

Avaliação de soluções para gerência de mobilidade IP baseadas na plataforma Android

Claudio de Castro Monteiro, Fábio Lima da Silva, Raysa da Luz Oliveira, José Augusto Coelho de Sousa, Jezuila dos Reis Rodrigues, Pablo Rocha Moreira, Angélica Julia da Costa Neta, Carolinne Caldeira, Arich Andrade Rocha, Lucas Henrique Milhomem Meira, Alex Rocha, Honorio Henrique Lima, Jenilson Júnior, Lucas Augusto Barros, Paulo Roberto de Lira Gondim

ccm@ifto.edu.br, {fabbiolimadasilva, oliveira.raysa, joseaugusto.cs1, jezuila, prm.gredes, julinhaangelica, carolinnecaldeira, arichandrade, lucmeir, alexrochatsi, henriquew3c, jenilsonjunior, lucas10797}@gmail.com, pgondim@unb.br

IFTO – Campus Palmas, Brasil
77.021-090
Palmas, Brasil

Resumo: Este trabalho apresenta um estudo prático sobre o comportamento dos protocolos FMIP (Fast Mobile IP) e do SMIP (Specialized Mobile IP) para auxiliar a gerência de mobilidade em ambientes de redes sem fio. A escolha dos protocolos levou em consideração suas características semelhantes e a sua aplicabilidade em ambientes de integração de redes sem fio sem acoplamento. Para o trabalho, foram implementadas versões dos dois protocolos, visando seu funcionamento em dispositivos Android, considerando o crescente uso dessa plataforma de software em smartphones e tablets. Desta forma, os dois protocolos foram comparados em ambiente envolvendo duas WLANs parcialmente sobrepostas. Foram feitos testes com usuários sem mobilidade e com mobilidade, utilizando redes em produção, visando medir a latência real da migração do móvel de uma rede para a outra, sem considerar o tipo de serviço exigido pelo usuário do dispositivo. Em todos os testes, o SMIP teve melhor desempenho do que o FMIP. Adicionalmente, testes foram realizados considerando transmissão de sequências de vídeo sob demanda de um servidor para o móvel durante sua movimentação nos cenários considerados. Neste caso, a intenção foi avaliar e comparar a eficiência operacional dos dois protocolos, no sentido de garantir a qualidade de experiência (avaliada através da qualidade do vídeo) do usuário. Usando a métrica PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio), é mostrado então que o SMIP também superou o FMIP neste cenário, envolvendo mobilidade entre redes sem fio e transmissão de vídeo sob demanda.

Palavras chave: Mobilidade, IP, Rede, Heterogêneo.

Abstract: This paper presents a case study on the behavior of FMIP (Fast Mobile IP) and SMIP (Specialized Mobile IP) protocols to assist the mobility management in wireless networks environments. The choice of protocols take into consideration their similar characteristics and their applicability in environments involving the integration of wireless networks without coupling. For the study, we implemented versions of the two protocols, aiming its operation on Android devices, considering the crescent use of this software platform in smartphones and tablets. In this sense, the two protocols were compared in an environment involving two partially overlapped WLANs. Tests were made without and with mobility of users, using networks in production, aiming to measure the migration latency of mobile from a network to another one without considering the type of service required by the user. In all tests, the SMIP had better performance than the FMIP. Additionally, tests also considered the transmission of video sequences on demand, from a server to the mobile during their movement into considered scenarios, aiming to demonstrate the operational efficiency of the two protocols in order to ensure the user's quality of experience (evaluated by the video quality). The metric PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) is used to show the superiority of SMIP in this scenario, involving mobility across different wireless networks and transmission of video on demand.

Keywords: Mobility, IP, Network, Heterogeneous.

1 Introdução

A engenharia de protocolos destinados à integração e à convergência de redes de acesso sem fio tem se voltado, nos últimos anos, para o atendimento a necessidades tais como o gerenciamento de mobilidade, em que o conceito de “All-IP based networks” tem sido considerado de grande relevância em um contexto de cada vez mais ampla disseminação da Internet.

Embora o funcionamento do protocolo MIP (Mobile Internet Protocol) e suas variações tenha sido muito abordado por diferentes autores, o problema da mobilidade de terminais entre redes tem sido objeto de

pesquisas recentes ([Al-Surmi 2012], [Fernandes and Karmouch, 2012]), especialmente em situações onde um usuário se desloca de uma rede para outra, enquanto está com sessões em andamento (relativas, por exemplo, a uma chamada VoIP, uma videoconferência ou mesmo uma transferência de arquivos), com conexão provida na rede de origem e conexão a ser criada em outra rede (rede destino).

Em termos de cobertura e de seleção de redes, tais situações são relativamente comuns no dia-a-dia de usuários de serviços providos por redes de comunicação móvel. Por exemplo, quando a movimentação de um dado usuário faz com que ele necessite de serviço em uma área

não coberta pela rede sem fio em que se encontrava, ou ainda quando, em uma situação de sobreposição total ou parcial de duas ou mais redes sem fio, haja interesse em permitir ao usuário não somente manter sessões em andamento, mas também após escolher a rede que melhor o atende, por razões que podem incluir o custo (tarifas), preferências individuais do usuário, qualidade de serviço (QoS, do inglês Quality of Service) provida pela infraestrutura de rede, qualidade de experiência (QoE, do inglês Quality of Experience) vivida pelo usuário e aspectos ligados ao gerenciamento de contexto, dentre outras possíveis razões.

