

Chapitre 04:

TCP/ IP dans le sans fil

I. TCP dans les réseaux sans fil

TCP et les réseaux sans fil

Initialement le protocole TCP a été conçu pour faire face aux pertes de paquets liés à la congestion dans les réseaux filaires. Cependant, les études menées sur TCP en environnement sans fil, indiquent une dégradation de performances, par rapport à son fonctionnement en environnement filaire. La dégradation de performance s'explique par différents facteurs :

- Limitation de la bande passante :

Contrairement à un réseau filaire, la largeur de bande disponible est réduite : des débits de 11 à 50 Mbps pour les réseaux locaux sans fil de type 802.11 à comparer avec des débits de 100 Mbps à 1 Gbps pour les réseaux locaux filaires type IEEE 802.3 (Ethernet), et ceux de l'ordre du 10 Gbps pour les fibres optiques des réseaux longue distance.

- Taux d'Erreur Lien

Le taux d'erreurs bits (Bit Error Rate, BER) sur des liaisons sans fil est de l'ordre de 10^{-2} jusqu'à 10^{-3} alors que celui sur des liens filaires se situe entre 10^{-6} et 10^{-12} . Ces erreurs provoquent des destructions de paquets qui empêchent l'émetteur de recevoir un acquittement avant l'expiration du timer de retransmission; celui-ci doit alors, conformément aux procédures de contrôle de congestion, diminuer sa fenêtre et retransmettre car TCP assimile l'altération temporaire à une congestion. Ces altérations sur les liens sans fil peuvent survenir par burst (en rafales) en provoquant plusieurs pertes de paquet sur une période de temps inférieure au temps pour émettre une donnée et recevoir l'acquittement (temps aller/retour).

Notons que dans le cas de réseaux sans fil utilisés en accès d'un réseau longue distance filaire, la perte de paquet au dernier saut sur la liaison sans fil provoque une retransmission de bout en bout, génératrice de trafic supplémentaire sur le lien sans fil, et donc encombrement et source d'erreurs additionnelles.

- Mobilité de l'utilisateur

Quand un mobile se déplace d'une cellule dans une autre, un ensemble d'informations doit être transporté de son ancienne station de base à sa nouvelle station. Cette procédure, nommée Handover, peut provoquer de courtes interruptions de la connectivité. Le protocole de transport TCP assimile ces périodes de déconnexion à des phases de congestion et déclenche inutilement la procédure de contrôle de congestion qui diminue le débit du flux. L'interruption momentanée de la communication peut également être liée à un mobile qui sort de sa zone de portée de transmission ou bien des signaux radio bloqués par des obstacles.

Problèmes de TCP dans les réseaux ad hoc mobiles

Les principales raisons qui entraînent une dégradation de performance dans les réseaux ad hoc proviennent, comme dans les réseaux sans fil, de la qualité du lien sans fil, mais également de la qualité du chemin. Une raison à cette dégradation provient du comportement erroné de TCP qui déduit à tort les pertes de données comme une congestion et diminue inutilement son débit d'émission.

- Pertes de données dans les réseaux ad hoc

Les réseaux ad hoc présentent un taux d'erreurs plus important que celui des réseaux traditionnels en raison du taux d'erreurs (BER) des liaisons sans fil, mais également des pertes liées aux collisions de la couche d'accès au médium, ou encore de problèmes des noeuds cachés.

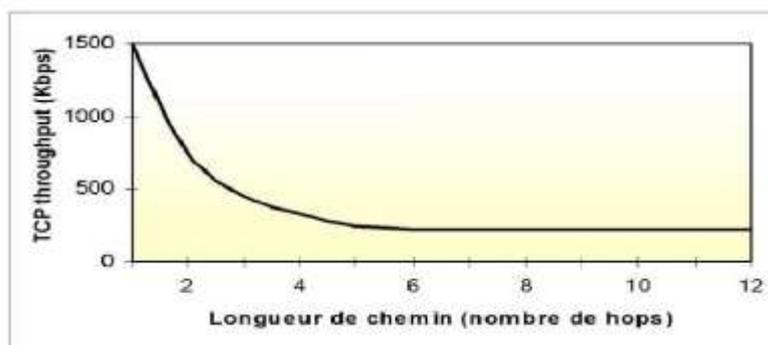
- Coupures de chemin dans les réseaux ad hoc mobiles

La mobilité des noeuds du réseau provoque des modifications de topologie gérées par la couche réseau. Le protocole de routage est en charge du rétablissement du chemin en cas de rupture du chemin courant, en exécutant un processus de rétablissement dont le délai est non négligeable. Celui-ci est fonction du nombre de noeuds dans le réseau, des types de transmission des noeuds, de la topologie courante du réseau, de la bande passante disponible et de la nature du protocole de routage.

