

IPv6@ESTG-Leiria: Testes de Mobilidade de Rede (NEMO) em IPv6

Vítor Santos ¹, Mário Antunes ¹, Nuno Veiga ¹

eic10451@student.estg.ipleiria.pt, mario.antunes@estg.ipleiria.pt,
nveiga@estg.ipleiria.pt

¹ Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria, Instituto Politécnico de Leiria, Campus 2, Apartado 4163, Morro do Lena - Alto do Vieiro, 2411-901, Leiria, Portugal

Resumo: O protocolo NEMO (*NETwork MOBility*), especificado pelo IETF, assegura a movimentação transparente de redes IPv6, e consequente alteração do seu ponto de ligação à Internet, sem que existam falhas de ligação ao nível das camadas superiores TCP/IP. Este artigo apresenta o enquadramento do protocolo NEMO, e da mobilidade de rede em IPv6, e descreve os resultados obtidos em três testes distintos realizados com aplicações TCP e UDP: transferência de ficheiros por FTP, transmissão de vídeo e acesso remoto por SSH. Apresentam-se ainda algumas conclusões ao trabalho desenvolvido e orientações para trabalhos futuros.

Palavras-chave: IPv6; Mobilidade de Rede; NEMO; Rede Móvel.

1. Introdução

O sucesso das redes de comunicações sem fios e o uso crescente de dispositivos IP em ambientes móveis (por exemplo, PDAs e telemóveis), tem permitido aos utilizadores construir uma *Personal Area Network* e assim estarem ligados à Internet em qualquer lugar e a partir de vários dispositivos sem terem quebra de serviço. Por exemplo, um utilizador com um PDA, um telemóvel e um computador portátil poderá aceder à Internet através deste, independentemente do dispositivo da sua rede pessoal que utilize.

Nas redes IPv6, é possível proporcionar mobilidade a todos os dispositivos destas redes móveis utilizando a norma MIPv6 (Johnson, Perkins & Arkko, 2004). Contudo, o facto de todos os dispositivos da rede serem móveis implica que todos possuam suporte de Mobilidade IPv6, através do protocolo MIPv6, o que não é muito conveniente, pois todos os dispositivos têm de efectuar as funções de mobilidade definidas. Além de que, nem todos os dispositivos de uma grande rede móvel poderão ser sofisticados o suficiente para correrem aquele protocolo de suporte de mobilidade.

Com vista à resolução deste problema, o protocolo NEMO (*NEtwork MObility*) (Devarapalli, Wakikawa, Petrescu & Thubert, 2005) estende as funcionalidades do protocolo MIPv6 fornecendo mecanismos que permitem a gestão da mobilidade de uma rede, possibilitando a alteração do seu ponto de ligação à infra-estrutura IP sem quebra das comunicações em curso.

Este artigo resume o trabalho desenvolvido na ESTG-Leiria, no âmbito da mobilidade de redes em IPv6, mais concretamente do protocolo NEMO. O artigo começa por apresentar uma descrição técnica da do protocolo NEMO. De seguida, é apresentado o estado da arte e normalização neste contexto. Por último, descrevem-se os testes implementados e apresentam-se os resultados obtidos, dando indicações sobre os trabalhos futuros que se pretendem desenvolver.

2. Mobilidade de Rede em IPv6 – Protocolo NEMO

Com o NEMO, a mobilidade dos equipamentos IPv6 é assegurada por um *router* móvel (*Mobile Router* – MR). Este *router* móvel, que pode ser um computador portátil com ligação simultânea à rede local e à Internet, é capaz de alterar o seu ponto de ligação à Internet de forma transparente para os dispositivos a que está directamente ligado. Desta forma, os nós da rede móvel beneficiam desta funcionalidade e mantêm os seus endereços e ligações à medida que toda a rede se move.

