



L'autonomie dans les réseaux IP mobiles : le point de vue gestion de ressources

Badr Benmammar

► To cite this version:

Badr Benmammar. L'autonomie dans les réseaux IP mobiles : le point de vue gestion de ressources. Hermès Science. L'autonomie dans les réseaux (Traité IC2 série Réseaux et télécommunications), Lavoisier librairie, 2006. hal-00657989

HAL Id: hal-00657989

<https://inria.hal.science/hal-00657989>

Submitted on 9 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Chapitre 4

L'autonomie dans les réseaux IP mobiles : le point de vue gestion de ressources

Badr Benmammar

Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique
33400 Talence, France
badr.benmammar@labri.fr

4.1. Introduction

La gestion autonome est un nouveau concept incontournable dans le monde des réseaux. Dans le cadre des réseaux IP mobiles, notre vision de l'autonomie est liée avec la gestion de ressources. En fait, un terminal mobile qui peut mettre en place un mécanisme de réservation de ressources à l'avance afin de satisfaire les applications critiques de l'utilisateur, pourrait bien être considéré comme un terminal qui s'autogère. Le terminal mobile est considéré comme autonome d'un point de vue gestion de ressources.

Cependant, dans un environnement mobile, la mobilité des utilisateurs à un impacte significatif sur la qualité de service demandée par les utilisateurs dans un tel environnement. En fait les caractéristiques spécifiques des réseaux mobiles comme

2 Autonomic Networking

le changement dynamique de la topologie du réseau et des ressources, les caractéristiques spécifiques du canal radio, la limitation des ressources pour le terminal mobile engendrent des difficultés pour fournir la qualité de service dans un environnement mobile. La mobilité devrait permettre à l'utilisateur d'être connecté en tout lieu, avec n'importe quel type de terminal et en empruntant n'importe quel réseau d'accès. A tout moment les utilisateurs devraient pouvoir changer de terminal, de réseau d'accès ou de lieu. On parle respectivement de mobilité du terminal, de mobilité du réseau et de mobilité de l'utilisateur.

Dans les réseaux IP mobiles et durant le handover, deux facteurs sont essentiels pour minimiser la dégradation de services:

- La disponibilité des ressources dans les cellules où le mobile peut se rendre.
- Le délai d'établissement de la réservation sur le nouveau chemin.

La gestion de ressources dans les réseaux IP mobiles, représente un domaine de recherche très important. Dans le cadre des réseaux mobiles à intégration de services, la plupart des travaux cherchent à étendre le protocole RSVP à un environnement mobile.

Ce chapitre est organisé comme suit :

La première partie est consacrée à la QoS dans les réseaux IP avec les deux modèles de QoS liés à la couche IP qui sont le modèle IntServ et le modèle DiffServ.

La deuxième partie présente la mobilité dans les réseaux IP avec le traitement associé au handover dans un tel environnement.

La troisième partie aborde la réservation de ressources à l'avance dans les réseaux mobiles, qui est considéré comme une approche pour la gestion autonome dans un tel environnement.

4.2. La qualité de service dans les réseaux IP

La Qualité de service (*Quality of Service*) se note en abrégé QoS. La définition de ce terme n'est pas unique et chaque communauté donne une définition différente des autres. Dans la norme ITU-T (International Telecommunications Union – Telecommunication), la qualité de service est perçue comme un ensemble de critères de qualité requis pour le fonctionnement d'un ou plusieurs objets. Dans la terminologie ATM (Asynchronous Transfer Mode), la QoS est définie à travers un ensemble de paramètres de performances caractérisant une connexion virtuelle. Enfin l'IETF (Internet Engineering Task Force) fait référence à la qualité de service pour désigner les paramètres caractérisant les exigences/contraintes des applications (multimédia, temps réel) et celles de l'ensemble du réseau [KON 01].

La mise en œuvre d'une solution globale de QoS nécessite deux mécanismes [MEL 01] :

- *Les mécanismes horizontaux* : Le but des mécanismes horizontaux est de signaler aux différents nœuds du réseau le comportement à adopter pour traiter un flux issu d'une application. Les formes de signalisation adoptées permettent d'identifier différentes architectures de QoS réseau. On remarque, ici, que le non-respect de la QoS par un des nœuds du réseau peut entraîner une perte de la QoS sur l'ensemble de l'acheminement.

- *Les mécanismes verticaux* : Les mécanismes verticaux utilisent une interface appropriée, pour offrir aux applications la QoS requise en se basant sur des mécanismes de plus bas niveau. Les mécanismes de QoS mis en œuvre au sein des équipements du réseau (les routeurs) devront se référer aux mécanismes de QoS des liens de communication utilisés (ATM, Ethernet, etc...). On remarque que la qualité de service proposée par un niveau est dépendante de l'existence d'une QoS de niveau inférieur.

4.3. Les principaux modèles de QoS liés à la couche IP

Les deux modèles de QoS liés à la couche IP sont :

- *IntServ* : modèle de QoS à service garanti.
- *DiffServ* : modèle de QoS à service différencié.

4.3.1 IntServ

Le modèle IntServ a marqué historiquement (en 1994) la volonté de L'IETF de définir une architecture capable de prendre en charge la QoS temps réel et le contrôle du partage de la bande passante sur les liens réseau.

4.3.1.1 Définition d'un flux IntServ

Un flux IntServ correspond à une séquence de messages possédant les mêmes source, destination (une ou plusieurs) et qualité de service. Les caractéristiques de QoS sont communiquées au réseau *via* une spécification de flux (flow spec), qui représente une structure de données utilisées par les terminaux afin de demander des services au réseau.

4.3.1.2 Modèle de service

Le modèle IntServ définit deux types principaux de services:

- Le service garanti (GS : Guaranteed Service) défini dans le RFC 2212. Ce service émule au mieux un circuit virtuel dédié. La bande passante est garantie et le délai d'acheminement limité.

4 Autonomic Networking

- La charge contrôlée (CL : Controlled Load) définie dans le RFC 2211. Ce service est plus élaboré que le best effort, mais reste sans garantie.

4.3.1.3 Architecture de base d'un routeur IntServ

Un routeur prenant en charge les services IntServ doit mettre en œuvre les quatre fonctions propres à un routeur supportant la QoS à savoir :

- La classification représentée par le classificateur (classifier) : elle a pour but de classer chaque paquet entrant dans une classe de flux. La classification réalisée sur chaque routeur du réseau se fonde sur une classification multichamps.
- Le contrôle et marquage (control and marking) : il gère la vérification de la conformité du trafic et le marquage ou l'élimination du trafic non conforme.
- La gestion des files d'attente : dans la mesure où chaque flux est normalement affecté à une file d'attente, les mécanismes de gestion de la congestion pour protéger les flux entre eux ne sont normalement pas nécessaires. Dans la pratique, une file d'attente sera affectée à l'ensemble des flux traités en best effort. Pour les files d'attente assignées aux différents flux, on peut procéder à leur re-dimensionnement en fonction précisément de chaque flux.
- L'ordonnancement représenté par l'ordonnanceur (packet scheduler) : il a pour but de gérer les files de sortie pour fournir l'acheminement aux flux de différentes qualités de service.

Dans le cas de l'utilisation du protocole de signalisation RSVP (*Resource reSerVation Protocol*), cela implique que le routeur [MEL 01] :

- Participe aux échanges de messages RSVP ;
- Calcule les paramètres liés aux objets IntServ ;
- En fonction des demandes issues de RSVP, configure les éléments de QoS du routeur (classificateur, contrôleur, gestion des files d'attente et ordonnanceur).

Le routeur possédera dans ce cas deux fonctions :

- Une fonction de contrôle d'admission (Admission Control) : elle sert à déterminer si le routeur a la capacité de traiter la demande du protocole de signalisation.
- Une fonction de contrôle de règles (Policy Control) : elle sert à vérifier si la requête du protocole de signalisation est légitime par rapport aux règles fixées par l'administrateur réseau.

La figure suivante représente le plan de contrôle d'un routeur IntServ.

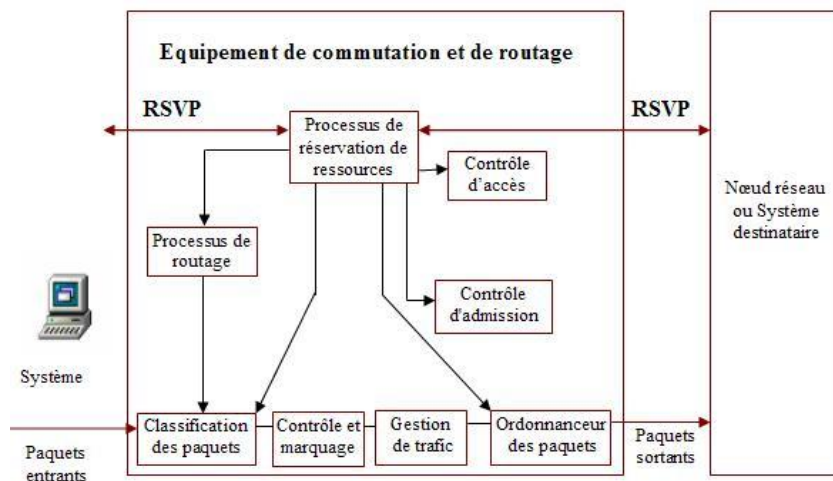


Figure 4.1. Plan de contrôle d'un routeur IntServ

4.3.1.4 Le protocole RSVP

Le protocole RSVP est décrit par les RFC (Request for Comment) de l'IETF suivants :

- RFC 2205: Protocol Specification,
- RFC 2208: Applicability Statement,
- RFC 2209: Message Processing.

