

## 2

### IP SUPORTANDO MOBILIDADE - Mobile IP

A Request For Comments 3220 [7] especifica o protocolo que permite o roteamento com transparência de datagramas IP para a estação móvel com acesso à Internet no meio wireless. Cada estação móvel é sempre identificada pelo seu endereço de origem (Home Address), independente do atual ponto de conexão que estabeleceu o acesso à Internet no meio wireless. Na situação em que a estação móvel encontra-se fora da sua rede de origem, um “endereço temporário” (Care of Address - CoA) também é associado a esta estação. Este endereço adicional (CoA) é utilizado para identificar o atual ponto de conexão que permitiu esse acesso, ou seja, o roteador da rede estrangeira (Foreign Agent - FA). Este protocolo também é responsável pelo registro do Care of Address com o Agente de Origem (Home Agent - HA). De maneira simplificada, pode-se explicar o processo de roteamento de datagramas da seguinte maneira: o Agente de Origem de uma determinada estação móvel “intercepta” os datagramas IP destinados a essa estação e então envia esses datagramas para o endereço IP do Agente Estrangeiro, CoA, que está dando suporte a mobilidade daquela estação. Esse redirecionamento de datagramas IP do HA para o FA é feito através de um “túnel virtual”, isto é simplesmente o encapsulamento de pacote IP por outro pacote IP. Após a chegada desse datagrama na outra extremidade do túnel, ele é desencapsulado e entregue a estação móvel desejada.

Este capítulo é dividido em duas partes distintas. A primeira descreve o funcionamento do protocolo Mobile IP e a segunda descreve os serviços que serão utilizados nas próximas gerações dos sistemas celulares, onde o protocolo Mobile IP se enquadra. Esta última parte (última seção do capítulo) é meramente informativa, já que esta seção não tem tanta importância quanto a primeira parte.

## 2.1. Exigências do protocolo e aplicabilidade

O **Internet Protocol version 4 (IPv4)** assume que cada estação fixa tem um endereço IP único que identifica o ponto de conexão desta estação para o acesso à Internet [7]. Por esta razão, a estação precisa estar localizada na rede indicada pelo endereço IP, para que os datagramas sejam enviados com sucesso para a estação desejada. Mas a introdução de mobilidade à estação torna o padrão de endereçamento do Internet Protocol inadequado para o sistema de endereçamento desse novo cenário. Eis o porquê dessa afirmação: cada endereço IP contém três campos: classe, o número de rede e o número da estação. Por exemplo, considere uma estação móvel com endereço IP 160.80.40.20 e operando no padrão de roteamento IP. O primeiro par 160.80 fornece a informação do tipo de classe do endereço IP e o número de rede, para este exemplo foi dado um endereço IP da classe B. Já o par 40.20 faz referência ao número da estação.

Todos os roteadores, ao receberem datagramas destinados ao IP 160.80.xx.yy, consultarão a sua tabela de roteamento para descobrir quais rotas deverão ser seguidas. Se, subitamente, a estação em questão for deslocada para uma nova rede, os datagramas destinados a esta estação continuarão a ser roteados para sua WLAN de origem e o usuário desta estação móvel não receberá mais serviços oferecidos pelo seu provedor. O fornecimento de um novo endereço IP para a estação móvel que corresponde a sua nova localidade não é muito interessante, pois muitas estações (usuários), bancos de dados e etc teriam de ser informados a respeito da alteração. Outra estratégia seria fazer com que os roteadores utilizassem todos os campos do endereço IP para o roteamento, em vez de apenas a classe e a rede. Entretanto, isso poderia exigir que cada roteador tivesse milhões de entradas nas suas tabelas de roteamento, que é uma solução inviável [2].

Pelos motivos mencionados acima, é necessária a utilização de um novo protocolo que defina um mecanismo que permita a cada estação móvel comunicar-se com outra estação (fixa ou móvel) após a mudança do ponto de conexão que permite o acesso à Internet no meio wireless, sem mudar o endereço IP. Outra importante exigência é que todas mensagens enviadas para outras estações, informando sobre a atual posição do nó móvel, precisam ser autenticadas

para proteger os usuários contra ataques de “intrusos”. Outra exigência também importante é minimizar o número e o tamanho das mensagens de controle, pois as estações móveis são geralmente portáteis e o consumo de energia torna-se um fator importante.

Este protocolo assume que a estação móvel geralmente não muda de ponto de conexão de acesso à Internet mais do que uma vez por segundo.

O Mobile IP torna possível que uma estação móvel movimente-se de uma subnet IP para outra, ou seja, de um segmento Ethernet/WLAN para outro (mobilidade Homogênea), bem como de um segmento Ethernet para uma WLAN (mobilidade heterogênea) ou vice-versa. Após a mudança de segmento de rede o endereço IP da estação móvel continua o mesmo de antes do movimento.

## 2.2. Arquitetura de rede para o Mobile IP

Nesta seção serão definidos os elementos que fazem parte da estrutura da rede do Mobile IP [7, 8] e os termos que serão freqüentemente empregados ao longo deste trabalho. A figura 1 ilustra esta arquitetura de rede.

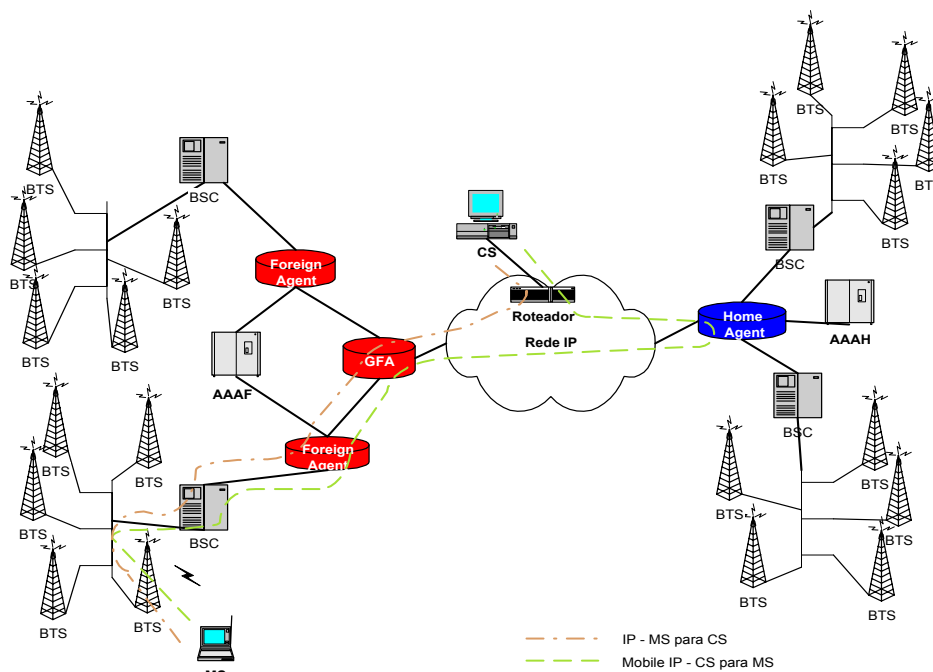


Figura 1 - Arquitetura de Rede para o Mobile IP.

