

**Universidade Federal do Rio de Janeiro**

**Núcleo de Computação Eletrônica**

**Daniel Delesderrier da Silva**

**“PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO HANDOFF DA  
CAMADA 3 EM REDES SEM FIO”**

**Rio de Janeiro**

**2009**

**Daniel Delesderrier da Silva**

**PRINCIPAIS CARACTERISTICAS DO HANDOFF DA  
CAMADA 3 EM REDES SEM FIO**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Prof. Moacyr Henrique C. de Azevedo, M.Sc., UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2009

**Daniel Delesderrier da Silva**

**PRINCIPAIS CARACTERISTICAS DO HANDOFF DA  
CAMADA 3 EM REDES SEM FIO**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em junho de 2009.



---

Prof. Moacyr Henrique C. de Azevedo, M.Sc., UFRJ, Brasil

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer àquelas pessoas que me apoiaram e me auxiliaram na minha pós-graduação, assim como nessa monografia.

Aos meus pais e a minha esposa, Tianny, obrigado pelo incentivo, amizade, animação e tudo mais.

Agradeço aos professores do NCE / UFRJ, que me auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus amigos e companheiros do curso que formaram grandes companhias, dentro e fora de sala e que continuarão fazendo parte dessa história.

## RESUMO

SILVA, Daniel Delesderrier da. **PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO HANDOFF DA CAMADA 3 EM REDES SEM FIO**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

Inicialmente a mobilidade era possível apenas entre as redes semelhantes. Com a chegada dos novos dispositivos, que agora disponibilizavam vários tipos de interfaces de rede sem fio, esta mobilidade foi estendida trazendo novos problemas de lentidão e desconexão durante a transição entre as redes. Esta transição, conhecida como handoff, pode ser complexa principalmente devido às particularidades existentes nas diferentes interfaces dos dispositivos.

Assim sendo, neste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica desta situação e das várias propostas presentes na literatura com questões que permeiam as diversas redes Wireless, sendo analisado entre outros: alguns conceitos importantes para o entendimento e discutindo com maior ênfase os problemas e as melhorias apresentadas recentemente nos estudos do handoff, e mais especificamente, o que abrange o handoff da camada 3 do modelo OSI.

## ABSTRACT

SILVA, Daniel Delesderrier da. **PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO HANDOFF DA CAMADA 3 EM REDES SEM FIO**. Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

Initially mobility was possible only between similar networks. With the arrival of new devices that offer several types of wireless network interfaces, this mobility was extended which brought new problems, such as slow and loss of connection during the transition between networks. This transition, known as handoff, can be especially complex because of the peculiarities of the various interfaces.

Thus, in this work a bibliographical revision of this situation is presented and of the several proposals presents in the literature with subjects that permeate the several nets Wireless, being analyzed among others: some important concepts for the understanding and discussing with larger emphasis the problems and the improvements presented recently in the studies of Handoff, and more specifically, what includes the handoff of the layer 3 of OSI model.

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Estrutura típica das áreas de coberturas	13
Figura 2 - Arquitetura Mobile IP	20
Figura 3 - Operação de IPv4 móvel	21
Figura 4 - Visão geral do MIPv6	23
Figura 5 - Modos de comunicação: Tunelamento e Otimização de rota	24
Figura 6 - Representação do esquema Híbrido	28

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre o Handoff Tradicional e o da Nova Geração	Página 16
Quadro 2 – Consumo de Energia	17



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACK	Acknowledge
AP	Access Point
BA	Binding Acknowledgement
BU	Binding Updates
CN	Correspondent Node
CWND	Janela de Conexão
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
FA	Foreign Agent
FTP	File Transfer Protocol
GPRS	General Packet Radio Service
HA	Home Agent
HO	Hard Handover
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol version 4
Kbps	Kilobit por segundos
MAC	Media Access Control
Mbps	Megabit por segundos
MIP	Mobile Internet Protocol
MIPv4	Mobile Internet Protocol version 4
MIPv6	Mobile Internet Protocol version 6
MN	Nó Móvel
mW	Milliwatt
OSI	Open Systems Interconnection
PHY	Physical Layer
QoS	Quality of Service
RTP	Retransmission Timeout
RTT	Round-trip Delay
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Datagram Protocol
WiFi	Wireless Lan
WLAN	Wireless Local Area Network

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 HANDOFFS EM REDES SEM FIO</b> .....	12
2.1 CONCEITOS DE HANDOFFS .....	13
2.1.1 <i>Handoff</i> Horizontal vs. Vertical .....	13
2.1.2 <i>Upward</i> e <i>Downward</i> no <i>handoff</i> vertical .....	14
2.1.3 <i>Handoffs</i> Pró-Ativos e Reativos .....	14
2.1.4 Hard e Soft <i>handoff</i> .....	14
2.1.5 Processo de <i>Handoff</i> Vertical .....	15
2.1.5.1 Descoberta de rede .....	15
2.1.5.2 Decisão de <i>Handoff</i> : Tradicional e Nova geração .....	15
2.1.5.3 Métricas de <i>Handoff</i> .....	16
2.2 CARACTERÍSTICAS DO HANDOFF DA CAMADA 3 .....	18
2.2.1 Mobilidade na Camada 3 .....	18
2.2.1.1 Mobilidade IPv4 e seu funcionamento .....	19
2.2.1.2 Mobilidade IPv6 e seu funcionamento .....	22
2.2.1.3 Diferença entre a comunicação no MIPv4 e MIPv6 .....	23
2.2.2 Dificuldades e Aperfeiçoamentos no <i>Handoff</i> .....	24
2.2.2.1 Migrando entre redes de velocidades diferentes .....	24
2.2.2.2 Diferença de desempenho do TCP entre as redes .....	25
2.2.2.3 Erros de Timeout .....	25
2.2.2.4 Identificando quando ocorrerá uma mudança de rede .....	25
2.2.2.5 Agilizando o DHCP .....	26
2.2.2.6 Classes no QoS .....	26
2.2.2.7 Compensando as perdas de pacotes no <i>Handoff</i> .....	26
2.2.2.7.1 <i>Handoff</i> sem esquemas de compensação de perda de pacotes .....	27
2.2.2.7.2 Esquema bicast .....	27
2.2.2.7.3 Esquema forwarding .....	27
2.2.2.7.4 Esquema Híbrido .....	28
<b>3 CONCLUSÕES</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente as Redes Sem Fio vêm sendo cada vez mais utilizadas devido à sua facilidade e rapidez de instalação, além dos dispositivos móveis permitirem que seus usuários alcancem lugares onde as redes cabeadas convencionais não chegam. A ampla mobilidade por parte dos usuários só tornou-se possível quando os novos dispositivos começaram a disponibilizar interfaces de diversas tecnologias de rede sem fio, possibilitando a transição desses dispositivos entre as diferentes redes sem que haja a desconexão. Este processo de mudança de rede (handoff) é bastante complexo e, portanto, mais pesquisas são necessárias para aperfeiçoá-lo.

O objetivo desta revisão bibliográfica é, inicialmente, proporcionar um maior conhecimento do handoff da camada 3. Em seguida discutir problemas e soluções que possam tornar a transição dos dispositivos móveis de redes mais eficazes, proporcionando ao usuário final maior comodidade e desempenho.