A definição de *router* móvel estende a de nó móvel do MIPv6 (Johnson, Perkins & Arkko, 2004), adicionando-lhe capacidades de encaminhamento entre o seu ponto de ligação à Internet e a rede móvel. O funcionamento básico do NEMO consiste em o *router* móvel, aquando da sua movimentação e registo perante o seu *home agent*, informar este de qual o prefixo (ou prefixos) da rede móvel para o qual pretende que o *home agent* encaminhe tráfego. O *home agent* é um *router* da rede origem do rede móvel responsável por encaminhar o tráfego que recebe com destino à rede móvel para a sua localização actual. Após a movimentação da rede móvel e o registo do *router* móvel no *home agent*, este encaminha o tráfego destinado à rede móvel para o *router* móvel através do túnel IPv6/IPv6 estabelecido entre si.

Esta secção enquadra o protocolo NEMO, nomeadamente a arquitectura, alguma terminologia associada e o funcionamento geral.

2.1. Arquitectura e Terminologia

A arquitectura do NEMO está ilustrada na Figura 1, onde se destacam os principais componentes baseados na terminologia associada à mobilidade de redes (RFCs 3753, 3775 e 3963 – ver Referências).

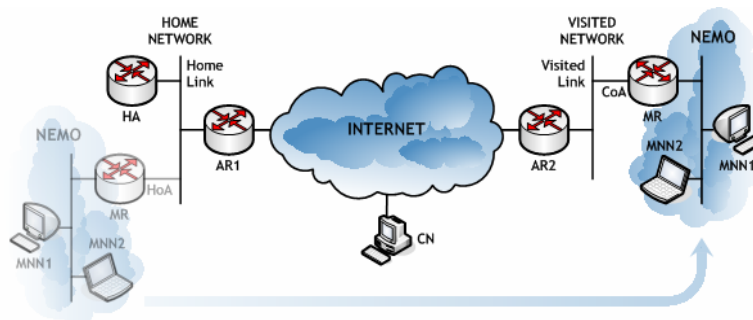


Figura 1 – Arquitectura NEMO e seus principais componentes.

Uma rede móvel (*Mobile Network* – NEMO) é uma rede que se pode mover e ligar a diferentes pontos da infra-estrutura de encaminhamento. Esta rede liga-se à Internet através de um ou mais *gateways* específicos, os *routers* móveis (*Mobile Routers* – MR), que gerem o seu movimento. Normalmente, assume-se que a estrutura interna da rede móvel é relativamente estável em relação ao *router* móvel, ou seja, não existem alterações à topologia. Os nós pertencentes à rede móvel, são referidos como nós da rede móvel (*Mobile Network Nodes* – MNNs).

À semelhança do que acontece no MIPv6, o endereço permanente do *router* móvel (o endereço origem – *Home Address* – HoA), é derivado do prefixo anunciado na sua rede origem (*Home Network*), o *home prefix*.

Quando a rede móvel se move, passa a ligar-se à Internet através de uma rede visitada (*Visited Network*), ou *link* visitado (*Visited Link*), na qual obtém um endereço derivado do prefixo anunciado nessa rede (*Care-of Address* – CoA). Este endereço reflecte a localização actual da rede móvel na topologia de encaminhamento.

O *router* móvel também anuncia um ou mais prefixos para a rede móvel a si ligada (*Mobile Network Prefixes* – MNPs). Os nós da rede móvel obtêm os seus endereços a partir deste(s) prefixo(s) anunciado(s) na rede móvel.

Os *routers* através dos quais o *router* móvel tem acesso à Internet, ou seja, através dos quais se liga à infra-estrutura de encaminhamento, são genericamente designados de *routers* de acesso (*Access Routers* – ARs). Estes são os *routers* que contêm os *links* origem e visitados.

Um nó correspondente (*Correspondent Node* – CN) é um qualquer nó da Internet que comunica com um ou mais MNNs (ou mesmo com o MR). Um nó correspondente pode estar localizado numa rede fixa ou numa rede móvel, podendo também ele próprio ser fixo ou móvel.