Nesta figura será considerado que cada rede estrangeira é um domínio administrativo que contém somente um **Gateway (Gateway Foreign Agent)** por

domínio e dois Agentes Estrangeiros (FAs), os quais são responsáveis pela “acomodação” da estação móvel na rede estrangeira.

### **Estação Móvel (Mobile Station - MS)**

É um host que pode mudar de ponto de conexão de uma rede (ou subrede) para outra sem mudar seu endereço IP, sendo possível comunicar-se com outras estações fixas ou móveis usando este endereço IP fixo. Em muitos artigos sobre Mobile IP esses hosts são denominados nós móveis, mas por questão de padronização de terminologia e clareza deste trabalho será adotado o termo estação móvel.

### **Agente de Origem (Home Agent - HA )**

É um roteador presente na rede de origem da estação móvel responsável pelo tunelamento de datagramas a serem entregues a estação móvel quando esta está distante da rede de origem. Este agente precisa manter as informações de localizações das estações móveis sempre atualizada para que a entrega seja realizada com sucesso.

### **Agente Estrangeiro (Foreign Agent - FA)**

É o roteador da rede visitada pela estação móvel responsável pelo roteamento dos datagramas de serviços para esta estação enquanto ela permanece registrada no novo domínio. Este agente recebe os datagramas através do túnel criado pelo Agente de Origem da estação móvel, desencapsula-os e entrega estes datagramas para esta estação.

### **Agente de Mobilidade**

Termo empregado para fazer referência aos Agentes de Origem e Estrangeiro.

### **Estação Correspondente (Correspondent Station - CS)**

A estação correspondente pode ser qualquer estação móvel ou fixa com o qual a estação móvel comunica-se.

**Estações Bases Transceptoras (BTS)**

São equipamentos rádios transmissores e receptores.

**Estação Base Controladora (BSC)**

Responsável pelo controle das operações das várias BTSs ligadas a ela e pela função de processamento de sinais.

**Rede Estrangeira (Foreign Network)**

Qualquer rede que não seja a rede de origem da estação móvel.

**Rede de Origem (Home Network)**

Rede de origem da estação móvel.

**Gateway Foreign Agent (GFA)**

É o Gateway do Agente Estrangeiro que tem seu endereço IP publicamente roteado. Normalmente é colocado próximo do Firewall.

**Authentication, Authorization and Accounting server (AAAF, AAAH)**

É o servidor local responsável pelo processo de autenticação e autorização da identidade da estação móvel. Quando for citado o servidor da rede estrangeira responsável por este processo, será empregado o termo AAAF ao passo que o termo AAAH será empregado para o servidor que desempenha a mesma tarefa na rede de origem.

**Endereço de Origem (Home Address)**

É o endereço IP designado a uma estação móvel por um determinado período de tempo. Este endereço permanece fixo mesmo quando a estação muda de ponto de conexão desde que o tempo mencionado acima não expire.

**Care of Address (CoA)**

É o endereço do ponto final do túnel direcionado a estação móvel quando esta estação encontra-se na rede estrangeira. Este endereço é variável sendo modificado cada vez que a estação móvel troca de Agente Estrangeiro. O protocolo em estudo pode utilizar dois tipos diferentes de CoA:

- O endereço IP do Agente Estrangeiro (FA) no qual a estação móvel está registrada. Este agente será o ponto final do túnel e caberá a ele receber os datagramas encapsulados, desencapsular estes e entregá-los a estação móvel. Esse tipo de endereço “temporário” é preferido, pois permite que várias estações móveis compartilhem o mesmo CoA, tornando-se uma boa solução para o já limitado espaço do IPv4.
- Outro tipo de CoA é o *Co-located Care-of Address*, endereço IP local obtido pela estação móvel através de algum meio externo tal como DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). Neste caso a própria estação é o ponto final do túnel e será responsável pelo desencapsulamento dos datagramas. Embora a vantagem deste tipo de CoA é permitir que a estação móvel funcione em uma região em que ainda não há um Agente Estrangeiro (FA), a sua desvantagem é a “sobrecarga” dos endereços IPv4.

### **Mobility Binding**

É associação do endereço IP de origem da estação móvel (Home Address) com o CoA durante um determinado período de tempo especificado no processo de registro da estação móvel.

### **Domínio**

Conjunto de redes que compartilham uma mesma administração.

### **Domínio de Origem**

Domínio da rede de origem e do agente de origem.

### **Domínio Visitado**

Domínio da rede visitada, onde estão localizados o GFA e o Agente Estrangeiro que estão fornecendo conectividade as estações móveis.

### 2.3. Anúncio dos Agentes de Mobilidade

Os Agentes de Mobilidade anunciam por meio do envio de mensagens sobre cada enlace de rádio a sua disponibilidade. Os anúncios desses agentes ocupam alguns dos campos da mensagem Internet Control Message Protocol (ICMP) transmitida pelo roteador (HA e FA).

Esse anúncio pode ser enviado periodicamente em um intervalo de tempo menor que um terço do valor do campo Lifetime definido na mensagem de anúncio. Embora este campo seja apresentado mais adiante nesta mesma seção, será antecipada a definição deste campo: tempo máximo em que a mensagem de anúncio é considerada válida. Esse intervalo é recomendado para permitir que uma estação móvel “escute” pelo menos três vezes consecutivas o anúncio do agente antes de deletá-lo de sua lista de agentes. Também é possível que a estação móvel receba a mensagem de anúncio de agente após o envio de uma solicitação de agente (Agent Solicitation). A taxa na qual esta estação envia solicitações deve ser limitada para reduzir o overhead sobre o canal. A cada nova procura por Agente de Mobilidade uma estação móvel pode enviar três solicitações iniciais a uma taxa máxima de uma solicitação por segundo enquanto procura por um agente. Após três segundos de procura, a taxa de envio de solicitações precisa ser reduzida a fim de conseguir a redução do overhead sobre o canal. Portanto, as solicitações subsequentes são enviadas usando o mecanismo de backoff exponencial binário, ou seja, dobra-se o intervalo entre solicitações consecutivas até atingir um intervalo máximo. Tal intervalo é escolhido adequadamente baseando-se na média de solicitações da estação e deve ser no mínimo de uma solicitação por minuto.