Si ce temps de rétablissement est plus grand que la valeur du temps de retransmission, l'émetteur suppose l'apparition d'une congestion dans le réseau et retransmet les paquets perdus. Ces retransmissions peuvent, si le chemin n'a toujours pas été rétabli, mener à un gaspillage de bande passante et de batterie ainsi qu'une augmentation dans le délai d'acheminement de bout en bout. De plus de par le contrôle de congestion, lorsqu'un nouveau chemin aura été mis en place, le débit sera inutilement faible.

- Impact de la longueur du chemin

La possibilité d'une coupure de chemin augmente avec la longueur de celui-ci et lorsque la longueur augmente, le débit de TCP se dégrade comme nous le montrons sur la Figure:



- Comportement asymétrique de liens et de chemins

Les propriétés du canal radio utilisé dans les réseaux ad hoc peuvent mener à l'existence de liens asymétriques entre noeuds. En effet, un paquet est correctement délivré à un noeud dans le sens aller, mais l'acquittement, peut ne pas être reçu dans le sens inverse. Cette impossibilité de réception peut être temporaire, le temps que le canal radio devienne à nouveau bidirectionnel.

Dans les réseaux ad hoc utilisant le protocole d'accès IEEE 802.11, chaque acquittement ACK peut nécessiter un échange de trames RTS-CTS (Request To Send - Clear To Send) qui peut mener à une consommation significative de la bande passante sur le chemin inverse. Si ce dernier est symétrique du chemin aller, ceci entraînera une réduction du débit sur le chemin aller. A noter qu'une coupure de chemin sur un chemin d'acquittement affectera inutilement le protocole.

- Contrôle de flux par fenêtres glissantes

TCP emploie une fenêtre coulissante pour contrôler le flux et éviter des engorgements du récepteur. Dans les réseaux ad hoc, le mécanisme de fenêtre coulissante peut ne pas être adapté, lorsque le protocole d'accès n'est pas équitable. Par exemple, les protocoles d'accès tels que le protocole CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) montrent une iniquité d'accès à court terme, car un noeud qui a capturé le canal a une probabilité plus élevée de le capturer à nouveau. Il a été montré que cette iniquité peut mener à la réception d'un groupe de paquets d'acquittement, qui provoquera un effet de burst sur l'émission de trafic.

II. Réseaux sans fil tout IP

Généralités sur la ToIP

L'avènement des nouvelles technologies de communication a fait naître de nouvelles et nombreuses perspectives pour les utilisateurs que nous sommes. La téléphonie sur IP (ToIP) en fait partie et s'annonce d'ores et déjà comme un des changements majeurs de nos habitudes en matière de télécommunication. Après le succès impressionnant qu'a représenté l'utilisation des emails ou du chat instantané, l'exploitation du réseau avec la ToIP devrait se développer à grande échelle.

1) Historique de la téléphonie sur IP

Le qualificatif IP est aujourd'hui galvaudé (a perdu toute originalité). C'est la conséquence de l'extraordinaire développement de l'Internet ces dix dernières années : à partir d'un protocole de communication, l'IP, et d'un réseau hétéroclite utilisé jusqu'à 1990 presque exclusivement par des scientifiques et des militaires pour des échanges de messages et de fichiers, le plus vaste des réseaux mondiaux de télécommunications fut bâti. Depuis, la qualité en a été améliorée et de très nombreuses nouvelles applications ont été développées.

La téléphonie sur IP (Voice over IP) a fait partie des rêves des premiers internautes. En effet, ce protocole n'était pas fait pour traiter de la voix. Dès le début cependant, des logiciels ont été développés permettant de véhiculer la voix. Les expériences des années 90 n'étaient pas vraiment convaincantes mais les progrès furent rapides : les communications entre internautes purent être réalisées.

Puis, les grands opérateurs de téléphonie se mirent à utiliser l'IP pour les communications sur leurs réseaux "voix" sans même que les clients ne s'en aperçoivent.

Aujourd'hui, la technologie est parfaitement maîtrisée et les progrès sont tels que l'on peut réellement parler de ToIP (Telephony over IP). En effet, non seulement la voix est transportée, mais tous les services classiques de téléphonie peuvent être proposés aux Clients, qu'ils soient particuliers, PME, grandes entreprises, opérateurs,...

Le meilleur exemple de téléphonie IP est Skype.

1) Définition DE LA ToIP

La téléphonie sur IP correspond à la transmission de la voix et des données sur une seule infrastructure IP. L'objectif donc est d'utiliser un réseau existant IP (intranet, LAN, WAN. etc..) qui n'est pas dédié à la téléphonie pour effectuer des conversations vocales grâce au protocole IP. A la différence du réseau RTC qui fonctionne par transmission des signaux sur un réseau de commutation de circuit, la téléphonie sur IP utilise la commutation de paquets. Ainsi le signal numérique obtenu par numérisation de la voix est découpé en paquets qui sont véhiculés sur le réseau IP jusqu'à sa destination, ou une application se chargera de la transformation inverse (paquets vers voix). Au lieu de disposer à la fois d'un réseau téléphonique commuté (RTC) et d'un réseau informatique, l'entreprise peut donc tout fusionner sur un même réseau.