Além das necessidades de manutenção da conexão e de continuidade de sessão se constituírem em desafios para a efetiva integração de redes sem fio, a situação de redes sem acoplamento apresenta desafios adicionais, estando comumente presente em redes que se encontram em domínios administrativos diferentes e sem nenhum acordo de nível de serviço mútuo disponível. Em outras palavras, em tais situações verifica-se que “uma rede não garante nada para a outra”, e, por consequência, gerenciam classes de endereços IP diferentes, levando à necessidade de estudos que permitam avaliar o impacto de um processo de migração (handover) de uma rede a outra.

No contexto do citado processo, uma das medidas de grande importância é a latência de handover, sendo a redução dos tempos envolvidos nessa latência de grande importância para a continuidade de sessão, especialmente quando o tráfego entre as redes consideradas é do tipo multimídia, comumente sujeito a restrições de tempo real.

Dentre as soluções baseadas no MIP, este trabalho apresenta então uma avaliação experimental de duas destas soluções MIP: o FMIP (Fast MIP) e o SMIP (Specialized MIP). Os dois protocolos apresentam premissas de funcionamento parecidas e se adequam ao cenário escolhido para o estudo. Desta forma, uma versão destes protocolos foi implementada em dispositivos Android (especificamente tablets Samsung P6200), visando avaliar a sua operação em ambientes experimentais reais.

Experimentos foram conduzidos considerando três cenários: i) sem mobilidade de terminal; ii) com mobilidade de terminal; iii) com mobilidade de terminal e tráfego de vídeo. Nos dois primeiros não foi considerada nenhuma conexão ativa no móvel e no último foi considerado o móvel com uma conexão relativa a uma sessão de transmissão de vídeo em andamento.

Os resultados são apresentados buscando mostrar a eficiência dos protocolos em relação: i) à latência gerada pela migração entre as redes, caracterizando os momentos de “ida” e “volta” sempre em relação à rede de origem do móvel (home network); ii) aos impactos causados à qualidade do vídeo percebida pelo usuário.

O texto foi dividido buscando conduzir o leitor pelas fases do trabalho. Na seção 2, estão apresentados trabalhos que mostram o funcionamento do MIP e de algumas de suas variações. Na seção 3, é apresentada a proposta deste trabalho, detalhando os ambientes experimentais e os aspectos metodológicos da pesquisa, para que, na seção 4,

possam ser apresentados os resultados da avaliação de cada protocolo e a comparação entre eles. O texto encerra-se com a seção 5, onde são apresentadas as conclusões e as possibilidades de trabalhos futuros.

2 Trabalhos relacionados

Um dos maiores desafios das pesquisas envolvendo o protocolo MIP reside na necessidade de redução da latência gerada pela troca de mensagens de sinalização, previstas na definição do protocolo, gerando inúmeras propostas de extensão do mesmo, para atender o objetivo principal de um cenário de integração de redes baseadas em IP: a redução do tempo (latência) de descontinuidade da conexão durante o processo de handover.

Desta forma, trabalhos abordando questões sobre a latência do MIP podem ser, primeiramente, classificados de acordo com a versão do IP utilizado (4 ou 6). Naturalmente, as contribuições feitas sobre o MIPv4 (Mobile IP version 4) MIPv4 são mais antigas [Fu et al. 2005c], [Fu et al. 2005a], [Fu et al. 2005b], [Fu and Atiquzzaman 2005], [Sivagurunathan et al. 2005a], [Sivagurunathan et al. 2005b], [Xie and Akyildiz 2002] e [Blondia et al. 2003], visto que o IPv4 (IP version 4) possui muitas limitações em relação ao suporte à mobilidade, se comparado com o IPv6 (IP version 6).

Assim, os trabalhos recentes que apresentam propostas para solucionar o problema da latência do MIP, reúnem esforços sobre o MIPv6 (MIP version 6) e podem ser classificados, em primeira instância, de acordo com a localização do controle da sinalização. Desta forma, as propostas podem ser consideradas como baseadas no móvel e baseadas na rede. As propostas baseadas no móvel, apresentam uma sub-classificação de acordo com a forma de funcionamento do MIPv6, apresentando as variações HMIP (Hierarquical MIP), FMIP (Fast MIP) e FHMIP (Fast Hierarquical MIP). Por outro lado, as propostas baseadas na rede, apresentam apenas uma sub-classe, conhecida pelo uso de proxies, comumente chamados de LMA (Local Mobility Anchor), MAG (Mobile Access Anchor) e MAA (Mobile Access Anchor), tendo como função principal reduzir a participação do móvel na troca de mensagens, reduzindo assim os tempos gastos para a execução das tarefas do MIP atinentes ao móvel, a exemplo do PMIP (Proxy MIP). O resumo destas classificações pode ser visto na figura 1.

