

Modeles de Transport de Donnees sur ATM

*Roland Acra
Cisco Systems, Europe*

Introduction

ATM est une technologie de transfert asynchrone destinee a multiplexer de l'information heterogene sur une infrastructure commune: donnee, voix, video, etc. En pratique, il semble que les applications premieres sur ATM, dans sa phase de gestation actuelle, sont surtout le fait de transport de donnees a haut debit.

Dans cette etude, nous explorerons les techniques normalisees mises en oeuvre lors du transport de donnees sur ATM. En particulier, nous examinerons les definitions d'interface de service, les couches d'adaptation, les methodes d'encapsulation de donnees sur ATM. Dans un second temps, nous explorerons les details des deux modeles principaux de transport de donnees sur ATM: le modele dit classique, propose par l'IETF, et le modele d'emulation de reseaux locaux (LAN Emulation) propose par l'ATM Forum. Nous examinerons egalement les normes recentes de routage entre noeuds de commutation ATM, les ebauches de normes de transport de donnees multiprotocoles sur ATM (MPOA) de l'ATM Forum et les techniques de diffusion (multicast) de donnees sur ATM, proposees par l'IETF.

Normalisation

Trois groupes interviennent dans la definition et l'adoption des normes autour d'ATM. L'UIT a ete a l'origine des premieres normes ATM et fait toujours office de corps de normalisation a valeur "officielle". Par ailleurs, le Forum ATM (ATM Forum) a pris une part active dans la normalisation des aspects jusque-la ignores par l'UIT, notamment en ce qui concerne le transport de donnees sur ATM. L'ATM Forum regroupe actuellement tous les acteurs dans le monde ATM: constructeurs, operateurs, utilisateurs. L'IETF (Internet Engineering Task Force) a egalement pris une part tres active dans la normalisation des couches d'interface entre les protocoles de systemes ouverts type TCP/IP et ATM. Ces normes sont complementaires de celles definies par l'ATM Forum, bien que l'on assiste actuellement a une convergence dans certains domaines tels que le transport multiprotocole sur ATM (MPOA).

1. Modele de Reference

Deux elements principaux sous-tendent l'architecture ATM, a savoir la transmission en mode connecte, moyennant l'etablissement de circuits virtuels, et l'utilisation de cellules de taille fixe comme unites de transmission de l'information.

La pile de protocole ATM comprend, a partir des couches basses, la couche physique, suivie de la couche ATM elle-meme. Une couche dite d'adaptation coiffe la couche ATM. Elle a pour fonction convertir un format d'informations qui peut etre divers (trames video, echantillons de parole, paquets de donnees) en cellules conformes. Deux types d'adaptation particulieres sont preconisees pour le transport de donnees: AAL3/4 et AAL5. Les couches de signalisation, de controle ou de donnees utiles viennent s'apposer au-dessus de la couche d'adaptation.

En termes d'interfaces, on peut distinguer l'interface de bord de reseau, connue sous le nom de UNI (User-Network Interface) et l'interface inter-noeuds de commutation connue sous le nom de NNI (Network-Network Interface ou Network-Node Interface). L'interface NNI elle-meme est declinee en variantes publique et privee.

2. Les Couches Dites Basses

2.1. Couches Physiques

La technologie ATM peut etre implementee sur plusieurs couches physiques, de type electrique ou optique et pour des distances limitees ou etendues. Au niveau des reseaux locaux, on notera la hierarchie numerique synchrone SDH (Synchronous Digital Hierarchy) permettant des debits allant de 155Mbps jusqu'a 2,4Gbps. SDH a ete normalisee pour la transmission sur fibre optique. On trouve egalement la norme 4B/5B (TAXI) sur fibre optique ainsi que des normes pour cable a paires torsadees non-blinde (UTP), a 25Mbps, 51Mbps ou 155Mbps.

2.2. Couches d'Adaptation

Les couches d'adaptation destinees au transport des donnees sur ATM sont au nombre de deux: AAL3/4 et AAL5. L'adaptation AAL3/4 est principalement utilisee dans les services publics de type non-connecte sur ATM (SMDS/CBDS). L'adaptation AAL5 est utilisee dans toutes les autres applications de donnees sur ATM, notamment dans les reseaux locaux et les services de type Relais de Trames (Frame Relay) sur ATM.