2) définition voip

La voix sur IP, ou « VOIP » pour Voice over IP, est une technique qui permet de communiquer par la voix (ou via des flux multimédia : audio ou vidéo) sur des réseaux compatibles IP, qu'il s'agisse de réseaux privés ou d'Internet, filaire (câble/ADSL/optique) ou non (satellite, Wi-Fi, GSM, UMTS ou LTE). La VoIP concerne le transport de la voix sur un réseau IP. Cette

technologie est complémentaire de la téléphonie sur IP (« ToIP » pour Telephony over Internet Protocol).

a) Concept de la VoIP

La voix subit toutes les transformations détaillées ci-dessous avant d'être transportée par le réseau :

1. **Acquisition du signal:** La première étape consiste naturellement à capter la voix à l'aide d'un micro, qu'il s'agisse de celui d'un téléphone ou d'un micro casque.

2. **Numérisation :** La voix passe alors dans un convertisseur analogique numérique qui réalise deux tâches distinctes :

- Échantillonnage du signal sonore: un prélèvement périodique de ce signal, il s'agit d'enregistrer à des intervalles très rapprochés la valeur d'un signal afin de pouvoir disposer d'un enregistrement proche de la valeur réelle de ce signal.

- quantification, qui consiste à affecter une valeur numérique (en binaire) à chaque échantillon. Plus les échantillons sont codés sur un nombre de bits important, meilleure sera la qualité

3. **Compression :** Le signal une fois numérisé peut être traité par un DSP (Digital

Signal Processor) qui va le compresser, c'est à dire réduire la quantité d'informations nécessaire pour l'exprimer. L'avantage de la compression est de réduire la bande passante nécessaire pour transmettre le signal

4. **Habillage des entêtes:** Les données doivent encore être enrichies en informations avant d'être converties en paquets de données à expédier sur le réseau. Exemple: type de trafic de synchronisation, s'assurer du réassemblage des paquets dans l'ordre

5. **Emission et transport :** Les paquets sont acheminés depuis le point d'émission pour atteindre le point de réception sans qu'un chemin précis soit réservé pour leur transport, en utilisant la fonction de routage du réseau.

6. **Réception :** Lorsque les paquets arrivent à destination, il est essentiel de les replacer dans le bon ordre et assez rapidement. Faute de quoi une dégradation de la voix se fera sentir.

7. **Conversion numérique analogique:** La conversion numérique analogique est l'étape réciproque de l'étape 2.

8. **Restitution :** Dès lors, la voix peut être retranscrite par le hautparleur, du casque, du combiné téléphonique ou de l'ordinateur.

3) LES ARCHITECTURES TOIP

La téléphonie sur IP peut être déployée en entreprise de plusieurs manières, en fonction du degré de convergence désiré et en tenant compte de certaines mesures (budget, équipement, etc.).

a) Architecture de la téléphonie classique d'entreprise

En architecture de la téléphonie classique, l'ensemble des flux voix et signalisation est centralisé au niveau du PABX de chaque site, pendant toute la durée d'une communication. Cette architecture est la plus répandue dans la grande majorité des contextes « entreprises ». Les architectures de téléphonie sur IP qui suivent sont à mettre en parallèle avec le réseau existant afin d'envisager les évolutions à conduire dans le cadre d'une migration vers le déploiement d'une solution full-IP.

b) Architecture VoIP d'entreprise « architecture hybride »

Cette solution présente comme avantage de ne pas remettre en cause l'infrastructure existante tout en bénéficiant des avantages du transport de la voix sur IP pour les communications inter-site. La mise en œuvre de cette solution peut se faire soit par l'ajout d'un boîtier « Voice Gateway » externe au PABX, soit par un recours aux fonctionnalités de Gateway intégrées aux routeurs de nouvelle génération (sous forme de carte). Généralement les fonctionnalités de téléphonie liées aux protocoles de signalisation propre au PABX sont perdues lors du passage par la Voice Gateway. Ce déploiement peut concerner, dans un premier temps, seulement le transport inter-site, et peut constituer la première étape de la migration vers le full-IP.

c) Architecture VoIP d'entreprise « architecture Full-IP »

Plus lourde qu'une solution hybride, l'architecture full-IP présente une migration totale vers la téléphonie sur IP de l'ensemble de l'entreprise, incluant les terminaux téléphoniques utilisateurs. Cette migration s'accompagne de nombreux bénéfices en posant les bases de la convergence entre le système informatique et la téléphonie de l'entreprise.

La Voice Gateway sera la passerelle d'accès vers le RTC, et lors d'une communication inter ou intra-site seuls les flux de signalisation transitent par le Gatekeeper.

L'entreprise peut aussi choisir de diminuer son investissement en choisissant d'externaliser les fonctions « Gatekeeper/Voice Gateway » chez un fournisseur centrex IP. Ainsi l'intelligence sera déportée dans le cœur du réseau. Puisque les échanges avec le Gatekeeper sont limités aux flux de signalisation, l'externalisation n'implique plus, comme précédemment, un transit systématique des flux voix par le site du fournisseur.