Le protocole RSVP offre une solution intéressante à la gestion d'environnements multi destinataires. Il autorise plusieurs émetteurs à transmettre vers plusieurs groupes de récepteurs. Il permet à des récepteurs individuels de passer librement d'un canal à un autre et il optimise la bande passante utilisée tout en assurant un contrôle de congestion efficace.

La réservation dynamique de ressources est fort prometteuse, mais elle est difficile à mettre en œuvre. Elle nécessite que tous les composants du réseau sachent en exploiter les mécanismes.

- L'application de l'utilisateur doit spécifier ses besoins en termes de QoS.
- Les systèmes (serveurs/ stations/ périphériques) doivent comprendre les besoins de l'application et disposer d'une interface de service de QoS.
- Le protocole de signalisation, RSVP en l'occurrence, doit réserver les ressources dans le réseau.
- Les commutateurs et les routeurs du réseau doivent comprendre les requêtes de réservation et assurer les contrats de QoS auxquels ils s'engagent.

Les principales caractéristiques du protocole RSVP sont les suivantes :

- RSVP n'est pas un protocole de routage, mais il dépend des protocoles de routage présents et futurs. La signalisation RSVP utilise les protocoles de routage qui continuent à fonctionner sans modifications, en déterminant le plus court chemin vers la destination.
- RSVP est orienté vers le récepteur. C'est le récepteur d'un flux de données qui initie et maintient la réservation de ressources utilisée pour ce flux, d'après les informations fournies par l'émetteur.
- RSVP est unidirectionnel, il n'établit des réservations pour des flux de données que dans un seul sens. La réservation de ressources pour des transferts bidirectionnels requiert donc deux sessions RSVP indépendantes.
- RSVP transporte et maintient des paramètres de contrôles de trafic (QoS) et de contrôle de règles de politique (Policy Control) qui lui sont opaques.
- RSVP propose plusieurs modèles de réservation pour s'accommoder d'une grande variété d'applications.
- RSVP étant orienté récepteur, il convient parfaitement aux applications multicast où les récepteurs peuvent choisir un niveau de QoS différent en fonction de leurs possibilités locales ou de leurs possibilités de connexion au réseau.

La figure suivante représente l'architecture de signalisation RSVP.

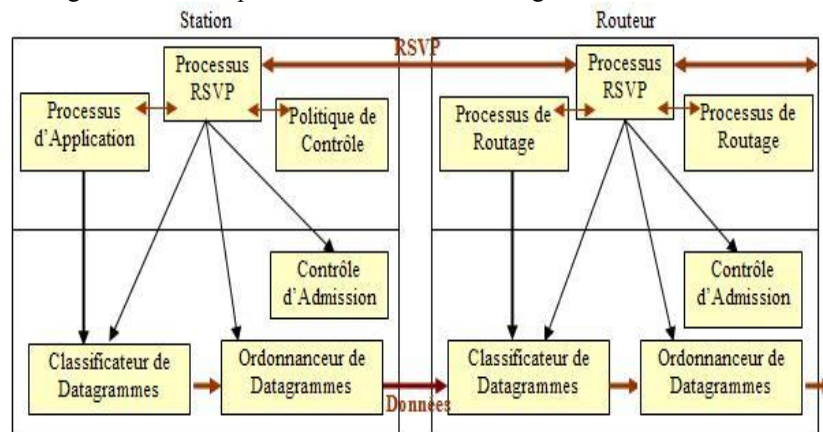


Figure 4.2. Architecture pour la signalisation RSVP

4.3.1.4.1 Format des messages RSVP

Un message RSVP est constitué d'un en-tête et d'un nombre variable d'objets selon le type de message. La définition des objets est fonction du contexte d'utilisation de RSVP.

Vers	Flags	Type de Msg	Checksum RSVP
Send_TTL		Réservé	Longueur RSVP
Objets			

Figure 4.3. Message RSVP

Les différents éléments de ce tableau sont :

- Vers (4 bits) : désigne la version du protocole RSVP,
- Flags (4 bits) : non utilisé à ce jour,
- Type de message : 8 bits
 - 1 = Path.
 - 2 = Resv.
 - 3 = PathErr.
 - 4 = ResvErr.
 - 5 = PathTear.
 - 6 = ResvTear.
 - 7 = ResvConf.
- Checksum RSVP (16 bits) : représente un contrôle sur le message RSVP,
- Send_TTL (8 bits) : valeur du TTL IP (Time To Live) avec lequel le message a été envoyé,
- Longueur RSVP (16 bits) : longueur du message RSVP en octets (en-tête + objets).

Le format générique des objets RSVP est constitué de mots de 4 octets, avec un octet d'en-tête, selon le format suivant :

La longueur maximale d'un objet est de 64 ko.

Longueur (octets)	Class-Num	C-Type
Contenu de l'objet		

Figure 4.4. Format des objets RSVP

- Longueur (16 bits) : représente la longueur de l'objet en octets ;
- Class-Num : identifie la classe de l'objet ;

- C-Type : type d'objet.

4.3.1.4.2 Principe de RSVP pour la réservation de ressources

Le chemin unicast ou multicast est établi par l'émetteur, et la réservation réelle de ressources nécessaires est effectuée par le(s) récepteurs. L'émetteur n'est pas nécessairement dans le groupe en cas d'une adresse multicast.

Les messages de réservation sont émis périodiquement par les récepteurs. Ils participent au maintien d'un état logique du flot. Quand ils ne passent plus, le chemin et les ressources associées sont relâchées.

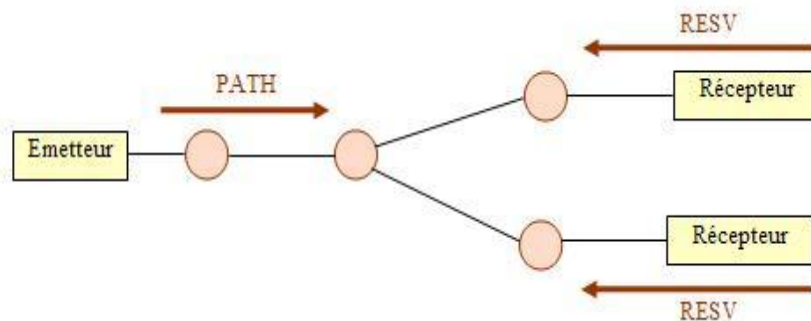


Figure 4.5. Le principe de RSVP pour la réservation de ressources

Les parties essentielles d'un message PATH, du point de vue de la réservation de ressources, sont les parties ADSpec et Sender_TSpec.

- ADSPEC : représente les ressources disponibles en terme de débit et de délai sur le chemin de donné, l'initiateur d'une réservation sur un chemin y insère ses propres informations de capacité.

- SENDER_TSPEC : représente le trafic généré par la source, il est non modifiable par les noeuds traversés. Il contient :

- r, le débit moyen en bit/s ;
- b, la profondeur de la file en octets ;
- p, le débit crête en bit/s ;
- m, la taille minimum de paquet en octets ;
- M, la taille maximum d'un paquet.

Le message RESV contient :

- Le FlowSpec: qui décrit les caractéristiques du flot, il contient :

- TSpec : représente le trafic émis.
- RSpec : représente le service désiré.

- Le FilterSpec : décrit le flot.

Les FlowSpec et FilterSpec sont conservées comme information d'état du flot dans les routeurs.

4.3.1.4.3 Les modèles de Réserveation de ressources

Dans RSVP, les réservations de ressources sont faites à l'initiative des récepteurs. On trouve la notion de "style de réservation", qui représente un jeu d'options inclus dans la requête de réservation de ressources.

Les styles de réservations dépendent de deux options, l'une par le récepteur (mode distinct, mode partagé), l'autre par l'émetteur (mode explicite, mode ouvert).

- FF (Fixed Filter) : les ressources sont réservées pour le flot uniquement.
- SE (Shared Explicit) : les ressources sont partagées entre plusieurs flots qui proviennent de plusieurs émetteurs identifiés.
- WF (Wildcard Filter) : les ressources sont réservées pour un type de flot qui provient de plusieurs émetteurs, les flots du même type partagent les mêmes ressources.

Sélection Emetteur	Sélection Récepteur	
	Distinct	Partagé
Explicite	FF	SE
Ouvert		WF

Tableau 4.1. *Style de réservation dans RSVP*

4.3.2 DiffServ

Le modèle de services différenciés de DiffServ repose sur un modèle de *priorité relative* entre paquets IP. Les opérations complexes (classification des paquets, contrôle et marquage de l'en-tête des paquets) interviennent à l'entrée du réseau sur les nœuds de bordure (boundary nodes). Les nœuds centraux du réseau (interior nodes) se contentent de traiter les paquets en fonction de la classe codée dans l'en-tête du paquet IP (valeurs du champ DS), selon un comportement approprié, le PHB (Per Hop Behavior).