2.2. Funcionamento Geral

O funcionamento do NEMO deriva directamente do funcionamento do protocolo MIPv6. A gestão da mobilidade de rede por este protocolo é feita através da inclusão de novos mecanismos e operações no funcionamento do MIPv6, tais como a gestão de prefixos de redes móveis pelos *home agents* e o encaminhamento de tráfego de e para essas redes por parte dos *routers* móveis e *home agents*.

A Figura 2 apresenta a movimentação da rede móvel, da rede origem para a visitada, através do protocolo NEMO, e a respectiva sequência de acontecimentos associados à mobilidade de rede.

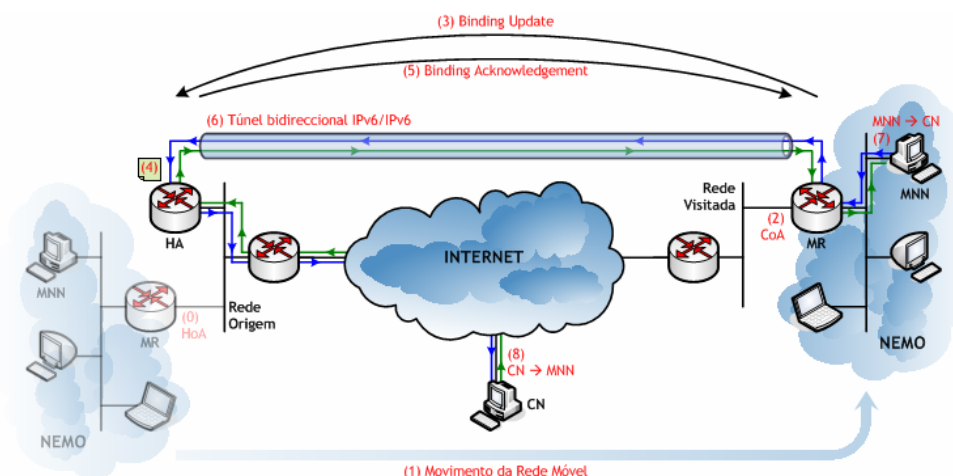


Figura 2 – Funcionamento geral do protocolo NEMO (sequência de acontecimentos).

Quando o *router* móvel se move para fora do *link* origem, e se liga a um novo *router* de acesso (Passo 1), adquire um *care-of address* a partir do prefixo do *link* visitado (Passo 2). Assim que o *router* móvel adquire o *care-of address*, envia uma mensagem específica do protocolo NEMO (*Binding Update*) para o seu *home agent* anunciando a sua nova localização e o *care-of address* associado (Passo 3). Quando o *home agent* recebe o *Binding Update* do *router* móvel cria uma entrada na sua *cache* de registos, associando o *home address* do *router* móvel ao *care-of address* da sua nova localização (Passo 4).

O *home agent* confirma a recepção do *Binding Update* do *router* móvel através do envio de um *Binding Acknowledgement* (Passo 5). Uma confirmação positiva com a *Mobile Router Flag* (R) a “1” significa que o *home agent* activou o encaminhamento para a rede móvel. Assim que o processo de registo (*binding*) termina, é estabelecido um túnel bidireccional entre o *home agent* e o *router* móvel

(Passo 6). Os extremos deste túnel são o *care-of address* do *router* móvel e o endereço do *home agent*. Quando o *router* móvel recebe um pacote proveniente da rede móvel destinado a um nó correspondente envia-o pelo túnel para o *home agent*, encapsulando-o num outro pacote IPv6 (Passo 7). O *home agent* desencapsula o pacote e encaminha-o para o respectivo nó correspondente.

Quando o nó correspondente envia um pacote para um nó da rede móvel, o pacote é encaminhado para o *home agent* com o qual o *router* móvel está registado (Passo 8). Quando o *home agent* recebe um pacote destinado a um nó da rede móvel envia-o por túnel para o *care-of address* actual do *router* móvel. O *router* móvel desencapsula o pacote e encaminha-o para a rede móvel através da interface a que esta está ligada.

