

# IPv6@ESTG-Leiria – Instalação de uma Rede Piloto

David Serafim, Vítor Santos, Mário Antunes, Nuno Veiga

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria

Instituto Politécnico de Leiria

Morro do Lena - Alto Vieiro - 2401-951 Leiria - Portugal

Telf: +351 244 820300; Fax: +351 244 820310;

e-mail: [eic09035@student.estg.ipleiria.pt](mailto:eic09035@student.estg.ipleiria.pt), [eic10451@student.estg.ipleiria.pt](mailto:eic10451@student.estg.ipleiria.pt),

[mario.antunes@estg.ipleiria.pt](mailto:mario.antunes@estg.ipleiria.pt), [nveiga@estg.ipleiria.pt](mailto:nveiga@estg.ipleiria.pt)

**Resumo** — Este artigo descreve a implementação de uma rede piloto IPv6 no Departamento de Engenharia Informática (DEI) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria (ESTG-Leiria). O novo protocolo é apresentado, realçando os seus aspectos diferenciadores. São abordados alguns aspectos da implementação, tais como as alterações a efectuar nos terminais da rede e a configuração dos principais serviços. É também apresentada a configuração do acesso à Internet em IPv6, usando duas soluções distintas: recorrendo a um túnel IPv6 sobre IPv4 e através de acesso nativo em IPv6.

como a configuração dos principais serviços – HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), DNS (*Domain Name System*) e DHCPv6 (*Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6*). De seguida, são abordados alguns aspectos da implementação, tais como a configuração do acesso à Internet em IPv6, através da FCCN, usando duas soluções distintas: recorrendo a um túnel IPv6 sobre IPv4 e através de acesso nativo em IPv6. No final, apresentam-se algumas conclusões e iniciativas para a divulgação do protocolo.

## 1. Introdução

O transporte dos dados na Internet é assegurado pelo protocolo IP (versão 4). Embora a sua utilização se tenha inicialmente revelado adequada, tornou-se necessário implementar medidas de ajuste à evolução da Internet e ao seu crescimento exponencial. O aparecimento de novos paradigmas de comunicação assentes na mobilidade efectiva mostrou também inadequação do protocolo IPv4 e a conseqüente necessidade de mudança.

O objectivo da versão 6 do protocolo IP (IPv6) [1], desenvolvido pelo IETF (*Internet Engineering Task Force*), consiste em resolver algumas inadaptações do IPv4 face ao cenário actual da Internet. Destacam-se como pontos fortes a estrutura e dimensão do espaço de endereçamento, a auto-configuração dos terminais, a simplificação do processamento nos *routers* e os cuidados relacionados com a segurança e mobilidade. O IPv6 encontra-se actualmente numa fase madura de desenvolvimento, como o comprovam as implementações estáveis na maioria das plataformas de sistemas operativos. Também os principais serviços da Internet se encontram implementados em ambas as versões.

As vantagens de uma rede piloto são principalmente a divulgação do novo protocolo, alertando para as diversas melhorias proporcionadas pelo seu uso, bem como para a integração de projectos, nomeadamente testes de serviços, mobilidade e *multicast*.

O artigo resume a experiência adquirida no projecto desenvolvido na ESTG-Leiria e descreve os principais pontos do seu desenvolvimento. O artigo começa por abordar alguns conceitos básicos do IPv6 e algumas diferenças existentes em relação ao IPv4. Evidenciam-se ainda as alterações a efectuar nos terminais da rede, bem

## 2. O Protocolo IPv6

Imagine-se um mundo móvel, com uma lista extensa de dispositivos, móveis ou não, mas todos a necessitar de um endereço único, desde computadores portáteis, PDAs, telemóveis, electrodomésticos, automóveis a sensores inteligentes. Devido ao crescimento da Internet, a esperada exaustão de endereços IPv4 acelerou a necessidade de criar um novo protocolo de camada de rede. Neste âmbito, o IPv6 apresenta, para além das novidades no endereçamento, significativas melhorias ao nível de segurança, mobilidade e qualidade de serviço, tentando corrigir algumas das falhas do IPv4.