Les couches AAL3/4 et AAL5 fournissent une fonctionnalite identique de fragmentation et de rassemblement, respectivement de paquets de donnees en cellules ATM et inversement. Bien que AAL3/4 presente certains aspects de robustesse supplementaire par rapport a AAL5, c'est de loin AAL5 qui est l'adaptation la plus repandue a ce jour. Cela est du a son adoption dans le reseau local, qui constitue actuellement le terrain le plus fertile de l'expansion d'ATM.

2.3. Signalisation

L'etablissement de circuits virtuels ATM se fait de maniere administrative ("a la main") - generalement permanente ou semi-permanente - ou alors par l'utilisation de protocoles de signalisation.

Les protocoles de signalisation sont actuellement normalises a l'interface UNI mais aussi, plus recemment, a l'interface NNI. Les normes adoptees sont derivees de la norme UIT Q.2931, qui est elle-meme derivee des normes de la famille Q.93B de signalisation RNIS.

La signalisation ATM permet l'etablissement dynamique de circuits virtuels ATM mais aussi et surtout la negociation de parametres associes au circuit virtuel, tels que couche d'adaptation utilisee, taille de paquets maximum sur les equipements de bord, qualite de service souhaitee par les equipements de bord, etc.

2.4. Adressage

La signalisation permet de placer des "appels" en bordure du reseau (UNI) ou au sein du reseau (NNI). Afin de signifier au reseau la destination souhaitee, un mode d'adressage est necessaire a l'interface UNI.

Historiquement, le premier mode d'adressage ATM s'est base sur les adresses RNIS definies dans la hierarchie UIT E.164 .

L'adressage retenu a l'ATM Forum se base sur l'espace d'adressage ISO, dont les adresses sont connues sous le nom de NSAP (Network Service Access Point). Cela permet un champs vaste d'application, qui englobe les adresses E.164 (qui peuvent etre codees en NSAP) mais aussi les adresses de reseaux locaux derivees des normes IEEE 802.X .

Les adresses ATM peuvent etre pre-configurees de maniere administrative ("a la main") ou plus dynamiquement grace au protocole d'administration ILMI (Interim Local Management Interface).

3. Modeles d'Interconnexion

Deux modeles differents ont ete proposes pour l'interconnexion de reseau dans l'environnement ATM.

Le premier modele, connu sous le nom de modele de sous-resezu (subnetwork model), considere ATM comme une couche de sous-reseau (en nomenclature ISO et IP). Il prevoit donc la mise en oeuvre d'ATM "en dessous" des couches de reseau en usage actuellement, au meme titre que FDDI, Ethernet, Token Ring dans les LAN's ou Frame Relay, SMDS/CBDS, RNIS, X.25 dans les reseaux etendus. Deux architectures ont emerge de la philosophie d'ATM en couche de sous-reseau: il s'agit du modele dit "classique" developpe par l'IETF et du modele dit d'emulation de LAN (LAN Emulation) developpe par l'ATM Forum.

Par ailleurs, une modele dit "de parite" (Peer Model) a ete egalement propose. Ce modele preconise l'utilisation d'ATM "aux cotes" des architectures existantes plutot que de maniere sous-jacente. Il preconise des schemas de conversion de piles de protocoles, ainsi que des plans d'adressage et de routage globaux aux architectures diverses. Ce modele est largement moins developpe actuellement, en termes de normalisation et d'adoption dans l'industrie.

3.1. Le Modele Classique

Nous examinerons dans cette section les modeles dits "classiques" d'encapsulation de donnees multiprotocoles sur ATM. Ces modeles sont principalement le fruit des travaux de l'IETF et sont codifies sous forme de RFC (Request For Comment), documents normatifs et garants d'interopabilite de l'IETF.

La philosophie du modele classique repose sur l'idee d'utilisation d'ATM comme une couche de sous-reseau (en nomenclature ISO et IP), qui correspondrait typiquement a un sous-reseau IP ou un reseau Novell ou XNS etc.