Quando o *router* móvel detecta que regressou à rede origem deve desvincular-se com o seu *home agent*, anulando o seu registo, e executar o procedimento de regresso à rede origem definido para os nós móveis pelo MIPv6. Para anular o seu registo o *router* móvel deve enviar um *Binding Update* com o campo do *care-of address* igual ao *home address* e o valor do campo *Lifetime* igual a “0”.

3. Estado da Arte

O protocolo NEMO tem sido promovido por várias entidades, destacando-se o IETF e os projectos WIDE (nomeadamente através do grupo de trabalho Nautilus6), KAME, TAHI e GO-Core (ver Referências).

A especificação NEMO é relativamente recente, existindo actualmente apenas duas implementações “completas” e em código aberto: a SHISA e a NEPL. A Tabela 1 apresenta um quadro resumo das implementações existentes para os vários sistemas operativos e qual o seu estado actual.

Tabela 1 – Suporte de mobilidade de rede dos principais sistemas operativos e implementações do protocolo disponíveis.

Sistema Operativo	Suporte Actual	Implementação	Estado
Microsoft® Windows®	× Não	MIPv6 Tech Preview	Obsoleta
GNU/Linux®	✓ Sim	NEPL	Activa
BSD	✓ Sim	ATLANTIS	Obsoleta
Mac OS® X	✓ Sim	SHISA	Activa

No âmbito da investigação têm surgido projectos e trabalhos desenvolvidos por várias instituições, destacando-se os seguintes: *InternetCAR Project*, *OverDRiVE*

Project, eMOTION, E-Bicycle (Ernst, Kuntz & Leiber, 2005), *E-Wheelchair* (Ernst, 2004), *CVIS Project* e *IPv6 e-Vehicle* (ver Referências).

4. Arquitectura de Testes e Configuração

A Figura 3 apresenta o cenário geral onde se realizaram os vários testes.

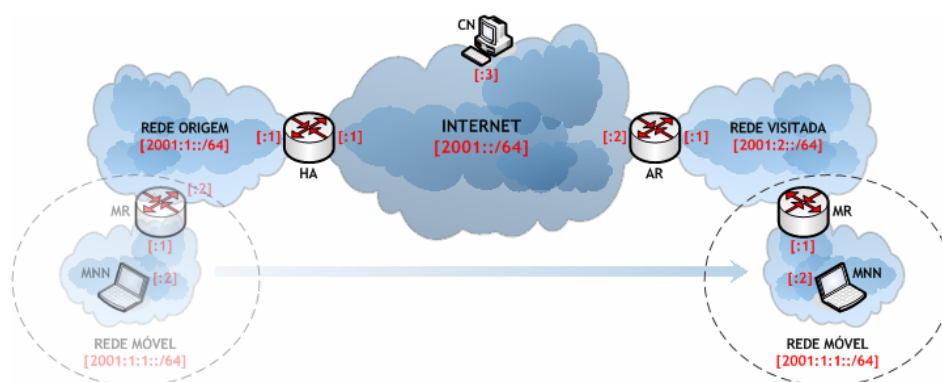


Figura 3 – Cenário geral da arquitectura de testes.

A rede móvel, com a qual se testou e comprovou a mobilidade de rede em IPv6, é servida por um *router* móvel e possui apenas um nó (MNN). O cenário contempla ainda um nó correspondente (CN), localizado no segmento de rede que simula a Internet, com o qual o nó da rede móvel comunica.

O endereço do *router* móvel na rede visitada, *care-of address* (CoA), é configurado automaticamente pelo *router* móvel, com base nos *Router Advertisements* (RAs) enviados pelo AR, quando se move para aquela rede.

Os testes realizados consistiram na movimentação da rede móvel da sua rede origem para uma rede visitada. As redes origem e visitada pretendem simular duas quaisquer redes separadas pela Internet.

4.1. Configuração

O cenário contempla *routers* GNU/Linux (distribuição Fedora™ Core 6) e terminais Windows XP SP2. O HA e o MR possuem suporte de mobilidade de rede através da implementação NEPL.