O levantamento bibliográfico foi realizado através da base de dados do portal Capes, considerando apenas os artigos publicados nos últimos 5 anos, enfatizando aqueles publicados nos últimos 2 anos. As palavras chaves utilizadas foram: *handoff*, *management* e *móBILE IP*.

## 2 HANDOFFS EM REDES SEM FIO

O surgimento de inúmeras tecnologias de redes sem fio distintas, aliado aos avanços da tecnologia em dispositivos de uso pessoal, tornou possível ao usuário se deslocar de uma rede para outra de forma transparente sem que haja a perda de conexão dos dispositivos.

Para suprir a necessidade de conexão dos usuários, surgiram formas distintas de acesso à rede, cada uma com sua particularidade, dificultando a elaboração de um protocolo único. Por exemplo, para acesso a rede local, WLANs (*Wireless Local Area Network*) são ótimas soluções de acesso local, já que possuem como principal característica a alta taxa de transmissão. Redes de celulares tradicionais, que provêm voz e serviços de dados, proporcionam comunicação entre grandes áreas. Enquanto que em nível mundial, redes de satélite são a melhor opção, sendo largamente utilizadas pelo exército e por aplicações comerciais.

As diversas redes sem fio, por terem áreas sobrepostas, proporcionam aos usuários móveis uma maior cobertura e, conseqüentemente, uma melhor utilização do sistema disponível. No exemplo da figura 1, a rede *General Packet Radio Service* (GPRS) cobre uma outra rede local sem fio (WLAN), que por sua vez cobre uma rede *Bluetooth*. Desta forma, o usuário pode escolher a melhor rede para se conectar.

Escolher a melhor rede pode ser complexo, pois devemos considerar suas diferentes características, por exemplo: confiabilidade, segurança, qualidade do serviço e taxa de transmissão de dados. Por exemplo, o IEEE 802.11b WLAN pode transmitir a taxas de 11 Mbps, enquanto o GPRS a taxas de 9,6 Kbps (6). Buscando garantir a escolha correta, serão apresentados conceitos que visam melhorar e facilitar a mudança de rede (*handoff*) enquanto a conexão permanece ativa.

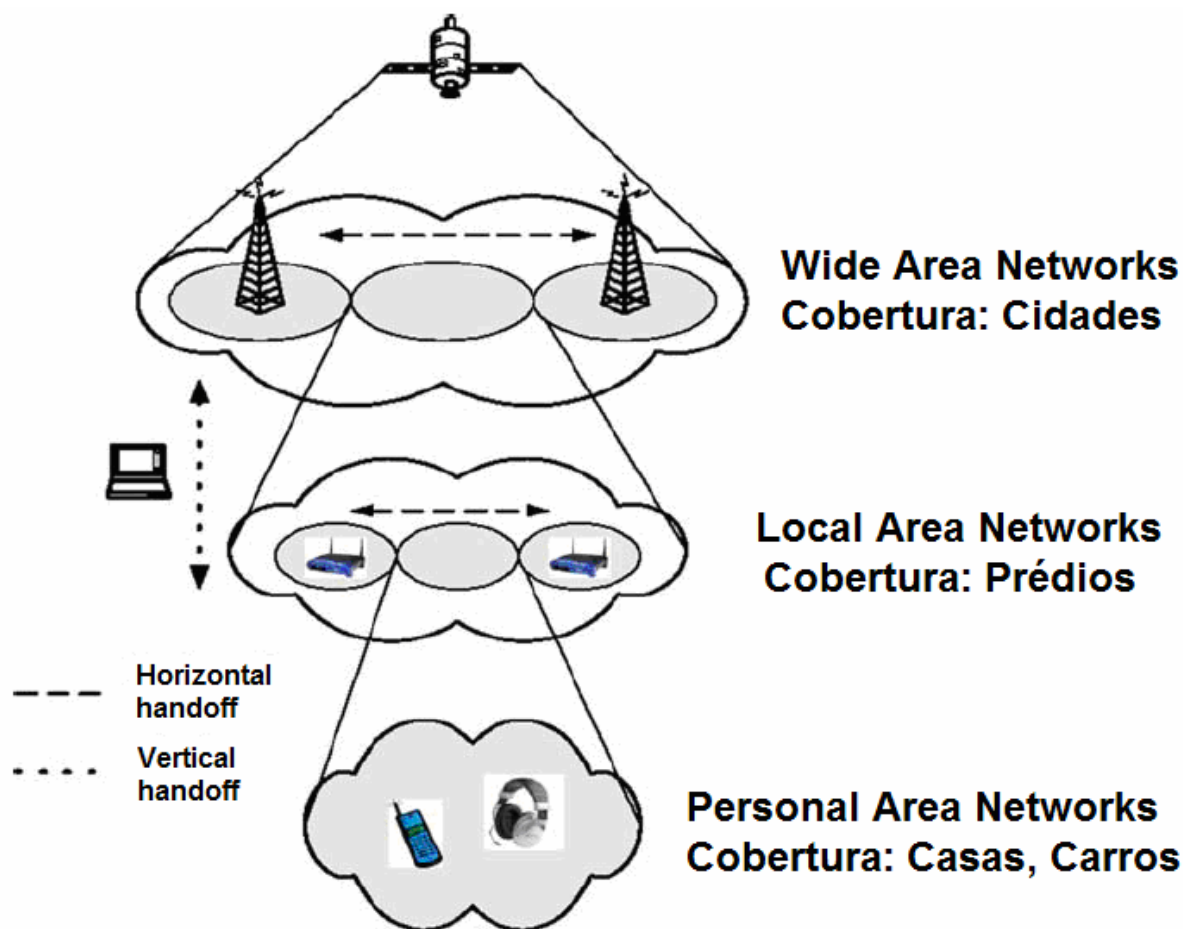


Figura 1 – Estrutura típica das áreas de coberturas

## 2.1 CONCEITOS DE HANDOFFS

*Handoff* é o processo pelo qual um dispositivo móvel mantém uma conexão ativa durante a mudança de uma área de cobertura para outra. Diferentes tipos de *handoffs* são utilizados em redes sem fio.

Neste tópico, alguns conceitos sobre o *handoff* das redes sem fio serão exibidos com o objetivo de enriquecer a discussão posterior.

### 2.1.1 *Handoff* Horizontal vs. Vertical

O *handoff* horizontal ocorre entre redes de tecnologias semelhantes, ou seja, entre células homogêneas. Um exemplo seria a transição entre duas células de um sistema de telefonia celular.

Já o *handoff* que ocorre entre pontos de acesso pertencentes a redes diferentes, como de WLAN para GPRS, é chamado de *handoff* vertical ou *handoff* entre sistemas. Este último é implementado por células heterogêneas, que se

diferem, entre outros aspectos, na largura da banda, na taxa de transmissão, na frequência de operação, etc. Quando comparado com o *handoff* horizontal, o vertical apresenta grau de dificuldade maior para a implementação.