Algumas das variações do MIP foram concebidas para uso em ambientes restritos e confinados a um mesmo domínio administrativo ou acordos de nível de serviço bem definidos. É caso do HMIP ([Mansourme et al. 2008], [Lixin et al. 2010], [Taleb et al. 2009]), que é utilizado frequentemente para a redução de sinalização entre o móvel e os elementos da arquitetura MIP, visto que utiliza o conceito de micro e macro mobilidade, centrado em um novo elemento introduzido na arquitetura, chamado de MAP (Mobile Anchor Point). Nessa arquitetura, o móvel possui dois tipos de CoA: LCoA (Local CoA) e o RCoA (Regional CoA). O LCoA identifica o móvel dentro do domínio de um AR (Access Router), enquanto que o RCoA identifica o móvel dentro

do domínio de um MAP. Com o uso do MAP, a arquitetura pode verificar se o móvel migrou para outro AR dentro ou fora do domínio daquele MAP, decidindo se a mobilidade foi micro ou macro. Caso a mobilidade seja micro (dentro do domínio do mesmo MAP), não há necessidade de geração de mensagens de BU (Binding Update), que visa atualizar o RCoA do móvel junto ao seu HA. Portanto, com o HMIP, pode-se reduzir a sobrecarga de sinalização referente às movimentações locais ao mesmo domínio MAP, restando apenas a sinalização referente às movimentações inter-domínio dos MAPs, as quais necessitam que o móvel atualize seu RCoA com seu HA.

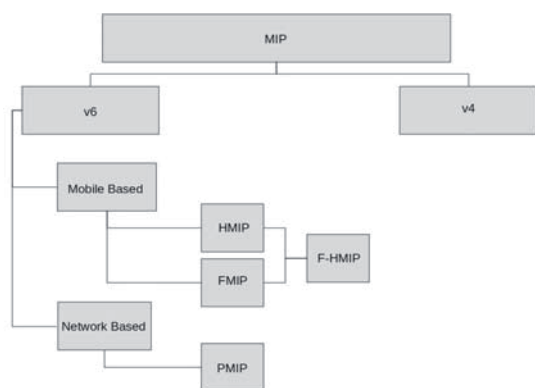


Figura 1: Classificação dos Trabalhos sobre MIP

Embora as variações do MIP tenham evoluído rapidamente dentro da classificação de soluções MIP baseadas no móvel (figura 1), as soluções baseadas na rede têm recebido atenção especial. Este fato é explicado pela facilidade de reduzir mensagens de sinalização, quando a solução está centrada na rede. Para que isso aconteça, a utilização de proxies dentro das entidades do MIP (HA e FA) tem sido a direção tomada por trabalhos de pesquisa encontrados na literatura, caracterizando o PMIP (Proxy MIP).

Um exemplo de uso de proxies pode ser encontrado em [Obele and Kang 2009], onde os autores optaram pelo uso do PMIP, onde o móvel participa pouco da sinalização durante o handover, ficando toda essa carga para a rede. A alternativa usada, o PMIPv6, depende da sinalização MIPv6 e da reutilização de funcionalidade do HA através de um agente proxy para gerenciar a mobilidade na rede, fornecendo, de forma transparente, serviços de mobilidade aos dispositivos. Nesta presente tese, portanto, é apresentada uma alternativa ao PMIPv6 (PMIP version 6), baseada em informações de QoS, incluindo os acordos de nível de serviço estabelecidos entre a rede e o usuário do serviço, visando tornar eficazes as decisões de handover. Segundo os autores, a proposta reduz significativamente a latência do handover e ajuda a garantir que os usuários de redes móveis possam ter suas conexões mantidas segundo os SLAs estabelecidos dentro de um domínio PMIP.

Outro trabalho centrado em PMIP pode ser encontrado em [Bargh et al. 2008], onde é apresentada uma estratégia, também baseada em proxies, que permite a troca de mensagens de binding simultâneas entre os

agentes estrangeiros, facilitando a pró-atividade do handover, visto que o processo pode ser conduzido totalmente pela rede, sem a necessidade de haver perda de conexão. Os autores mostram, usando simulação, que a latência do handover, com o uso da proposta, pode ser reduzida para menos de 10 milissegundos (ms), assim como a perda de pacotes também pode ser reduzida ou até mesmo eliminada com o uso de buffers nos proxies.

O FMIP também é uma variação do MIP, onde algumas propostas se sustentam para tentar reduzir, tanto quanto possível, a latência do handover. Para tanto, as propostas utilizam informações da camada de enlace, numa tentativa de prever o handover antes que ele realmente ocorra na camada de rede. Sempre que possível, essas informações são coletadas e analisadas, para que decisões de re-conexão IP possam ser tomadas, antes que a conexão anterior seja perdida. O uso do MIH (Media Independent Handover, padrão IEEE 802.21) pode ser uma solução eficiente, visto que esse padrão prevê interfaces específicas entre as camadas de enlace e rede para a troca dessas informações.

Um exemplo disso pode ser encontrado em [Alnas et al. 2009b], onde os autores apresentam uma proposta de redução da latência do MIP, através do uso de informações da camada de enlace. Essas informações indicam que o nível de sinal de determinado enlace com um AP está reduzindo, indicando que um possível handover irá iniciar. Essas informações são utilizadas pela proposta para verificar a existência de outros APs e então agir pró-ativamente, no sentido de conseguir as informações sobre o endereçamento IP das possíveis próximas redes. Além disso, trabalhos como [Alnas et al. 2009a] e [Lee et al. 2008] também refletem essa preocupação e a tendência de utilizar informações da camada de enlace, através das interfaces de serviços da função MIH.