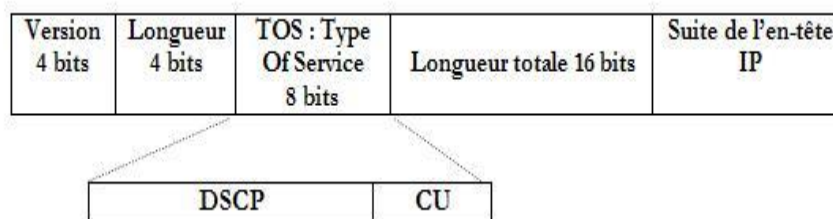


Figure 4.6. *Le champ DS*

Le champ DSCP (Differentiated Service Codepoint) permet de sélectionner le PHB à appliquer au paquet, sur les routeurs du réseau DiffServ. Codé sur 6 bits, il permet de définir 64 Codepoints.

Le champ CU (Currently Unused) est réservé à un usage futur.

4.3.2.1 Architecture DiffServ

L'architecture DiffServ définit les principes suivants [MEL 01] :

- Domaine DiffServ (DS Domain) : c'est une zone administrative, avec un ensemble commun de politiques d'approvisionnement du réseau et de définitions de PHB.
- Région DiffServ (DS Region) : c'est un ensemble contigu de domaines DiffServ, qui peut offrir la différenciation de services sur des routes empruntant ces domaines.
- Nœuds frontières (DS Boundary nodes) : représentent les équipements de frontières du domaine DiffServ. On distingue :
 - Les nœuds d'entrée de domaine (DS Ingress Node) : ce sont des routeurs qui gèrent la classification des trafics dans un niveau de service et appliquent un comportement approprié (PHB) aux paquets IP en fonction du DSCP,
 - Les nœuds de sortie de domaine (DS Egress Node) : ce sont des routeurs qui exécutent un contrôle de sortie du domaine ;
- Nœuds intérieurs (DiffServ Interior Nodes) : ce sont des routeurs à haute performance de commutation, qui assurent le service de transit sur le réseau.

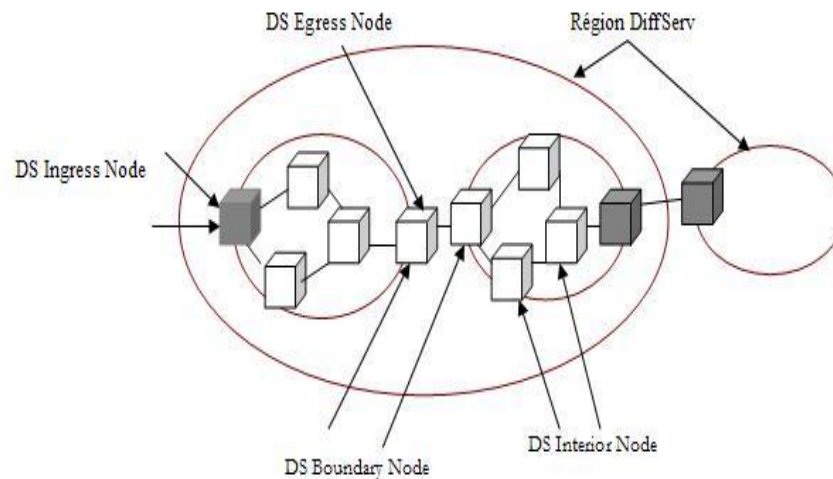


Figure 4.7. Terminologie DiffServ

Le conditionnement de trafic est assuré par 4 composants:

- Le mètreur (Meter) : il mesure le trafic pour vérifier qu'il est conforme au profil déterminé dans le contrat avec l'utilisateur. Il permet aux autres composants de mettre en œuvre le contrôle de trafic.
- Le marqueur (Marker) : il peut affecter une valeur de DSCP différente de celle reçue.
- Le lisseur (Shaper) : il lisse le trafic en le retardant pour qu'il ne dépasse pas le débit contractuel associé au profil défini dans le contrat avec l'utilisateur.
- Le supprimeur (Dropper) : il élimine le trafic dépassant le débit contractuel associé au profil du contrat de service usager.

La figure suivante schématise l'ensemble des mécanismes DiffServ :

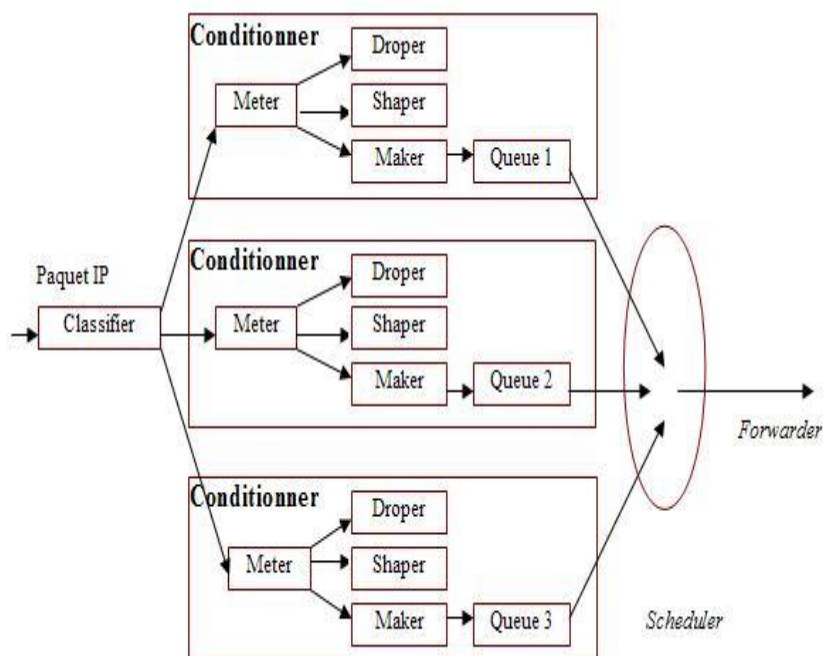


Figure 4.8. Les Mécanismes DiffServ

4.3.2.2 Les PHB (Per Hop Behavior) et Codepoints

Le PHB correspond à la description externe du comportement de routage d'un routeur, face à un trafic particulier. Il est appliqué en fonction de la valeur du champ DS (DSCP) d'un paquet. Les PHB qui possèdent des comportements proches sont regroupés (PHB Groups).

DiffServ permet à différentes valeurs de DSCP d'être associées au même PHB.

Les deux PHB qui ont été définis sont décrits ci-dessous :

- Expedited Forwarding (EF) – RFC 2598

Le PHB Expedited Forwarding (traitement accéléré) assure une garantie de bande passante et des taux de perte, délai et gigue faibles, pour fournir un service (Premium Service) assimilé à une ligne louée virtuelle.

Il assure aussi les fonctions suivantes :

- Le débit sortant de chaque nœud doit être supérieur au débit entrant ;
- Le trafic sortant est lissé pour maintenir le contrat vers un autre opérateur ;

- *Assured Forwarding (AF)* – RFC 2597

Ce service regroupe plusieurs PHB (PHB group), actuellement quatre classes de traitement sont définies et chaque classe comprend trois niveaux de priorité. Le routeur doit allouer un minimum de ressources pour chaque classe AF.

4.4. Les paramètres de performance

Il y a quatre paramètres de performance pour la qualité de service :

- Le délai (delay) : il correspond au temps que met un paquet pour traverser le réseau d'un point d'entrée à un point de sortie.
- La gigue (jitter) : elle représente la variation des délais d'acheminement des paquets sur le réseau.
- Le taux de perte de paquet (paquet loss) : les pertes de paquets sont dues à des phénomènes de congestion sur le réseau ou à une mauvaise qualité de la ligne.
- Le débit : il désigne le nombre de bits transmis par seconde.

4.5. La mobilité dans les réseaux IP

L'IETF est l'organisme qui développe les protocoles standards sur l'Internet. Cet organisme est composé de groupes de travail qui s'occupent chacun d'un domaine bien précis. L'un d'entre eux (Mobile IP) est chargé de proposer un protocole pour gérer la mobilité dans les environnements IP. Le protocole Mobile IP permet aux mobiles de changer de point d'accès à l'Internet sans changer d'adresse IP.

Les besoins remplis par le protocole mobile IP sont :

- le mobile doit être capable de communiquer avec d'autre équipements après avoir changé son point d'attachement sur l'Internet.
- le mobile doit être capable de communiquer en utilisant uniquement son adresse IP principale, indépendamment de sa localisation sur l'Internet.
- Un mobile doit pouvoir communiquer avec un autre équipement, sans que celui-ci implémente le protocole Mobile IP.

La terminologie suivante est utilisée dans [PER 02] :

- *Mobile Node (MN)* : Noeud IPv4 qui peut changer de points d'attachement sur l'Internet tout en maintenant les communications en cours (et en utilisant uniquement son adresse principale).
- *Home Agent (HA)* : Routeur IPv4 avec une interface sur le même lien que le mobile (dans le réseau d'origine).
- *Foreign Agent (FA)* : Routeur IPv4 situé dans le réseau visité par le mobile.

- *Adresse permanente / temporaire (COA)* : Un noeud mobile possède une adresse IP permanente sur son réseau d'origine. Lorsqu'il visite un autre réseau, une adresse temporaire (care-of address) est affectée au mobile. Cette adresse reflète le point d'accès du mobile. En général, le mobile utilise son adresse d'origine comme adresse source dans tous les datagrammes IP qu'il envoie.

