

Análise da Latência de Handover do Protocolo SMIP

Douglas Chagas da Silva, Claudio de Castro Monteiro, Joaquim José de Carvalho
chagas@uft.edu.br, ccm@ifto.edu.br, jjdecarvalho@ifto.edu.br

Instituto Federal do Tocantins – IFTO, Brasil
Quadra 201 sul, Conjunto 01 Lote 09
Palmas, Tocantins – Brasil

Resumo: Este trabalho visa medir e avaliar os valores de latência de handover do protocolo SMIP (*Specialized Mobile IP*), que é uma implementação *open source* baseada no MIP, que provê um mecanismo de sinalização de rede otimizado, e elimina algumas entidades do processo de mobilidade convencional, se apresentando como uma solução alternativa, viável e flexível para redes que já estejam em produção. A operação deste protocolo não necessita de alterações nas estruturas das redes visitadas. Os valores da latência de operação do protocolo são apresentados e comparados com os valores do protocolo MIPv4 padrão, em um cenário WLAN x WLAN, avaliando a eficiência deste do ponto de vista numérico e experimental. Além disto, é apresentada uma proposta de cenário de implantação real de mobilidade em redes legadas, onde a movimentação entre redes não interfere na continuidade dos serviços ativos, contemplando a manutenção das sessões ativas ou aplicações que demandam por fluxos contínuos de dados. É mostrado então, que com o uso do SMIP em cenários envolvendo movimentação entre redes WLAN em domínios administrativos distintos, se caracteriza como uma boa opção, visto que não necessita de alterações significativas na rede de origem do móvel, assim como não necessita de nenhuma alteração nas redes visitadas. Além disto, o SMIP é uma implementação independente do kernel dos sistemas operacionais, garantindo maior portabilidade e facilidade de implantação, se comparado com o MIPv4 padrão. Os experimentos são apresentados seguindo uma metodologia estatística bem definida e detalhada, visando comprovar a validade dos resultados.

Abstract: This paper aims to measure and evaluate the values of handover latency of SMIP protocol (*Specialized Mobile IP*) that is an open source implementation based on the MIP. It provides a signaling mechanism optimized removing some entities of the conventional mobile IP operation, appearing as an alternative, viable and flexible for users across both homogeneous and heterogeneous networks. The operation this protocol does not require changes in the structures of the visited networks. The values of operation latency of protocol are presented and compared with the values of the standard MIPv4 protocol, in a scenario WLAN x WLAN, evaluating its efficiency in both numerical and experimental forms. In addition, is presented a proposal the real scenario of mobility in legacy networks, where the use of SMIP, is characterized as a good option since it does not require significant alterations in the mobile's home network, even as not need changes in the visited networks. Furthermore, the SMIP is a kernel independent implementation, ensuring maximum portability and ease of deployment, compared with the standard MIPv4. The experiments are presented in a well-defined statistical methodology and detailed in order to prove the validation of the results.

Palavras-chave: handover, latência, MIP, mobilidade, SMIP.

1. Introdução

A viabilidade de entrega de um serviço ou de provimento de garantia da qualidade de transmissão e recepção de um determinado fluxo está relacionado a algumas variáveis (atraso, *jitter*, perda de pacotes) que podem ser cruciais, numa aplicação de rede de computadores. Estas variáveis estão muitas vezes relacionadas ao meio de transmissão, a tecnologia empregada, ou até mesmo nos requisitos funcionais da aplicação que fará uso da rede. No contexto de convergência e mobilidade as exigências do controle dos limites de cada parâmetro destas variáveis, é ainda mais importante, uma vez que pode viabilizar ou não a entrega de um determinado serviço. Assim, as tecnologias de redes, precisam interoperar de forma a prover uma transparência para o usuário do ponto de vista da utilização do serviço, dando-lhe total suporte a mobilidade (deslocamento espacial/geográfico) e de continuidade de serviço.