Pode ainda ser encontrada em [Kong et al. 2008a], uma comparação do desempenho do PMIPv6 com as demais variações do MIPv6 classificadas como baseadas no móvel, tais como MIPv6, HMIPv6 (Hierarchical MIP version 6), FMIPv6 (Fast MIP version 6) e FHMIPv6 (Fast Hierarchical MIP version 6). As análises apresentadas pelos autores confirmam a superioridade natural do PMIPv6, considerando a também intrínseca redução de mensagens entre o móvel e as entidades MIP.

No entanto, algumas ponderações precisam ser feitas quanto ao uso do PMIP. Dentre elas, a principal a ser destacada é a necessidade do controle e acesso total ao núcleo da rede, reduzindo assim, a viabilidade de sua implantação nos ambientes propostos neste trabalho, que são baseados no não acoplamento das redes envolvidas. Alguns destes resultados são apresentados em [Kara 2009] e [Monteiro 2012].

O protocolo SMIP (Specialized MIP), proposto por [Monteiro 2012], apresenta uma diferença fundamental em relação às outras propostas. A possibilidade de atuação entre redes de domínio administrativo diferentes, ou seja, sem acoplamento, o que o coloca como uma possibilidade interessante, quando o objetivo é oferecer ao usuário a migração entre redes, de forma transparente.

3 Proposta e metodologia

A proposta desta pesquisa foi avaliar soluções para gerência de mobilidade IP em cenários de integração de redes sem acoplamento, visando apontar soluções viáveis para uso real em dispositivos móveis atuais. Sendo assim, após verificar as propostas do MIP e de suas variações, foram identificadas duas delas com potencial para solucionar, com eficiência, o problema da mobilidade de terminal em cenários reais, em redes sem acoplamento. Uma foi o FMIP e a outra o SMIP (Specialized MIP), apresentado em [Monteiro and Gondim 2010]. A avaliação foi conduzida com dois focos envolvendo a eficiência operacional dos dois protocolos: i) a latência das migrações entre redes; ii) os impactos desta latência em aplicações que consomem serviços de vídeo. Versões dos dois protocolos foram implementadas em linguagem python, visando o funcionamento em dispositivos do tipo tablet e as mesmas foram submetidas a testes envolvendo três cenários conforme tabela 1. Em todos os cenários utilizados foram consideradas duas WLANs com coberturas sobrepostas em todos os pontos de coleta.

A proposta do SMIP possui os seguintes elementos: i) um HA (Home Agent); ii) dispositivo móvel com pelo menos duas interfaces ativas; iii) FA (Foreign Agent); iv) CN (Correspondent Node). Desta forma o móvel deverá estar registrado em duas redes (na HA e FA), para então, efetuar o handover.

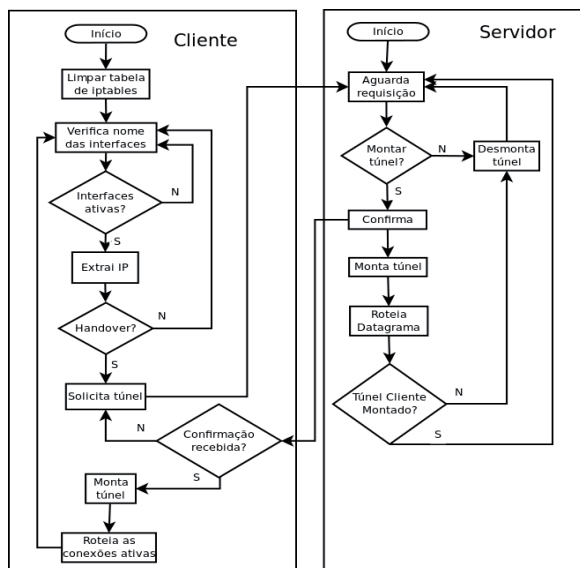


Figura 2 - Fluxograma da implementação do Protocolo SMIP.

Antes do handover o móvel deve está com rota default para o HA (Home Agent) e quando perceber que precisa mudar de rede, sinalizar para o HA informando seu desejo. Ao receber a sinalização, este por sua vez, interpreta a mensagem e envia uma confirmação com os dados de configuração de VPN (Virtual Private Network) e inicia o processo de montagem do túnel. O móvel precisa receber esta confirmação com os dados, mudar a rota default para o FA (Foreign Agent), montar o túnel e estabelecer a VPN entre as duas partes. Após esta etapa o móvel faz o roteamento de todas as conexões ativas

passando pelo túnel. Da mesma forma, o servidor faz uma rota que informa a todos os pacotes com destino ao IP do móvel na rede home que devem seguir pelo túnel.

Quando o móvel decide voltar para a rede antiga deve enviar outra sinalização para o HA. Este interpreta a mensagem, envia uma confirmação e desmonta o túnel do seu lado. Ao receber, a confirmação o móvel desmonta o túnel e muda sua rota default. Como pré-requisito para o que foi citado anteriormente, o móvel deve, de alguma forma automática, obter os endereços IPs de suas interfaces ativas.

Tabela 1: Cenários de Experimentação.