- *Correspondant* : Noeud IPv4 (mobile ou fixe) qui dialogue avec un mobile.

- *Handover* : Changement du point d'attachement d'un mobile sur l'Internet. C'est le concept de base de la mobilité, qui consiste à établir un lien au niveau de chaque nouveau point d'attachement au réseau.

4.5.1 Fonctionnement de Mobile IP

Mobile IP assure trois fonctions séparées :

- *Agent Discovery* : le Home Agent et le Foreign Agent annoncent leur disponibilité sur le lien. Le noeud mobile peut également déclencher une recherche.

- *Registration* : Lorsqu'un mobile est hors de son réseau d'origine il enregistre son adresse temporaire auprès de son Home Agent.

- *Tunneling* : Les paquets destinés au mobile sont interceptés par le Home Agent et tunnelés vers le mobile.

Le fonctionnement du protocole Mobile IP est le suivant : le Home Agent et le Foreign Agent, émettent périodiquement un message *<Agent Advertisement>* sur le lien où ils se trouvent. Le noeud mobile reçoit ce message et en déduit s'il est dans son réseau d'origine ou bien qu'il est dans un réseau visité. Si le mobile est dans son réseau d'origine, il se comporte comme un terminal fixe. Quand il se trouve dans un réseau visité, il obtient une adresse temporaire. Cette adresse temporaire est soit l'adresse du FA (obtenue par le message *<Agent Advertisement>*), soit une adresse affectée au mobile lui même par exemple par l'intermédiaire du protocole DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Le mobile enregistre cette nouvelle adresse auprès de son Home Agent par le message *<Registration Request>*. Ce message est authentifié par le Home Agent grâce à l'association de sécurité qu'il partage avec son mobile. Le Foreign Agent fait confiance au Home Agent pour authentifier le mobile (En général, il possède une association de sécurité avec le Home Agent et se situe dans le même domaine administratif). Les datagrammes envoyés à l'adresse d'origine du mobile sont interceptés par le Home Agent, et encapsulés dans un message à destination de l'adresse temporaire du mobile. Si l'adresse temporaire est celle du Foreign Agent, celui-ci est chargé de délivrer les datagrammes au mobile. Sinon les messages sont directement adressés au mobile. Par contre, les datagrammes envoyés par le mobile utilisent généralement le mécanisme de routage IP classique (ils sont directement envoyés à ses correspondants avec comme adresse source l'adresse d'origine du mobile).

4.5.2 Mobile IPv6

L'infrastructure de Mobile IPv6 est semblable à celle de Mobile IPv4 si ce n'est qu'il n'existe pas de Foreign Agent. Les paquets IPv6 sont adressés directement au nœud mobile. En effet, étant donné qu'il n'existe pas de Foreign Agent, le nœud mobile possède toujours une adresse locale qui lui est assignée de façon unique (et temporaire) afin de rester à tout moment joignable. La spécification de Mobile IPv6 a profité des expériences acquises lors de la spécification de Mobile IPv4 et des nouvelles caractéristiques d'IPv6. De nombreuses différences assez techniques existent entre Mobile IPv4 et Mobile IPv6. Nous indiquons ici les différences essentielles :

- Le Foreign Agent n'existe pas dans Mobile IPv6. Le mobile possède toujours une adresse locale. Celle-ci est attribuée de façon unique au mobile (par exemple via DHCPv6 ou par l'autoconfiguration sans état).
- L'optimisation du routage fait intégralement partie du protocole à l'inverse de Mobile IPv4 pour qui il s'agit d'une extension. Un mobile peut s'enregistrer auprès de ses correspondants.
- Les messages *<Registration Request>* s'appellent *<Binding Update>*.

4.5.3 Traitement du handover avec MIPv6

La gestion de la mobilité et en particulier du handover sépare la micro-mobilité de la macro-mobilité. La macro-mobilité concerne les mouvements des utilisateurs à grande échelle, c'est la mobilité inter-domaines. La micro-mobilité désigne les mouvements des mobiles à petite échelle, c'est la mobilité intra-domaine. Deux types de solutions sont proposés pour la gestion du handover dans MIPv6.

- Les solutions par anticipation : des protocoles comme le Fast Handover ou le Transfert de Contexte, qui sont des extensions à Mobile IPv6, proposent d'anticiper des opérations de la couche réseau par des déclencheurs de niveau 2 (la couche liaison). Ces déclencheurs de niveau 2 sont des messages génériques à tout protocole de la couche liaison qui avertissent d'un changement dans l'état de liaison du mobile avec les points d'accès.
- Les solutions de micro mobilité : de nombreux protocoles aux caractéristiques très variées ont été proposés pour la gestion de la micro-mobilité. Par la suite, trois d'entre eux seront présentés à savoir : HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6), Cellular IP et HAWAII (Handoff-Aware Wireless Access Internet Infrastructure).

4.5.3.1 *Les solutions par anticipation*

4.5.3.1.1 Fast Handover

Le Fast Handover [DOM 01] propose deux méthodes pour gérer le handover : le *Handover Anticipé* et le *Handover basé sur un Tunnel*. Dans la première méthode (le *Handover Anticipé*), le terminal mobile ou le routeur d'accès auquel est rattaché le terminal mobile dans le cas du contrôle du «handover» par le réseau, reçoit un déclencheur de niveau 2 lui indiquant que le mobile est sur le point de faire un «handover». Ce déclencheur doit contenir des informations permettant au routeur d'accès actuel du mobile d'identifier le nouveau sous-réseau. Le routeur d'accès actuel envoie à la fois une adresse IPv6 pour le nouveau sous-réseau au terminal mobile et une requête au nouveau routeur d'accès pour qu'il valide cette adresse. Le nouveau routeur d'accès doit alors vérifier que l'adresse est unique dans son sous-réseau. Le nouveau routeur d'accès envoie le résultat de la validation au routeur d'accès actuel. Si l'adresse est valide, le routeur d'accès actuel du mobile lui transmet l'autorisation pour utiliser la nouvelle adresse IPv6. Ainsi, lorsque le mobile établit la connexion avec le nouveau point d'attachement, il peut directement utiliser sa nouvelle adresse IPv6 temporaire comme adresse source dans ses paquets sortant et envoyer une demande de mise à jour vers son Home Agent et tous ses correspondants.

Dans la deuxième méthode (*Handover basé sur un Tunnel*), le terminal mobile continue à utiliser son ancienne adresse IPv6 dans le nouveau sous-réseau. Ce mécanisme est possible grâce à l'utilisation d'un tunnel bidirectionnel entre les routeurs d'accès : les paquets à destination du terminal mobile continuent à atteindre l'ancien sous-réseau, dans lequel ils sont capturés par le routeur d'accès qui les redirige vers le nouveau routeur d'accès. Les paquets en provenance du terminal mobile prennent le chemin inverse puisqu'ils sont capturés par le nouveau routeur d'accès et redirigés vers l'ancien routeur d'accès qui les transmettra dans l'Internet.

En général le Fast Handover réduit le temps de latence du handover, il permet :

- L'établissement de la nouvelle adresse temporaire avant le déplacement du terminal mobile.
- Le transfert des paquets entre les routeurs d'accès.
- L'identification du nouveau routeur d'accès par anticipation.

4.5.3.1.2 Transfert de contexte

On appelle contexte, l'information sur l'état actuel d'un service nécessaire à son rétablissement sur un nouveau sous-réseau. Le transfert de contexte est le mouvement du contexte d'un routeur à un autre afin de rétablir des services spécifiques sur le nouveau sous-réseau ou sur un ensemble de sous-réseau [KEM 02].

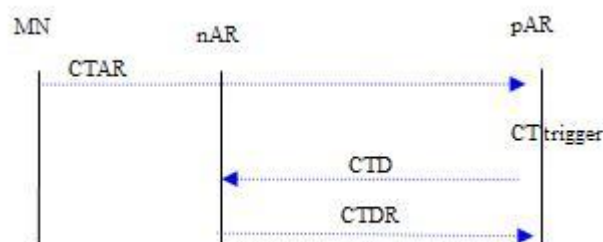
Parmi les services qui sont candidat au transfert de contexte, on trouve :

- Authentication, Authorization et Accounting (AAA).
- Header Compression.
- Quality de Service (QoS).
- Point to point protocol (PPP).
- Politiques...

Le protocole CXTP (Context Transfer Protocol) [LOU 05] permet le transfert de contexte. Ce dernier peut être déclenché à l'initiative du nœud mobile (mobile controlled) ou à l'initiative du nouvel ou de l'ancien routeur d'accès (network controlled). Le transfert de contexte a lieu quand un événement, tel que le handover, se déclenche. Un tel événement est nommé : un déclencheur de transfert de contexte (Context Transfer Trigger).

