

Téléphonie sur IP (ToIP)

Vers la convergence des réseaux dédiés
(voix/vidéo/données)

Pierre LEDRU

Fichiers complémentaires
à télécharger



Les exemples à télécharger sont disponibles à l'adresse suivante :

<http://www.editions-eni.fr>

Saisissez la référence ENI de l'ouvrage **DP2TOIP** dans la zone de recherche et validez. Cliquez sur le titre du livre puis sur le lien de téléchargement.

Avant-propos

- 1. Objectifs du livre7
- 2. Structure du livre8

Chapitre 1

La téléphonie "Legacy" (héritée)

- 1. Introduction 11
- 2. RTC : Réseau Téléphonique Commuté 12
 - 2.1. Principes de base 12
 - 2.2. La normalisation : l'UIT-T 16
 - 2.2.1 Qu'est-ce que le MIC ? 16
 - 2.2.2 Qu'est-ce que la SDH ? 18
- 3. Les principes de la commutation temporelle 20
- 4. Signalisation et contrôle des appels 21
- 5. RNIS : Réseau Numérique à Intégration de Services 25
- 6. L'accès au RTC 29
- 7. Le Réseau Intelligent (RI) 32
- 8. Le Réseau d'Exploitation et de Maintenance (REM) 41

2 _____ **Téléphonie sur IP (ToIP)**

Vers la convergence des réseaux dédiés (voix/vidéo/données)

Chapitre 2

Les réseaux dédiés au transport de données

1. Introduction	43
2. Le modèle en pile de protocoles	44
3. Le réseau à commutation de paquets X.25	48
3.1. Accès et propriétés des couches X.25	49
3.2. Procédures d'appel X.25	50
3.2.1 Établissement et début de transfert	50
3.2.2 Relâchement et fin d'appel.	52
3.3. Gestion des paquets X.25.	55
4. Le réseau ATM	59
4.1. ATM et le modèle OSI	59
4.2. Les cellules ATM.	61
4.3. La commutation dans le "monde" ATM.	63
4.4. Allocation dynamique des VP / VC.	65
4.5. La couche d'adaptation ATM (AAL)	65

Chapitre 3

L'émergence de l'Internet public

1. Introduction	69
2. Histoire d'une naissance.	69
3. Les organismes normalisateurs de l'Internet.	72
4. L'évolution vers la commercialisation	73
5. Qu'est-ce qu'IP ?	74
5.1. Formats d'adresses IP	74
5.1.1 IPv4	74
5.1.2 IPv6	86
5.2. Formats de paquets IP	88
5.2.1 IPv4	88
5.2.2 IPv6	90

6. TCP : un protocole sécurisant	92
6.1. Établissement du dialogue	93
6.2. Phase de transfert et séquençement	94
6.3. Phase de relâchement de la connexion TCP	96
6.4. Encapsulation par TCP	97
6.5. Quelques applications transportées sur la pile TCP/IP	99
6.6. Les débuts du transport de la voix sur IP	101

Chapitre 4

Entreprise et communication : intranet

1. Introduction	105
2. Architectures LAN IP : IP Local Area Network	105
2.1. Communication dans un LAN de type "bus"	106
2.2. Communication dans un LAN "anneau à jeton" ou "Token Ring"	112
2.3. Communication dans un LAN en "étoile"	118
2.4. De l'utilité d'une protection : le pare-feu	120
3. La voix dans les LAN IP	123
4. La séparation des flux : les VLAN	132

Chapitre 5

La nécessaire convergence des réseaux

1. Introduction	137
2. Les limites des réseaux téléphoniques traditionnels	138
3. Le modèle de convergence : NGN	139
4. La numérisation de la voix	141
4.1. Le principe	142
4.2. Les CODEC	143
4.3. La taille des paquets	146

4 _____ **Téléphonie sur IP (ToIP)**

Vers la convergence des réseaux dédiés (voix/vidéo/données)