01	Ambiente sem mobilidade e sem consumo de tráfego pelo terminal
02	Ambiente com mobilidade e sem consumo de tráfego pelo móvel
03	Ambiente com mobilidade e com consumo de tráfego pelo terminal



Figura 3: Ambiente usado nos testes.

Na figura 2 estão dispostos os pontos/trajetórias utilizados nos três cenários de testes. Nos primeiro cenário, foram utilizados 9 pontos separados por 5 metros cada um e dispostos de maneira a estarem sempre dentro da área de cobertura das duas WLANs consideradas. As migrações entre as redes foram automatizadas, fazendo com que o móvel realizasse a troca em intervalos de 10 segundos, permitindo assim, a coleta dos tempos de cada migração (latência do handover). Além disto, os valores destes tempos foram coletados individualmente em cada ponto, sem levar em consideração a mobilidade do terminal entre os pontos, nem tão pouco a consumo de tráfego do dispositivo.

Nos cenários 2 e 3, os pontos mostrados na figura 2 formaram a trajetória do móvel, considerando uma movimentação a 1m/s. No cenário 2, também não foi considerado consumo de tráfego pelo terminal, acrescentando esta variável apenas no cenário 3, onde um consumo de tráfego de vídeo foi considerado durante o deslocamento do móvel. Nestes dois cenários as migrações foram feitas considerando um tempo de permanência mínimo do móvel em cada rede de 5 segundos, visando forçar o protocolo a realizar um número maior de migrações. Além disto, o tempo de 5 segundos é justificado no cenário 3, visto que as coletas

dos valores de PSNR foram consideradas por cada transmissão de cada sequência de vídeo. Isto significa que, dependendo da duração de uma determinada sequência, o tempo entre uma migração e outra deve ser mínimo para que o móvel realize pelo menos duas migrações entre as redes durante a coleta, na tentativa de submeter os protocolos a condições extremas de funcionamento.

Nos cenários 1 e 2, usando datagramas ICMP, enviados a um nó correspondente (neste caso, o host 8.8.8.8), foi considerado como tempo de migração do móvel de uma rede para a outra, o período de tempo decorrido entre o último datagrama recebido pelo móvel na rede A e o primeiro na rede B, conforme adotado por [Kong et al. 2008b]. No entanto, no cenário 3, a variável medida foi apenas a qualidade do vídeo (QoV, do inglês Quality of Video) recebido pelo dispositivo, usando a métrica PSNR.

Desta forma, o algoritmo usado para coletar os tempos relativos às migrações entre redes do móvel foi incorporado nas implementações da parte cliente dos protocolos analisados e está mostrado na figura 3.

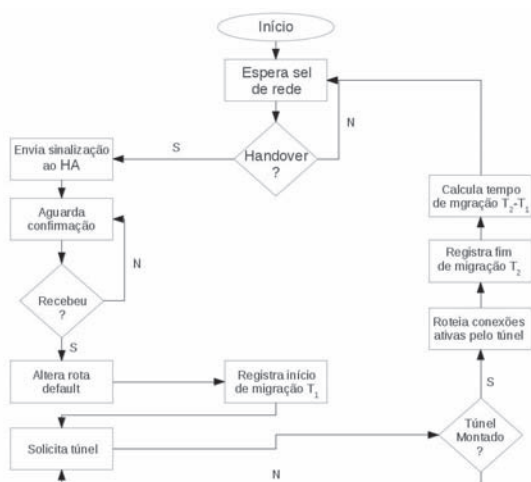


Figura 4: Algoritmo dos clientes SMIP e FMIP para coleta de tempos de migração.

Todos os testes consideraram um número de repetições de cada coleta baseado em uma amostra populacional calculada para ser possível ter 95% de confiança em relação às médias obtidas. Desta forma, para os testes no cenário 1, foram considerados 335 migrações entre as redes, envolvendo tanto as movimentações no sentido rede de origem -> rede visitada (ida) quanto no sentido rede visitada -> rede de origem (volta), em cada um dos 9 pontos. Por outro lado, nos cenários 2 e 3, foram consideradas 4 sequências de vídeo e 200 transmissões de cada uma durante o deslocamento do usuário à pé dentro do campus do IFTO, a uma velocidade aproximada de 1m/s.

4 Resultados

Nesta seção, serão expostos os testes realizados com cada um dos protocolos escolhidos, conforme os 3 cenários descritos na seção anterior.

Nos cenários 1 e 2, a variável medida foi o tempo de migração entre as redes, sem e com o deslocamento do móvel; a tabela 2 mostra os valores dos tempos coletados no móvel em cada um dos pontos selecionados.

Tabela 2: Cenário 1 – Tempos de Migração.

Protocolo	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Confiança	
SMIP	76,89	31,12	Lim. Superior	73,56
			Lim. Inferior	80,23
FMIP	113,28	28,23	Lim. Superior	110,26
			Lim. Inferior	115,52

O que é notado é que o SMIP apresenta resultados melhores do que o FMIP, devido à sua natureza preditiva. Em outras palavras, o FMIP, embora necessite manter as interfaces do móvel ativas, considera que apenas uma delas apresenta as características de conexão até a camada 3 (apenas uma das interfaces possui endereço IP a cada tempo). No caso do SMIP, além de manter as interfaces ativas, o mesmo mantém as duas conectadas às redes disponíveis, reduzindo assim, os tempos relacionados a obtenção de CoA, mantendo todos os CoAs registrados em sua HA durante todo o funcionamento do móvel.