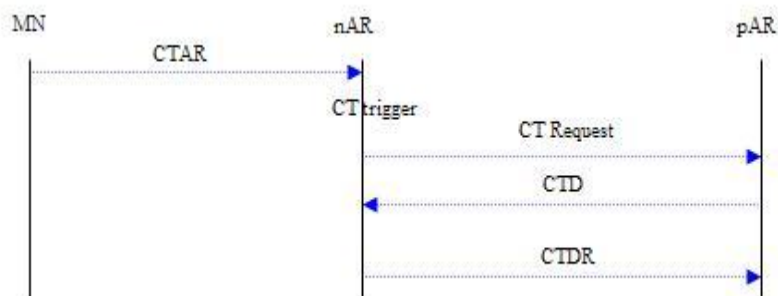
Les sections suivantes traitent les différents cas possibles de déclenchement de transfert de contexte:

- *Network controlled : Initié par le pAR (previous Access Router)*



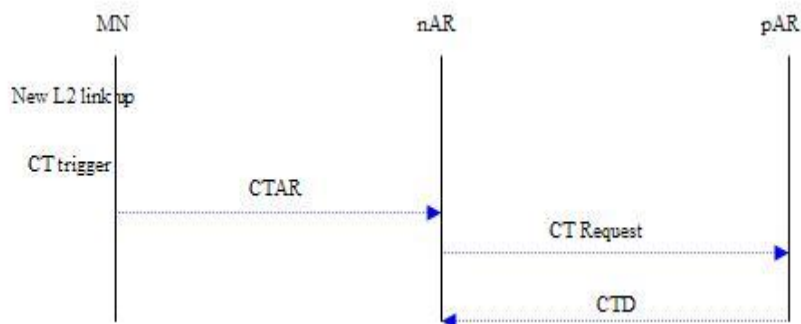
Dans ce cas, le MN (Mobile Node) envoie le message CTAR (Context Transfer Activate Request) au pAR, en réponse à ce message ou bien à travers un déclencheur interne (ex : link-layer trigger sur l'interface de connexion du MN), le pAR envoie le message CTD (Context Transfer Data) au nAR (new Access Router), ce message contient les caractéristiques du contexte. Le nAR peut répondre avec le message CTDR (Context Transfer Data Reply).

- *Network controlled : initié par le nAR*



Après la réception du message CTAR envoyé par le MN, ou bien après un CT trigger, le nAR envoie le message CTR (Context Transfer Request) au pAR, le pAR répond par le message CTD qui inclut l'ancienne adresse IP du MN ainsi que les caractéristiques du contexte. Le nAR peut répondre avec le message CTDR.

- *Mobile controlled: Predictive New L2 up/old L2 down*



Après un CT trigger, le MN envoie le message CTAR au nAR, en réponse à ce message, le nAR envoie le message CT Request au pAR. Le pAR envoie alors le message CTD au nAR.

4.5.3.2 Les solutions de micro mobilité

4.5.3.2.1 HMIPv6

HMIPv6 [SOL 05] introduit deux types de CoA (Care of Address):

- RCoA (Regional Care of Address) obtenue par le MN dans le sous réseau MAP (Mobility Anchor Point), (voir figure 4.9).
- LCoA (Local Care of Address) configurée par l'interface du MN et par le préfixe de son routeur par défaut.

L'introduction d'un nouveau noeud MAP minimise :

- La latence due au handover entre les routeurs d'accès par une mise à jour locale de la mobilité.

- La signalisation générée par MIPv6.

La figure suivante représente l'architecture réseau dans HMIPv6.

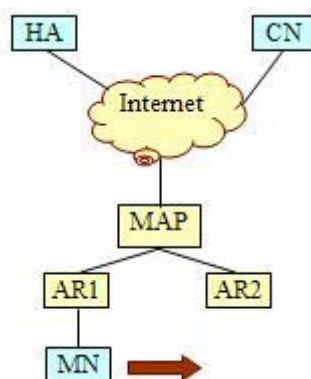


Figure 4.9. *L'architecture réseau dans HMIPv6*

- Le MAP se comporte comme un HA local. Il reçoit les paquets adressés au RCoA du MN et les route vers son LCoA.

- Le MN se déplace du AR1 vers AR2. Quand il se connecte à ce dernier, il découvre l'adresse IP du MAP. Cette adresse est stockée dans les routeurs d'accès et communiquée au MN via le message « Router Advertisement ».

- Si l'adresse IP du MAP n'a pas changé, le MN envoie un seul Binding Update au MAP pour enregistrer la correspondance entre son RCoA et la nouvelle LCoA.

4.5.3.2.2 Cellular IP

Cellular IP [CAM 00] est un protocole de micro-mobilité reposant sur Mobile IP pour la gestion de la mobilité inter-domaines. L'acheminement des paquets dans ce protocole est basé sur des routes spécifiques établies et mises à jour par le mobile pendant son séjour dans le réseau. Les routes sont établies par la transmission de paquets spécifiques de proche en proche. Un réseau Cellular IP est relié avec le reste du monde via un gateway qui centralise toutes les communications entrantes et sortantes. Il inonde régulièrement le réseau avec un paquet *beacon* qui permet à toutes les stations de savoir par laquelle de leur interface elles peuvent atteindre le gateway. Le handover est géré via deux mécanismes spécifiques : le hard handover et le semi-soft handover

- le hard handover coupe la communication pour passer d'une cellule à une autre.

- Le semi-soft handover permet un passage d'une cellule à une autre sans aucune coupure de lien, il vise à garantir une perte de paquets minimale.

En conclusion Cellular IP présente les spécificités suivantes:

- Intégration de la localisation du mobile.
- Support d'un grand nombre d'utilisateurs.
- Adapté aux migrations fréquentes des mobiles.
- Économie de la batterie des mobiles.
- Information de routage distribuée.
- Support de la connectivité passive et un mécanisme de paging. En fait, dans le réseau de téléphonie cellulaire, un mobile ne s'enregistre auprès du réseau que s'il est actif ou s'il traverse une frontière virtuelle qui définit une zone de localisation. Le réseau ne connaît pas de façon précise la localisation exacte du mobile mais connaît la zone dans laquelle il se déplace. Lorsque le réseau doit rentrer en contact avec le mobile, il diffuse un message de *paging* dans la zone courante du mobile qui répond en indiquant sa position exacte.

4.5.3.2.3 HAWAII

La gestion de la mobilité dans HAWAII [RAM 00] est faite de façon très similaire à Cellular IP, chaque station maintient un cache de routage qui lui permet de déterminer le traitement à appliquer aux paquets qu'elle reçoit. Le handover est traité suivant plusieurs mécanismes. Ces mécanismes peuvent être sélectionnés en fonction des priorités du gestionnaire de réseau vis-à-vis de la perte de paquet, de la latence et du réordonnancement.

En conclusion HAWAII présente les spécificités suivantes:

- Support de la connectivité passive et du paging.
- Les stations faisant partie d'une zone de paging sont toutes membres du même groupe IP multicast.
- Prévoit le support de mécanismes de QoS comme RSVP directement dans sa spécification.

4.6. Réserveation de ressources dans les réseaux mobiles

4.6.1 L'extension de RSVP dans un environnement mobile

Dans les réseaux à intégration de services, la plupart des travaux cherchent à étendre le protocole RSVP à un environnement mobile.

Les auteurs dans [TAL 01] ont proposé un nouveau protocole de réserveation de ressources nommé MRSVP (Mobile RSVP), il s'agit d'une extension de RSVP dans un environnement mobile. Avec Mobile RSVP, le terminal mobile peut faire des

réservations à l'avance dans un ensemble de cellule nommé MSPEC (Mobility Specification). Le MSPEC n'est pas spécifié dans MRSVP, il indique uniquement les futures localisations du terminal mobile, les auteurs n'ont pas spécifiés un format pour le MSPEC.

Dans MRSVP, les auteurs proposent d'autres messages pour RSVP afin de traiter la mobilité de l'utilisateur. Cette technique nécessite des classes de service supplémentaires, des changements majeurs à RSVP, une connaissance sur les déplacements du mobile et beaucoup de signalisation.

Les auteurs supposent aussi que la mobilité de l'utilisateur est prédictible de telle sorte qu'une spécification de mobilité peut être définie. Cette spécification représente la liste des localisations géographiques que le mobile va visiter pendant la durée de vie d'un flux. Trois classes de service ont été définies : MIG (Mobility Independent Guaranteed Service), MIP (Mobility Independent Predictive Service), et MDP (Mobility Dependent Predictive Service).

Cependant, afin de fournir des bonnes garanties à ces classes, des ressources sont utilisées tout au long des chemins possibles définis par le profil de mobilité. Nous remarquons que le modèle en général manque de dynamisme, on ne trouve pas de gestion dynamique de ressources après le handover comme la libération de ressources sur les anciens chemins traversés par le terminal mobile, ces réservations de ressources à l'avance induisent un gaspillage important des ressources du réseau ainsi qu'une signalisation très lourde comportant de nombreux message RSVP ajoutés pour s'adapter à l'environnement mobile.

Les mêmes auteurs dans [TAL 99, TAL 97] ont décrit une architecture permettant de supporter à la fois les services «mobility independent » et «dependent services» dans le même réseau. Dans cette architecture, le concept de la réservation active et passive est utilisé pour obtenir une meilleure utilisation de ressources et pour gérer efficacement la mobilité des utilisateurs. La réservation pour un flux sur un lien est dite active, si les paquets de ce flux passent par ce lien afin d'arriver au récepteur. La réservation est dite passive, si les ressources sont réservées pour ce flux sur le lien, mais les paquets actuels pour ce flux ne sont pas transmis sur ce lien. Les ressources de la réservation passive peuvent être utilisées par d'autre flux qui ne demandent pas beaucoup de garantie, comme les flux de type BE (Best Effort). L'utilisation par les auteurs de ces trois types de flux (active, passive, BE) est très intéressante car elle a permis de mieux gérer les besoins des utilisateurs en terme de QoS, de faire bénéficier les flux Best Effort des ressources non utilisées et plus généralement d'exploiter les ressources réseaux d'une manière efficace.