A mensagem de anúncio ICMP exige que os endereços de destino dos campos das camadas de enlace e de rede (campo IP) sejam configurados da seguinte maneira:

**Campo do endereço de destino da camada de enlace:** este campo deve ser configurado com o endereço de origem da camada de enlace que enviou a solicitação de agente.

**Campo do endereço de destino da camada de rede:** este campo admite três tipos de endereços IP: multicast, broadcast ou unicast (endereço IP de origem da estação móvel).

A figura 2 abaixo ilustra os formatos dos campos da mensagem de anúncio do roteador ICMP e em seguida são definidos os campos mais importantes dessa mensagem.

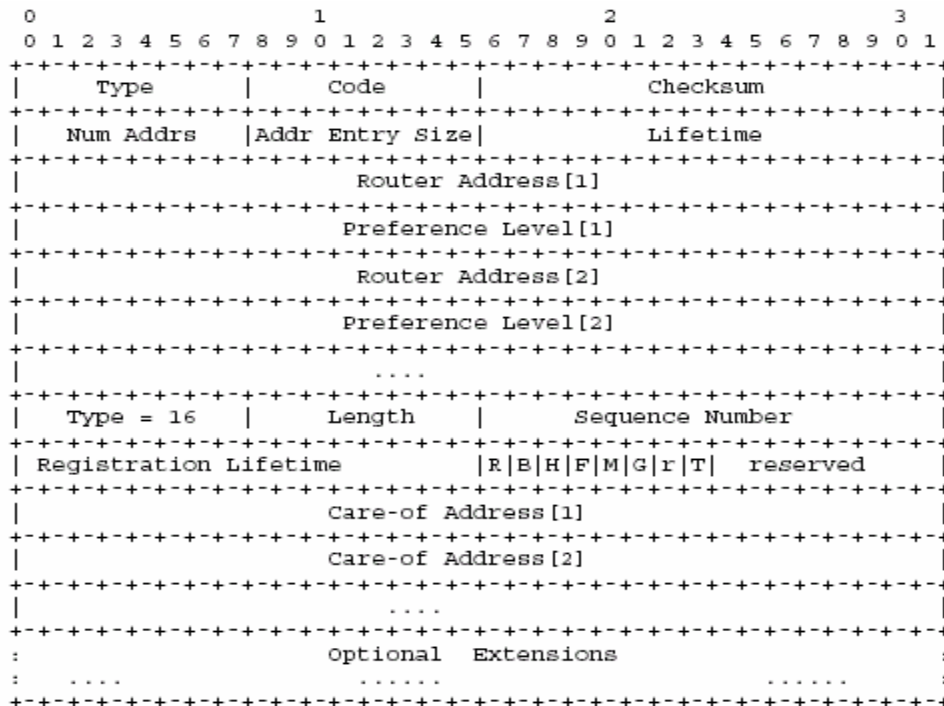


Figura 2 - Formato dos campos da mensagem de anúncio dos Agentes de Mobilidade.

**Code:** Este campo contém dois códigos. O valor “0” indica que o Agente de Mobilidade controla o tráfego de datagramas de qualquer rede IP, não somente relacionada a uma WLAN. Já o valor “16” indica que este agente é específico para o controle do tráfego da rede WLAN.

**Num Adrs:** Indica a quantidade numérica dos roteadores anunciados nesta mensagem.

**Lifetime:** Tempo máximo no qual o anúncio é considerado válido.

**Router Address:** Se os endereços dos campos Router Address e Care of Address (CoA) são os mesmos isso significa que os endereços anunciados são os



endereços IP dos Agentes Estrangeiros (FAs). Cada um dos endereços dos campos Router Address e Care of Address dizem respeito a quantidade de roteadores dentro de uma topologia hierárquica de roteadores. Caso sejam diferentes, as estações móveis entenderão que o campo Care of Address contém os Co-located Care of Address oferecidos e os campos Router Address seriam os endereços dos roteadores para quais as estações móveis deveriam enviar suas mensagens de solicitação de registro.

Os demais campos referem-se aos Agentes de Mobilidade que estão sendo anunciados.

**Type:** 16 (não há maiores informações quanto este campo).

**Length:** A quantidade de bytes contida neste campo é dada pela seguinte expressão  $(6 + 4 N)$ . O valor 6 dessa expressão refere-se a soma dos bytes dos seguintes campos: Sequence Number (2 bytes), Registration Lifetime (2 bytes), flags (2 bytes). Já a variável N está relacionada ao número de CoAs anunciados.

**Sequence Number:** Conta o número de mensagens de anúncio de agentes enviadas desde que o agente foi iniciado.

**Registration Lifetime:** Indica a quantidade de segundos em que o agente está disposto a aceitar qualquer Solicitação de Registro. Este campo não tem relação com o campo Lifetime.

**R:** Se o flag 'R' é adicionado, o agente de mobilidade exige que a estação faça um registro com ele ou outro agente.

**B:** Se o flag 'B' é adicionado, o Agente Estrangeiro (FA) anuncia que não aceitará mais nenhum registro de novas estações móveis que cheguem naquela determinada área de cobertura. Mesmo que este não possa mais aceitar nenhum tipo de registro adicional, ele deve anunciar essa situação continuamente, pois as estações móveis sob seu domínio precisam saber se o seu agente ainda está funcionando.

**H:** Se o flag 'H' é adicionado, o agente oferece serviços a estação móvel como se fosse um Agente de Origem (HA).

**F:** Se o flag 'F' é adicionado, o agente oferece serviço a estação móvel como se fosse um Agente Estrangeiro (FA).

**M:** Se o flag 'M' é adicionado, o agente anuncia que poderá receber datagramas IP com o mínimo de encapsulamento.

**G:** Se o bit 'G' é adicionado, o agente anuncia que poderá receber datagramas IP que usam o encapsulamento GRE (Generic Routing Encapsulation).

**r:** Esse flag é enviado com bit '0' e seu campo será ignorado na recepção.

**T:** Se o flag 'T' é adicionado, o agente anuncia o suporte de tunelamento de datagramas IP no sentido reverso.

**I:** Se o flag 'I' é adicionado, o agente anuncia que este domínio suporta o Registro Regional. Neste tipo de registro o Agente de Origem (HA) da estação móvel não será informado sobre as mudanças de CoAs no domínio visitado

**Care of Address:** Esses campos são reservados aos anúncios dos endereços Care of Address oferecidos às estações móveis. A existência de mais de um CoA esta relacionada a quantidade de roteadores (FA) dentro de uma topologia hierárquica de roteadores.