5. L'interconnexion des réseaux	148
5.1. Les passerelles : Gateway	148
5.2. Les protocoles de contrôle de Media Gateway	153
5.2.1 MGCP (Media Gateway Control Protocol)	153
5.2.2 H.248/MEGACO	176
5.3. Les protocoles de transport des signaux de contrôle d'appel . .	187
5.4. Le transport de la voix sur IP	191
5.4.1 Communication ordinaire	192
5.4.2 Le Mixer (mélangeur) RTP	195
5.4.3 Le Translator (traducteur) RTP	197
5.4.4 Le protocole "compagnon" RTCP	198
5.4.5 Correction des problèmes de transmission	205
5.4.6 Le traitement de l'écho	205
6. Les services et la ToIP	207
7. La connectivité IP	209

Chapitre 6

IMS : le multimédia accessible à tous

1. Introduction	213
2. L'architecture de réseau IMS	214
3. SIP, un protocole multimédia	219
3.1. Position de SIP dans la pile des protocoles TCP/IP	220
3.2. Principes de fonctionnement de SIP	220
3.3. Méthodes et réponses SIP (RFC 3261)	222
3.4. Exemple de session VoIP simple	232
3.5. Accès à un réseau IMS "visité"	239
3.6. Ouverture de session VoIP dans les réseaux IMS	247
4. Des services multimédias sécurisés	260
4.1. Protection des flux de contrôle (SIP)	260
4.2. Protection des flux temps-réel	262

Chapitre 7

De l'intranet à l'Internet

1. Les principes généraux d'interconnexion	265
1.1. L'équipement téléphonique de l'entreprise	266
1.2. Les échanges téléphoniques VoIP	269
1.3. Le réseau privé virtuel (VPN)	269
2. Les protocoles de Tunneling	273
2.1. Le protocole IPsec	273
2.2. Le protocole MPLS	276

Conclusion

1. Le mot de la fin	285
2. Références	286

Annexe

Liste des abréviations	287
Index	299

Chapitre 5

La nécessaire convergence des réseaux

1. Introduction

À l'évidence, la multiplication des réseaux (fixe et mobile) de transport de voix, données, signalisation, services et de données de gestion, pose un problème aux différents acteurs.

Les usagers de ces réseaux, tout d'abord qui doivent se plier aux nombreuses règles d'accès et donc en posséder un minimum de connaissances techniques matérielles et fonctionnelles.

Les opérateurs de ces réseaux, ensuite, qui doivent acheter, installer, exploiter et maintenir des équipements différents dans leurs conceptions fonctionnelles et matérielles.

Les équipementiers en télécommunications, enfin, qui de leur côté doivent continuer à développer, faire évoluer, maintenir des produits qui tant qu'ils restent (trop) spécialisés dispersent les forces du secteur de la recherche et du développement.

La réduction du coût de gestion de ces équipements ainsi que de leur nombre est une politique aisément compréhensible lors des bilans. Chacun de ces réseaux présentant ses propres limites, leur "convergence" alliée à la plurifonctionnalité des équipements qui les composent est sans doute la solution économiquement nécessaire.

Quelles sont donc les limites techniques et économiques actuelles des réseaux hérités ? C'est ce que ce livre aidera à découvrir dans la section suivante.

2. Les limites des réseaux téléphoniques traditionnels

La téléphonie traditionnelle (voix et services), comme vu dans le premier chapitre, est organisée autour d'un réseau de transport synchrone imposant le débit fixe des informations transportées pour un usager ordinaire à 64 kbits par seconde. Le MIC composé de 31 intervalles de temps (IT) utiles – chacun affecté à une communication à établir – présente le désavantage économique de devoir "transporter" ces intervalles de temps, qu'ils soient réellement engagés ou pas. Il est ainsi aisé de comprendre que, par exemple, si aucun d'eux n'est utilisé, ce transport se fait en pure perte ; pourtant, les équipements et exploitants associés sont mobilisés pour le bon fonctionnement de l'ensemble !

Les opérateurs de tels réseaux s'attendant avant tout à rentabiliser leurs ressources, n'y aurait-il pas mieux à faire ?

En regardant de plus près ces IT à 64 kbits, une deuxième remarque désagréable s'impose : ce débit est-il adapté à des applications gourmandes en bande passante ? Les images vidéo par exemple ?

La technologie RNIS peut le proposer et est même (ou a été) utilisée pour la retransmission d'événements "live". La visiophonie a profité de cette technologie mais avec des restrictions telles que les images transmises ne permettent pas un "rendu" clair et efficace surtout si des personnages ou des objets sont filmés en mouvement. La question se pose à nouveau : n'y aurait-il pas mieux à faire ?