### 2.1.2 **Upward e Downward no handoff vertical**

O *handoff* vertical realiza um *upward* desconectando um dispositivo móvel de uma rede mais rápida com cobertura menor (exemplo WLAN) para conectar em uma nova rede mais lenta, porém com uma cobertura maior.

No caso de um *downward*, o dispositivo é desconectado de uma célula que provê uma maior cobertura para se conectar em outra com uma cobertura limitada, entretanto com uma velocidade de conexão maior.

Assim como o *host* pode efetuar imediatamente um *upward* ou *downward*, ele também pode antecipar, retardar e até mesmo abortar o *handoff* conforme a necessidade.

### 2.1.3 **Handoffs Pró-Ativos e Reativos**

O *Handoff* pode ser antecipado (Pró-ativo) ou atrasado (Reativo). No caso de um dispositivo móvel encontrar outra rede com uma melhor cobertura, o usuário pode decidir adiar o *handoff* se houver aplicações que necessitem utilizar a antiga rede. Os *Handoffs* pró-ativos são utilizados quando um dispositivo móvel precisa de um maior desempenho.

### 2.1.4 **Hard e Soft handoff**

Um *handoff* é classificado como *hard* quando a interface de um dispositivo móvel somente é conectada a um ponto de acesso por vez. Já o *soft handoff* ocorre quando se comunica com mais de um ponto de acesso. Este último também pode ser chamado de *make before breakhandoff*, e ocorre quando uma nova conexão pode ser criada na estação antes que a antiga seja liberada. No *hard handoff*, ou *break before breakhandoff*, a nova conexão somente será criada depois que a rede antiga desconectar.

### 2.1.5 Processo de *Handoff* Vertical

O processo de *handoff* vertical pode ser dividido em três fases:

1. Descoberta de rede
2. Decisão de *Handoff*
3. Implementação de *Handoff*

#### 2.1.5.1 Descoberta de rede

Este é o processo onde um dispositivo móvel procura redes sem fio. Caso tenha mais de uma interface é preciso ativá-las para que receba anúncios de serviços difundidos em diversas tecnologias. Uma rede sem fio é alcançável quando estes anúncios podem ser ouvidos.

O modo mais simples e rápido para se descobrir redes é sempre manter todas as interfaces funcionando e em alta sensibilidade. Contudo, o tempo de descoberta deve ser pequeno, pois consome uma grande quantidade de energia mesmo sem transmitir. Já o dispositivo que ativa as interfaces com uma sensibilidade baixa pode aumentar sua eficiência energética, mas irá demorar mais a encontrar as redes. Ou seja, existe uma relação entre eficiência energética e o tempo gasto com a procura de redes.

#### 2.1.5.2 Decisão de *Handoff*: Tradicional e Nova geração

Decisão de *Handoff* é o que determina quando executar o *handoff* e depende de inúmeros aspectos relativos à rede, tanto para o dispositivo já conectado, quanto para um que irá se conectar. Esta decisão pode ser tomada por um agente baseando-se em políticas como largura da banda, carga, área de cobertura, custo, segurança, QoS, ou preferência do usuário.

Um usuário pode desejar utilizar uma conexão segura e mais cara para o tráfego de e-mail, por exemplo GPRS, ou ele pode optar por uma conexão mais barata e que ofereça maior desempenho para acessar informação da WEB, como WLAN.

Quadro 1– Comparação entre Handoff Tradicional e Nova Geração

	<b>Handoff Tradicional</b>	<b>Handoff Nova Geração</b>
Medidas do Handoff	Potência de sinal	Largura de banda, custo, preferências, condições de rede, segurança, etc.
Requisitos para a transferência de rede	Entrega de pacotes para o novo ponto de acesso	Entrega de pacotes considerando informações do contexto (tais como segurança, garantias de QoS, autenticação de cabeçalhos, etc.)
Protocolos	Depende das sinalizações padrões dos protocolos, técnicas de roteamento, e padrões de gerenciamento da mobilidade	Requer interfaces móveis e roteadores para interoperar entre diferentes redes com vários protocolos e padrões
Tipos de redes	Handoff ocorre entre células/redes homogêneas (ex.: handoff entre duas WLANs)	Handoff ocorre entre células/redes heterogêneas (ex.: handoff entre redes WLAN e GPRS)
Tipos de Terminal	Terminal equipado com uma única tecnologia de acesso	Terminal equipado com interfaces Multimodo (acessam várias tecnologias de rede sem fio)

Tradicionalmente, a decisão do *handoff* é baseada principalmente na qualidade do canal, que é indicada pela potência do sinal recebido, pela disponibilidade dos recursos da nova rede, além de outras medidas. Através de uma verificação periódica, o *handoff* transfere a conexão para outro canal de rádio quando um valor ideal pré-determinado é ultrapassado. Entretanto, é preciso ressaltar que a necessidade de handoff pode ser mascarada se utilizado apenas estes critérios, Pois poderá assumir que há somente uma escolha de tecnologia para o acesso.

#### 2.1.5.3 Métricas de *Handoff*

As métricas de *Handoff* são utilizadas para indicar se o *handoff* é realmente necessário. Nas redes homogêneas elas ocorrem no modo tradicional utilizando basicamente a potência do sinal e a disponibilidade como os principais indicadores. Quando ocorrem em redes heterogêneas estes dois indicadores podem ser insuficientes para uma correta tomada de decisão.

Abaixo, podemos conferir algumas novas métricas que serão adicionadas às próximas gerações.



- Nível da bateria

Em alguns casos, a bateria pode ser um fator significativo para o *handoff*, pois a energia consumida pelas interfaces de rede é diferente para cada tecnologia e é diretamente proporcional a potência da transmissão (Quadro 2). As redes WiFi, por exemplo, possuem um consumo relativamente elevado no estado ativo de sua transferência, que é da ordem de 890 mW, comparada a apenas 120 mW do *Bluetooth*. Isto ocorre porque a arquitetura de rádio é mais simples. Além disso, a limitação da área de alcance do WiFi é de cerca de 100 metros contra 10 metros do *Bluetooth*. No caso do nível da bateria estar baixo o usuário pode escolher uma rede que consuma menos energia, como o *Bluetooth* (8).

Quadro 2 – Consumo de Energia

<b>Interface</b>	<b>Economia de Energia</b>	<b>Transmissão Ativa</b>
Cisco PCM-350	390 mW	1600 mW
Linksys WCF12	256 mW	890 mW
BlueCore3	25 mW	120 mW

- Custo

O custo é uma das métricas mais significativas atualmente, visto que as operadoras de redes podem oferecer preços diferenciados, afetando consideravelmente a escolha do usuário.

- Condições da rede

Condições de rede como tráfego, largura de banda disponível, latência de rede, *jitter* e congestionamento são considerados fatores de utilização de rede. A informação obtida através desses parâmetros pode ser aplicada no balanceamento de carga entre diferentes redes, aliviando possíveis congestionamentos nos sistemas.

- Tipos de aplicação

Tipos diferentes de aplicação requerem níveis diferentes de confiabilidade, de latência e de taxa de dados. As aplicações que os usuários executam em um dispositivo móvel influenciam na decisão de *handoff*. Por exemplo, um software com perfil de alto tráfego de rede induz a escolha de uma rede com uma largura de banda maior.