Dans le cadre d'une prestation d'intégration globale assurée par un opérateur unique voix/données. Les responsabilités d'un opérateur pourra s'étendre jusqu'à l'utilisateur, en proposant des offres de services entièrement packagée « à la prise ».

5) LES SCÉNARIOS

a) Deux ordinateurs (scénario pc to pc)

Dans ce scénario le but sera de transformer son ordinateur en un poste téléphonique en lui ajoutant une carte son full-duplex pour garantir une conversation simultanée, un micro et un logiciel de voix sur IP compatible. Le correspondant quant à lui, doit disposer des mêmes outils et surtout du même logiciel de téléphonie. A cet instant, le poste numérique, compresse et encapsule les échantillons de voix dans des paquets IP avant de les envoyer sur Internet. L'accès se fait via un fournisseur d'accès à internet IAP/ISP.

Les deux modes de connexion possible pour ce cas sont ainsi :

1. **Connexion directe** En composant l'adresse IP du correspondant. Les deux usagers doivent ainsi fixer un rendez-vous préalable, à moins qu'ils soient connectés en permanence.
2. **Connexion serveur** En sélectionnant le correspondant sur une liste d'usagers en ligne. Si quelqu'un se connecte au réseau, ses coordonnées (email, IP, etc.) sont automatiquement inscrites dans l'annuaire en ligne.

b) Ordinateur à téléphone (scénario PC to Phone)

Dans ce scénario, l'un des usagers dispose d'un ordinateur lui permettant de se connecter à internet via un réseau d'accès et un fournisseur d'accès à internet. Tandis que l'autre usager est un abonné normal d'un réseau téléphonique fixe ou mobile.

Lorsque l'utilisateur (disposant de l'ordinateur) souhaite appeler un correspondant sur un poste téléphonique, il doit d'abord se connecter à internet de manière classique grâce au réseau de voix ISP. Une fois connecté, il utilise le service d'un fournisseur de téléphonie sur internet ITSP

qui opère une "passerelle" permettant d'accéder au plus près du central téléphonique de l'abonné demandé. C'est cette passerelle qui se chargera de l'appel du correspondant et de l'ensemble de la signalisation relative à la communication téléphonique du côté du correspondant demandé.

c) Téléphone à téléphone (phone to phone) via IP

Dans ce cas l'appelant et l'appelé sont tous les deux des abonnés du réseau téléphonique commuté public (RTCP) et utilisent de manière classique leur appareil téléphonique pour la communication vocal.

On peut distinguer deux méthodes pour faire dialoguer deux postes téléphoniques ordinaires via un réseau IP ou internet :

1. En utilisant des passerelles

Dans ce cas, les passerelles ainsi que le réseau IP géré pourraient appartenir à des acteurs différents selon qu'il s'agit:

- D'un usage purement interne de la voix sur IP au sein du réseau d'un opérateur téléphonique unique (usagers A et B ainsi gérés).
- De la fourniture d'un service de voix longue distance par un opérateur longue distance utilisant la technologie de la voix sur IP (les usagers A et B appartenant alors à des réseaux distincts).

2. En utilisant des boîtiers d'adaptation

Pour faire bénéficier de ce service, un certain nombre de sociétés commercialisent des boîtiers ressemblant à des modems et qui s'interpose entre le poste téléphonique de l'utilisateur et son branchement au réseau téléphonique public commuté.

Le correspondant demandeur lance sa requête comme sur un réseau de télécommunication classique. La communication est d'ailleurs établie dans une première phase sur ce réseau mais, aussitôt après, les boîtiers s'échangent les informations nécessaires à la deuxième phase, la communication traditionnelle est alors rompue et les boîtiers établissent, grâce aux informations qu'ils se sont échangées et aux paramètres inscrits, une connexion de chacun des deux correspondants à son fournisseur respectif d'accès à internet. Une fois la communication établie, les boîtiers assurent localement la conversion de la voix en paquets IP pouvant être transporté sur le réseau internet comme illustré ci-dessous.

6) LA DIFFERENCE ENTRE LA TOIP ET LA VOIP

Nous faisons souvent un amalgame entre la téléphonie sur IP et la voix sur IP. Cela est normal, car les deux concepts sont très proches. La nuance réside dans le fait que la VOIP est incluse dans la TOIP.

La VOIP représente seulement la technologie de transport de voix sur le protocole Internet. La TOIP, représente la VOIP en addition de toutes les applications téléphoniques qu'il peut y avoir.

7) LES AVANTAGES DE LA TOIP

-Flexibilité: Les solutions de téléphonie sur IP sont conçues pour assumer une stratégie de migration à faible risque à partir de l'infrastructure existante. La transition de la solution actuelle vers la téléphonie sur IP peut donc s'effectuer en douceur. De plus, la communication par Internet offre la gratuité des communications intersites ainsi qu'une facilité d'intégration des sièges distants. Egalement, les standards ouverts (interopérabilité) permettent de changer de prestataire et d'interconnecter du matériel de fournisseurs différents.