O IPv6 é uma das maiores actualizações tecnológicas na história das redes de computadores [2]. O funcionamento do novo protocolo é bastante distinto do IPv4. A diminuição do número de campos do cabeçalho, e o facto de no IPv6 o cabeçalho ser fixo são duas das principais vantagens com vista à simplicidade e eficiência da nova versão do protocolo, traduzindo-se em menor tempo de processamento para os *routers*. Na Figura 1 são apresentados os cabeçalhos IPv4 e IPv6, onde se verificam as diferenças a nível de número de campos e de tamanho.

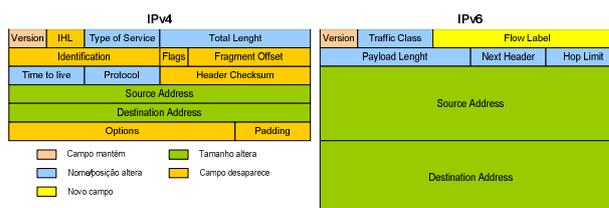


Figura 1. Cabeçalho IPv4 e cabeçalho IPv6.

No IPv6 usam-se Cabeçalhos de Extensão em vez do campo *Options* do IPv4, responsável pelo tamanho variável do cabeçalho do IPv4. Aqueles cabeçalhos não fazem parte do cabeçalho do IPv6, sendo processados pelos *routers* conforme a necessidade.

Ao contrário do IPv4, o IPv6 contempla soluções de mobilidade, segurança e qualidade de serviço de raiz. Na criação do IPv4, tinha-lhes sido dado pouco destaque, tendo posteriormente sido criadas diversas adaptações como o IPsec, no caso da segurança, e o Mobile IP, no caso da mobilidade.

Apesar das vantagens acima referidas, as mais evidentes são o facto do IPv6 suportar mais endereços e dividi-los por abrangência [3]. Em relação ao número de endereços, dos cerca de 4 mil milhões de endereços existentes no IPv4 ( $2^{32}$ ), passa-se para um valor consideravelmente maior: 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 ( $2^{128}$ ).

A auto-configuração é outra característica inovadora do IPv4. Foi desenhada para assegurar que uma máquina tenha conectividade à rede sem necessidade de configurações manuais, ou de um servidor DHCP. Apesar de também poder ser usado um servidor DHCP (modo *stateful*), existe agora outro modo (o *stateless*) que permite a configuração de endereços IP através do endereço MAC (*Media Access Control*) do próprio dispositivo utilizando a norma EUI-64 (64-bit *Extended Unique Identifier*).

A transição entre estes dois protocolos é muito importante. O IPv6 foi desenhado, desde o início, pensando na transição. Não existirá, tal como aconteceu em 1 de Janeiro de 1983, uma pequena rede que proceda à rápida mudança do protocolo da camada de rede. Olhando para a Internet, e vendo que esta é composta actualmente por milhões de redes IPv4 e milhares de milhões de nós IPv4, o desafio está em fazer a integração e a transição tão transparentes quanto possível para os utilizadores finais. Isso pode ser feito através de mecanismos de pilha dupla, túneis ou tradução.

Cada vez que é introduzida uma nova tecnologia, ela é sempre acompanhada de mitos. Esta situação não é nova, e ao longo da história da evolução da tecnologia, verificaram-se situações semelhantes. Existem diversos mitos, uns a favor do IPv6, outros contra o IPv6, e provavelmente com o desenvolvimento da tecnologia irão cada vez surgir mais. Felizmente, espera-se também que o conhecimento sobre o IPv6 aumente de forma a poder responder correctamente a todos eles.

O IPv6 é o culminar de uma década de trabalho, inspirado inicialmente num dos maiores problemas que a Internet enfrenta actualmente: a exaustão de endereços [4]. Apesar de esse ser sem dúvida um assunto chave para a especificação de uma nova versão do protocolo, existem diversos problemas que foram minorados ou eliminados [5].

