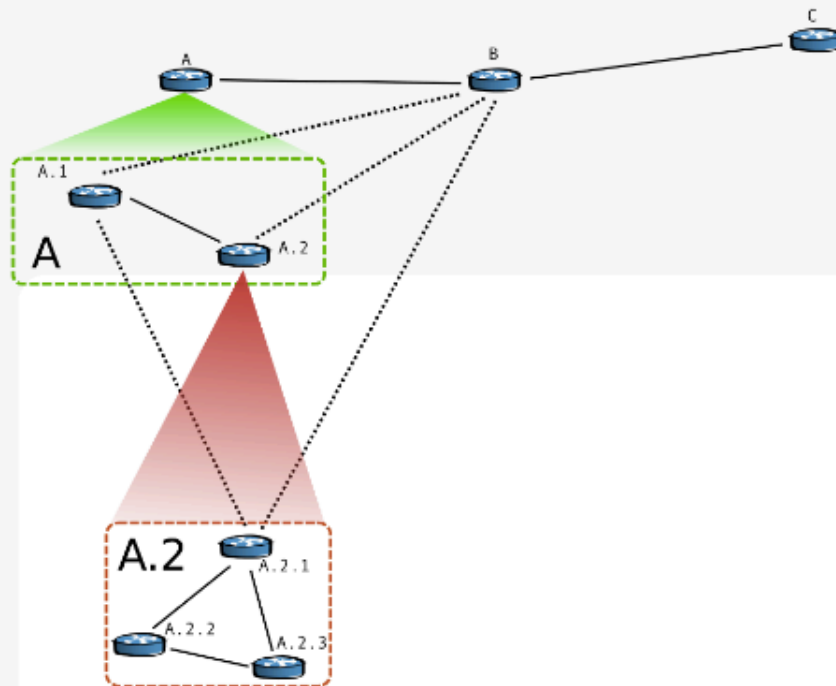
Adresses

Routage

Le routage est assuré par le protocole PNNI. Il s'effectue exactement lors de l'établissement de la connexion. Les ressources sont pré-réservées au fur-et-à-mesure, l'objectif étant d'assurer une route assurant les conditions négociées avec le client.

On échange des informations de topologie (ressemble à OSPF) soit la capacité des liens et leur état. Chaque routeur a connaissance d'une partie de la topologie, selon un découpage logique.

Vision du réseau par un nœud



- Vue partagée par les nœuds d'un même groupe
- Chaque nœud connaît la topologie des groupes qui le contiennent

La connexion est mise en place de proche en proche. Si les ressources ne sont pas disponibles à un certain point : mécanisme de *crankback* (retour au routeur d'avant et évaluation d'une autre route si possible). Le calcul est fait par la source et la route est transmise dans un *Designated Transit List (DTL)*.

PNNI fait du routage hiérarchique, la source a une vision de moins en moins précise du réseau/chemin en "s'éloignant" (de groupe en groupe). Chaque routeur d'entrée dans le groupe est en charge de calculer la partie du chemin passant dans son groupe, conformément au chemin global.

La route est une séquence de DTL, chaque DTL étant une description complète de la route au sein d'un groupe. Un pointeur permet de se situer et de progresser au sein de la DTL.

La fonction d'admission de contrôle n'est pas triviale car les informations ne sont jamais exactement à jour (l'info n'est pas instantanée).

OAM (Operation And Maintenance)

A pour but de surveiller le réseau, ses performances et les éventuels dysfonctionnements. Ceci est en accord avec le fait que ATM garantisse des niveaux de services.

Quelques exemples de fonctions AOM :

OAM function	Main application
AIS	For reporting defect indications in the forward direction
RDI	For reporting remote defect indications in the backward direction
CC	For continuously monitoring continuity
LB	For on-demand connectivity monitoring For fault localization For pre-service connectivity verification
FPM	For estimating performance in the forward direction
Backward reporting	For reporting performance estimations in the backward direction
Activation/deactivation	For activating/deactivating PM and CC
System management	For use by end-systems only
APS	For carrying protection switching protocol information

Architectures des commutateurs ATM

L'efficacité de la commutation ATM, au cœur des équipements, vient du fait que les cellules sont de petite taille, fixe. De nos jours, les routeurs IP haut de gamme utilisent ce principe en découpant les paquets en tronçons de 48 octets au sein du routeur, lors de la commutation.

La montée en puissance des équipements sera ici surtout liée à l'électronique (commutation spatiale).

Les files d'attente sont nécessaires en entrée et en sortie, pour palier respectivement la vitesse de la *switch fabric* et des débits des liens de sortie. Une file peut être présente à l'intérieur . Le *Head of File Blocking* apparaît lorsqu'un élément en tête de file d'attente ne peut être traité immédiatement.

Le contrôle de congestion se fait via le contrôle d'admission, étant donné que lors de la construction de VC, on demande un certain débit et on vérifie.

IP sur ATM

Permet d'utiliser des applications ATM sans abandonner le réseau IP déjà en place. Les deux sont alors utilisables. Pour ce faire, on utilise de l'AAL-5.

La technologie LAN Emulation permet d'émuler un réseau local natif sur de l'ATM. Pour les équipements,

ATM n'existe pas, ils ne voient que le réseau local comme avant. L'encapsulation se fait également via AAL-5. C'est le *LEC* qui fait la correspondance entre LAN Emulation et LAN natif. IP ne voit que de l'Ethernet. Cf d215-6.

Un mix existe avec commutation ATM et routage IP. Le chemin est déterminé par IP.