Por outro lado, quando são analisados os resultados dos testes no cenário 2, o SMIP foi bastante superior em comparação ao FMIP. A característica preditiva do FMIP não suportou bem a mobilidade do mesmo em cada rede (5 segundos). Este tempo não foi suficiente para que o protocolo chegasse ao final de sua operação, obtendo o CoA da nova rede e alterando a rota default do dispositivo para o gateway desta rede, fazendo com que, antes de concluir os procedimentos de migração da rede nativa para a visitada, o móvel já estava de volta a sua rede nativa. O resultado envolveu várias migrações durante o registro do tempo de início de uma migração e outras, resultando em longos tempos de espera até que o protocolo pudesse sincronizar uma migração, traduzidos pelos altos valores do desvio-padrão (tabela 3).

No caso do SMIP (tabela 3), devido às suas características operacionais, o deslocamento não impactou muito nos tempos de migração, visto que a migração do móvel entre redes se resume à alteração da rota default do dispositivo, já que estão seus CoAs todos registrados no momento em que o protocolo é ativado.

Tabela 3: Cenário 2 – Tempo de Migração.

Protocolo	Média	Desvio-Padrão	Intervalo de Confiança	
SMIP	51,15	7,80	Lim. Superior	49,98
			Lim. Inferior	52,33
FMIP	215,07	238,58	Lim. Superior	189,53
			Lim. Inferior	230,93

Considerando os resultados obtidos com o cenário 2, as consequências da mobilidade de terminal sobre a qualidade do vídeo percebida pelo usuário são claras, conforme pode ser visto na tabela 4. Devido a métrica de QoV utilizada (a PSNR - Peak Signal-to-Noise Ratio) ser

mais sensível à perda de pacotes do que ao atraso e ao jitter, a mesma foi utilizada como referência para medir os impactos do funcionamento dos protocolos no cenário 3.

Tabela 4: Cenário 3 – Valores e PSNR referentes à transmissão de vídeo.

Protocolo	Média (dB)	Desvio-Padrão	Intervalo de Confiança	
			Lim. Superior	Lim. Inferior
SMIP	29	1,25	Lim. Superior	28,60
			Lim. Inferior	29,40
FMIP	17	9,76	Lim. Superior	15,76
			Lim. Inferior	18,24

Considerou-se o mapeamento entre os valores de PSNR e a escala relativa à avaliação subjetiva (MOS – Mean Opinion Score) apresentado em [Chih-Heng Ke et al., 2008].

Além disso, visando verificar o comportamento dos protocolos com relação à infraestrutura de rede, foi medida a perda de frames de vídeo durante cada transmissão, mostrada na tabela 5, usando a ferramenta Tshark. Os resultados apresentados mostram o comportamento dos protocolos mediante um cenário com mobilidade de terminal e consumo de tráfego de vídeo (cenário 3).

Tabela 5: Cenário 3 – Perda de Frames de Vídeo.

Protocolo	Média (frames)	Desvio-Padrão	Intervalo de Confiança	
			Lim. Superior	Lim. Inferior
SMIP	15	6,03	Lim. Superior	14,17
			Lim. Inferior	15,83
FMIP	650	214	Lim. Superior	620,34
			Lim. Inferior	679,06

Para a coleta destes dados, a sequência de vídeo considerada foi a highway e, como pode ser observado, devido aos problemas de registro de CoA, o FMIP não conseguiu manter uma boa qualidade dos vídeos transmitidos. Na verdade, o resultado prático e visual durante os testes se mostrou em forma de descontinuidade da sessão de vídeo. Além da sequência highway, outras 4 sequências de vídeo foram utilizadas: football, container, akiyo e foreman. Os resultados foram semelhantes e estão resumidos nas figuras 4 e 5.

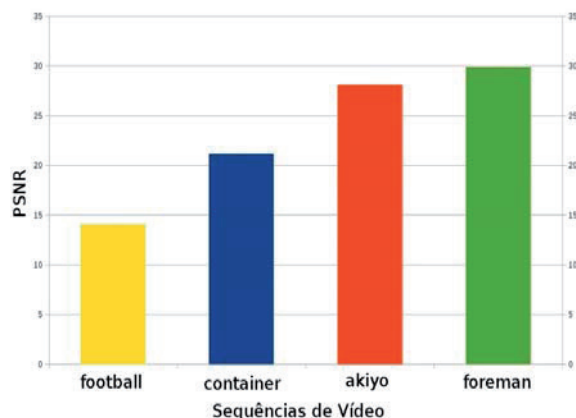


Figura 5: PSNR médio das 4 sequências usando SMIP.

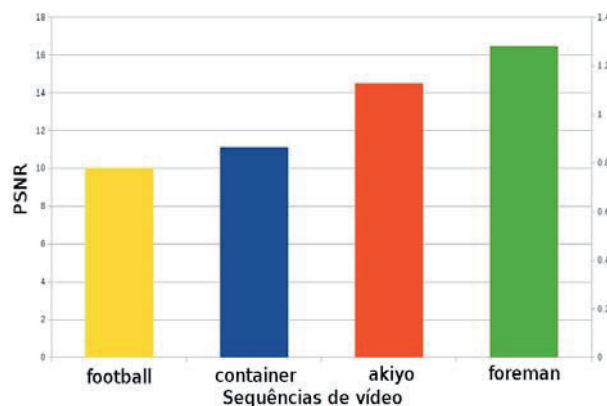


Figura 6: PSNR médio das 4 sequências usando FMIP.