- Condições dos dispositivos móveis

As condições dos dispositivos móveis são representadas por fatores dinâmicos, entre eles a velocidade, os padrões de movimento e a informação do local que o usuário está situado.

- Preferências do usuário

O usuário, devido a algum motivo especial ou simplesmente sem nenhuma explicação racional, pode preferir utilizar uma rede ao invés de outra.

Na próxima geração de *handoff*, o usuário deixa de utilizar apenas a potência do sinal e a disponibilidade como fatores decisivos, passando a considerar todos os parâmetros descritos. Isto aperfeiçoará o processo de *handoff* e, conseqüentemente, implicará diretamente na escolha da melhor rede para o usuário.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DO HANDOFF DA CAMADA 3

O Handoff de camada 2 (trocas de ponto de acesso) em redes WiFi é realizado automaticamente pelo nó móvel em função da potência do sinal e a disponibilidade medida entre as redes já configuradas. Isto ocorre sem muita dificuldade.

Já o Handoff de camada 3, que ocorre quando existe a necessidade de mudança na sub-rede, é muito mais complexo e ainda pouco explorado, tendo um foco maior neste estudo.

Esta camada possui a função de realizar encaminhamento, endereçamento, interconexão de redes, tratamento de erros, fragmentação, controle de congestionamento e seqüenciamento de pacotes.

Quando é inserida no contexto das redes sem fio, surgiram problemas que não existiam nas redes cabeadas, principalmente quanto à execução do *handoffs*. Isto proporcionou o surgimento de novos estudos que buscam facilitar e melhorar a conexão entre as redes.

### 2.2.1 Mobilidade na Camada 3

Atualmente, já convivemos com alguma mobilidade provida por protocolos das camadas física e de enlace. Um bom exemplo disto é o já popular IEEE 802.11 (Ethernet sem fio). Contudo esta mobilidade é restrita, sendo impossível que uma

unidade móvel se desloque entre redes diferentes conservando suas configurações de rede.

Na Mobilidade IP (MIP), existe a possibilidade de passar de uma rede para outra sem que a conexão estabelecida anteriormente seja interrompida. O desafio da mobilidade IP é evitar que conexões sejam quebradas no momento da locomoção e ser transparente para as camadas superiores.

Além disto, existe também uma forte “pressão” de usuários e fornecedores de serviços de telecomunicação por recursos que ofereçam suporte nativo à mobilidade na camada de rede. Os fatores que os influenciam são:

- Desenvolvimento de padrões para comunicação de rede sem fio;
- Surgimento de equipamentos portáteis com mais recursos computacionais;
- Técnicas de compressão e transmissão capazes de trazer um significativo aumento na banda disponível.

Contudo, a mobilidade IP está sendo vista como a melhor forma de interconectar as diferentes tecnologias de redes *wireless* (IEEE 802.11, GPRS, HiperLan, etc) e as tradicionais redes com fio.

#### 2.2.1.1 Mobilidade IPv4 e seu funcionamento

Em relação à funcionalidade de encaminhamento, o protocolo IP (IPv4) encaminha os pacotes de um ponto de origem a um ponto de destino através de roteadores que recebem pacotes por interfaces de entrada e os encaminham para interfaces de saída de acordo com as tabelas de roteamento. Essas tabelas mantêm as informações do *next-hop* para cada endereço IP destino de acordo com o número de rede ao qual o endereço IP está conectado. Ou seja, este é o funcionamento da camada 3 (camada de rede) do modelo OSI.

Analisando uma aplicação de rede, esta contém em seu código a abertura de um *socket* que é a associação de um endereço de origem e porta (camada de transporte) de origem, com um endereço de destino e porta de destino. Isto garante que a camada 3 envie os dados da aplicação corretamente quando os pacotes chegarem à máquina de destino.

Suponhamos que um dispositivo móvel inicie um FTP, por exemplo, e que no meio da transmissão ele deva mudar de rede. Para manter a conexão do FTP na camada de transporte é preciso manter o mesmo endereço IP para evitar que a conexão seja perdida.

Por outro lado, a entrega de pacotes depende do número de rede contido em seu endereço IP. Quando um dispositivo muda de rede, ele receberá um novo endereço IP significando que haverá uma mudança no roteamento dos pacotes a ele destinados.

O *Mobile IP* (MIP ou MIPv4) foi projetado para resolver este problema de modo que o dispositivo móvel tenha dois endereços IPs, denominados *home address* e *care-of address*. O *home address* é estático e referenciado para identificar conexões da camada de transporte (por exemplo TCP). O *care-of address* muda a cada novo ponto de conexão e pode ser visto como endereço de significado topológico. Ele indica o novo ponto de conexão.

A solução *Mobile IP* para IPv4 conta com dois elementos:

- *home agent* (HA): é um roteador na rede de origem do dispositivo móvel;
- *foreign agent* (FA): é um roteador na rede onde o dispositivo móvel está momentaneamente conectado.

Quando o dispositivo encontra-se fora de sua rede teremos quatro possíveis participantes em uma comunicação: o nó móvel (MN); o nó correspondente (CN); o *home agent* (HA); e o *foreign agent* (FA). Neste caso, o nó móvel deve obter um *care-of address* (possivelmente com o *foreign agent*) e registrá-lo com o *Home Agent*. O HA realiza o tunelamento de mensagens enviadas pelo nó correspondente ao nó móvel, enquanto ele estiver fora de sua rede.