O protocolo de mobilidade (MIP) [1] foi largamente estudado e utilizado como solução para o problema da mobilidade em redes IP, surgindo algumas implementações ou “sabores” do mesmo. No entanto, conforme alguns trabalhos [2] [3] sua utilização em redes

IPv4, tornou-se praticamente impossível, visto que se baseavam em prover estruturas (arquiteturas) em ambientes extremamente controlados e pouco funcionais, visto que em boa parte deles era necessário ter acesso a provedores externos, isto é, fora do seu domínio administrativo. Ainda no contexto das redes IPv4, tinha-se os agravantes como o número reduzido de IP's roteáveis disponíveis, problemas com as traduções de endereços (NAT's) que dificultavam o roteamento (tunelamento) entre as entidades MIP, além das questões convencionais de segurança (uso de firewall's entre as redes).

Neste trabalho propõe-se analisar a viabilidade da mobilidade em redes IPv4, fazendo uso do protocolo SMIP (*Specialized Mobile IP*) [7], que é uma implementação *open source* baseada no MIP, independente do *kernel* dos sistemas operacionais, o que garante maior portabilidade e facilidade de implantação, se comparado com o MIPv4 padrão, avaliando de forma numérica e experimental a eficiência desse protocolo em um determinado cenário, do ponto de vista da latência de rede, e suas implicações a determinados tipos de tráfegos ou aplicações. O restante do trabalho está dividido da seguinte forma: na seção 2 têm-se os trabalhos

relacionados, na seção 3 é apresentada a proposta, seguida da descrição do ambiente e dos resultados obtidos, e por fim têm-se as considerações finais.

2. Trabalhos Relacionados

A literatura aponta como principais dificuldades para a implantação de mobilidade em redes IPv4, a própria estrutura na qual essas redes foram concebidas, ou seja, a limitação de endereços válidos, e até aspectos relacionados a quesitos de segurança e roteamento, dentre outros. O que existe, ou o que se tem de propostas neste sentido, são técnicas adaptativas e algoritmos que implementam uma “mobilidade controlada”, isto é, a implementação de mecanismos que avaliam o quão viável poder ser a transição entre uma rede e outra, desde que exista um controle administrativo sob as redes que interoperam. Outras soluções concentram-se na dificuldade que esse processo (mudança entre redes) pode representar para a continuidade de serviços, no que tange a manutenção das sessões ativas ou aplicações que demandam por fluxos contínuos de dados.

Em [4], é apresentado um resumo de algumas soluções em cima de *Mobile Hierárquico IPv6 (HMIPv6)*[5], protocolo *Fast Handover (FMIPv6)*[6], dentre outros, ao mesmo tempo que propõe mecanismos de otimização nas fases de configuração de endereço IP, de forma a reduzir a latência de *handover*. Contudo, o que se observa é que tais mecanismos embora ajam de maneira a melhorar o tempo de latência, ainda constituem elevados entraves para aplicações ou serviços sensíveis ao atraso. Dessa forma, muitos pesquisadores têm concentrado esforços no sentido de propor melhorias aos protocolos ou modelos arquiteturais já existentes, provendo um maior aparato à mobilidade, mas ainda assim com exigências de controles administrativos nas redes que compõem a área de atuação do móvel. Outro problema, é que a maioria dessas soluções somente contemplam as redes IPv6, abandonando portanto a idéia de se ter mobilidade, com continuidade de serviços em redes IPv4.

Para esse trabalho, consideramos as entidades padrões do protocolo MIP (HA – *Home agent*, FA – *Foreign Agent*, MN – nó móvel e CN – nó correspondente) apresentadas em [1], e as características funcionais do protocolo SMIP [7] para redes IPv4. Observe que o protocolo SMIP considera apenas o tempo T_{OR} , apresentado na figura abaixo, como sendo o tempo de latência do handover, isto é, a soma simples do instante que ocorre a sinalização de rede, da montagem do túnel e encaminhamento dos pacotes, desconsiderando os demais tempos, como: detecção da nova rede, configuração e associação à nova rede e atualização no HA da localização do móvel, isso reduz o tempo de *handover*, aferindo maior eficiência do protocolo em relação aos demais “sabores” de MIP. Esse mecanismo é principal aspecto responsável por garantir uma maior eficiência do protocolo quando do momento do *handover*.