Ce modele prevoit que l'inteconnexion de multiples couches de sous-reseau, qu'elles soient ATM ou autres, se ferait a la couche 3 (reseau) du modele ISO, c'est-a-dire au niveau IP ou CLNP ou IPX etc. ATM n'est alors pas considere comme une couche d'interconnexion globale mais plutot comme une couche de lien parmi d'autres.

Une autre caracteristique du modele classique est celle de rendre les couches superieures (IP, CLNP, IPX, etc.) "conscientes" de l'existence de la couche ATM sous-jacente. Cela suppose donc des normes d'encapsulation et de resolution d'adresses par protocole de couche reseau.

3.1.1. Encapsulation Multiprotocole

L'IETF a codifie l'encapsulation multiprotocole sur ATM AAL5 par le RFC1483. Ce document permet le multiplexage de protocoles multiples (TCP/IP, ISO CLNP, Novell IPX, DECNet, XNS, Apple, etc.) sur un meme circuit virtuel ATM. Cette encapsulation est actuellement implementee sur une multitude de materiels ATM, notamment les postes de travail et les routeurs.

Le principe du multiplexage multiprotocole est base sur l'utilisation des champs ISO NLPID (Network Layer Protocol ID) et des champs IEEE LLC/SNAP (Logical Link Control / Sub-Network Access Point). Ceux-ci identifient de maniere non-ambigue tous protocoles de couche reseau (IP, CLNP, IPX, Apple, Vines, XNS, etc.) mais aussi les protocoles de couche de lien (802.3, 802.4, 802.5, etc.).

L'encapsulation multiprotocole permet ainsi d'effectuer du transport de protocoles "routables" (c'est-a-dire munis de couches de reseau) mais aussi de protocoles "pontables" (c'est-a-dire non munis de couches de reseau).

3.1.2. La variante Frame Relay sur ATM

Dans les reseaux etendus, les services Frame Relay peuvent etre a leur tour implementes sur ATM. Dans la mesure ou des normes d'encapsulation de donnees multiprotocole sur Frame Relay existaient deja, celles-ci permettent de multiplexer plusieurs protocoles sur des circuits virtuels Frame Relay, eux-meme implementes sur une infrastructure ATM. L'IETF a normalise l'encapsulation multiprotocole sur Frame Relay par le RFC1490. Frame Relay sur ATM est a son tour normalise par l'UIT I.555, qui repose sur l'adaptation AAL5 .

3.1.3. La variante SMDS/CBDS sur ATM

De meme, les services non-connectes SMDS/CBDS peuvent etre implementes sur ATM. L'encapsulation multiprotocole sur SMDS/CBDS est regie par le RFC1209 de l'IETF qui utilise un multiplexage par champs LLC/SNAP. L'implementation de services SMDS/CBDS sur ATM est regie par l'UIT I.364, qui repose sur l'adaptation AAL3/4.

3.1.4. Resolution d'Adresses

Dans le modele classique, la couche de reseau est appelee a s'interfacier avec les couches ATM de maniere explicite. En particulier, une fonction de resolution d'adresses, de type ARP (Address Resolution Protocol) afin d'identifier l'adresse ATM (necessaire a l'etablissement de circuits virtuels dynamiques) correspondante a une adresse de couche reseau donnee.

L'IETF a defini dans le RFC1577 (Address Resolution Protocol over ATM) la maniere de resoudre dynamiquement la correspondance entre adresse IP et adresse ATM correspondante. Le schema de resolution repose sur le deploiement de serveurs d'adresses (ARP Servers) dans chaque sous-reseau LIS IP sur ATM (Logical IP Subnet).

Tout equipement connecte au sous-reseau ATM s'enregistre a l'initialisation aupres du serveur d'adresses. Cela permet au serveur d'adresses de consolider les correspondances IP-ATM sous forme de base de donnees globale. Par la suite, un equipement cherchant a etablir un appel vers

une destination IP donnee interrogera le serveur d'adresses afin d'obtenir l'adresse ATM correspondante et d'etablir un circuit virtuel commute vers cette destination.