Pode ser observado que, para todas as sequências de vídeo consideradas nos testes, os valores de PSNR indicaram uma maior similaridade da sequência recebida em comparação com a sequência original (antes da transmissão), quando utilizando o SMIP, confirmando seu melhor desempenho, garantindo menores tempos de migração entre redes e a consequente redução da perda de frames durante as transmissões.

5 Conclusão e Trabalhos futuros

O problema de gerência de mobilidade IP, apesar de não ser novo e de já ter sido abordado por diversos trabalhos acadêmicos, ainda merece atenção, principalmente quando as redes por onde o móvel se desloca não possuem acoplamento e estão, portanto, em domínios administrativos diferentes. Nos dias atuais, cenários desta natureza são cada vez mais comuns e as soluções propostas para o problema da mobilidade está sendo tratado com foco no dispositivo móvel e em seu utilizador. As ofertas de sistemas cada vez mais robustos embarcados em hardwares cada vez mais potentes vem tornando soluções práticas e computacionalmente viáveis cada vez mais necessárias.

Por esta razão, esta pesquisa resolveu realizar um levantamento detalhado das soluções existentes para a gerência de mobilidade de terminal, baseada no protocolo IP (MIP), classificando as mesmas em função do seu foco de atuação (rede ou móvel) e em características estruturais de seu funcionamento, chegando a duas potenciais soluções: o FMIP e o SMIP. Após a escolha, contextualizada com o ambiente de estudo proposto (mobilidade de terminal entre redes não acopladas), um ambiente foi criado contendo três cenários distintos, visando observar a eficiência operacional dos dois protocolos. Para isso, numa tentativa de estar alinhado com as evoluções tecnológicas recentes, foi necessário realizar a implementação dos dois protocolos escolhidos de maneira a funcionarem em dispositivos tipo tablet, com sistema operacional Android.

O estudo então comprovou a eficiência dos dois protocolos em cenários sem mobilidade, porém, com mobilidade real e extrema, onde o móvel permanece em uma rede por apenas 5 segundos (caracterizando o efeito “ping-pong”), a solução FMIP se mostrou pouco eficiente devido suas características preditivas, que envolvem a conexão IP de suas Interfaces apenas quando for

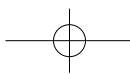
identificado a eminência de uma migração. Esta característica impediu o protocolo de realizar as migrações com eficiência, visto que o tempo para realizar suas conexões IP para receber seus CoAs foi maior do que o tempo determinado para que o móvel permanecesse em cada uma das redes.

Sendo assim, nos cenários onde houve mobilidade, o SMIP foi mais eficiente, tanto em momentos em que o dispositivo não consumia tráfego, quanto em momentos em que consumia tráfego de vídeo, possibilitando ao usuário experimentar uma boa experiência na recepção das sequências de vídeo adotadas nos testes.

Os resultados da pesquisa apresentados neste artigo estão em constante evolução. A equipe envolvida na pesquisa já realiza testes, usando a mesma metodologia, com outros tipos de tráfego envolvendo VoIP (Voice over IP) e FTP (File Transfer Protocol), além de estar realizando testes com outras velocidades de deslocamento e com ambientes envolvendo redes 3G e WLAN sobrepostas. Testes com métricas de vídeo objetivas e sem referência para serem utilizadas no lugar do PSNR, na avaliação dos impactos causados pela operação dos protocolos na QoV também estão sendo conduzidos. Além disto, uma vez comprovada a eficiência do SMIP, uma implementação do mesmo está sendo feita para operar em dispositivos sob o padrão 802.15 e RFID, visando oferecer uma solução eficiente para arquiteturas da Internet das Coisas.