## 2.4.

### **Síntese do funcionamento do protocolo Mobile IP**

A estação móvel (MS) recebe um endereço IP na rede de origem cujo gerenciamento é realizado da mesma forma como no host fixo enquanto este permanece nessa rede. Contudo, ao mudar de domínio de rede, antes que seu endereço IP expire, todos os datagramas IP destinados a essa estação devem ser enviados para esse endereço IP. A partir desse ponto, o gerenciamento dessa

estação é executado de maneira diferente de um host fixo, como será explicado nos próximos parágrafos e seções.

Quando a estação móvel está localizada em uma rede estrangeira é associado ao seu endereço de origem um outro endereço, Care of Address, que deve ser registrado com o Agente de Origem. Dependendo do método empregado para prover conexão, a estação móvel poderá registrar-se diretamente com o Agente de Origem (HA) caso esteja usando o Co-located Care of Address ou por meio do Agente Estrangeiro (FA) o qual redirecionará a solicitação de registro para o Agente de Origem (HA) da estação móvel. Neste último caso, a estação móvel está usando o endereço IP do Agente Estrangeiro (FA) como CoA.

Agora será descrito passo a passo como o protocolo Mobile IP funciona. Esses passos podem ser acompanhados olhando a figura 3.

**1º. passo:** Qualquer que seja a posição da estação móvel (MS), ela pode solicitar uma mensagem de anúncio de agente (**Agent Advertisement**) através da mensagem de Solicitação de Agente (Agent Solicitation) bem como receber esta mensagem sem que seja preciso solicitar que um determinado agente anuncie a sua presença.

**2º.passo:** Após o recebimento da mensagem solicitada, a estação móvel (MS) determina se esta mensagem provém da rede de origem ou da estrangeira.

**3º.passo:** Neste passo há duas possibilidades:

- Quando a estação móvel (MS) detecta que está localizada na rede de origem, ele opera de forma “similar” a um host fixo. Se esta estação está retornando a rede de origem é preciso que este desfaça a(s) associação(ões) do endereço de origem (Home Address) com CoA(s), através da troca de mensagens de registro com o seu Agente de Origem (HA).
- Quando a estação móvel (MS) detecta que a mensagem por ela solicitada provém de uma rede estrangeira, é associado ao endereço de origem um novo endereço, CoA.

**4º.passo:** A estação móvel (MS) faz registro do CoA diretamente com o Agente de Origem (HA) ou possivelmente via Agente Estrangeiro (FA) através da

troca de mensagens de registro. Se o registro for negado a essa estação, esta precisa recomençar todo o processo novamente. Caso o registro seja concedido essa estação está apta para executar o 5º. e último passo.

**5º.passo:** Compreende a troca de mensagens entre duas estações.

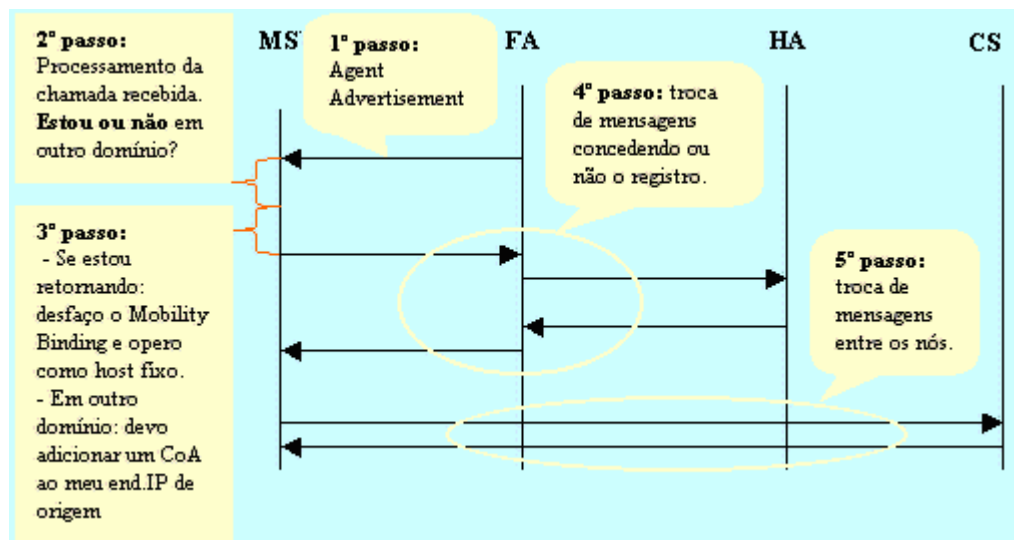


Figura 3 - Síntese do funcionamento do Protocolo Mobile IP.

Os datagramas IP enviados para o endereço de origem da estação móvel são “interceptados” pelo Agente de Origem (HA) que então faz o tunelamento destes datagramas e envia para o CoA da estação móvel. No ponto final do túnel (um Agente Estrangeiro ou a própria estação móvel) os pacotes são desencapsulados e entregues a essa estação móvel.

Na direção reversa os datagramas enviados pela estação móvel a uma estação fixa são geralmente entregues ao seu destino usando o padrão de roteamento IP. Os datagramas não necessariamente passam pelo Agente de Origem da estação móvel, como é demonstrado na figura 1.

Nas próximas seções será detalhado o funcionamento desse protocolo, apresentando o processo de Registro da estação móvel durante o processo de handoff dessa estação.

## 2.5. Registro utilizando o protocolo Mobile IP

O Mobile IP fornece um mecanismo flexível para executar o processo de registro da estação móvel (MS) com o seu Agente de Origem (HA). São definidos dois diferentes procedimentos de registro, um via Agente Estrangeiro (FA) que retransmite a mensagem de registro para o Agente de Origem (HA) e no outro procedimento o registro é executado diretamente com o Agente de Origem (HA) da estação móvel. Em ambos os procedimentos as informações contidas nas mensagens de registro entre uma estação móvel (MS), Agente Estrangeiro (FA) e o Agente de Origem (HA) são utilizadas para criar ou modificar o Mobility Binding existente no Agente de Origem.

Veja em seguida as circunstâncias nas quais cada procedimento é empregado.

Agente Estrangeiro (FA) retransmite o registro para o Agente de Origem (HA) quando:

- A estação móvel recebe um CoA que é o endereço IP do Agente Estrangeiro (FA);
- A estação móvel está usando o endereço IP local dado por um meio externo tal como DHCP e recebe uma mensagem de um agente anunciante que é um Agente Estrangeiro (FA).

Registro executado diretamente com Agente de Origem quando:

- A estação móvel recebe um endereço IP local dado por um meio externo;
- A estação móvel retorna a rede de origem, neste caso é preciso que o HA desfaça o Mobility Binding para esta estação.