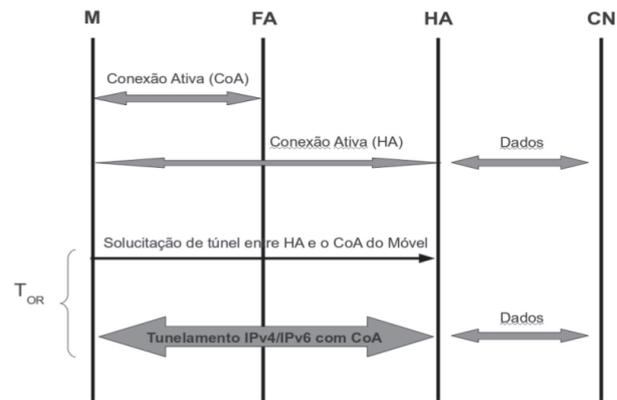


Figura 1. Sinalização SMIP [7].

3. Proposta

O aumento exponencial da latência de rede é o grande vilão quando se pensa em mobilidade em redes IPv4, entretanto, afirmar a inviabilidade de implantação de recursos de mobilidade nessas redes, apontando como problemas somente a latência, duplicação de pacotes, retransmissão ou endereçamento é algo que deve ser feito com cautela, visto que é possível a adoção de determinados mecanismos que possibilitam a implementação de mobilidade em cenários específicos, desde que alguns critérios sejam estabelecidos. Esses critérios ou requisitos, vão desde a definição da camada na qual deseja-se introduzir a mobilidade, até a correta aplicação do protocolo ou algoritmo que fará a implantação propriamente dita.

Este trabalho concentra-se em avaliar a viabilidade de se ter uma mobilidade real, ou seja, com a manutenção das conexões ativas em redes IPv4 fazendo uso protocolo SMIP, avaliando a eficiência do mesmo em redes que fazem uso da mesma tecnologia (WLAN x WLAN), sob a ótica de latência de rede, pontuando sobre a necessidade de se abandonar ou não a ideia de mobilidade em redes legadas. Para tanto, serão comparado os valores de tempo de *handover* do SMIP, obtidos num cenário que será apresentado na próxima seção, com os valores padrão do MIPv4 [8][9] do ponto de vista numérico e experimental. Serão apresentados também os valores de desempenho do protocolo, mensurando a eficiência do mesmo, e os seus limites de tempo para o cenário escolhido, comparando com os resultados encontrados em [7], cuja rede estava em produção e empregava tecnologias distintas (WLAN x 3G), além de explicitar uma metodologia de avaliação de desempenho de algoritmos, baseado em técnicas estatísticas.

De maneira a permitir a coleta, e aferir o tempo de *handover* do protocolo SMIP para o cenário que será apresentado na seção seguinte, foi implementado um pequeno algoritmo, denominado Coletor, que tem o seu funcionamento representado de forma simplificada na figura abaixo, na qual tinha por objetivo verificar, armazenar e calcular o tempo decorrido entre a montagem e desmontagem do túnel, adição das rotas para o CN, e, por conseguinte o encaminhamento de pacotes entre o HA e o MN.

Tabela 1. Algoritmo simplificado Coletor.

Algoritmo 1 Processo Pai	Algoritmo 2 Processo Filho
1: Procedimento Calc_latencia (n) 2: flag = 0 3: Cria_filhos(m) 4: T = 15 5: Para i = 1, ..., n faça 6: Troca_rotas(r,T) 7: Coleta_tempos(Tx,Ty) 8: Escreve_arq_handover(i,r,Tz) 9: Fim-Para 10: flag = 1 11: Mata_filhos(m) 12: Calcula_latencia(arq_handover) 11: Gera_graficos(arq_handover,n, ΣTz) 12: Fim-Procedimento	1: Procedimento Req_icmp() 2: repita 3: Ping_host(CN) 4: até que flag = 1 5: Fim-Procedimento