Todos os *routers* do cenário (HA, AR e MR) estão devidamente configurados para efectuar encaminhamento entre as suas interfaces de entrada e saída. Como o

router móvel detecta que se move com base nos *Router Advertisements* (RAs) recebidos daqueles *routers*, ambos os *routers* HA e AR estão configurados para enviar RAs, utilizando o *daemon radvd* (*Linux IPv6 Router Advertisement Daemon*). O envio de RAs é efectuado nos menores intervalos de tempo possíveis, de forma a que o MR possa detectar a sua movimentação entre as duas redes tão rápido quanto possível, acelerando-se assim o tempo de *handover* L3. Os *Access Points* (APs) (Cisco® Aironet® 350 Series), apesar de pertencerem a redes diferentes, partilham o mesmo SSID (“MIPv6/NEMO”). Desta forma, é possível ao *router* móvel mover-se transparentemente de uma rede para outra. Inicialmente encontra-se associado ao AP da rede origem, mas quando detecta que o sinal do outro AP, com o mesmo SSID, é mais forte associa-se ao novo AP, efectuando o *handover* L2 e mudando de rede.

4.2. Problemas Encontrados

Durante a configuração do cenário de testes deparou-se com alguns problemas no funcionamento da implementação NEPL e que impossibilitavam a realização dos testes pretendidos. Os problemas estavam relacionados com o não encaminhamento do tráfego da rede móvel para a Internet, por parte do *router* móvel, quando a rede se encontrava na rede origem, e com o não envio de *Binding Acknowledgements*, por parte do *home agent*, em resposta aos *Binding Updates* enviados pelo *router* móvel quando se movia.

Após várias tentativas para a resolução dos problemas, e depois de variados contactos com a equipa de desenvolvimento responsável pela aplicação NEPL do grupo Nautilus6, chegou-se a algumas respostas/soluções para os problemas identificados, tendo-se resolvido alguns e contornado outros. Desta forma, foi possível realizar os testes pretendidos. Para isso utilizou-se *nightly snapshots* de 20060725 (versão 0.2.1 da NEPL).

5. Testes e Resultados

Os testes realizados pretenderam comprovar o conceito de mobilidade de rede, através da observação do funcionamento do protocolo NEMO, comprovado pela manutenção da conectividade e das sessões em curso, enquanto a rede se move. Para isso utilizaram-se três aplicações utilizadas na Internet, em UDP e TCP: Streaming de vídeo, SSH e transferência de ficheiros através de FTP.

Os testes com estas três aplicações permitiram comprovar:

- o bom comportamento das ligações entre o nó da rede móvel e o nó correspondente durante os *handovers* da rede móvel;
- a inexistência de perdas de dados das comunicações TCP durante os *handovers* (apesar de se perderem pacotes);

- a manutenção das sessões TCP durante os *handovers*.

Os testes contemplaram as seguintes acções:

1. envio de um *stream* de vídeo do CN (um servidor de streaming da Internet) para o MNN (um cliente de streaming de uma rede móvel) e observação que esse *stream* continuava a ser recebido no MNN após a movimentação da rede móvel para a rede visitada;
2. estabelecimento de uma sessão SSH entre o MNN e o AR (um servidor da Internet) e observação de que, após o *handover* da rede móvel para a rede visitada, a sessão SSH era mantida, assim como a correspondente sessão TCP;
3. transferência de um ficheiro entre o CN e o MNN durante sucessivas movimentações da rede móvel e verificação de que, no final, o ficheiro era correctamente recebido, não se perdendo quaisquer dados.

No primeiro teste verificou-se que, quando a rede móvel se movia da rede origem para a rede visitada ou vice-versa, ocorreu uma breve perturbação (entre 2 a 3 segundos) na recepção do vídeo no nó da rede móvel, sendo esta perturbação indicativa de que se tinha efectuado o *handover* e se tinham perdido alguns pacotes do *stream*. Após os escassos momentos em que o vídeo ficou bloqueado, verificou-se que este voltava a ser reproduzido na perfeição pelo nó da rede móvel, já na rede para a qual se tinha movido.