### 3. Suporte dos sistemas operativos

No trabalho desenvolvido efectuaram-se testes de IPv6 em seis sistemas operativos distintos: Windows XP Professional SP2, Windows Server 2003 SP1, GNU/Linux Fedora Core 3, OpenBSD 3.7, Mac OS X 10.3.7 e, nos

*routers*, o Cisco IOS. A rede piloto utilizada para testar o suporte dos sistemas operativos e serviços é heterogénea e é apresentada na Figura 2. Foram também utilizados diversos serviços que vão ser analisados mais à frente.

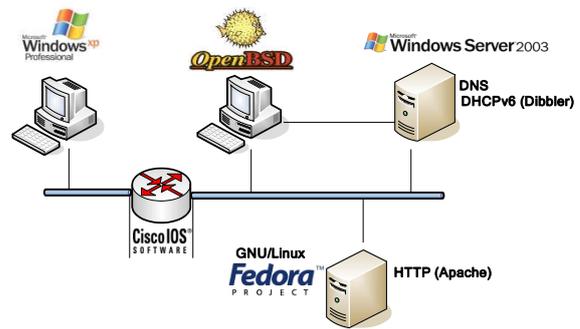


Figura 2. Rede heterogénea para testes.

A TABELA I apresenta uma análise comparativa do estado de desenvolvimento do suporte IPv6 nos sistemas operativos estudados.

TABELA I  
SUPORTE IPv6

Sistemas Operativos	Suporte IPv6
Windows® XP	O suporte é limitado no que diz respeito aos serviços disponibilizados. A instalação é muito simples, bastando executar o comando "ipv6 install". [6]
Windows Server™ 2003	A instalação é feita a partir de uma interface gráfica. O suporte é maior que no Windows XP, nomeadamente a nível de serviços disponibilizados com suporte IPv6. [7]
GNU/Linux	O suporte é nativo, porém é necessário activar as opções para IPv6 no menu de configuração do <i>kernel</i> (convém ter a versão 2.6.11 ou superior). O suporte é imenso, havendo possibilidade de se ir ao detalhe de alterar diversos mecanismos utilizados. [8]
BSD®	O suporte é nativo e não é necessária qualquer configuração adicional durante a instalação. No entanto, para que sejam aceites endereços globais, é necessário activar algumas opções. O nível de suporte é muito parecido com o do Linux.
Mac OS® X	Suporte nativo e sem qualquer necessidade adicional de configuração. Utiliza uma interface bastante amigável proporcionada pelo OS X, e um nível de suporte ao nível do Linux e BSD proporcionado pelo Darwin (sistema baseado em FreeBSD).

<b>Cisco IOS®</b>	Actualmente as versões mais recentes deste sistema têm um suporte bastante vasto no que diz respeito ao IPv6. Por ser um sistema directamente ligado às redes de computadores (sistema operativo para routers), é um sistema com maior responsabilidade na implementação deste novo protocolo. [9]
-------------------	--

## 4. Configuração dos serviços

Foram configurados em IPv6 três serviços, que se julgam os principais em redes de computadores: HTTP, DNS e DHCPv6.

### A. HTTP

O serviço HTTP sofre poucas modificações. Foi configurado o servidor Apache 2.0 que tem suporte nativo IPv6, não sendo necessário qualquer tipo de configuração adicional.

### B. DNS

Em relação ao DNS existem algumas modificações, nomeadamente a criação dos *Resource Records* (RR) AAAA e A6 para suportar a resolução de nomes em endereços IPv6. O AAAA funciona como o normal RR do IPv4 (A) e é o mais utilizado. O A6 utiliza um conceito recente de hierarquização de RRs, e a sua utilização é bastante rara.

Neste projecto foi utilizado o servidor de DNS do sistema operativo Windows Server 2003. O pedido de tradução de nomes para endereços IPv6 pode ser efectuado em IPv4 ou directamente em IPv6. No que diz respeito à primeira opção, o servidor é completamente funcional. Já para aceitar pedidos directamente em IPv6, é necessário recorrer a um *patch* disponibilizado pela Microsoft [10].