-Réduction des coûts: pour plusieurs raisons, dont l'économie dans le déploiement d'un seul réseau au lieu de deux, donc maintenance et gestion unique. Economie sur les communications internes et intersites,....

Standards ouverts et interopérabilité multifournisseurs

-Choix d'un service opéré: Non seulement l'entreprise peut opérer son réseau privé

VoIP en extension du réseau RTC opérateur, mais l'opérateur lui-même ouvre de nouveaux services de transport VoIP qui simplifient le nombre d'accès locaux à un site et réduit les coûts induits. Le plus souvent les entreprises opérant des réseaux multi-sites louent une liaison privée pour la voix et une pour la donnée, en conservant les connexions RTC d'accès local. Les nouvelles offres VoIP opérateurs permettent outre les accès RTC locaux, de souscrire uniquement le média VoIP intersites.

- **Un réseau voix, vidéo et données (triple Play):** En positionnant la voix comme une application supplémentaire du réseau IP, l'entreprise ne va pas uniquement substituer un transport opérateur RTC à un transport IP, mais simplifier la gestion des trois réseaux (voix, données et vidéo) par ce seul transport. Une simplification de gestion, mais également une mutualisation des efforts financiers vers un seul outil. Concentrer cet effort permet de bénéficier d'un réseau de meilleure qualité, plus facilement évolutif et plus disponible, pourvu que la bande passante du réseau concentrant la voix, la vidéo et les données soit dimensionnée en conséquence.

-Evolution vers un réseau de téléphonie sur IP: La téléphonie sur IP repose totalement sur un transport VoIP. La mise en œuvre de la VoIP offre là une première brique de migration vers la téléphonie sur IP.

8) INCONVENIENTS DE LA TOIP

Même si les bénéfices peuvent être significatifs, les gestionnaires des centres de relations clientèle demeurent préoccupés par la rentabilité, l'interopérabilité et la qualité sonore des différentes solutions IP, En effet lorsqu'on parle de téléphonie IP, quelques problèmes restent à régler. Les principaux inconvénients de la téléphonie IP sont les suivants:

1. Qualité sonore
2. Technologie émergente et constante évolution des normes : La technologie IP n'est pas encore mature: des nouveaux standards de téléphonie IP sont annoncés presque chaque mois.
3. Dépendance de l'infrastructure technologique et support administratif exigeant

III. Mobil IP

Problème de la mobilité IP

Le protocole IP identifie le point d'accès d'un nœud sur l'Internet de manière unique grâce à son adresse IP. Celle-ci se décompose en deux parties :

- le préfixe qui détermine le sous-réseau sur lequel la machine se trouve,
- l'identifiant de la machine sur son sous-réseau.

L'Internet est un réseau de trop grande taille pour que chaque routeur puisse mémoriser une route vers toutes les machines qui y sont attachées. En fait, les routeurs ne stockent que des entrées correspondant à des sous-réseaux, considérant que des algorithmes destinés à des machines ayant le même préfixe seront tous routés de manière identique.

La mobilité introduit un nouveau problème de routage : les mobiles se déplacent d'un sous-réseau IP vers un autre sous-réseau IP, mais ces derniers ont des préfixes différents. Par conséquent, un nœud doit être situé sur le réseau indiqué par son adresse IP afin de pouvoir recevoir les paquets qui lui sont destinés.

Pour qu'un nœud puisse changer de point d'accès sans perdre la possibilité de communiquer, deux mécanismes peuvent être employés :

- le nœud doit changer d'adresse IP à chaque fois qu'il change de point d'accès,
- des chemins spécifiques à l'hôte doivent être propagés dans presque toute la structure de routage de l'Internet. Ces deux alternatives sont souvent inacceptables.

La première ne permet pas à un nœud de conserver des connexions au niveau de la couche transport ou des couches supérieures lorsqu'il change de position.

La seconde pose des problèmes de passage à l'échelle.

Un nouveau mécanisme flexible est nécessaire afin de s'adapter à la mobilité des nœuds sur Internet. Le protocole Mobile IP permet aux nœuds de changer de point d'accès à l'Internet sans changer d'adresse IP.

Les spécifications minimales de la solution recherchée sont les suivantes :

- le déplacement d'un mobile ne doit pas provoquer de coupure des connexions ouvertes,
- l'opération doit être simple à mettre en œuvre et d'un coût raisonnable,
- l'accès aux ressources doit être transparent,
- la solution doit être compatible avec le protocole IP et en particulier avec les algorithmes de routage.

Le support de la mobilité ne doit pas nécessiter la modification de tous les routeurs. Pour pallier à ces inconvénients, différentes techniques peuvent être utilisées telles que la réplique des informations de localisation ou une organisation hiérarchique en régions comme dans IP cellulaire.

Présentation de IP Mobile :

Le protocole IP est de plus en plus souvent présenté comme une solution possible pour résoudre les problèmes posés par les utilisateurs mobiles.