Para efeito de análise, considere as seguintes variáveis:

- n: quantidade de handovers
- m: quantidade de interfaces
- r: número de redes associadas
- t: tempo entre cada handover (segundos)
- Tx: tempo ICMP antes da troca
- Ty: tempo ICMP depois da troca
- Tz = |Tx - Ty| : tempo de handover do protocolo
- CN: endereço IP do host na internet

O processo filho representado na figura acima, é criado de acordo com a quantidade de *interfaces* que o MN possui, devendo as mesmas estarem associadas a redes distintas, visto que é de responsabilidade deste processo a realização das requisições ICMP para o CN, devendo ainda fazer as marcações ou sinalizações em arquivo do momento em que ocorrer cada *handover*.

4. Descrição do Ambiente e Metodologia

O cenário proposto na figura 2 é basicamente composto por duas células WLAN's 802.11g, que funcionam de forma isolada. Em uma das redes, tem-se o servidor SMIP, desempenhando a função de *Home Agent (HA)*, e no móvel (MN), temos o cliente SMIP, conforme arquitetura apresentada em [7].

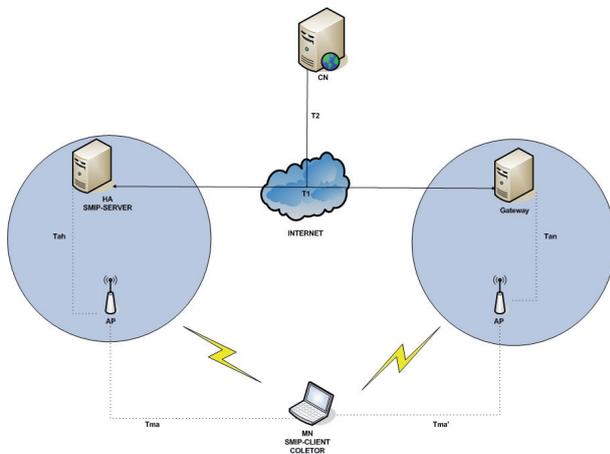


Figura 2. Ambiente de Testes.

Onde:

Tabela 2. Descrição dos tempos do cenário.

T _{ah}	Atraso entre o HA e o AP WLAN.
T _{ma}	Atraso entre o móvel e o AP WLAN da rede de origem.
T _{ma'}	Atraso entre o móvel e o AP WLAN da rede visitada
T _{an}	Atraso entre o AP WLAN da rede visitada e o seu <i>gateway</i> .
T ₁	Atraso entre o HA e o gateway da rede visitada via internet.
T ₂	Atraso entre o CN e o HA.

Seguindo a prerrogativa exigida pelo protocolo SMIP, o MN possui duas interfaces de rede estando cada uma associada a uma rede diferente, tendo inicialmente sua rota padrão apontando para o IP do Access Point (AP) da rede onde encontra-se o HA. Ainda neste ambiente, têm-se o nó correspondente (CN), entidade na qual o MN se comunica, e que está fora dos domínios das duas redes WLANs, que neste cenário representa um host na Internet. O CN precisa ser alcançável por cada uma das redes na qual o MN esteja associado, isto é, o roteamento IP adequado é requisito para o funcionamento do protocolo SMIP.

Convém salientar que para este ambiente de testes, não foi utilizado tráfego de fundo, e não houve concorrência entre outros clientes e os AP's (Access Point) de cada umas das redes descritas, visto que as redes estavam disponíveis exclusivamente para o MN, e para a aplicação coletora, algoritmo este responsável pela coleta dos tempos e pelo cálculo da latência, conforme descrito na seção anterior.

Após desenvolver o algoritmo coletor, e conhecendo o funcionamento do protocolo SMIP, foram inicializados os experimentos, que serão descritos a seguir. Para avaliar o protocolo SMIP, foram utilizadas duas abordagens, a primeira numérica, e a segunda experimental, isto é, buscou-se confrontar os resultados, de maneira a encontrar alguma similaridade, ou descrição genérica de comportamento do protocolo citado.