Ambos os procedimentos de registro envolvem as trocas de mensagens de solicitação (Registration Request) e resposta de registro (Registration Reply). Desconsiderando o processo de autenticação das estações móveis durante o processo de handoff das mesmas, o registro via Agente Estrangeiro (FA) exige a troca de quatro mensagens:

- A estação móvel envia a Solicitação de Registro para o Agente Estrangeiro;
- O Agente Estrangeiro (FA) recebe e processa esta solicitação e então retransmite para Agente de Origem (HA);
- O Agente de Origem (HA) por sua vez processa a solicitação recebida e envia uma resposta para o Agente Estrangeiro (FA) aceitando ou rejeitando a solicitação;
- Após o processamento da Resposta de Registro pelo Agente Estrangeiro (FA) esta é enviada para a estação móvel.

Novamente se for desconsiderado o processo de autenticação, a estação móvel registra-se diretamente com o Agente de Origem (HA) utilizando apenas duas mensagens. São elas:

- A estação móvel envia uma Solicitação de Registro para o Agente de Origem (HA);
- O Agente de Origem (HA) processa a solicitação e envia uma Resposta de Registro para esta estação aceitando ou não a solicitação.

As mensagens de registro, solicitação e resposta de registro usam o **User Datagram Protocol (UDP)**. O cabeçalho UDP é seguido pelos campos do Mobile IP os quais serão comentados nas duas próximas seções.

### **2.5.1. Mensagem de solicitação de registro**

A estação móvel registra-se com o seu Agente de Origem (HA) usando a mensagem de Solicitação de Registro (Registration Request) [7, 8]. Esta solicitação pode ser transmitida para o Agente de Origem (HA) por meio do Agente Estrangeiro (FA) ou diretamente para o Agente de Origem (HA) como já foi descrito na seção anterior.

#### **Campo IP:**

- *Endereço de origem:* Endereço IP da interface da qual a mensagem é enviada.

- *Endereço de Destino*: Normalmente é o endereço IP do Agente Estrangeiro ou de Origem.

### **Campo UDP:**

- *Porta de origem*: Valor variável.
- *Porta de destino*: 434

A figura 4 ilustra o formato dos campos do Mobile IP para mensagem de **Solicitação de Registro**.

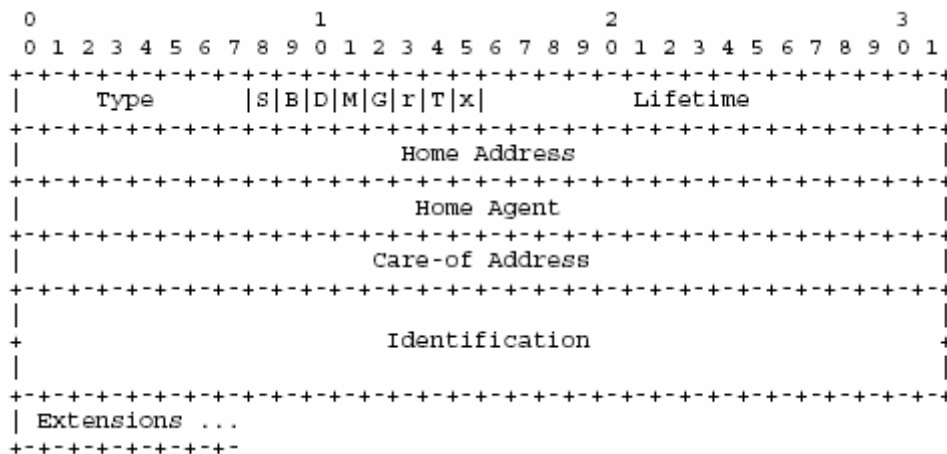


Figura 4 - Formato dos campos da mensagem Solicitação de Registro.

**Type:** Este campo indica qual o tipo de mensagem de registro está sendo transmitida. O valor 1 indica que se trata de uma mensagem de Solicitação de Registro.

**S:** Se o bit ‘S’ é adicionado, a estação móvel exige que o Agente de Origem (HA) mantenha preservada a sua lista de associações do endereço IP fixo com os correspondentes CoAs. Caso este bit não seja adicionado, esse agente deletará essas associações e substituirá pela nova associação em progresso neste novo registro. Essa múltipla associação permite a estação móvel receber múltiplas cópias de datagramas IP destinados a ela pois o Agente de Origem fará o tunelamento desses datagramas para todas associações que contenham seu endereço IP de origem.

**B:** Se o bit ‘B’ é adicionado, a estação móvel solicita que o Agente de Origem (HA) faça o tunelamento de qualquer datagrama que chegue na sua rede de origem.

**D:** Se o bit 'D' é adicionado, a estação móvel indica que ela mesma fará o desencapsulamento dos datagramas enviados para o seu CoA. Neste caso, o bit 'D' indica que a estação móvel recebeu um endereço IP local dado por um agente externo, Co-located Care-of Address. A ausência desse bit indica que a estação móvel opera com endereço IP do Agente Estrangeiro. Neste último caso, o Agente Estrangeiro irá desencapsular os datagramas antes de direcionar a estação móvel.

**M:** Se o bit 'M' é adicionado, a estação móvel exige que o Agente de Origem use o mínimo de encapsulamento nos datagramas enviados a ela.

**G:** Se o bit 'G' é adicionado, a estação móvel exige que no datagrama de resposta enviado a ela seja usado o encapsulamento GRE.

**r:** Esse flag é enviado com bit '0' e seu campo será ignorado na recepção.

**T:** Se o flag 'T' é adicionado, a estação móvel informa e exige que os seus datagramas enviados no sentido reverso sejam transmitidos através do túnel entre os Agentes de Mobilidade.

**x:** Esse flag é enviado com bit '0' e seu campo será ignorado na recepção.

**Lifetime:** Este campo indica o tempo restante em segundos antes de um registro expirar. O valor zero indica que o agente de origem deva desfazer as associações entre o endereço IP de origem e o CoA.

**Home Address:** Este campo indica o endereço IP da estação móvel.

**Home Agent:** Este campo indica o endereço IP do Agente de Origem da estação móvel.

**Care-of Address:** Este campo indica o endereço IP do final do túnel.



**Identification:** Este campo contém um número de 64 bits que é usado para relacionar as mensagens de Solicitação e Resposta de Registro e proteger contra ataques de mensagens de falsos registros.

**Extensions:** Após a porção fixa desse cabeçalho uma ou mais extensões são introduzidas com objetivo de fornecer informações adicionais sobre os parâmetros de segurança que serão utilizados durante esse processo de registro.

Através das informações contidas no campo Extension, a estação móvel e o Agente de Origem concordam sobre quais parâmetros de segurança deverão ser adotados, entre eles o tipo de proteção que será empregada no campo Identification. Atualmente existem dois tipos de proteções para esse campo, o **Timestamp** e **Nonces**. Qualquer que seja a proteção definida cada nova mensagem de Solicitação de Registro deverá ter o seu campo Identification um valor diferente da solicitação anterior e não aceitará um mesmo valor para este campo enquanto está sob o mesmo contexto de segurança.