### C. DHCPv6

Existem diversas mudanças relativamente ao DHCP para IPv4, tanto ao nível do cabeçalho do protocolo, como ao nível do seu funcionamento. Estas alterações devem-se ao facto de os endereços IPv6 terem características diferentes, nomeadamente os tempos de vida e de preferência, bem como a sua abrangência.

Para implementação do servidor de DHCPv6 utilizou-se uma de duas aplicações existentes, sendo a escolhida a mais actualizada até ao momento [11]. O servidor foi configurado em Windows Server 2003, enquanto que os clientes foram implementados em Windows XP e Linux.

Dos três protocolos testados, o DHCPv6 é o que tem ainda carácter mais experimental. Por esta razão, a aplicação utilizada tem algumas limitações, apesar de já conseguir corresponder às necessidades de uma rede.

Na maioria dos restantes serviços que podem ser disponibilizados por uma rede, as mudanças necessárias para suportar IPv6 passam quase só pela aceitação do novo tipo de endereços, tal como sucede com o serviço HTTP.

## 5. Configuração de acesso exterior

Actualmente, um dos elementos mais críticos de uma rede de computadores interna é o seu acesso ao exterior (Internet). Considerando uma rede IPv6 e tendo em conta a infra-estrutura de *backbone* existente, existem duas formas principais de proporcionar este acesso: utilizando um túnel IPv6 sobre IPv4 e de forma IPv6 nativa.

### A. Acesso por túnel

Os túneis IPv6 sobre IPv4 são uma solução muito útil na interligação de redes IPv6 através da infra-estrutura IPv4 existente. Na Figura 3 apresenta-se um exemplo do uso dos túneis IPv6 sobre IPv4 para ligar duas redes IPv6 através do *backbone* IPv4. Neste cenário os dois *routers* são as extremidades do túnel. O uso de um túnel implica que o tráfego IPv6 seja enviado encapsulado em IPv4, como também se pode observar na figura.

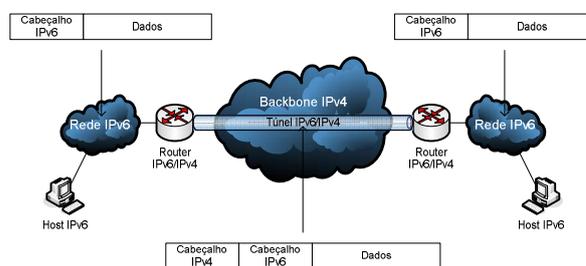


Figura 3. Uso dos túneis IPv6 sobre IPv4 entre duas redes IPv6.

Uma das vantagens dos túneis é a de se poder ter conectividade IPv4 e IPv6 simultânea. Para configurar um cenário com um túnel é necessário que o dispositivo através do qual é estabelecido o túnel (*router* ou terminal) seja *dual stack*, necessitando de ter endereços IPv4 e IPv6 configurados simultaneamente. O facto de os equipamentos necessitarem de correr as duas versões do protocolo traz trabalho de administração adicional, o que se pode tornar uma desvantagem do uso desta solução.

No caso prático deste projecto, testaram-se vários cenários com acesso por túnel, sendo o cenário final apresentado na Figura 5.

O principal cenário testado (Figura 4) envolvia um router ligado por IPv4 à rede da ESTG-Leiria e por IPv6, através de um túnel, à FCCN. Ligado a este router tinha-se um outro no qual se criaram duas redes IPv6 heterogêneas com acesso ao exterior.

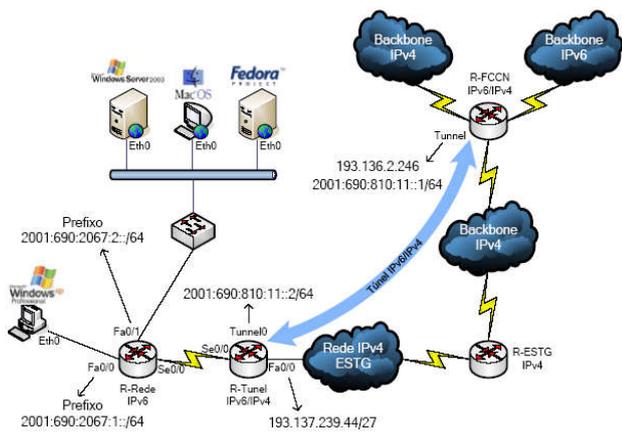


Figura 4. Diagrama de rede heterogénea com acesso ao exterior por túnel.