Os parâmetros de referência para o MIPv4, e utilizados na equação abaixo que descreve a latência do SMIP, foram os mesmos utilizados em [7], [8] e [9], que define os seguintes valores:

Tabela 3. Valores de referência.

T _{ma} + T _{ah}	5ms
T _{an} + T _{ma'}	10ms
T ₁	100ms
T ₂	100ms

A equação que define a latência do SMIP é dada por:

$$L_{smip} = 2 (T_{ah} + T_{ma}) + 3 (T_{ma'} + T_{an} + T_1) + T_2$$

Para calcular a latência de *handover* do SMIP, e mensurar o seu desempenho, inicialmente foi utilizada uma pré-amostra de 50 *handovers*, na qual se obteve um valor médio de tempo de *handover* de 0,47ms (milissegundos) para a rede visitada, isto é, quando o MN deixava sua rede de origem para a rede estrangeira, tendo um desvio padrão

de 0,68ms. Enquanto que, quando o MN retornava a sua rede de origem, o valor médio foi de 8,07ms, com um desvio padrão de 22,89ms. É importante ressaltar que não houve deslocamento do MN, ou seja, as mudanças de rede aconteciam a cada 15 segundos, e não existia um gatilho de sinalização para o *handover*, a troca de rede acontecia de forma determinística quando do fim do prazo mencionado. O objetivo nesse momento era apenas mensurar o desempenho do protocolo.

Dados esses valores iniciais, assumiu-se um erro de 2ms como sendo aceitável, e partiu-se propriamente para o cálculo do tamanho da amostra ideal, considerando um intervalo de confiança de 95%. Assim, o tamanho de amostra encontrado foi de 504 *handovers*, ou seja, considerou-se o maior desvio padrão que foi 22,89ms obtido na pré-amostra, conforme citado anteriormente, para que o tamanho da amostra pudesse ser representativa.

5. Resultados

De posse do tamanho da amostra, foi realizada a coleta do tempo de *handover*, tanto para ida (MN deixa sua rede de origem), quanto na volta (MN retorna a sua rede de origem). Os valores obtidos são demonstrados na tabela abaixo:

Tabela 4. Valores encontrados para amostra.

Handover	Limite Inferior	Média	Limite Superior	Erro	Intervalo de Confiança (95%)
<i>Ida</i>	0,60ms	0,96ms	1,32ms	0,38ms	0,60 a 1,32ms
<i>Volta</i>	2,19ms	3,48ms	4,77ms	1,35ms	2,19 a 4,77ms

Os valores encontrados estão relacionados ao mecanismo de sinalização usado pelo SMIP, que é o principal aspecto responsável por garantir uma maior eficiência do protocolo quando do momento do *handover*, isso porque elimina algumas entidades e apresenta um tempo de sinalização de rede mais eficiente e otimizado. É importante ressaltar, que para os testes realizados não houve a implementação de nenhum processo de gatilho, isto é, o acionamento do *handover*, se deu de forma determinística, ocorrendo neste ambiente a cada 15 segundos.

Assim, utilizando a equação do cálculo da latência do protocolo SMIP [7] apresentada na seção 4, obteve-se um valor de 206ms, podendo sofrer um pequeno aumento de acordo com o arredondamento ou truncamento aplicado nos seus parâmetros. Desta forma, buscamos fazer a comparação entre o valor obtido numericamente pelo SMIP com o valor fornecido pelo MIPv4 padrão, utilizando a mesma equação e os valores de referência apresentados na tabela 3, juntamente com o tempo médio dos *handovers* apresentados na tabela 4.

O resultado desta comparação é apresentado no gráfico abaixo, na qual é possível observar que o valor obtido pelo SMIP, é menor que a metade do tempo fornecido pelo MIPv4 (440ms), isso demonstra a eficiência do protocolo, ou seja, sua implementação concentrada somente no MN.