Na proteção Timestamp a estação móvel (MS) insere a informação da hora atual no campo Identification da mensagem de Solicitação de Registro e então redireciona esta para o Agente de Origem (HA). Após o recebimento dessa mensagem por esse agente, este precisa verificar se a hora contida no campo Identification dessa mensagem está bem próxima da hora registrada no seu temporizador, pois ambas entidades devem estar sincronizadas. Caso haja proximidade nos tempos verificados o Agente de Origem (HA) copia o campo Identification da mensagem recebida para o correspondente campo da mensagem de Resposta de Registro e então a transmite. Se houver uma diferença nos valores comparados por uma grandeza maior que a definida durante o acordo dos parâmetros a serem adotados por essas entidades, o Agente de Origem (HA) copia os 32 bits de ordem mais baixa do campo Identification da mensagem de Solicitação para os 32 bits correspondentes da mensagem de Resposta de Registro. Além disso, ele deve colocar nos 32 bits de mais alta ordem a hora atual registrada por seu temporizador naquele exato instante no intuito de auxiliar o sincronismo da estação móvel. Nesta última situação o registro será negado.

Na proteção Nonces a estação móvel (MS) insere um novo número aleatório que ocupa os 32 bits de mais baixa ordem do campo Identification da mensagem

de Solicitação de Registro. Esta é enviada ao seu Agente de Origem (HA) que então copia esses 32 bits para os 32 bits de baixa ordem correspondente à mensagem de Resposta de Registro. Os 32 bits restantes (mais alta ordem) são produzidos aleatoriamente pelo Agente de Origem (HA). Portanto, ao receber uma Resposta de Registro a estação poderá verificar se os seus 32 bits fazem parte dessa mensagem e salvar os 32 bits de mais alta ordem para a próxima solicitação. No outro lado da rede, o Agente de Origem (HA) poderá checar a mensagem de Solicitação verificando os seus 32 bits e salvar os 32 bits da estação móvel para autenticar a Resposta de Registro. A cada nova mensagem de Solicitação e Resposta de Registro novos bits aleatórios são gerados.

### **2.5.2. Mensagem de resposta de registro**

A mensagem de Resposta de Registro (Registration Reply) [7, 8] é enviada para a estação móvel informando sobre o status da Solicitação de Registro.

#### **Campo IP:**

- *Endereço de Origem:* É o endereço de destino do campo IP da mensagem de Solicitação de Registro.
- *Endereço de Destino:* É o endereço de origem do campo IP da mensagem de Solicitação de Registro.

#### **Campo UDP:**

- *Porta de Origem:* O valor desta porta é cópia do valor da porta de destino do campo UDP da mensagem de Solicitação de Registro.
- *Porta de Destino:* O valor desta porta é cópia do valor da porta de origem do campo UDP da mensagem de Solicitação de Registro.

A figura 5 ilustra o formato dos campos do Mobile IP para mensagem de **Resposta de Registro**.

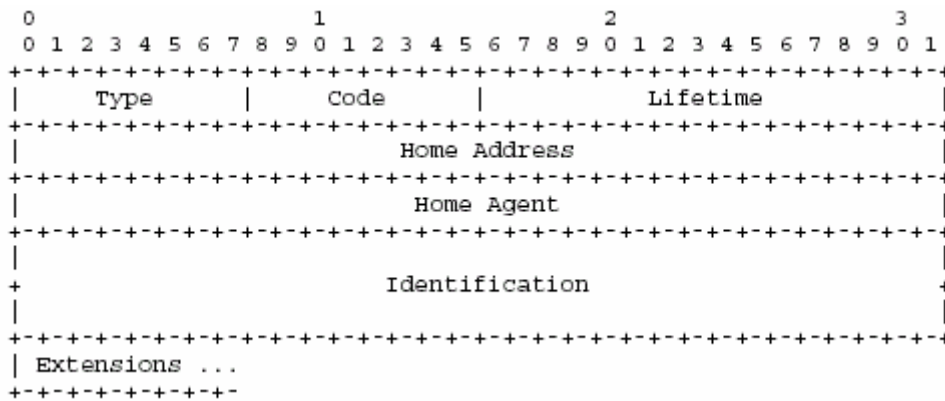


Figura 5 - Formato dos campos da mensagem Resposta de Registro.

**Type:** Este campo indica qual o tipo de mensagem de registro está sendo transmitida. O valor 3 indica que se trata de uma mensagem de Resposta de Registro.

**Code:** O valor deste campo indica o resultado da Solicitação de Registro.

As tabelas abaixo mostram os valores possíveis deste campo com os seus respectivos significados.

### **Registro Aceito**

Tabela 1 - Registro executado com sucesso.

Campo Code	Significado
0	Registration Accepted
1	Registration Accepted

O valor 1 do campo code indica que o registro foi executado com sucesso mas não há suporte de simultâneas associações do endereço IP e o CoA.

### Agente Estrangeiro não aceita o registro

Tabela 2 - Agente Estrangeiro não aceita o registro.

<b>Campo Code</b>	<b>Significado</b>
64	Reason Unspecified
65	Administratively Prohibited
66	Insufficient Resources
67	Mobile Node Failed Authentication
68	Home Agent Failed Authentication
69	Requested Lifetime Too Long
70	Poorly Formed Request
71	Poorly Formed Reply
72	Requested Encapsulation Unavailable
73	Requested Van Jacobson Compression Unavailable
77	Invalid Care of Address
78	Registration timeout
80	Home Network Unreachable
81	Home Agent Host Unreachable
82	Home Agent Port Unreachable
88	Home Agent Unreachable

### Agente de Origem não aceita o registro

Tabela 3 - Agente de Origem não aceita o registro.

<b>Campo Code</b>	<b>Significado</b>
128	Reason Unspecified
129	Administratively Prohibited
130	Insufficient Resources
131	Mobile Node Failed Authentication
132	Foreign Agent Failed Authentication
133	Registration Identification Mismatch
134	Poorly Formed Request
135	Too many simultaneous Mobility Bindings
136	UnKnown Home Agent Address

**Lifetime:** Se o campo code indica que o registro foi aceito, o campo Lifetime indicará o tempo restante em segundos em que o registro será considerado válido. Toda vez que este campo expirar é preciso que a estação móvel faça um novo registro com este ou outro agente. O valor zero indica que a Solicitação de Registro feita no retorno da estação móvel a sua rede de origem foi aceita. Por sua vez, se o campo code indica que o registro não foi aceito, o campo lifetime não será especificado. Logo o receptor deste datagrama irá ignorá-lo.