3.1.5. La Grande Echelle: NHRP

NHRP (Next-Hop Resolution Protocol) est en cours de normalisation a l'IETF. Ce protocole est destine a construire des reseaux IP sur ATM a grande echelle, en transcendant le modele du sous-reseau qui regit l'interconnexion IP actuellement. Plus specifiquement, NHRP permet aux equipements connectes autour d'un meme reseau ATM d'etablir des communications directes (par etablissement de circuits virtuels) independamment de la structure de dressage IP deployee sur ces equipements.

Ainsi, lorsque deux equipements connectes par ATM - et faisant partie de sous-reseaux (LIS) distincts - desirent communiquer, ils pourront etablir un circuit virtuel ATM direct malgre la non-homogeneite de leur adressage IP (non-appartenance a un meme sous-reseau). Cela se fait par interrogation de serveurs NHRP deployes dans les divers sous-reseaux LIS autour d'ATM.

Un equipement desirant se connecter a un autre enverra une demande de resolution d'adresse a un serveur NHRP de son sous-reseau. Les serveurs NHRP determineront collectivement si l'equipement appele est situe sur le reseau ATM et si cet equipement accepte des connexions ATM directes a travers des frontieres de sous-reseaux. Le cas echeant, l'equipement appelant pourra etablir un circuit virtuel direct vers l'equipement appele, malgre le fait que leurs acces ATM soient dans des sous-reseaux (LIS) distincts.

3.2. Le Modele LAN Emulation

Le modele LAN Emulation apporte deux caracteristiques principales: la premiere est celle de permettre l'interconnexion d'equipements de LAN (Ethernet, Token-Ring, notamment) et d'equipements ATM de maniere transparente. Cela veut dire qu'un LAN virtuel doit pouvoir etre construit, regroupant des equipements veritablement connectes sur la technologie du LAN en question mais aussi des equipements connectes en ATM. La seconde caracteristique, qui decoule de la premiere, est celle de rendre ATM invisible aux couches reseau, moyennant l'insertion d'une couche de lien IEEE 802 MAC (Media Access Control) entre la couche reseau et les couches ATM.

3.2.1. Le Protocole

L'implementation du LAN Emulation est faite autour d'un protocole de type client-serveur, dans lequel les equipements connectes autour d'ATM (generalement des postes de travail ou des commutateurs de LAN, LAN Switches) reposent sur des serveurs (generalement des routeurs ou des postes de travail) pour construire "l'illusion" d'un LAN commun. Les serveurs sont au nombre de trois (conceptuellement): le LES (LAN Emulation Server), le LECS (LAN Emulation Configuration Server) et le BUS (Broadcast and Unknown Server). Collectivement, ces serveurs permettront de resoudre la construction de tables d'adresses IEEE MAC utilisees sur le LAN emule. Une fois ces tables construites, les echanges entre elements du LAN emule se feront de maniere directe comme cela est le cas sur un LAN.

3.2.2. Les Limitations

Le modele de LAN Emulation a ete preconise pour construire un reseau local LAN a la fois. En particulier, le modele ne specifie en rien l'interconnexion de plusieurs reseaux LAN emules. Il est dit explicitement dans la norme que l'interconnexion de multiples reseaux LAN emules est laissee a des routeurs connectes sur chaque LAN emule. Un LAN emule donne est en tout point comparable a un reseau plat de type "pont". Les limitations y afferentes sont le manque de structuration par adressage de couche 3 et la propagation intempestive des paquets de diffusion (broadcast).

Par ailleurs, la version actuelle du LAN Emulation ne laisse pas de place a la specification de qualite de service associee aux echanges. Cela a ete fait consciemment dans l'esprit des LAN actuels. Cela peut etre vu comme un gaspillage de ressources important, puisque l'interet majeur d'ATM reside dans sa capacite a fournir de la qualite de service par flux d'echanges.

4. Le Routage Inter-Noeuds: P-NNI

La norme P-NNI (Private NNI) a ete developpee par l'ATM Forum afin de normaliser le routage de circuits virtuels entre neuds de commutation ATM multi-constructeurs. Il s'agit donc de determiner les chemins optimaux de routage des donnees par circuits virtuels, compte tenu de la qualite de service requise par lesdits circuits virtuels. Le routage s'accompagne d'une signalisation NNI permettant de transmettre les demandes de qualite de service a travers les noeuds de commutation et de routage.