Min-Sun Kim et al. [MIN 01] ont proposé un protocole de réservation de ressources dans un environnement mobile. Le protocole proposé introduit une

nouvelle entité nommée « RSVP agent », cette entité est utilisée pour réserver les ressources à l'avance pour le terminal mobile. Les auteurs proposent trois classes de services :

- *La classe Free* : elle représente les ressources utilisées en Best Effort.
- *La classe Reserved* : elle représente les ressources réservées et actuellement utilisées pour un flux spécifique.
- *La classe Prepared* : elle représente les ressources réservées pour un flux spécifique mais qui ne sont pas actuellement utilisées.

Le protocole proposé nécessite des classes de service supplémentaires, quelques changements concernant RSVP ainsi que l'ajout d'une entité dans l'architecture réseau qui agit comme un agent pour le terminal mobile. Cependant, les différentes modifications sur l'architecture réseau ainsi que sur RSVP augmentent considérablement la signalisation.

Ferrari et al. [FER 95] ont décrit un mécanisme distribué pour faire des réservations de ressources à l'avance pour des connexions temps réel. Dans ce mécanisme, la demande de réservation est classifiée selon deux types : *immediate* et *advance*.

- Une réservation de type *Immediate* est activée au moment de la demande, sa durée n'est pas spécifiée ;
- Une réservation de type *advance* est associée à deux paramètres : *starting time* (le temps d'activation de la réservation), et *duration* (la période de réservation de ressources).

Dans certaines situations, il est possible qu'une demande immédiate de réservation soit annulée en raison de la non disponibilité immédiate de ressources dans la cellule concernée, bien que les ressources soient disponibles au moment où l'utilisateur se trouvera dans la cellule après le handover. Pour éviter une telle situation, les auteurs dans [FER 95] ont suggéré une partition dynamique de ressources réseaux en «immediate partition» et «advance partition». La demande immédiate de réservation est accordée suivant la partition immédiate et la demande de la réservation à l'avance est accordée suivant la partition à l'avance. La taille des deux partitions est déterminée à travers l'usage et la demande qui est faite de chaque partition.

Les auteurs dans [LEG 00] proposent un nouveau protocole de réservation de ressources nommé MIR (*Mobile IP Reservation Protocol*), ce protocole fournit des garanties de qualité de service à des applications mobiles. Le protocole MIR est une adaptation de CLEP (Control Load Ethernet Protocol) décrit dans [HOR 99] et qui supporte la mobilité de l'utilisateur. Les principaux avantages de ce protocole sont l'utilisation d'un algorithme distribué n'imposant pas de structure hiérarchique du réseau et permettant de gérer chaque cellule séparément en fonction de ses besoins.

De plus, le protocole RTS/CTS d'IEEE 802.11 n'est pas nécessaire, ce qui permet de transmettre plus de données utiles sur la voie radio.

Les auteurs introduit deux paramètres afin de fournir la QoS demandée aux utilisateurs mobiles:

- *la vitesse du terminal* (rapide ou lente), mesurée en nombre de handover durant un certain temps.
- *le type de connexion* (dégradable ou non).

Wen-Tsuen Chen et al [CHE 00] ont proposé un nouveau protocole de signalisation dans un environnement mobile. Ce protocole fournit les ressources nécessaires à travers des réservations à l'avance dans les cellules où le terminal mobile est supposé se rendre. La proposition faite par les auteurs consiste à étendre RSVP à un environnement mobile, la mobilité du terminal est modélisée comme des transitions entre des groupes multicast. Pour réserver les ressources à l'avance, les auteurs utilisent une nouvelle entité qui est «Mobile proxy», cette entité est considérée comme un agent pour le terminal mobile, le «Mobile proxy» est introduit dans chaque cellule afin de gérer la réservation de ressources à la place du terminal mobile. Le «Mobile proxy» réside sur un gateway de la cellule comme un AR (Access Router) ou un AP (Access Point). En plus des messages RSVP, les auteurs proposent autres messages afin de gérer les ressources réseau à l'avance dans cet environnement mobile. Ce nombre de messages complémentaires ainsi que l'ajout de l'entité «Mobile proxy» dans l'architecture globale du réseau augmente fortement la signalisation.

Levine et. al. [LEV 95] ont proposé un mécanisme de contrôle d'admission ainsi que d'allocation de ressources, ce mécanisme est basé sur un nouveau concept nommé le «Shadow Cluster». Dans [LEV 95], les auteurs cherchent à améliorer la QoS des appels mobiles en réduisant le nombre d'appels annulés dans les réseaux ATM sans fil avec une architecture micro/nano-cellulaire et avec des services qui sont fournis aux utilisateurs avec des besoins différents. Dans ce type de réseau et avec la petite taille des cellules, le terminal mobile réalise plusieurs handover durant la connexion, pour cela le mécanisme du «Shadow Cluster» est utilisé pour une bonne allocation de ressources ainsi que pour l'admission des appels dans le réseau sans fil en tenant compte des besoins des appels ainsi que des conditions locales du trafic. Le mécanisme proposé par les auteurs est très intéressant dans ce cas, car la taille des cellules est très petite et le terminal peut faire plusieurs handover durant la durée de vie d'un flux, ce mécanisme s'adapte mieux à la gestion dynamique des appels visant ainsi l'amélioration de l'allocation de ressources dans ce type de réseaux.

Acampora et Naghshineh [ACA 94] ont proposé une architecture dans le cadre du «high-speed mobile ATM network». Ils ont utilisé un nouveau concept nommé le

«virtual connection tree». Ce mécanisme évite le besoin d'impliquer le processeur de l'appel du réseau pour chaque tentative de handover. Une telle approche peut supporter un grand nombre de handover surtout dans le cas où les cellules sont de petites tailles. Les auteurs développent une méthodologie analytique simple qui peut être utilisée pour le contrôle d'admission, pour cela ils ont utilisé deux nouvelles métriques pour la qualité de service qui sont «la probabilité de surcharge du réseau» et «le temps moyen durant lequel le réseau est surchargé». L'architecture proposée par les auteurs est très intéressante pour l'organisation du système ainsi que pour le contrôle de la signalisation.

Dans le modèle de réservation de ressources basé sur RSVP dans Mobile IPv6 [CHI 99], les ressources sont réservées entre un Mobile Node (MN) et son Correspondent Node (CN) sans l'implication du Home Agent (HA). Quand le MN réalise un handover, une signalisation RSVP entre le MN et le CN est nécessaire même si une partie du chemin entre le MN et le CN reste inchangeable. L'inconvénient de ce modèle de réservation de ressources est la signalisation nécessaire afin de réserver chaque fois, et après chaque handover les ressources entre le MN et le CN. Pour résoudre ce problème, les auteurs dans [SHE 00] proposent que les routeurs intermédiaires entre le MN et le CN maintiennent les informations de flux et s'en chargent pour l'envoi du message « Path » à la place du CN. L'inconvénient de cette approche est la surcharge des routeurs intermédiaires car ils sont obligés de garder les informations de flux afin d'agir comme des agents pour le CN.

Les auteurs dans [TSE 01] proposent le protocole Hierarchical Mobile RSVP (HMRSVP) qui intègre RSVP avec « Mobile IP regional registration protocol » [GUS 02] afin de faire des réservations de ressources à l'avance uniquement lorsque le MN se déplace vers une cellule qui se trouve à la frontière entre deux régions (une région est définie comme la zone du réseau sans fil qui est contrôlée par un unique Gateway Foreign Agent (GFA), quand le MN se déplace dans une région, l'enregistrement est fait par le GFA local qui contrôle cette région). L'idée de décomposer les cellules en régions contrôlées par une entité locale est très intéressante afin de réduire le temps nécessaire pour la mise en place de la réservation de ressources.

Le MN dans HMRSVP ne réserve pas de ressources à l'avance quand il se déplace dans la même région c'est-à-dire dans un mouvement intra région, il fait une réservation de ressources passive uniquement quand il se déplace vers une zone qui se trouve à la frontière entre deux régions c'est-à-dire lors d'un mouvement inter région. Quand le MN change son point d'attachement, la réservation passive devienne active. Cependant, selon la taille de la région contrôlée par le Gateway Foreign Agent, la vitesse du mobile et la latence de la réservation de ressources, une rupture de la réservation peut se produire.

Les auteurs dans [CHA 05] proposent une nouvelle structure de domaine dans les réseaux sans fil, basée sur le déploiement d'un type de cellule spéciale nommé « gray cell » sur les extrémités des régions, la notion de région est déjà introduite dans [TSE 01], le réseau sans fil est entouré par les « gray cell », et ces « gray cell » sont censées appartenir à toutes les régions voisines. Basé sur cette structure de domaine sans fil, Les auteurs proposent un mécanisme qui résout le problème de la perte de la réservation de ressources dans un domaine sans fil en réduisant le risque de rupture de la réservation provoqué par les handover inter régions. Les auteurs montrent à travers la simulation que le mécanisme proposé peut traiter le handover inter régions aussi efficacement que le handover intra région et donc qu'une amélioration est faite par rapport au travail proposé dans [TSE 01].