**Home Address:** Este campo indica o endereço IP da estação móvel.

**Home Agent:** Este campo indica o endereço IP do Agente de Origem.

**Identification:** Este campo contém um número de 64 bits e possui os mesmos objetivos do campo Identification da mensagem de Solicitação de Registro, ou seja, relacionar as mensagens de Solicitação e Resposta de Registro e proteger contra ataques de mensagens de falsos registros.

**Extensions:** possui a mesma finalidade do campo Extensions da mensagem de Solicitação de Registro.

O que foi descrito até esta seção é suficiente para o bom entendimento do funcionamento deste protocolo. Caso o leitor deseje aprofundar seus conhecimentos neste protocolo, leia sobre o Registro Local dos usuários no domínio visitado [9] e sobre o processo de Autenticação e Autorização da identidade (conta) do usuário a fim de garantir maior segurança a este [8, 10, 11].

## 2.6.

### **Serviços da 3<sup>a</sup> Geração dos sistemas celulares**

Em geral as aplicações e serviços podem ser divididos em diferentes grupos dependendo dos parâmetros que serão empregados para efetuar essa classificação. A terceira geração (3G) dos sistemas celulares pretende garantir diferentes qualidades de serviços (QoS) exigidas pelos diferentes tipos de aplicações. Portanto, essa terceira geração separa esses tipos de aplicações e serviços em quatro classes [12] com intuito de atendê-las. O principal fator empregado para distinguir essas classes foi a sensibilidade do tráfego de dados ao retardo. Essas classes são:

- Conversacional
- Interativa
- Streaming
- Background

### 2.6.1. Exigências da classe de serviço conversacional

O primeiro serviço que vem logo em mente quando cita-se a classe conversacional de tempo real [12] é o de voz, que ainda é a principal fonte de renda das operadoras. Porém com o crescimento da Internet, dos serviços de multimídia e o oferecimento de altas taxas de dados para os usuários finais (estações móveis), o número de aplicações que poderão ser incluídas nessa classe e que começarão a disputar espaço com as aplicações já existentes e serem novas fontes de renda para essas operadoras tende a aumentar. Essas aplicações são: vídeo conferência, voz sobre IP (Voice over IP - VoIP) e jogos interativos.

As aplicações dessa classe são caracterizadas pela alta interação entre os usuários finais, o que permite afirmar que o retardo máximo fim a fim aceitável é dado pela percepção humana e que o tráfego em ambos os sentidos, downlink e uplink, é simétrico ou quase simétrico. De uma maneira geral, essa classe é caracterizada como tendo o mínimo retardo de transmissão possível (menos de 400ms) e que a variação desses retardos seja mínima para preservar a qualidade de serviço.

#### Conversação - VoIP

O retardo de transmissão de áudio depende de vários fatores entre eles: o nível de interatividades dos usuários finais, o emprego de mecanismo de cancelamento de eco e a distorção do canal de comunicação. Com intuito de auxiliar na padronização dos retardos de transmissão de áudio para os sistemas de telecomunicações a **International Telecommunication Union** recomenda através do **ITU-T Recommendation G.114** os seguintes limites de retardo de transmissão para um único sentido (downlink ou uplink):

- 0 à 150ms faixa recomendada. Retardos menores que 30ms é imperceptível para usuários. Retardos menores que 100ms e maiores que 30ms também não são perceptíveis pelo usuário desde que o cancelamento de eco seja empregado e não haja distorção no canal de comunicação.

- 150 à 400ms faixa aceitável, porém observa-se um aumento da degradação do sinal.
- Acima de 400ms faixa inaceitável.

Como mencionado anteriormente, o ouvido humano é altamente sensível as variações dos retardos (jitter) e por esse motivo é sugerido como limite de variação o valor de 1ms.

As exigências quanto informações perdidas são influenciadas pelo fato do ouvido humano ser tolerante a distorção de uma certa quantidade de sinal de voz. Através de estudos tem sido sugerido como limite máximo para a taxa de quadros errados (**Frame Erasure Rate - FER**) o valor de 3% .

A conexão para esse tipo de serviço normalmente exige alocação de recursos de comunicação de forma simétrica (taxa de tráfego simétrica em ambos os sentidos) com duração média desse serviço de aproximadamente 2 minutos.

### **Vídeo Conferência**

Novo serviço conversacional que poderá ser um dos grandes destaques entre os serviços oferecidos pelo sistema da 3ª. Geração (3G). Em princípio, as mesmas exigências de retardo dos serviços conversacionais serão aplicadas, com uma adicional exigência, sincronismo dos sinais de áudio e de vídeo dentro de certos limites aceitáveis. O intuito é garantir a sincronização dos lábios do emissor com as palavras ouvidas pelo receptor (Lip-synch).

Os olhos humanos são sensíveis a perda de algumas informações visuais, então o grau de pacotes perdidos aceitável depende especificamente da codificação de vídeo e do mecanismo de proteção contra erros que serão utilizados. É esperado que as últimas versões de codecs de vídeos forneçam uma qualidade de vídeo aceitável até uma taxa de quadros errados de 1%.

### **Jogos Interativos**

As exigências de retardos para os jogos interativos dependem especificamente para cada jogo, mas fica claro que esses retardos tornar-se-ão

cada vez menores com o aumento da demanda por este serviço. Inicialmente é proposto um retardo máximo aceitável de 250ms.

A tabela 4 abaixo ilustra o desempenho esperado para os usuários finais para os serviços da classe conversacional/serviço de tempo real.

Tabela 4 - Desempenho esperado para os usuários finais: Classe conversacional.

Aplicação	Nível de simetria	Taxa de dados	Parâmetros e valores chaves		
			Retardo fim a fim - único sentido	Variação do retardo	Informação perdida
VoIP	Dois sentidos	4 - 25Kb/s	< 150ms-preferido < 400ms-limite	< 1ms	< 3% FER
Vídeo conferência	Dois sentidos	32 - 384Kb/s	< 150ms-preferido < 400ms-limite Lip-synch: <100ms		< 1% FER
Telemetria - ambos os sentidos	Dois sentidos	< 28.8Kb/s	< 250ms	Ausente	zero
Jogos interativos	Dois sentidos	< 1KB	< 250ms	Ausente	zero
Telnet	Dois sentidos (assimétrico)	< 1KB	< 250ms	Ausente	zero

### 2.6.2. Exigências da classe de serviço interativa

Essa classe está associada à situação em que aplicações clientes solicitam dados às aplicações servidoras. Nesta classe dois atributos são principais: o tempo de resposta (tempo decorrido entre uma solicitação da aplicação cliente à aplicação servidora e o recebimento da resposta por parte da aplicação cliente) e a necessidade de transmitir os dados aos usuários com baixas taxas de bits errados.