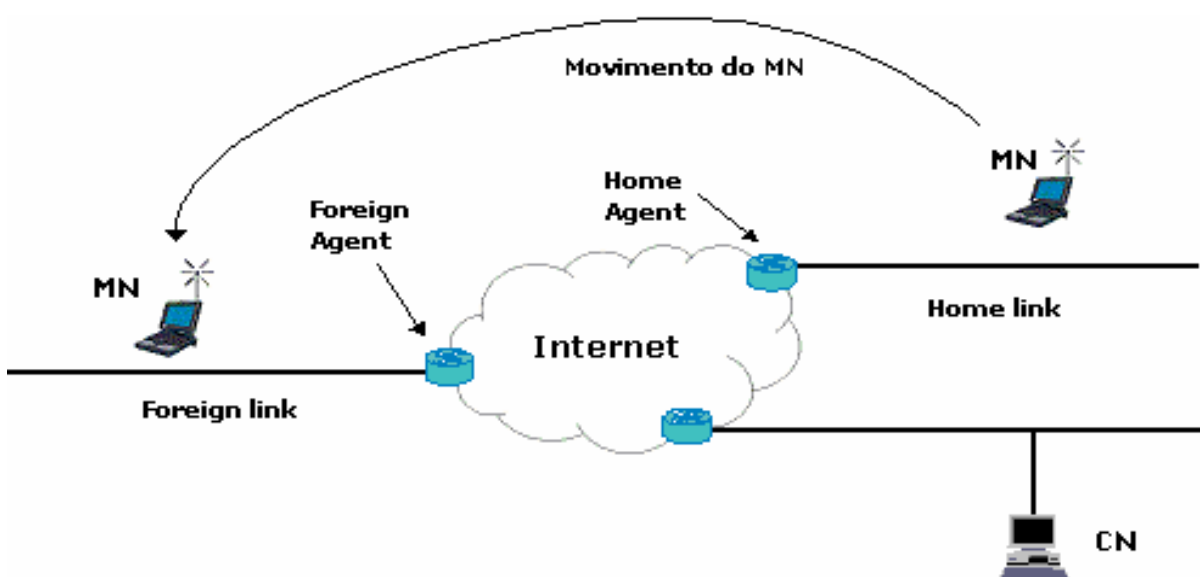


Figura 2 - Arquitetura Mobile IP

O funcionamento do MIP gera uma espécie de roteamento triangular (Figura 3), ou seja, conhecendo apenas o *home address* do nó móvel, um nó correspondente enviará os pacotes para a rede original do nó móvel. Porém, como o nó móvel se moveu, o *home agent* intercepta os pacotes e os envia para o nó móvel em seu *care-of address*, ou seja, envia o pacote para a rede em que o nó móvel está momentaneamente. Este é um dos problemas do MIP, já que todos os pacotes serão enviados pelo túnel para o nó móvel em outra rede, o que gera sobrecarga de processamento no HA, além deste ser um ponto de falha único na rede. O MIPv6 soluciona este problema através de otimização de rota e será visto na próxima seção.

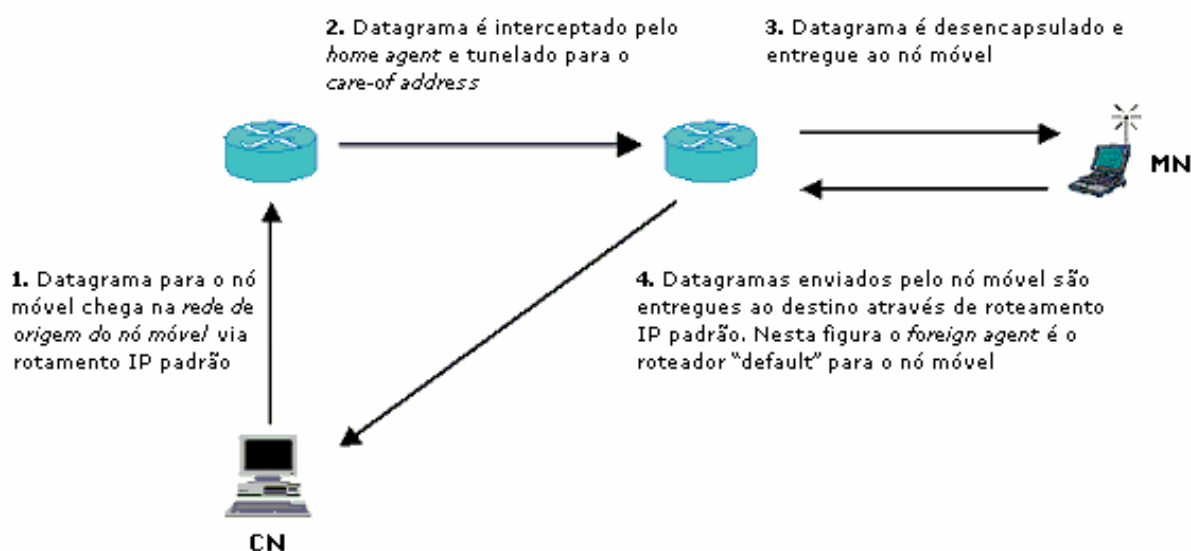


Figura 3 - Operação de IPv4 móvel

Através do método chamado *Agent Discovery*, o dispositivo móvel determina se ele está correntemente conectado à sua rede ou a uma rede estrangeira, além de possibilitar a detecção de movimento de uma rede para outra. Quando conectado a uma rede estrangeira o método possibilita a determinação de *care-of addresses* ofertados por cada *foreign agent* sobre a rede.

Quando um nó móvel detecta um movimento deve se registrar na nova rede estrangeira com um *care-of address* adequado, e quando ele detecta que retornou à sua rede de origem, deve remover o registro de que estava fora de sua rede com o *home agent*.

O dispositivo móvel avisa que ele não está mais na rede original do seguinte modo:

- requisita os serviços de encaminhamento quando em visita a uma rede estrangeira;
- informa ao seu *care-of address* corrente ao *home agent*;
- renova o registro que expirou;
- remove o registro quando retornou à sua rede de origem.

Através do mecanismo de registro (*Registration*) o móvel comunica sua informação corrente de acessibilidade ao *home agent*. Através deste mecanismo, um *foreign agent* (opcional) e o *home agent* trocam informações de mensagens de registro. *Registration* cria ou modifica uma ligação de mobilidade (*binding*) no *home agent*, associando o *home address* do nó móvel com seu *care-of address* por um tempo especificado (*lifetime*).

#### 2.2.1.2 Mobilidade IPv6 e seu funcionamento

O *Mobile IPv6*, como o MIP (MIPv4), permite que um dispositivo móvel se mova de uma rede para outra sem derrubar a conexão. Isto significa que o endereço original (*home address*) nunca se modifica e os pacotes serão encaminhados corretamente para o dispositivo móvel. Com isso, a movimentação é transparente para a camada de transporte e para as aplicações que utilizam o protocolo TCP/IP e *Mobile IPv6*.

O *home address* é constituído de um prefixo válido no link de sua rede original (*home network*). É através deste endereço que um dispositivo correspondente irá se comunicar com um outro móvel, independente de onde este estiver. Quando o nó móvel muda de rede, ele mantém o *home address* e recebe outro endereço, o *care-of address*, constituído de um prefixo válido em uma rede estrangeira. Este endereço é conseguido de forma *stateless* ou *stateful*, (sem ou com servidor de endereços, respectivamente). Deste modo, o MN terá um *home address* e um ou mais *care-of address* quando estiver se movendo entre as redes.

Para que seja possível saber onde o nó móvel se encontra, uma associação entre *home address* e *care-of address* deve ser realizada (*binding*). Esta associação do *care-of address* é feita pelo nó móvel no *home agent* (HA) e é realizada através de um *binding registration*, onde o MN envia mensagens chamadas *Binding Updates* (BU) para o HA, que responde com uma mensagem *Binding Acknowledgement* (BA).

Os nós correspondentes no MIPv6 possuem certa "inteligência" para a otimização de rota, ou seja, eles podem armazenar *bindings* entre *home address* e *care-of address* de nós móveis. Com isso, um nó móvel pode informar sua localização para os CNs através do *correspondent binding procedure*. Neste procedimento, é realizado o mecanismo de autorização de estabelecimento de *binding* (*return routability procedure*).