Le protocole IP Mobile peut être utilisé sous la version 4 d'IP, mais le manque potentiel d'adresses complique la gestion de la communication avec le mobile. La version 6 d'IP est utilisée pour son grand nombre d'adresses disponibles, ce qui permet de donner des adresses temporaires aux stations en cours de déplacement.

IP Mobile se base sur un procédé à deux adresses.

Le terminal portable (Mobile Node) possède une adresse IP permanente (home address) correspondant au réseau où il se trouve actuellement (foreign network). Quand le terminal portable se trouve dans son réseau d'attache, les paquets lui sont adressés de manière conventionnelle en utilisant les protocoles de routage Internet. Ce routage se fait de manière triviale puisque le préfixe de l'adresse IP permanente correspond au préfixe du réseau d'attache.

Quand le terminal portable se déplace dans un autre réseau, il obtient une adresse IP temporaire en utilisant, par exemple, le protocole DHCP. A un instant donné, un terminal portable peut avoir plusieurs adresses IP temporaires. Il en choisit une comme étant son adresse primaire (primary address) et l'enregistre auprès d'un agent se trouvant sur son réseau d'attache (Home Agent) au moyen d'un algorithme spécifique (Binding Update). L'agent met à jour sa table de routage et joue alors temporairement le rôle de routeur en redirigeant et en encapsulant les communications vers la nouvelle adresse IP temporaire. Le terminal portable peut alors avertir ses correspondants de sa nouvelle adresse et établir une connexion directe.

Quelques Définitions

Nœud mobile (Mobile Node MN ou hôte mobile MH) : c'est un hôte ou routeur qui change de point d'accès d'un réseau (ou sous-réseau) à un autre. Comme toute machine fixe, un mobile appartient initialement à un réseau sur Internet. Ce réseau, appelé réseau mère (Home Network), affecte son adresse IP au mobile. Un nœud mobile peut changer de position sans changer d'adresse IP.

Home Agent (HA) : c'est le routeur sur le réseau mère d'un mobile, qui envoie les datagrammes dans un tunnel pour les remettre au mobile lorsqu'il visite un autre réseau. Le home agent met à jour les informations concernant la position du mobile.

Foreign Agent (FA) : c'est le routeur sur un réseau visité par le nœud mobile, qui fournit des services de routage au mobile lorsqu'il est enregistré auprès de lui.

Adresse permanente / temporaire (COA) : Un nœud mobile possède une adresse IP permanente (Home Address) sur son réseau mère (Home Network). Lorsqu'il visite un autre réseau (Foreign Network), 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 mère comme adresse source dans tous les datagrammes IP qu'il envoie.

Nœud Correspondant (CN ou CH) : Machine (mobile ou non) qui dialogue avec un mobile.

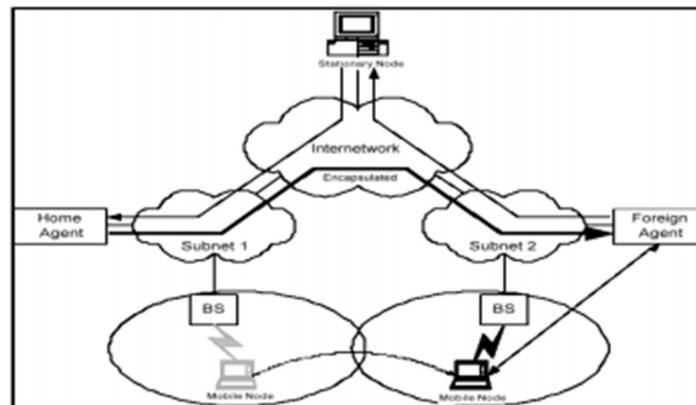
Agent de mobilité « Mobility Agent » : home agent ou le foreign agent.

Fonctionnement du protocole Mobile IP

Principe de base

Un nœud mobile se déplace de réseau en réseau et s'attache à des bases.

Une base implémente des fonctionnalités de niveau 2 du modèle OSI. Elle assure une connectivité de niveau liaison de données et permet l'échange d'informations avec un mobile par un canal sans fil. Quand un correspondant veut envoyer des données à un mobile, il crée un paquet IP ordinaire. L'adresse IP source est celle du correspondant, l'adresse IP destination, celle du mobile sur son réseau mère. Les paquets arrivent donc sur le réseau mère du mobile où ils sont interceptés par le home agent. Celui-ci transmet les paquets vers la position courante du mobile



Les services suivants sont définis pour Mobile IP :

Découverte d'agent (Agent Discovery) : Les foreign agents et les home agents doivent avertir les nœuds mobiles de leur disponibilité d'offrir un service. Un nœud mobile peut envoyer des messages de sollicitation afin de prospecter la présence d'Enregistrement : Quand un nœud mobile est loin de son réseau mère, il enregistre son adresse temporaire «care-of-address» au niveau de son home agent. Le nœud mobile enregistre son adresse temporaire soit directement avec son home agent ou à travers le foreign agent qui envoie l'enregistrement au home agent, cela dépend de la méthode d'attachement du nœud mobile.