O processo é completamente transparente, não sendo efectuada qualquer intervenção em qualquer dos *routers* ou nós aquando da movimentação. O processo de movimentação e *handover* é totalmente assegurado pelo *router* móvel, que se regista no *home agent* quando se move, e pelo *home agent*, que encaminha o tráfego para a posição actual do *router* móvel.

No segundo e terceiro testes verificou-se que, apesar da rede móvel se mover de uma rede para outra, as sessões TCP dos nós da rede móvel com nós da Internet são efectivamente mantidas, sendo o protocolo NEMO, e neste caso a sua implementação NEPL, responsável por fornecer os mecanismos que permitem a esta mobilidade ser transparente, tanto para os nós da rede móvel como para os nós da Internet que com aqueles comunicam.

A manutenção da conectividade verificou-se através da verificação de que a sessão SSH estabelecida entre o nó da rede móvel e o nó correspondente não era quebrada e de que a transferência do ficheiro por FTP era realizada com sucesso, não se perdendo quaisquer dados durante mudanças de rede sucessivas.

Foi possível verificar que durante o momento de *handover* as ligações ficam temporariamente sem conectividade, existindo alguma perda de pacotes. Porém, como o TCP é orientado à ligação e garante a entrega de todos os pacotes, os

pacotes que se perdem são reenviados. Após o *handover* terminar podia verificar-se que as comunicações continuavam com sucesso.

A Figura 4 apresenta o gráfico tempo/seqüência de uma sessão SSH, realizada durante a movimentação da rede móvel, entre o MNN e o AR, criado pelo Wireshark com base nos pacotes capturados na interface de saída do *router* móvel. Através da análise deste gráfico, é possível identificar os momentos quase exactos em que acontecem os *handovers*. A própria figura apresenta uma explicação resumida dos diversos momentos de interesse desta captura, pelo que não é feita uma descrição exaustiva desta.

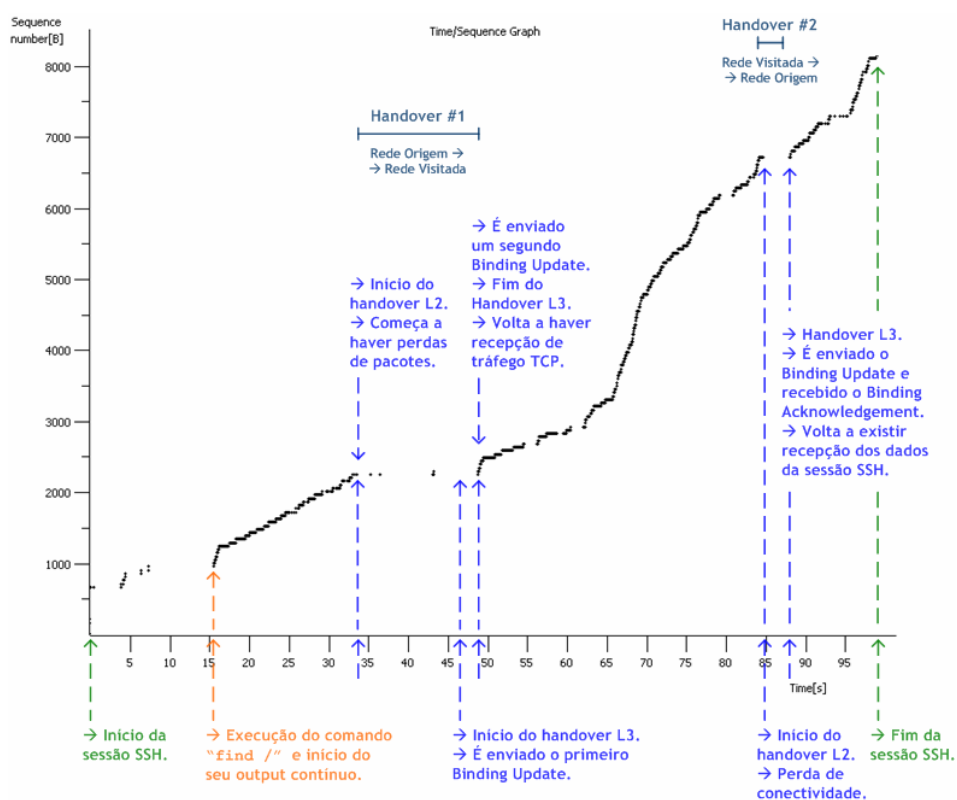


Figura 5 – Gráfico tempo/seqüência da sessão SSH entre o MNN e o AR.