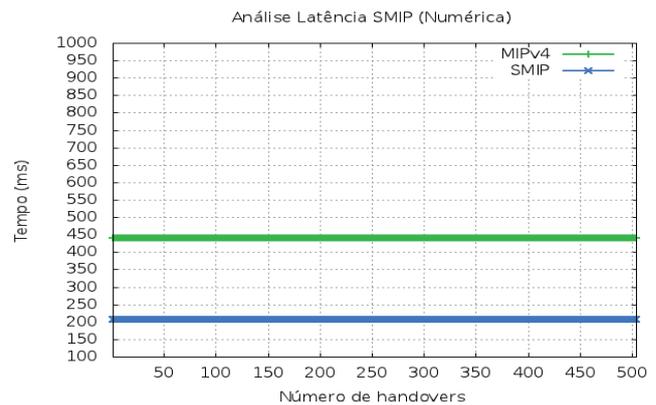


Figura 3. Atraso do MIPv4 e do SMIP [7].

Após a realização do cálculo do atraso do SMIP obtido de forma numérica, fizemos a avaliação experimental do mesmo.

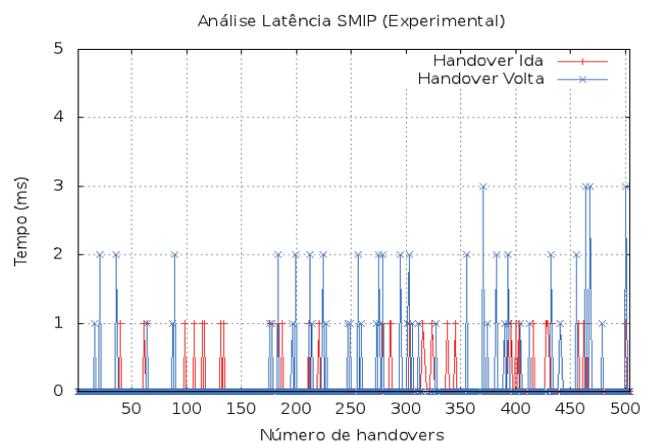


Figura 4. Análise da Latência SMIP.

Nota-se que na maior parte do tempo, a latência do *handover* ficou na média, conforme apresentado na tabela 4, ou dentro dos seus limites superior e inferior, tanto no *handover* de *Ida*, isto é quando o MN deixa sua rede de origem em direção à rede visitada, bem como no *handover* de *volta*, quando o MN retorna a sua rede de origem. Observa-se que os tempos de *volta* são maiores, em virtude do processo de desmontagem do túnel no servidor (HA) e no cliente (MN), e da remoção das rotas para o *host* (CN) no servidor, isso se dá principalmente pelos tempos de sistemas envolvidos, que é uma característica do próprio protocolo.

Para efeito de análise, comparou-se os resultados obtidos neste trabalho com os obtidos em [7], onde naquele trabalho o protocolo SMIP foi avaliado em uma rede Wlan em produção, com mobilidade e deslocamento para uma rede 3G. Note que os valores são bem distintos, em virtude dos cenários abordados, mas ainda assim, o protocolo mostrou-se bastante eficiente quando comparado com outras variações do MIP, tanto do ponto de vista numérico quanto experimental. Para que a comparação fosse possível, adotou-se apenas a média aritmética dos tempos de *ida* e *volta* dos 200 *handovers* iniciais da amostra encontrada, visto que o *handover* consiste num movimento completo do dispositivo móvel.

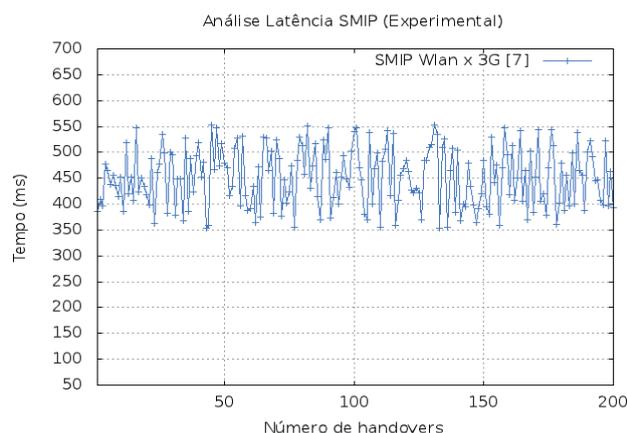


Figura 5. Latência SMIP Wlan x 3G [7].