Terzis et al. [TER 99] ont proposé un protocole simple de signalisation dans les réseaux mobiles et sans fil qui permet au nœud mobile d'initier et de maintenir la réservation lors d'une mobilité intra-domaine. Le protocole proposé combine le *pre-provisioned RSVP Tunnels* (le mécanisme proposé pour supporter la signalisation RSVP dans le IP-in-IP tunnels) avec le protocole de mobilité Mobile IP. Cependant, le protocole proposé ne traite pas de la mobilité inter-domaine.

Les auteurs dans [BEN 05] proposent une nouvelle procédure de réservation de ressources à l'avance dans les réseaux mobiles. Cette procédure est basée sur l'application de signalisation QoS NSLP [MAN 05] issue du WG NSIS (Next Steps In Signaling). Ce WG a proposé de standardiser une architecture à deux couches qui sont NTLSP (NSIS Transport Layer Protocol) et NSLP (NSIS Signaling Layer Protocol). Cette architecture s'inspire du meilleur de RSVP tout en le modifiant et le simplifiant pour l'adapter à des applications de signalisation plus générique. La contribution des auteurs dans l'environnement NSIS, et afin de réserver les ressources à l'avance dans un environnement mobile est un nouveau objet MSPEC (Mobility Specification). Cet objet définit les futures localisations du terminal mobile, il sera inclus dans les différents messages de QoS NSLP. Les auteurs proposent un format pour cet objet ainsi qu'un profil de mobilité pour les utilisateurs mobiles. Ce profil est basé sur l'analyse du comportement de l'utilisateur durant une phase d'observation afin de déterminer ses futures localisations.

Par rapport aux recherches qui s'intéressent à l'extension du protocole RSVP dans les environnement mobile, la proposition des auteurs dans [BEN 05] peut être appliquée dans les réseaux à intégration de services comme dans les réseaux à différenciation de services car l'application de signalisation QoS NSLP est indépendante du modèle de QoS utilisé (IntServ, DiffServ, ...). Un autre avantage de cette proposition est le fait que les auteurs n'ont pas utilisé de nouvelle entité dans le réseau ni de nouveaux messages QoS NSLP afin de réserver les ressources à

l'avance comparé avec la majorité de recherches qui étendent RSVP dans les réseaux mobiles à intégration de services.

4.6.2 La prédiction de la future localisation du terminal mobile

Pour mieux gérer les ressources réseaux et afin de les réserver uniquement lorsque c'est utile pour l'utilisateur, la détermination des futures localisations du terminal mobile est considéré comme le facteur clé pour la réservation de ressources à l'avance dans un environnement mobile. Pour cela plusieurs recherches s'intéressent à la prédiction de la mobilité de l'utilisateur afin de déterminer le trajectoire qui sera suivi par l'utilisateur et ainsi faire des réservation de ressources à l'avance pour lui, la plupart de ces recherches sont basées sur l'utilisation de l'historique du modèle de mouvements pertinents de l'utilisateur pour détecter le futur endroit où l'utilisateur peut se rendre. Ces techniques sont basées sur l'hypothèse que les mouvements de la personne possèdent une certaine régularité. Et donc pour appliquer ces techniques, il faut passer par une phase d'observation durant laquelle les mouvements réguliers de l'utilisateur sont détectés et sauvegardés. Le problème, avec ces techniques, est qu'il n'y a pas de certitude et qu'elles échouent une fois que la personne change légèrement son plan de mouvement ou si elle est située dans un nouvel endroit.

Les auteurs dans [ABU 97] calculent la probabilité de la localisation du terminal mobile en supposant qu'il suit le chemin le plus court quand il se déplace d'une cellule à une autre avec 4 directions possibles.

Dans [BHA 99], la détermination de la future cellule est basée sur l'analyse des informations contenues dans le chemin suivi par le terminal mobile.

Dans [LIU 98], un algorithme hiérarchique de prédiction de la localisation du terminal mobile est décrit par les auteurs, ces derniers proposent deux niveaux pour modéliser la mobilité de l'utilisateur, un niveau global et un niveau local. Le niveau global décrit les mouvements de l'utilisateur entre les différentes cellules, le niveau local décrit l'état du terminal mobile en tenant compte des 3 paramètres suivants: la vitesse, la direction et la position du terminal mobile.

Les auteurs dans [ALJ 01] proposent un modèle pour le profil de mobilité de l'utilisateur, qui inclut l'estimation de la trajectoire du terminal mobile ainsi que le temps d'arrivée et de départ de l'utilisateur pour chaque cellule sur le chemin suivi par le terminal mobile.

Les auteurs dans [AKY 04] ont proposé un profil de mobilité pour l'utilisateur, basé sur l'observation de l'historique du mouvement de l'utilisateur afin de prédire

les futures localisations du terminal mobile. Le profil de mobilité donne une information détaillée sur le service nécessaire ainsi que le modèle de mobilité utilisé pour fournir la QoS et le support du roaming. L'avantage du profil de mobilité est de réduire la probabilité de rejet du handover, de mieux gérer les ressources réseau ainsi que d'améliorer l'algorithme CAC (Call Admission Control), il est aussi utilisé pour la mise à jour de la localisation du terminal mobile ainsi que le paging.

La contribution des auteurs pour la définition du profil consiste à :

- Introduire le concept de «zone» afin d'ajouter un niveau supplémentaire pour la description de la localisation du terminal mobile, la zone représente un sous ensemble de LA (Location Area).
- Un algorithme de prédiction adaptative est développé afin de prédire le groupe de cellules vers lequel le terminal mobile va se déplacer, l'algorithme est basé sur l'analyse de l'historique de l'utilisateur, les informations contenues dans le chemin suivi par l'utilisateur, la direction du mouvement de l'utilisateur, sa vitesse et le temps de résidence dans une cellule.
- Une nouvelle architecture pour le profil de mobilité est proposée, elle est divisée en deux types, un profil quasi-stationnaire qui contient les informations à long terme de l'utilisateur, et un profil dynamique qui contient les informations de l'utilisateur qui ne sont pas stables.

Les auteurs dans [ALJ 99] s'intéressent aussi à la prédiction de la future localisation du terminal mobile, pour cela ils ont proposé une architecture pour le contrôle d'admission des appels ainsi que le support de la qualité de service dans les environnements sans fil. Le but de cette architecture est de fournir la QoS demandée aux utilisateurs mobiles, les auteurs prennent en considération le contexte de la mobilité de l'utilisateur comme l'historique de ses mouvements ainsi que la direction de son mouvement actuel.

Les auteurs dans [SAM 03] proposent une nouvelle architecture pour la prédiction avec précision de la trajectoire d'un utilisateur mobile, ils ont nommé cette architecture Mobility Prediction Agent (MPA). L'originalité de ce travail est d'une part l'incorporation d'informations cruciales comme de vraies cartes géographiques et d'autre part, l'utilisation de théorie mathématique comme moyen de raisonnement. Les cartes géographiques utilisées sont les SCM (Spatial Conceptual Map). Cette combinaison de données et de raisonnement vise à améliorer la capacité globale de l'algorithme de prédiction et à prendre en considération l'incertitude et les changements éventuels. L'architecture globale de ce modèle de prédiction est représentée sur la figure 4.10 :

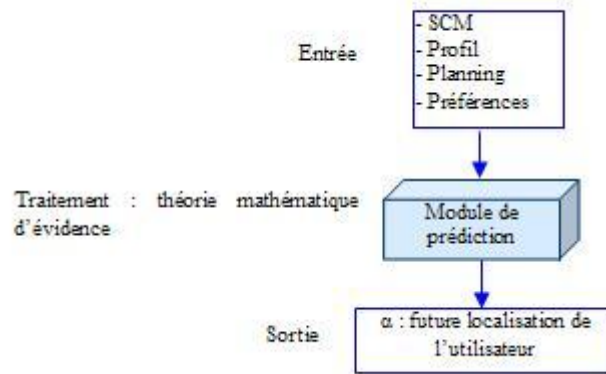


Figure 4.10. Définition fonctionnelle du module intelligent de prédiction

A la sortie du module de prédiction, la future localisation de l'utilisateur est représentée par une variable α qui s'appelle WEA (Way Elementary Area). Le module de prédiction est également capable de déterminer le chemin entre α_{courant} et $\alpha_{\text{prédit}}$ avec tous les WEA du parcours.

4.7. Avantages et inconvénients de la réservation de ressources à l'avance

Les différentes recherches qui s'intéressent à la réservation de ressources à l'avance montre que les avantages de cette approche sont nombreux:

- Une meilleure QoS par rapport aux autres mécanismes puisque les ressources sont réservées à l'avance le long de tous les chemins que le mobile peut visiter.
- Un traitement continu de la QoS pour les paquets destinés à et envoyés par l'utilisateur mobile. Ceci réduit les pertes de paquets et le délai de réservation de ressources sur le nouveau chemin.
- La réservation de ressources à l'avance est très utile pour les applications multimédia en temps réel, car ce type d'application est très sensible au délai et à la perte de paquets.