Dernier inconvénient majeur : que fait le réseau pour gérer les silences émaillant les conversations téléphoniques ?

A priori, rien ! La compression des informations transportées, la suppression des informations inutiles sont interdites car il faut penser que ce qui est transmis peut être un facsimilé ou des données informatiques par exemple qui, elles, ne supporteraient pas ces "manipulations".

Est-il possible de faire bénéficier la téléphonie de technologies plus souples et économiques ? La convergence entre les différents types de réseaux spécialisés est sans doute la bonne solution mais il faut pour cela définir le modèle de cette convergence. C'est l'objet du prochain chapitre.

3. Le modèle de convergence : NGN

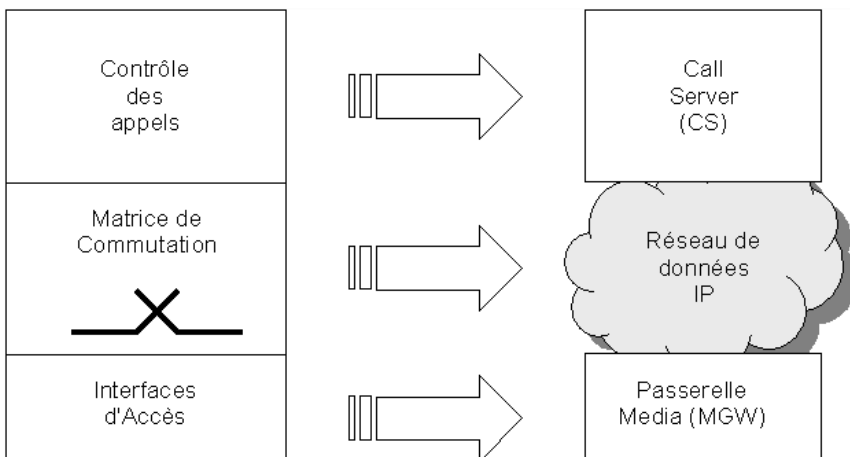
La convergence des réseaux "Voix" synchrones et "Données" IP est donc nécessaire, comment la réaliser ?

Deux principes de base ont été adoptés :

- D'abord, la convergence doit conduire à un seul réseau de transport à gérer.
- Ensuite une séparation effective doit être envisagée entre le contrôle des communications (établissement, supervision et libération) et le média (la voix, les données par exemple) lui-même.

■ Remarque

Le schéma ci-dessous explicite cette évolution. Il est à comparer avec la représentation qui a été faite au chapitre La téléphonie "Legacy" (héritée) d'un système de commutation traditionnel où toutes les fonctionnalités figurant dans la partie gauche de la vue suivante étaient (sont encore) supportées par un même organe matériel.



Du commutateur TDM vers la téléphonie NGN

Le traitement du média (la voix en particulier) peut autoriser en mode "paquets" ce que le mode "circuit" TDM (*Time Division Multiplexing* - multiplexage temporel) interdisait, à savoir, la compression, la suppression des silences et le partage de la bande passante entre voix et données.

À l'interfonctionnement entre réseau traditionnel et réseau IP la technologie de commutation de circuits fait place, d'une part à l'équipement de contrôle des communications, le *Call Server* (CS - ou SA, serveur d'appels), d'autre part à l'équipement de traitement de la voix, la passerelle de média ou *Media Gateway* (MGW).

Le *Call Server* est en charge de l'identification du demandeur, du circuit TDM, de la recherche du chemin vers le demandé ainsi que du choix et de la commande de la passerelle (fonction MGC - *Media Gateway Controller* - contrôleur de passerelle média).

C'est dans la passerelle où l'accueil des informations, la mise en "paquets", la compression et traitements appliqués aux silences pourront être effectués tout en assurant le passage du monde synchrone vers le monde IP. De ce fait, les MGW sont à la fois des systèmes d'accès, d'adaptation et de commutation des informations.