La version en cours (P-NNI Phase 1) est basee sur une architecture de routage de type "Etats de Liens" (Link State Protocol) qui utilise l'algorithme de Dijkstra. Cette architecture repose sur la decouverte dynamique de la topologie du reseau par les noeuds de routage. La connaissance de la topologie permet alors la construction de tables de routage optimales. Par ailleurs, le routage P-NNI repose sur une hierarchie a plusieurs niveaux, permettant l'extension a grande echelle de la structure de routage et l'agregation des prefixes d'adressage a travers la hierarchie.

Le support rigoureux de la qualite de service s'arrete des que l'on passe d'un type de noeud de commutation a un autre, la norme restant assez floue quant a l'interpretation des parametres de qualite de service de maniere inter-operable.

5. Volonte de Synthese: MPOA

MPOA (Multi-Protocol Over ATM).

MPOA est une architecture en cours de gestation a l'ATM Forum. L'ambition de cette architecture est de reunifier les architectures hierarchisees de type classique et les architectures plates de type LAN Emulation. Les idees clef de cette architecture sont puisees dans le modele NHRP et le modele LAN Emulation, l'interconnexion de domaines plats se faisant en passant par des serveurs de routage similaires aux serveurs NHRP.

6. La Diffusion (Multicast) sur ATM

Cette section examine les methodes d'implementation de paquets de diffusion (multicast) sur ATM.

6.1. Modele Classique

Dans le modele classique, l'implementation se fait par deploiement de serveurs de multicast. Il existe deux propositions actuellement en cours a l'IETF. La premiere repose sur l'utilisation de serveurs de multicast, auxquels sont envoyees toutes les donnees necessitant diffusion vers un groupe de destinataires. La seconde repose sur l'utilisation d'une extension aux serveurs d'adresses (ARP Servers), leur permettant de rassembler la liste de destinataires de chaque adresse de groupe. Un equipement desirant envoyer un paquet diffuse interrogera le serveur d'adresses de diffusion MARS (Multicast Address Resolution Server) et recevra en retour une liste d'adresses ATM correspondant a la totalite des destinataires de la donnee a diffuser. Par la suite, la diffusion des donnees se fera soit par etablisement de circuits virtuels individuels vers chaque destination, soit par etablisement d'un circuit virtuel ATM multi-point vers ces memes destinations.

6.2. Modele LAN Emulation

Dans le modele LAN Emulation, et au sien d'un LAN emule donne, la diffusion se fait par utilisation des serveurs BUS (Broadcast and Unknown Servers). Cela evite aux couches de reseau des equipements de connaitre les details de l'implementation de la diffusion, puisque ces couches ont "l'illusion" d'une couche IEEE 802 MAC de type Ethernet ou Token Ring.

La diffusion est dans ce cas limitee au LAN emule. La diffusion au-dela des frontieres du LAN emule se fait par des techniques de routage de paquets de diffusion, de type PIM (Protocol-Independent Multicast) ou DVMRP (Distance-Vector Multicast Routing Protocol), ou autres. Cela est implemente sur des routeurs faisant partie des reseaux locaux emules.

7. Qualite de Service

Les signalisations UNI et NNI permettent de vehiculer a travers un reseau ATM des demandes de qualite de service parvenant des bords du reseau. Lorsque la qualite de service doit etre fournie de bout en bout sur un reseau incluant de s technologies heterogenes (ATM et autres), c'est le protocole RSVP (Resource ReSerVation Protocol) issu de l'IETF qui definit un schema global de negociation de qualite de service, et ce independamment de la couche sous-jacente.

Le "collage" de la qualite de service globale (telle que normalisee par RSVP) et de la qualite de service locale (telle que vehiculee par les signalisations UNI et NNI en ATM) reste a faire.

8. En Cours

Plusieurs efforts sont en cours a l'IETF et a l'ATM Forum sur des points divers.

Au-dela des normes en gestation qui ont ete decrites ci-dessus (Qualite de Service, MPOA, nouvelles versions de LAN Emulation, etc.), l'on assiste a des efforts de normalisation sur le plan du nommage en ATM, de la securite et de l'authentification, de l'administration de reseaux etc.