A figura a seguir exibe um cenário de mobilidade IPv6 com elementos básicos:

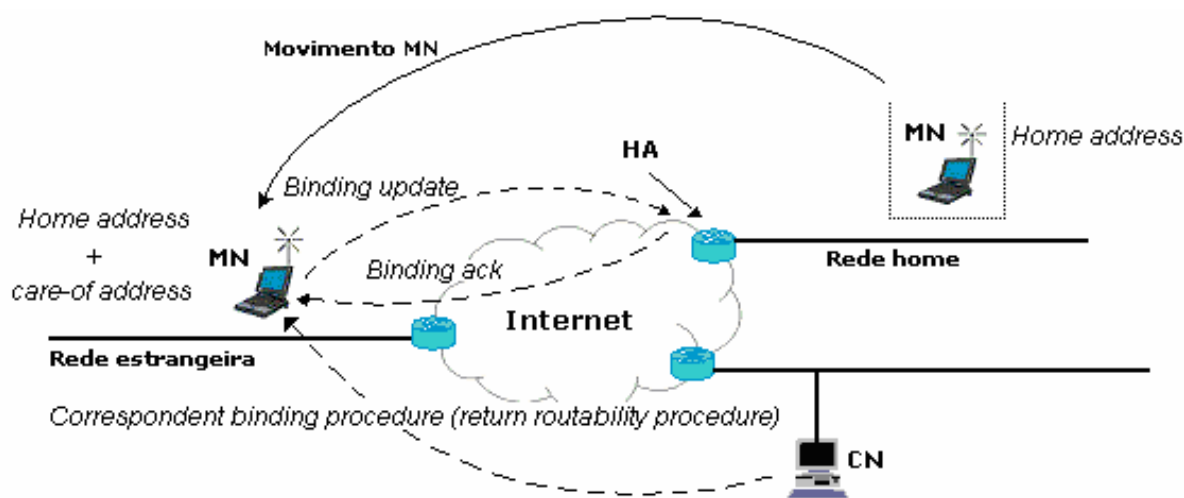


Figura 4 - Visão geral do MIPv6

### 2.2.1.3 Diferença entre a comunicação no MIPv4 e MIPv6

Na figura anterior (Figura 4 - Visão geral do MIPv6), nota-se que o *Foreign agent* (FA), presente no MIPv4, não existe mais. Deste modo, a comunicação entre MN e CN pode acontecer de dois modos:

- Tunelamento bidirecional: não requer que o CN tenha suporte ao MIPv6 e que o MN tenha se registrado com o CN. Os pacotes são roteados do CN para o HA e do HA é tunelado para o MN. Depois, o MN responde para o HA por túnel que, por sua vez, responde para o CN. Cada pacote interceptado é enviado pelo túnel para o *care-of address* do MN;

- Otimização de rota: o CN deve ter suporte ao MIPv6 ("inteligência" para *binding*) e o MN deve se registrar com o CN. Neste caso, o CN, antes de enviar o pacote, busca no *cache* uma associação entre *home address* e *care-of address* do MN. Caso exista a associação, o pacote será roteado para o *care-of address* do nó móvel diretamente e com isso elimina o congestionamento no *home link* e no HA.

A figura abaixo ilustra os dois modelos de comunicação:

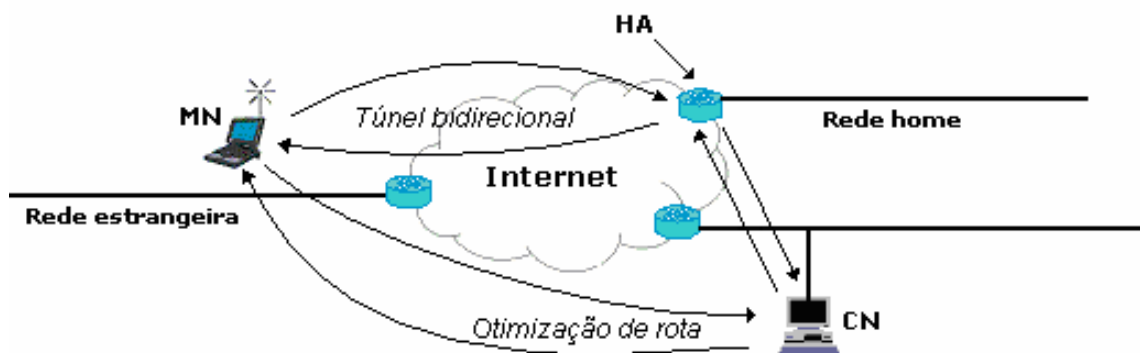


Figura 5 - Modos de comunicação: Tunelamento e Otimização de rota

### 2.2.2 Dificuldades e Aperfeiçoamentos no Handoff

Surgiram novos problemas com a recente evolução e o aumento na demanda por serviços que necessitam de interoperabilidades entre as redes. Isto porque os protocolos, de um modo geral, foram criados com o intuito de serem utilizados somente em redes cabeadas.

Com isso surgiu a necessidade de aprimorar o *handoff* e, portanto, muitas das dificuldades foram total ou parcialmente solucionadas através de aperfeiçoamentos realizados nestes protocolos.

#### 2.2.2.1 Migrando entre redes de velocidades diferentes

Quando ocorre uma mudança entre redes, o *soft handoff* e os protocolos MIPv4 e MIPv6 impedem que sessões do TCP sejam quebradas, evitando, com isso perda de pacotes durante o *handoff* vertical.

Quando examinamos o comportamento do TCP durante o *soft handoff* vertical de uma rede de alta velocidade e que possui pouco atraso nos pacotes para uma rede de menor velocidade e com um maior atraso nos pacotes, dois possíveis problemas podem ocorrer:

- O tamanho da janela do TCP não coincide com a capacidade do novo *link*;
- Longo tempo de ida e volta dos pacotes (RTT) no novo *link* causando *timeout* na conexão desnecessariamente.

Portanto, devido às características citadas anteriormente, pode ocorrer perda de desempenho durante o processo do *soft handoff* vertical.



### 2.2.2.2 Diferença de desempenho do TCP entre as redes

Originalmente, o TCP foi projetado para controlar o fluxo de pacotes IPs nas redes a cabo. Com a utilização deste protocolo nas redes sem fio o desempenho de processamento diminui significativamente por causa da grande quantidade de erros encontrados neste novo meio. Por exemplo, sabemos que o processamento do TCP nesse tipo de rede é de somente 4.3 Mbps, enquanto a taxa de bit da camada física é 11 Mbps para IEEE 802.11b, ou seja, são alcançados apenas 39.1% da taxa máxima de dados.

A implicação disso é que, apesar da taxa de bit física ser de 11 Mbps como a suportada pela camada física (PHY), são perdidos 60.9% deste processamento com o overhead de cabeçalhos das camadas física e enlace (MAC), e mais as altas taxas de erros. Embora os erros ou os pacotes perdidos possam ser retransmitidos, o retardo adicional resulta em *time-out* pela camada do TCP reduzindo em muito o desempenho da rede [14].

### 2.2.2.3 Erros de Timeout

O *Timeout* é um dos problemas que o TCP pode encontrar durante a execução de *handoffs*. Isto acontece quando um nó móvel muda de uma rede de *link* rápido para outra que possui um *link* mais lento. O TCP calcula RTT através dos ACKs recebidos e estima o intervalo de retransmissão (RTO) baseando-se no histórico de RTTs. Se nenhum ACK é recebido dentro do período de RTO, o TCP assume que o pacote está perdido devido a congestionamento de rede e, conseqüentemente, reduz a velocidade da sua taxa de transmissão.