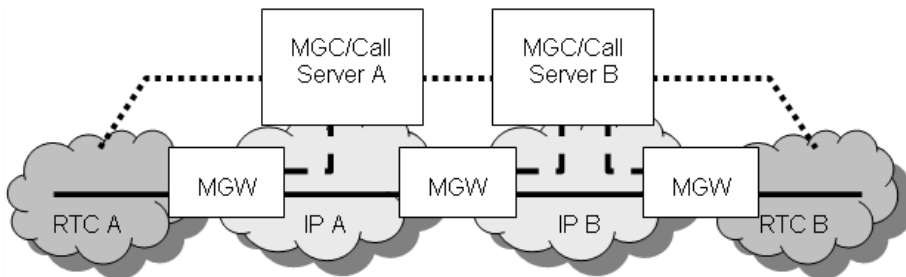
Une relation de contrôle s'établira donc entre le *Call Server* et la MGW pour "faire passer" les échantillons de voix extraits des circuits vers les paquets du monde IP et inversement du monde IP vers le réseau TDM.

Du fait de cette nouvelle distribution des fonctions de contrôle et d'adaptation, le nombre de *Call Server* se trouve diminué drastiquement (dans un rapport de 5) comparé à celui des équipements de commutation classiques.

De plus, les *Call Servers*, alors qu'ils étaient jusqu'à présent des matériels d'usage hyperspécialisé, sont désormais des équipements basés sur le principe d'une architecture de serveurs informatiques et ainsi gagnent en puissance tout en se concentrant sur leur fonction, le contrôle.

Les MGW, quant à elles, pourront se placer au plus près du lieu nécessaire de passage du monde synchrone traditionnel vers le monde asynchrone IP. Les différents types de MGW seront abordés dans la suite de ce chapitre.

Le schéma ci-après offre une vue simplifiée de l'évolution vers une architecture de réseau NGN. Les aspects fonctionnels seront vus en détail dans les paragraphes ultérieurs.



Exemple d'architecture NGN et d'interconnexion de réseaux

Trait pointillé : liens (IP et/ou TDM) de contrôle des appels.

Trait continu : cheminement de la voix.

Trait discontinu : relation de contrôle entre MGC/Call Server et MGW.

Ainsi le modèle de convergence conduit à faire de la téléphonie une donnée banale, binaire, compressible dans certains cas et en particulier la voix dont les principes de numérisation doivent évoluer. Cette numérisation est le sujet de la section suivante.

4. La numérisation de la voix

Comme vu dans le premier chapitre avec le standard MIC, la numérisation est la capacité à transformer un signal analogique (la vibration de l'air, par exemple) en une suite d'éléments binaires représentant la succession des fréquences vibratoires, fruits de nos cordes vocales. Échantillonnage et codage résument ces opérations qui rapportées au monde IP sont complétées par des fonctionnalités propres au mode "paquets".

4.1. Le principe

Le récepteur du signal analogique où qu'il se situe dans le réseau téléphonique commuté traditionnel, injecte donc les huit bits résultats de la numérisation traditionnelle dans un IT MIC. La MGW aura la possibilité d'en sélectionner moins ou de les remplacer par une suite numérique moins lourde à transporter. L'exemple suivant illustre cette action de la MGW.

Un cuisinier veut transmettre à un confrère les ingrédients d'une recette ; différentes façons de le faire peuvent être envisagées :

- La première méthode consiste à transmettre littéralement tous les composants (caractère par caractère) de la recette, dans ce cas le signal analogique et le signal transporté dans le paquet IP sont strictement équivalents (c'est le cas du circuit TDM 64 kbits/s).
- Une deuxième méthode consiste à utiliser (partager) entre confrères un lexique permettant, par des sigles ou un minimum de caractères, d'identifier chacun des composants de cette recette. Par exemple, le sel peut être codé par la lettre "s", le beurre par "b" et ainsi de suite... Le paquet IP résultant sera moins lourd, la bande passante utilisée sera moindre (inférieure à 64 kbits/s), cette méthode est la "compression sans destruction" avec lexique partagé.
- Troisième possibilité, ayant retenu la solution de la compression des données, il peut s'avérer que certains ingrédients soient optionnels, ainsi, pourquoi ne pas les omettre ? A la compression s'ajoute donc la destruction d'une partie du signal, le paquet sera définitivement très léger, la bande passante utilisée réduite au minimum mais en assumant le risque d'une qualité moindre du rendu...

Ces trois méthodes sont à la charge d'équipements nommés CODEC (COdeur / DEcodeur). Certains d'entre eux sont présentés dans les paragraphes suivants.