Les étapes suivantes expliquent les opérations principales qu'effectue le protocole Mobile IP:

- Les agents de mobilité avertissent de leurs présences les nœuds mobiles via des messages d'annonciation. Un nœud mobile peut solliciter un agent de mobilité à travers un message de sollicitation.

- Un nœud mobile reçoit des messages d'annonciation et détermine s'ils proviennent de son réseau mère ou d'un réseau visité.

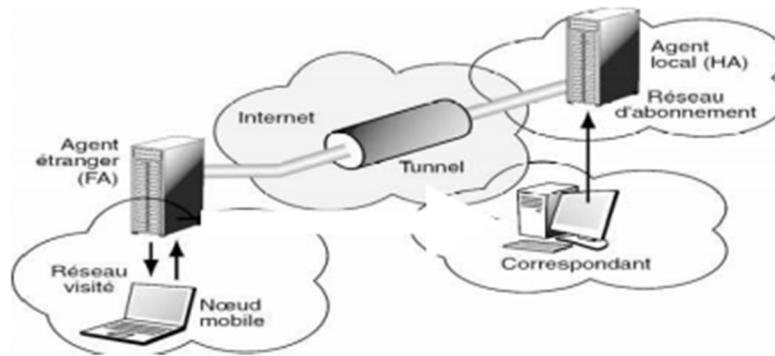
- Quand le nœud mobile détecte qu'il est dans son réseau mère, il n'utilise pas les services de la mobilité.
- Quand un nœud mobile détecte qu'il a changé de localisation vers un autre réseau, il obtient une care-of-address dans son foreign network. L'adresse temporaire peut être déterminée soit à partir du message d'annonce du foreign agent (foreign agent care-of-address) ou par un mécanisme externe d'affectation d'adresses tel que DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).
- Quand le nœud mobile est en dehors de son home network, il doit enregistrer sa nouvelle adresse temporaire au niveau de son home agent en échangeant avec ce dernier des messages de demande d'enregistrement « Registration Request messages » et des messages de réponse d'enregistrement « Registration Reply messages » (possible via un foreign agent).
- Les datagrammes envoyés à l'adresse mère du nœud mobile sont interceptés par son home agent, ensuite envoyés par le home agent à l'adresse temporaire du nœud via un tunnel, arrivés à la fin du tunnel (foreign agent ou le nœud mobile lui-même), ils sont délivrés au nœud mobile.
- Dans la direction inverse, les datagrammes envoyés par le nœud mobile sont généralement délivrés à leur destination en utilisant le mécanisme de routage standard, ils ne passent pas nécessairement par le home agent.

Adresse temporaire et tunneling

Lorsqu'un mobile quitte son réseau mère, Mobile IP utilise le tunnelage « tunneling » pour cacher l'adresse mère du mobile aux routeurs situés entre le réseau mère et le mobile. La fin du tunnel correspond à l'adresse temporaire du mobile. Cette adresse temporaire doit être une adresse à laquelle les datagrammes peuvent être remis par des mécanismes de routage IP classiques. A l'adresse temporaire, le datagramme d'origine est enlevé du tunnel et remis au nœud mobile.

L'adresse temporaire peut être obtenue de deux manières différentes :

- Une "foreign agent care-of address" est une adresse temporaire fournie par un foreign agent grâce aux messages d'annonce. Dans ce cas, l'adresse temporaire est l'adresse IP du foreign agent. C'est donc le foreign agent qui est à l'extrémité du tunnel, lorsqu'il reçoit les datagrammes tunnelés, il les décapsule et remet le datagramme d'origine au mobile. Ce mode d'acquisition d'adresse temporaire est préférable car il permet à de nombreux nœuds mobiles de partager une même adresse temporaire.
- Une "co- located care-of address" est une adresse IP locale, acquise par des moyens externes, que le mobile associe à l'une de ses interfaces réseau. Cette adresse peut être acquise dynamiquement par des mécanismes tels que DHCP, ou peut être possédée par le mobile comme adresse à utiliser dans certains réseaux visités. Lorsque le nœud mobile utilise une co-located care-of address, il se trouve lui-même à l'extrémité du tunnel et décapsule les datagrammes tunnelés jusqu'à lui.