Des inconvénients existent cependant :

- Les routeurs réservent les ressources même lorsque l'utilisateur mobile ne les emploie pas, le nombre d'utilisateurs et de flux qui peuvent être supportés par le routeur est réduit.
- Le terminal mobile peut faire des réservations à l'avance dans un ensemble de cellules nommé MSPEC (Mobility Specification), représentant les lieux que le terminal mobile est supposé visiter au cours d'une session. La détermination à

l'avance de cet ensemble d'endroits est un domaine de recherche actuel, car il est très difficile de déterminer à l'avance le MSPEC pour un terminal mobile. Quelques mécanismes ont été proposés pour déterminer approximativement cet ensemble de cellules par le réseau [LIU 95, LIU 97, SON 96], mais le plus intéressant est de déterminer cet ensemble par le terminal mobile lui-même.

4.8. Conclusion

Dans le futur, la gestion autonome aura un rôle très important dans le domaine des réseaux. Notre vision de la gestion autonome dans les réseaux mobiles est liée avec la gestion de ressources, en particulier avec la réservation de ressources à l'avance. Le terminal mobile est considéré dans ce cas comme autonome d'un point de vue gestion de ressources. En fait, les ressources nécessaires pour le terminal mobile, sont réservées à l'avance en fonction de la prédiction de ses futures localisations. La détermination d'un profil de mobilité pour l'utilisateur mobile, en se basant sur son historique est le point clé pour la réservation de ressources à l'avance. En intégrant le profil de mobilité de l'utilisateur mobile avec le mécanisme de la réservation de ressources à l'avance pour le terminal mobile, ce dernier est considéré comme autonome. En fait, le terminal mobile s'autogère d'un point de vue gestion de ressources.

Bibliographie

- [ABU 97] A. Abutaleb and V. O .K. Li, "Paging Strategy Optimization in Personal Communication System", *ACM-Baltzer Journal of Wireless Networks (WINET)*, Vol. 3, pp. 195-204, August 1997.
- [ACA 94] A. S. Acampora and M. Naghsineh, "An architecture and methodology for mobile-executed handoff in cellular ATM networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. 1994.
- [AKY 04] I. F. Akyildiz and W. Wang W, "The Predictive User Mobility Profile Framework for Wireless Multimedia Networks", *Networking, IEEE/ACM Transactions on*, vol. 12, pp. 1021-1035, Dec. 2004.
- [ALJ 99] A. Aljadhah and T.F. Znati, "A framework for call admission control and QoS support in wireless environments", *Proc. 18th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM'99)*, vol. 3, pp. 1019-1026, March 1999.
- [ALJ 01] A. Aljadhah and T.F. Znati, "Predictive Mobility Support for QoS Provisioning in Mobile Wireless Environments", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC)*, Vol. 19, No. 10, pp. 1915-1931, October 2001.
- [BEN 05] B. Benmammar and F. Krief. "QoS management for mobile users". *The IFIP International conference on Network Control and Engineering for QoS, Security and Mobility (NetCon'05)*. Lannion, France 14-17 November 2005. Springer, 13 p.
- [BHA 99] A. Bhattacharya and S. K. Das, "LeZi-Update: An Information-Theoretic Approach to Track Mobile Users in PCS Networks", *ACM/IEEE Mobi-Com'99*, August 1999.
- [CAM 00] A. T. Campbell, J. Gomez, S. Kim, A. G. Valkó, C-Y. Wan and Z. Turányi, "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP", *IEEE Personal Communications*, 7(4):42-49, August 2000.
- [CHA 05] M. Chang, M. Lee and H. Lee, "An Efficient Resource Reservation Scheme Based on Gray-Cell in Wireless Mobile Networks", *WCNC2005 (New Orleans, USA)*, March 2005.
- [CHE 00] W. T. Chen and C. Huang, "RSVP mobility support: a signaling protocol for integrated services Internet with mobile hosts", in *Proc. IEEE INFOCOM*, vol. 3, 2000, pp. 1283-1292, 2000.
- [CHI 99] G. Chiruvolu, A. Agrawal and M. Vandenhoude, "Mobility and QoS support for IPv6 Based Real-time wireless Internet Traffic", In *Proc. of IEEE Int'l. Conf. Commun.*, vol.1, pp. 334-338, June 1999.
- [DOM 01] G. Dommetty, A. Yegin, C. Perkins, G. Tsirtsis, K. El-Malki and M. Khalil. "Fast Handovers for Mobile IPv6", *Internet Engineering Task Force (IETF) draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-04.txt*. Novembre 2001.

- [FER 95] D. Ferrari, A. Guupta and G. Ventre, "Advance Reservation of Real-Time Connections", Proceedings of the 5th International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video. P.16-27. 1995.
- [GUS 02] E. Gustafsson, A. Jonsson and C. E. Perkins, "Mobile IPv4 Regional Registration", Internet Draft, March 2002.
- [HOR 99] E. Horlait and M. Bouyer, CLEP (Controlled Load Ethernet Protocol): Bandwidth Management and Reservation Protocol for Shared Media, <draft-horlait-clep-00.txt>, Juillet 1999.
- [KEM 02] J. KEMPF, "Problem Description: Reasons For Performing Context Transfers Between Nodes in an IP Access Network". IETF. RFC 3374, 2002.
- [KON 01] O. Kone, "Automates temporisés et expression de la QoS", page 19-46, dans "Ingénierie des protocoles et qualité de service", sous la direction de A. Cavalli, hermes-science, 2001.
- [LEG 00] G. Le Grand, J. Ben Otman and E. Horlait, "Réservation de ressources dans un environnement mobile avec MIR : Mobile IP Reservation Protocol", (CFIP 2000 Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles, Toulouse, 17-20 Octobre 2000).
- [LEV 95] D.A. Levine, I.F. Akyildiz and M. Naghshineh, "The shadow cluster concept for resource allocation and call admission in ATM-based wireless networks", Proceedings of the 1st annual international conference on Mobile computing and networking, p.142-150. Berkeley, California, United States, 1995.
- [LIU 95] G. Liu and G. Maguire, "A Predictive Mobility Management Algorithm for Wireless Mobile Computing and Communications", the proc. of the IEEE International Conference on Universal Personal Communications (ICUPC'95), Tokyo, Japan, November 6-9, 1995.
- [LIU 97] T. Liu, P. Bahl and I. Chlamtac, "A hierarchical position prediction algorithm for efficient management of resources in cellular networks", in: Proceedings of the GLOBECOM '97, Phoenix, AZ (November 1997).
- [LIU 98] T. Liu, P. Bahl and I. Chlamtac, "Mobility Modeling, Location Tracking, and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC), Vol. 16, No. 6, pp. 922-936, August 1998.
- [LOU 05] J. Loughney, M. Nakhjiri, C. Perkins and R. Koodli, "Context Transfer Protocol (CXTF)", RFC 4067, July 2005.
- [MAN 05] J. Manner, S. Van den Bosch, G. Karagiannis, A. McDonald, "NSLP for Quality-of-Service signaling", <draft-ietf-nsis-qos-nslp- 08.txt>, October, 2005.
- [MEL 01] J.L.Mélin, "qualité de service sur IP", Eyrolles 2001.
- [MIN 01] K. Min-Sun, S. Young-Joo, and K. Young-Jae, "A Resource Reservation Protocol in Wireless Mobile Networks", Proceedings of Workshop on Wireless Networks and Mobile Computing, pp.429-434, 2001.
- [PER 02] C. Perkins. "IP Mobility Support", RFC 3344, August 2002.

- [RAM 00] R. Ramjee, T. La Porta, S. Thuel, K. Varadhan, and L. Salgarelli, "IP micromobility support using HAWAII". Internet draft, draft-ietf-mobileip-hawaii-01.txt, July 2000.
- [SAM 03] N. Samaan. and A. Karmouch, "An Evidence-Based Mobility Prediction Agent Architecture", MATA 2003, pp. 230_239, Berlin.
- [SHE 00] Q. Shen, A. Lo, W. Seah and C. C. Ko, "On providing Flow Transparent Mobility Support for IPv6-based Wireless Real-time Services," In Proc. Of MoMuc 2000.
- [SOL 05] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)", RFC 4140, August 2005.
- [SON 96] L. Songwu and B. Vaduvur, "Adaptive resource management algorithms for indoor mobile computing environments", Conference proceedings on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications, p.231-242, August 28-30, 1996, Palo Alto, California, United States.
- [TAL 97] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath and A. Acharya, "On Accommodating Mobile Hosts in an Integrated Services Packet Network", In Proceedings of The IEEE INFOCOM 1997, Kobe, Japan, April 1997.
- [TAL 99] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath and A. Acharya, "Integrated Services Packet Networks with Mobile Hosts: Architecture and Performance", Wireless Networks, Vol 5, No. 2, 1999.
- [TAL 01] A. K. Talukdar, B. R. Badrinath and A. Acharya, "MRSVP: A Resource Reservation Protocol for an Integrated Services Network with Mobile Hosts", Wireless Networks, Vol. 7, No. 1, 2001.
- [TER 99] A. Terzis, M. Srivastava and L. Zhang, "A simple QoS signalling protocol for mobile hosts in the integrated services Internet", in Proceedings of the IEEE INFOCOM '99, New York. 1999.
- [TSE 01] C. C. Tseng, G. C. Lee and R. S. Liu, "HMRSVP: A Hierarchical Mobile RSVP Protocol", International Workshop on Wireless Networks and Mobile Computing (WNMC2001), April 2001.