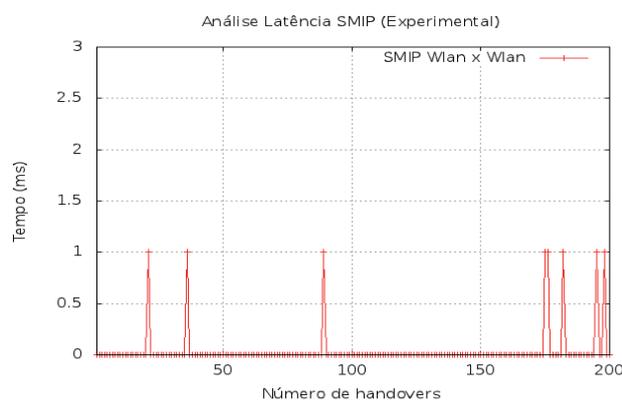


Figura 6. Latência SMIP Wlan x Wlan.

6. Considerações Finais

O protocolo SMIP, mostrou-se mais eficiente em razão principalmente do mecanismo de sinalização utilizado, pela forma de concepção da arquitetura MIP padrão, ou seja, eliminando algumas entidades intermediárias, e concentrando a mobilidade no móvel. Ainda pela sua simplicidade de implantação, não necessitando realizar alterações numa rede que já esteja em produção, desta maneira sua utilização em redes IPv4 é totalmente viável.

Os valores obtidos neste trabalho, mensura apenas o desempenho dos algoritmos do protocolo SMIP, não foram considerados no cenário, tráfego de fundo, disputa no canal de acesso a rede, ou a utilização de serviços de rede TCP ou UDP.

[10].

Observou-se também, a partir dos resultados encontrados que sua utilização em ambientes que requerem valores de latência muito pequenos, como é o caso das aplicações de voz e vídeo são bastante viáveis. O protocolo pode ainda trabalhar de forma conjunta com alguma métrica de decisão de *handover*, tendo seu acionamento implementado através de gatilhos. Conforme comentando anteriormente, para esse trabalho, não avaliamos o comportamento do protocolo quando utilizado em ambiente de “stress” computacional, ou seja, com o cliente utilizando vários serviços ao mesmo tempo, ou disputando o acesso com outros móveis, bem como não foram considerados os atrasos provenientes das conexões de internet, isto é, banda de rede, tecnologia empregada, dentre outros.

Referências Bibliográficas

- [1] C.E. Perkins (editor), “IP Mobility Support”. IETF RFC 3344. August 2002.
- [2] Kodaly, R., Perkins, E., “Mobile IPv4 Fast Handover”, Internet Draft, Mobile IPv4 Working Group, 2006.
- [3] Alnar, Mohamed., Awan, Irfani., D.R, Holton., “Handoff Mechanism in Mobile IP”. IEEE. 2009.
- [4] Hung, Tran Cong. Jung, Hae Won., “Improving handover performance in Mobile IPv6”. ICACT. 2008. PAGES 1828 – 1831.
- [5] Soliman, H., “Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)”, RFC 4110, IETF, 2005.
- [6] Koodli, R., “Fast Handover for Mobile IPv6 (FMIPv6)”, RFC 4068, IETF, 2005.
- [7] Monteiro, Claudio de Castro. “Um Ambiente para Apoio à Integração de Redes Sem Fio Heterogêneas”. Tese de Doutorado. Engenharia Elétrica. UnB. 2012.
- [8] Kong, K. W., Han, Y., Shin, M., You, H. “Mobility management for all-ip mobile networks: mobile ipv6 vs. Proxy mobile ipv6. Wireless Communications, IEEE. 2008(b).
- [9] Fathi, H., Chakraborty, S., Prosad, R. “Impact of Mobility on Real Time Services: Handover Delay. Springer. 2009.