Contudo, isto nem sempre funciona como o esperado. Em alguns casos ele não está relacionado a perda por congestionamento, mas sim pela redução do *link* da nova rede. Ou seja, a redução da janela (CWND) torna-se desnecessária, diminuindo o desempenho da conexão.

### 2.2.2.4 Identificando quando ocorrerá uma mudança de rede

Quando um MN move-se de um *Access Point* (AP) para a proximidade de algum outro, não existem meios de descobrir se ocorrerá somente *handoff* de camada 2. Nem se, no caso de haver mudança de sub-rede, ocorrerá *handoffs* de camada 2 e camada 3. Assim como também não existe nenhum padrão para detectar uma mudança de sub-rede.

O uso de anúncios de roteadores poderia resolver este problema de mudança de sub-rede, porém as frequências de tais anúncios podem ser diferentes em cada uma delas. Geralmente ocorrerem na ordem de minutos, tornando impossível para um MN descobrir se houve mudança de sub-rede.

#### 2.2.2.5 Agilizando o DHCP

Com relação ao problema da não detecção de mudança de sub-redes, existem algoritmos capazes de reduzir o tempo de *handoff* de camada 3 através do conceito de endereço IP temporário. Neste caso, que a comunicação retorna imediatamente após o *handoff*, enquanto aguarda o servidor de DHCP nomear um endereço de IP novo e definitivo, reduzindo a latência do *handoff* da camada 3 a valores aceitáveis, permitindo, assim ser o mais transparente possível não impedindo o funcionamento de serviços que necessitam de alta disponibilidade, como por exemplo Voz sobre IP.

É importante observar que caso algumas das etapas envolvidas nestes procedimentos falhem, o MNs podem sempre retornar aos mecanismos de padrão do 802.11. Neste cenário, a penalidade introduzida pela falha seria mínima e o desempenho seria muito próximo ao sistema.

#### 2.2.2.6 Classes no QoS

Quando se utiliza Qualidade de Serviço (QoS) em redes sem fio é desejável que o dispositivo móvel aceite várias classes de tráfego. Também é preciso definir suas exigências para a latência e para as taxas de erros de pacotes das aplicações utilizadas na rede.

Estas classes de tráfegos deveriam ser mapeadas para as classes apropriadas de QoS, como acontece no IP. Dependendo da configuração de rede, a interface sem fio deverá suportar latências e taxas de erros convenientes e associados a cada classe de tráfego. Deste modo, as exigências de QoS podem ser melhor alcançadas e, conseqüentemente, ocasionar um aumento na performance.

#### 2.2.2.7 Compensando as perdas de pacotes no Handoff

Perdas de pacotes ocorrem com muita frequência em conexões de rede sem fio, aumentando bastante na degradação de sua performance. Para resolver este

problema foram criados esquemas que prometem solucionar, ou pelo menos diminuir, este problema na rede.

#### 2.2.2.7.1 Handoff sem esquemas de compensação de perda de pacotes

Este problema de compensação de perda de pacotes ocorre antes do início do *handoff*, ou seja, quando a relação do sinal recebido entre um *Foreign Agent* (FA) e um *Home Agent* (HA) for maior que um valor adotado como o ideal para mudar de rede. Quando dessa relação do sinal for maior que um valor adotado como o ideal, inicializará a execução do *handoff* e conseqüentemente a mudança de rede.

Portanto, no momento em que a conexão é alterada do velho para o novo BS, pacotes IPs podem ser perdidos no buffer dos roteadores ocasionando o seu reenvio, afetando a performance da rede.

#### 2.2.2.7.2 Esquema bicast

O esquema de compensação de perda de pacote chamado de *bicast*, transfere simultaneamente os mesmos pacotes IPs de um roteador de acesso, do HA para um FA, através da rede cabeada. Os pacotes são transferidos antes da execução do HO *request* para o FA, reduzindo o tempo de demora para a mudança do HO *request*. Portanto, isto acontece somente se for detectado que o *handoff* será realizado.

Por outro lado, é necessário terminar de transmitir todos os pacotes IPs do *buffer* do velho BS quando não é utilizado o *bicast*, o que ocasiona a degradação da qualidade de recepção e faz com que o controle de *delay* seja incrementado. Além disso, durante o *bicasting* ocorre um aumento da banda de transmissão pela rede cabeada e, no caso desta já estiver sobrecarregada, pode trazer problemas de sobrecarga no meio.

#### 2.2.2.7.3 Esquema forwarding

O esquema de *forwarding* ocorre somente quando detectado que ocorrerá o *handoff*. O HA encaminha os pacotes "bufferizados" para o FA após o sinal de controle de HO *request* ser transmitido do MN para ele.

Este esquema pode proporcionar menos perda de pacotes IPs. Mas por outro lado, caso a quantidade de encaminhamento aumente significativamente, poderá ocorrer uma sobrecarga tanto no processamento quanto no *link*, aumentando significativo o tempo de envio para o FA.

#### 2.2.2.7.4 Esquema Híbrido

O esquema híbrido concentra as qualidades dos dois esquemas anteriores (*bicast* e *forwarding*) em um só obtendo um maior ganho de desempenho durante o processo de *handoff*.

A Figura 6 exhibe um nó móvel (MN) se deslocando do *Home Agent* (HA) para o *Foreign Agent* (FA) e transferindo seis pacotes no momento que foi detectada a necessidade de ocorrer o *handoff*.

O exemplo mostra que todos os pacotes podem ser recebidos em MN, e assume que os pacotes de 1 até 4 já foram transferidos para o HA.

Após o sinal de controle (*request*) para o início de *bicast* alguns pacotes IPs (pacote 5 e 6) são transferidos por uma rede cabeada ao roteador de acesso (*access router*) e, em seguida simultaneamente para o HA e para o FA.

Em seguida, utilizando o esquema *forwarding*, o HA encaminha os pacotes 3 e 4 que não são utilizados no *bicast* para o *buffer* e depois para o FA. Isto ocorre após o sinal de controle (*request*) do *handoff* ser transmitido do MN para o HA.