Destacam-se, no entanto, os dois momentos de *handover*, o do *handover* da rede móvel para a rede visitada (aproximadamente entre os 34 e os 49 segundos) e o do

handover de “regresso a casa” da rede móvel, ou seja, o do *handover* da rede móvel para a rede origem (aproximadamente entre os 85 e os 88 segundos).

Refira-se que, analisando o gráfico da Figura 5, se pode verificar que realmente não há perda de dados da sessão SSH, pois não existe discrepância entre o número de sequência dos últimos pacotes enviados antes dos *handovers* e o número de sequência dos pacotes enviados após os *handovers*. Apesar de poderem existir elevadas perdas de pacotes (dependendo estas do tempo de *handover*), o TCP garante o reenvio desses pacotes perdidos, pelo que na realidade não se perdem quaisquer dados da aplicação. Resumindo, mesmo havendo perda de conectividade momentânea, o NEMO garante a manutenção das sessões em curso e o TCP garante a entrega de todos os pacotes enviados.

Refira-se que a mobilidade de rede, assim como a mobilidade IPv6, não implica necessariamente um ambiente sem fios, podendo o conceito ser testado com sucesso em ambientes com fios, conforme também foi testado. Em ambas as situações, beneficia-se sempre do facto de todos os nós da rede móvel, incluindo o seu *router*, manterem as suas sessões com os seus nós correspondentes e poderem ser atingidos através dos mesmos endereços pelos quais são atingidos quando se encontram na rede origem.

6. Conclusões

Neste artigo apresentaram-se os desenvolvimentos do grupo de trabalho NEMO do IETF, tendo-se demonstrado e comprovado o funcionamento do protocolo NEMO através de testes básicos de mobilidade de rede, utilizando a implementação disponível para Linux, a NEPL.

Durante a implementação dos cenários a realização dos testes surgiram alguns problemas que demonstram ainda uma certa imaturidade da tecnologia e, principalmente, das suas implementações. Por este motivo, pode afirmar-se seguramente que ainda é um pouco prematuro utilizar esta tecnologia, e as suas implementações, em ambientes reais e de produção.

Os resultados dos testes efectuados, apesar dos problemas encontrados, revelaram um elevado grau de sucesso, tendo-se verificado e comprovado o funcionamento da mobilidade de rede na manutenção de sessões de nós de uma rede móvel com nós da Internet, em cenários com e sem fios.

Futuramente, pretende-se testar o conceito da mobilidade de rede em IPv6 numa infra-estrutura de grande dimensão, mais concretamente na rede e-U (<http://www.e-u.pt/>). Uma possível implementação é o conceito de e-Student: um aluno que possui um PDA, telemóvel, portátil, e afins. Este aluno movimentar-se na rede e-U e todos os dispositivos acompanham esta mudança, mantendo-se a conectividade das suas sessões com a Internet.

Conforme se pode observar pela actividade do grupo de trabalho NEMO do IETF, principalmente pelas últimas actualizações aos Internet-Drafts publicados pelo grupo, a tecnologia está em movimento e em constante desenvolvimento. Neste contexto, a especificação e normalização são um passo muito importante no desenvolvimento da tecnologia. No entanto, ainda há muito trabalho a desenvolver até que a tecnologia esteja apta a ser utilizada a larga escala. Prova disso são os inúmeros Drafts relacionados com o protocolo NEMO que vão sendo publicados pela comunidade científica.