O resultado é o suporte dos serviços interativos [12, 13], mas de tempo não real com baixo retardo de transmissão. São exemplos desses serviços: mensagem de voz, web-browsing, e-mail (acesso ao servidor) e transferência de dados. A característica de uma sessão de pacotes de dados desta classe de serviço é ilustrada na figura 6.



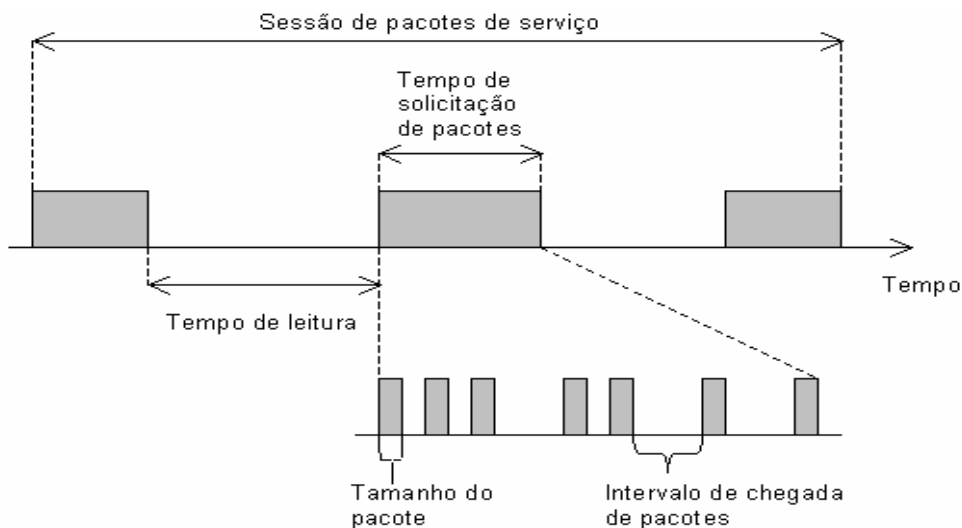


Figura 6 - Característica de uma sessão de pacotes da classe de serviço interativa.

### **Mensagem de Voz**

As exigências para as informações perdidas são essencialmente as mesmas que foram estabelecidas para o serviço conversacional, mas a diferença chave entre esses dois tipos de serviço é que este possui uma maior tolerância ao retardo já que este serviço não é de tempo real. O retardo considerado aceitável para esta aplicação é da ordem de poucos segundos.

### **Transferência de Dados**

Do ponto de vista do usuário a exigência principal para qualquer aplicação de transferência de dados é garantir que nenhuma informação seja perdida e que esta seja executada sem variação de retardo.

### **Web-browsing**

Também do ponto de vista do usuário, o principal fator é com quanta rapidez uma página leva para “aparecer” após uma solicitação. Valores de 2 a 4 segundos por páginas têm sido propostos.

### **E-mail (acesso ao servidor)**

Quando o usuário comunica-se com o servidor local de e-mail (mail server), ele espera que a transferência desses arquivos (correspondências) seja executada rapidamente, embora não necessariamente de forma instantânea. Tem sido proposto o mesmo valor de retardo do serviço de web-browsing, 2 a 4 segundos.

A tabela 5 abaixo ilustra o desempenho esperado para os usuários finais para os serviços da classe interativa.

Tabela 5 - Desempenho esperado para os usuários finais: Classe interativa.

Aplicação	Nível de simetria	Taxa de dados	Parâmetros e valores chaves		
			Retardo fim a fim - único sentido	Variação do retardo	Informação perdida
Mensagem de voz	Único sentido	4 - 13Kb/s	< 1s por playback < 2s por registro	< 1ms	< 3% FER
Web – browsing	Único sentido		< 4s por página	Ausente	zero
Transações de serviços-alta prioridade (ex ATM)	Dois sentidos		< 4s	Ausente	zero
E-mail (acesso ao servidor)	Único sentido		< 4s	Ausente	zero

### 2.6.3. Exigências da classe de serviço streaming

Streaming multimídia [12] é uma técnica de transferência de dados que podem ser processados de maneira uniforme e com fluxo contínuo no receptor. O crescimento deste serviço está diretamente associado com o crescimento da Internet, principalmente no que diz respeito à velocidade de acesso. O cliente deste tipo de serviço começará a assistir a um vídeo ou ouvir a uma música antes mesmo que o arquivo seja totalmente recebido pelo usuário.

Para que este serviço funcione adequadamente, o cliente precisa receber um determinado conjunto de dados e repassá-lo com um fluxo uniforme para aplicação que irá processá-los e convertê-los em áudio ou vídeo.

Os tipos de serviços oferecidos por essa classe de serviço [13] possuem taxas de dados altamente assimétricas e por esse motivo aceita um retardo um pouco maior do que o serviço conversacional e, por conseguinte tolera um jitter de transmissão um pouco maior.

## Áudio/Vídeo

Para esse serviço espera-se oferecer uma qualidade de áudio bem melhor do que a da telefonia convencional e a exigência da informação perdida em termos de pacotes perdidos irá ser bastante rigorosa. Quanto à exigência do retardo, o seu valor poderá ser um pouco maior do que o serviço conversacional, pois o primeiro não é um serviço que envolve interatividade.

A tabela 6 abaixo ilustra o desempenho esperado para os usuários finais para os serviços da classe streaming.

Tabela 6 - Desempenho esperado para os usuários finais: Classe streaming.

Aplicação	Nível de simetria	Taxa de dados	Parâmetros e valores chaves		
			Retardo fim a fim - único sentido	Variação do retardo	Informação perdida
Fluxo de áudio de alta qualidade	Único sentido	32 - 128Kb/s	< 10s	< 1ms	< 1% FER
Vídeo	Único sentido	32 - 384Kb/s	< 10s		< 1% FER

### 2.6.4. Exigências da classe de serviço background

O tráfego do serviço background [13] é uma clássica comunicação de dados amplamente caracterizada pelo fato do destinatário da informação não está esperando o recebimento dos dados em um determinado instante. A outra importante característica é a necessidade de transmissão livre de erro, ou seja, baixíssima taxa de bits errados. Para esta classe destacamos os seguintes serviços:

#### Fax

O Fax será o novo serviço desta classe ajuntando-se ao serviço de mensagens curtas (**Short Message Service**) que já é oferecido pela 2,5 Geração (2,5G) dos sistemas celulares. É esperado que esse serviço seja amplamente usado no ambiente de negócios e, portanto a exigência de retardo de 30 segundos é considerável aceitável.

### *Short Message Service (SMS)*

Esse serviço já vem sendo bem utilizado pelos usuários da 2,5 G dos sistemas celulares e que continuará a ser oferecido nas próximas gerações. É proposto como retardo de entrega aceitável o valor de 30 segundos.