Referências

- [Alnas et al. 2009a] Alnas, M., Awan, I., and Holton, D. (2009a). Handoff Mechanism in Mobile IP. In *Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery*, 2009. CyberC'09. International Conference on, pages 176–179. IEEE.
- [Alnas et al. 2009b] Alnas, M., Awan, I., and Holton, D. (2009b). Performance Evaluation of Mobile IPv6 Fast Handover. In *Proceedings of the 6th International Conference on Innovations in Information Technology*, pages 211–215. IEEE Press.
- [Al-Surmi 2012] Al-Surmi, I., Othman, M., Mohd Al, B. (2012). Mobility management for IP-based next generation mobile networks: Review, challenge and perspective. *Journal of Network and Computer Applications*. Volume 35, Issue 1, January 2012, Pages 295–315. Elsevier.
- [Bargh et al. 2008] Bargh, M., Hulsebosch, B., Eertink, H., Heijnen, G., Idserda, J., Laganier, J., Anand, R., and Prasad, A. (2008). Reducing Handover Latency in Future IP-based Wireless Networks: Proxy Mobile IPv6 with Simultaneous Bindings. Pages 1–10.
- [Blondia et al. 2003] Blondia, C., Casals, O., Cerd, L., Van den Wijngaert, N., Willems, G., and De Cleyne, P. (2003). Performance Comparison of Low Latency Mobile IP Schemes. In *Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks*, volume 3, pages 3–5.
- [Chih-Heng Ke et al., 2008] Chih-Heng Ke, Ce-Kuen Shieh, Wen-Shyang Hwang, Artur Ziviani (2008). “An Evaluation Framework for More Realistic Simulations of MPEG Video Transmission”. *Journal of Information Science And Engineering* volume 24, pages 425-440.
- [Fernandes and Karmouch, 2012] Fernandes, S. and Karmouch, A. (2012). Vertical Mobility Management Architectures in Wireless Networks: A Comprehensive Survey and Future Directions. *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE. First Quarter 2012. Volume: 14, Issue: 1, Page(s): 45 – 63. IEEE.
- [Fu and Atiquzzaman 2005] Fu, S. and Atiquzzaman, M. (2005). Handover Latency Comparison of SIGMA, FMIPv6, HMIPv6, FHMIPv6. In *IEEE Global Telecommunications Conference, 2005. GLOBE-COM'05*, pages 3809–3813. IEEE.
- [Fu et al. 2005a] Fu, S., Atiquzzaman, M., and Ivancic, W. (2005a). Signaling Cost Evaluation of Sigma. In *IEEE Vehicular Technology Conference*, pages 2780–2784. IEEE.
- [Fu et al. 2005b] Fu, S., Atiquzzaman, M., Ma, L., and Lee, Y. (2005b). Signaling Cost and Performance of SIGMA: A Seamless Handover Scheme for Data Networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 4(7):825–845.
- [Fu et al. 2005c] Fu, S., Ma, L., Atiquzzaman, M., and Lee, Y. (2005c). Architecture and Performance of SIGMA: A Seamless Mobility Architecture for Data networks. In *IEEE International Conference on Communications*, pages 3249–3253. IEEE.
- [Kara 2009] Kara, N. (2009). Mobility Management Approaches for Mobile IP Networks: Performance Comparison and Use Recommendations. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 8(10):1312–1325.
- [Kong et al. 2008a] Kong, K., Lee, W., Han, Y., and Shin, M. (2008a). Handover Latency Analysis of a Network-Based Localized Mobility Management protocol. In *IEEE ICC*, pages 5838–5843.
- [Kong et al. 2008b] Kong, K., Lee, W., Han, Y., Shin, M., and You, H. (2008b). Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6. *Wireless Communications*, IEEE, 15(2):36–45.
- [Lee et al. 2008] Lee, J., Kim, H., Yoo, Y., Choi, S., Park, J., and Lee, Y. (2008). A New Handover Scheme for Seamless Mobility in Heterogeneous Networks. In *ICACT*, volume 2008, pages 332–335.
- [Lixin et al. 2010] Lixin, W., Yingxia, J., Dawei, Z., and Zhixin, C. (2010). HMIPv6-Based Handover Optimized Solution and Performance Analysis. In *Test and Measurement, 2009. ICTM'09. International Conference on*, volume 2, pages 133–136. IEEE.
- [Mansourme et al. 2008] Mansourme, M., Mellor, J., and Awan, I. (2008). Improve Handoff HMIP Scheme Using Location Information. In *Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2008. ICTTA 2008. 3rd International Conference on*, pages 1–6. IEEE.
- [Monteiro 2012] Monteiro, C. (2012). Um Ambiente para Apoio à Integração de Redes sem Fio Heterogêneas.



Tese de Doutorado. Apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, 2012.

- [Monteiro and Gondim 2010] Monteiro, C. and Gondim, P. (2010). A solution for Seamless Video Delivery in WLAN/3G Networks. In UBIKOM 2010, The Fourth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, pages 164–169.
- [Obele and Kang 2009] Obele, B. and Kang, M. (2009). Mobility Management: A Proactive QoS-Aware Proxy MIP with Improved Handover Latency for End-to-End QoS Provisioning in a Proxy MIP Domain. In Proceedings of the 11th International Conference on Advanced Communication Technology-Volume 3, pages 1867–1869. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., The.
- [Sivagurunathan et al. 2005a] Sivagurunathan, S., Atiquzzaman, M., and Ivancic, W. (2005a). Improving Stability of SIGMA Handoff. In IEEE Vehicular Technology Conference, pages 836–840. Citeseer.
- [Sivagurunathan et al. 2005b] Sivagurunathan, S., Jones, J., Atiquzzaman, M., Fu, S., and Lee, Y. (2005b). Experimental Comparison of Handoff Performance of SIGMA and Mobile IP. In Workshop on High Performance Switching and Routing, pages 366–370. IEEE.
- [Taleb et al. 2009] Taleb, T., Jamalipour, A., Nemoto, Y., and Kato, N. (2009). DEMAPS: A Load-Transition Based Mobility Management Scheme for an Efficient Selection of MAP in Mobile IPv6 Networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 58(2):954–965.
- [Xie and Akyildiz 2002] Xie, J. and Akyildiz, I. (2002). An Optimal Location Management Scheme for Minimizing Signaling Cost in Mobile IP. In IEEE International Conference on Communications, pages 3313–3317. IEEE.