Apesar da relativa novidade desta tecnologia e da imaturidade que as suas implementações ainda revelam, é possível verificar que esta é uma tecnologia com bastante potencialidade para um futuro assente na mobilidade efectiva de redes inteiras de dispositivos, quer seja em ambientes *wired* ou *wireless*. Acredita-se que esta tecnologia e as suas implementações possa atingir um patamar de maturidade e estabilidade elevado o suficiente que lhe permitirá fazer parte do nosso quotidiano num futuro não muito longínquo. Nessa altura, a Mobilidade de Rede em IPv6, em conjunto com Mobilidade IPv6, será uma solução de mobilidade transparente, completa, segura e fiável, sendo a sua utilidade inquestionável.

Referências

- Deering, S. & Hinden, R. (1998). Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, RFC 2460.
- Perkins, C., Ed. (2002). IP Mobility Support for IPv4, RFC 3344.
- Manner, J., Ed. & Kojo, M., Ed. (2004). Mobility Related Terminology, RFC 3753.
- Johnson, D., Perkins, C. & Arkko, J. (2004). Mobility Support in IPv6, RFC 3775.
- Devarapalli, V., Wakikawa, R., Petrescu, A. & Thubert, P. (2005). Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol, RFC 3963.
- Silva, J.S., Camilo, T., Costa, A., Matos, C. & Boavida, F. (2004). Exploring network mobility in IPv6 environments: issues and lessons learnt. *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 4606-4611, Vol.5. ISSN 1062-922X. ISBN 0-7803-8566-7.
- Bernardos, C., Oliva, A., Calderón, M., Hugo, D. & Kahle, H. (2006). NEMO: Network Mobility. Bringing ubiquity to the Internet access. *IEEE INFOCOM 2006 Demonstration*. Barcelona, Espanha.
- Bernardos, C., Soto, I., Calderón, M., Hugo, D. & Riou, E. (2005). NEMO: Network Mobility in IPv6. *UPGRADE – The European Journal for the Informatics Professional*, Vol. VI, N.º 2. ISSN 1684-5285.

Ernst, T., Kuntz, R. & Leiber, F. (2005). A Live Light-Weight IPv6 Demonstration Platform for ITS Usages. *3rd 5th International Conference on ITS Telecommunications (ITST)*. Brest, França.

Perera, E., Sivaraman, V. & Seneviratne, A. (2004). Survey on Network Mobility Support. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*.

Montavont, N., Ernst, T. & Noel, T. (2004). Multihoming in Nested Mobile Networking. *SAINT (IPv6 Technology and Deployment)*. Tóquio, Japão.

Ernst, T. (2004). E-Wheelchair: A Communication System Based on IPv6 and NEMO. *2nd International Conference on Smart Homes and Health Telematics (ICOST)*. Singapura.

Ernst, T & Uehara, K. (2005). Connecting Automobiles to the Internet. *ITST Workshop*.

Nemo Status Pages, <http://tools.ietf.org/wg/nemo/>.

WIDE PROJECT Home Page, <http://www.wide.ad.jp/>.

Nautilus6 Project, <http://www.nautilus6.org/>.

The KAME project, <http://www.kame.net/>.

TAHI Project, <http://www.tahi.org/>.

GO-Core, <http://www.tcs.hut.fi/Research/Mobility/go-core.shtml>.

SHISA, <http://www.mobileip.jp/>.

Mobile IPv6 for Linux, <http://www.mobile-ipv6.org/>.

InternetCAR Project, <http://www.sfc.wide.ad.jp/InternetCAR/>.

OverDRiVE Project, http://www.comnets.rwth-aachen.de/~o_drive/index.html.

eMOTION, <http://ocean.cse.unsw.edu.au/emotion/overview.html>.

Nautilus6 – Demo Testbed – E-Bike, <http://www.nautilus6.org/demo/ebike.php>.

E-Bicycle Demo, <http://demo.nautilus6.org/demos/200607-tourdefrance.php>.

CVIS Project, <http://www.cvisproject.org/>.

IPv6 Car project [IPv6 Car] – IST Event 2004 | EUROPA, http://europa.eu.int/information_society/istevent/2004/cf/viewexhibdetail.cfm?exhib_id=488.