L'architecture de Mobile IP

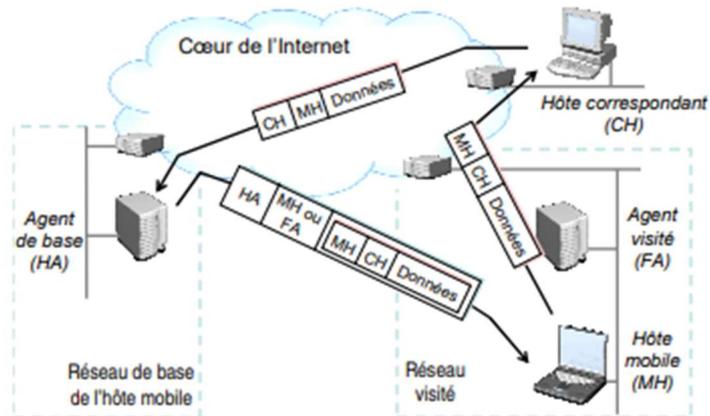
Dans Mobile IP, un hôte mobile a toujours associé une adresse IP de base qui reste inchangée. Celle-ci correspond au sous-réseau d'origine de l'hôte mobile. Quand l'hôte se connecte dans un sous-réseau différent, il dispose d'une adresse temporaire, propre au nouveau point d'attachement. Il continue cependant d'utiliser son adresse IP fixe dans la communication avec ses correspondants. Dans le schéma d'opération présenté dans la figure ci-après, les paquets destinés à l'hôte mobile sont toujours adressés à son adresse de base. Un nœud spécial dans le sous-réseau d'origine, appelé agent mère, intercepte les paquets et les remet à l'emplacement actuel de l'hôte mobile.

L'hôte mobile peut utiliser deux méthodes différentes pour recevoir les paquets qui lui sont adressés pendant qu'il se trouve connecté sur un autre sous-réseau que celui d'origine.

Dans la première, l'hôte mobile reçoit sa propre adresse IP sur le réseau visité, par exemple par un service de configuration automatique comme DHCP.

Chaque paquet reçu dans une première phase par l'agent-mère est empaqueté dans un nouveau datagramme qui est transmis directement à cette adresse. L'hôte mobile reçoit ce datagramme et extrait le paquet original, contenant son adresse de base.

La deuxième méthode est motivée par le fait qu'il est difficile de réserver et gérer d'une manière efficace un espace d'adresses pour les machines mobiles qui visitent un domaine. Mobile IP introduit alors la notion d'agent visité, un autre nœud spécial qui se trouve dans le réseau visité et qui représente l'hôte mobile auprès de son agent-mère. Dans ce cas, les paquets envoyés à l'adresse de base de l'hôte mobile et interceptés par l'agent de base sont encapsulés et retransmis à l'agent visité. Celui-ci récupère les paquets originaux et les remet à l'hôte mobile sur le lien local. Dans le sens inverse, les paquets envoyés par l'hôte mobile à ses correspondants ne passent pas par l'agent-mère du réseau d'origine et sont routés normalement à travers Internet en fonction de leur adresse destination. Parce que les hôtes correspondantes ignorent les mécanismes de Mobile IP, l'hôte mobile doit utiliser son adresse de base comme adresse source de paquets envoyés. Cette différence entre les deux chemins suivis par les paquets reçus et les paquets envoyés par l'hôte mobile s'appelle *roulage triangulaire*.



IP Cellulaire :

Le protocole IP cellulaire fonctionne en mode paquet, ce qui le démarque des autres réseaux cellulaires publics, tels le GSM, l'UMTS ou le CDMA2000, dont les interfaces radio sont majoritairement en mode circuit.

Rappelons que le mode circuit n'est guère employé que pour le transport de la voix téléphonique, toutes les autres applications relevant du mode paquet.

L'autre avantage d'IP cellulaire est évidemment l'universalité du protocole IP, dont les infrastructures sont répandues dans le monde entier.

IP cellulaire est complémentaire d'IP Mobile, étant dévolues à la macromobilité. La macromobilité désigne la possibilité pour un utilisateur mobile de quitter son réseau d'abonnement pour se rendre dans un autre domaine du réseau IP. Lors de son arrivée dans ce nouveau domaine, l'utilisateur s'approprie une adresse temporaire puis s'assure de l'exécution de son enregistrement auprès de l'agent local de sa zone d'abonnement. Une fois ces formalités remplies, l'utilisateur est en mesure de poursuivre ses déplacements dans le domaine visité. Le fait de demander une adresse temporaire et de procéder à un enregistrement chez un agent local, situé parfois très loin du réseau visité, ne sont toutefois pas sans générer un temps de latence, dû en partie à l'échange de nombreux messages de signalisation. IP cellulaire n'intervient que sur le réseau d'accès, une zone au-delà de laquelle il devient inopérant. De la sorte, aucun routeur du réseau cœur n'a conscience de l'existence d'IP cellulaire. Le fait que les routeurs ne voient pas IP cellulaire rend le système peu coûteux à l'installation puisqu'il n'est pas nécessaire d'installer ou de changer ces routeurs pour intégrer IP cellulaire. Le réseau d'accès d'IP cellulaire contient des stations de base, qui peuvent à la fois couvrir des microcellules, comme dans le GSM, et des picocellules, desservies par de petites antennes installées dans des espaces privés. Cette souplesse de fonctionnement doit beaucoup à la méthode IP. Grâce à lui, les stations de base héritent d'une méthode de transmission sur l'interface radio complètement indépendante des opérations liées au routage et à la gestion de la mobilité