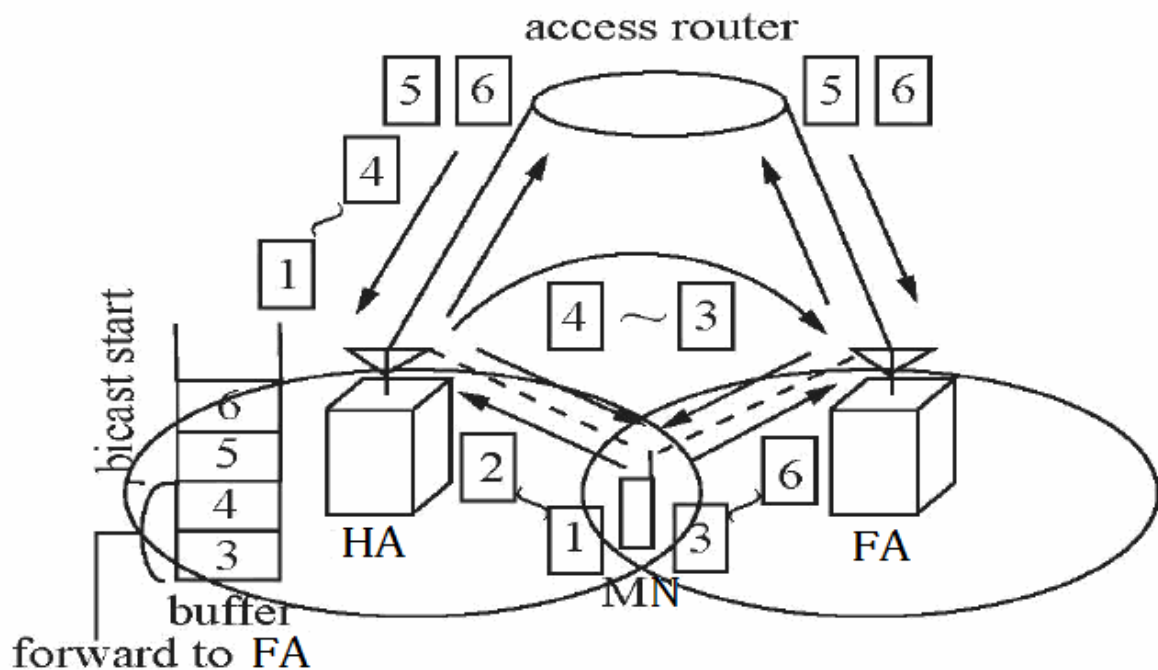


Figura 6 – Representação do esquema Híbrido

Através deste esquema híbrido é possível minimizar as perdas de pacotes através do esquema *forwarding* (encaminhamento), e reduzir o tempo entre mudança de BS com o esquema *bicast* através do encaminhamento pela rede cabeada, melhorando assim, a performance na rede durante a execução do *handoff*.

### 3 CONCLUSÕES

Existem várias tecnologias de redes sem fio, com necessidades distintas, que suprem as exigências dos usuários. Isto acarreta muitos problemas que ocorrem durante a movimentação de um tipo de rede para outra. Além disso, os usuários necessitam que sua conectividade permaneça ativa durante praticamente todo o tempo.

Com a próxima geração de handoff, ao invés de utilizar praticamente apenas a potência do sinal como fator decisivo, a isto, deverão ser incorporados muitos dos critérios visto no trabalho, aperfeiçoando o desenvolvendo de funções que levam em conta mais fatores decisivos implicado diretamente nas decisões do handoff do usuário.

Apesar de já convivermos com alguma mobilidade provida por protocolos das camadas físicas e de enlace de dados, ela é extremamente restrita, sendo impossível que uma unidade móvel, conservando suas configurações de rede, se desloque entre redes diferentes. Outros fatores também pressionam por recursos que ofereçam suporte nativo à mobilidade na camada de rede.

Esta mobilidade está sendo vista como a melhor forma de interconectar as diferentes tecnologias de redes wireless entre si e as tradicionais redes com fio. Quando o dispositivo migrar de rede receberá um novo endereço IP, significando que haverá uma mudança no roteamento dos pacotes enviados a ele. Para lidar com a Mobilidade o protocolo *Mobile IP* (MIP ou MIPv4) foi projetado de forma que o dispositivo móvel tenha dois endereços IPs.

Assim como o MIP (MIPv4), com algumas melhorias, o *Mobile IPv6* permite que um dispositivo móvel se mova de uma rede para outra sem perder a conexão. Isto significa que o endereço original nunca se modifica e os pacotes serão encaminhados corretamente para o dispositivo móvel. Devido a isso a movimentação torna-se transparente para a camada de transporte e para as aplicações que utilizam o protocolo TCP/IP e *Mobile IPv6*.

Contudo, com a recente adoção da mobilidade nas redes sem fio, apareceram novos problemas que não existiam nas redes cabeadas. E, para solucioná-los, surgiram propostas de aperfeiçoamento realizados nos protocolos que tinham como objetivo obter uma melhora na utilização da conexão de rede.

## REFERÊNCIAS

1. AXIOTIS, D.I.; AL-GIZAWI, T.; PEPPAS, K.; PROTONOTARIOS, E.N.; LAZARAKIS, F.I.; PAPADIAS, C.; PHILIPPOPOULOS, P.I. Services in internetworking 3G and WLAN environments. **IEEE Wireless Communications**, v. 11(5), p. 14-20, 2004.
2. BELLAVISTA, P.; CINQUE, M.; COTRONEO, D.; FOSCHINI, L. Integrated support for handoff: Management and context awareness in heterogeneous wireless networks. **ACM International Conference Proceeding Series**, v. 115, p. 1-8, 2005.
3. CHEN, W-T.; LIU, J-C.; HUANG, H-K. An adaptive scheme for vertical handoffs in wireless overlay networks. **ICPADS**, v. 7, p 541-548, 2004.
4. FORTE, A.G.; SHIN, S.; SCHULZRINNE, H. Improving Layer 3 Handoff Delay in IEEE 802.11 Wireless Networks. **WICON**, v. 220, 2006.
5. HUANG, H.; CAI, J. Improving TCP performance during soft vertical handoff. **AINA**, v. 2, p.329-332, 2005.
6. 1.INAYAT, R.; AIBARA, R.; NISHIMURA, K. A seamless handoff for dual-interfaced mobile devices in hybrid wireless access networks. **AINA**, v. 1, p. 373, 2004.
7. MCNAIR, J.; ZHU, F. Vertical handoffs in fourth generation multinet network environments. **IEEE Wireless Communications**, V. 11(3), p. 8-15, 2004.
8. 2.PERING, T.; AGARWAL, Y.; GUPTA, R.; WANT, R. CoolSpots: reducing the power consumption of wireless mobile devices with multiple radio interfaces. **MobiSys**, v. 6, p 220-232, 2006.
9. REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA. Boletim bimestral sobre tecnologia de redes. Brasil, abril de 2003. Disponível em <http://www.rnp.br/newsgen/0301/mip.html>. Acesso em 22/04/2007.
10. SAITO, M.; MORIMOTO, A.; TAKYU, O. Nakagawa, M.. IP packet loss compensation scheme with bicast and forwarding for handover in mobile communication. **IEIC Technical Report**, v. 105, p. 277-282, 2006.

11. SIDDIQUI, F.; ZEADALLY, S. Mobility management across hybrid wireless networks : Trends and challenges. **Computer communications**, v. 29 (9), p. 1363-1385, 2006.
12. SOUSA, T.; MONTEIRO, E.; BOAVIDA, F. **Estudo do IPv6 móvel em Linux (A Study of Mobile IPv6 in Linux)**. in Proc. of the CRC'2003 - 6th Conference on Computer Networks - Protocols, Technologies and Applications for Mobile Environments, Portugal, 2003.
13. Tae-Hoon Kang, Chung-Pyo Hong, Yong-Seok Kim, Shin-Dug Kim: **A Context-aware Handoff Management for Seamless Connectivity in Ubiquitous Computing Environment**. In The 2006 World Congress in Computer Science and Applied Computing, USA, p. 128--134, 2006.
14. TEE, LK. Packet error rate and latency requirements for a mobile wireless access system in an IP network. **VTC**, p. 249-253, 2007.