### B. Acesso nativo

Com uma ligação IPv6 nativa tem-se acesso ao exterior através de IPv6, e não através de IPv4 como se tem utilizando túneis, pelo que apenas tem de haver preocupação na manutenção de um protocolo, sendo isto uma vantagem clara do seu uso. Actualmente uma desvantagem do acesso nativo IPv6 é o facto de ainda existirem alguns serviços sem implementação em IPv6, o que torna, em redes de grandes dimensões, o uso apenas de IPv6 um pouco difícil.

A rede actual do projecto IPv6@ESTG-Leiria, incluindo a ligação nativa estabelecida, é apresentada na Figura 5.

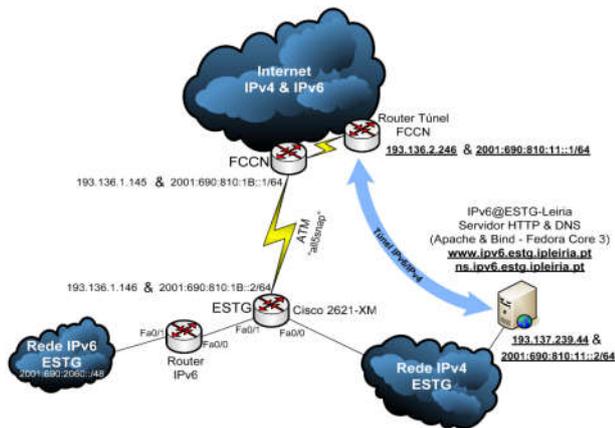


Figura 5. Topologia actual da rede piloto da ESTG-Leiria.

Na rede piloto contemplou-se uma máquina com acesso ao exterior por túnel, por IPv4 e IPv6. Esta máquina serve simultaneamente as funções de servidor HTTP e DNS. O servidor HTTP aloja os recursos do projecto e é acessível em [www.ipv6.estg.ipleiria.pt](http://www.ipv6.estg.ipleiria.pt). Quanto ao servidor de DNS, faz a resolução de nomes e endereços no domínio "ipv6.estg.ipleiria.pt". Para que este servidor resolva os nomes e endereços naquele domínio, o servidor de DNS principal da ESTG-Leiria (domínio estg.ipleiria.pt) reencaminha os pedidos de resoluções no domínio "ipv6.estg.ipleiria.pt" para o servidor "ns.ipv6.estg.ipleiria.pt",

alojado na rede interna. Esta operação é conseguida pela inserção, no ficheiro de configuração do servidor de DNS principal, das seguintes linhas:  

```
ns.ipv6.estg.ipleiria.pt.    IN    A
193.137.239.44" e "ipv6    IN    NS
ns.ipv6.estg.ipleiria.pt."
```

A vantagem de se terem os servidores de HTTP e de DNS na mesma máquina prende-se com o facto de se ocupar apenas uma máquina para implementar dois servidores. Foi instalado um *router* para assegurar a ligação IPv6 nativa e permanente ao exterior, útil para testes e integração de novos projectos a iniciar na ESTG-Leiria, nomeadamente dois envolvendo *multicast* e mobilidade IPv6. Esta ligação nativa IPv6 é facilitada pela existência de uma tomada de rede do laboratório que termina no bastidor de acesso ao exterior, facilitando a interligação a uma interface *FastEthernet* do *router* principal da instituição, configurada apenas para IPv6. O facto de este *router* principal possuir duas interfaces *FastEthernet*, uma IPv4 e outra IPv6, revela-se uma estratégia acertada para separar internamente o tráfego dos dois protocolos, tendo-se assim de um lado a rede IPv4 e do outro, completamente independente, a rede IPv6, conforme se evidencia na Figura 6.

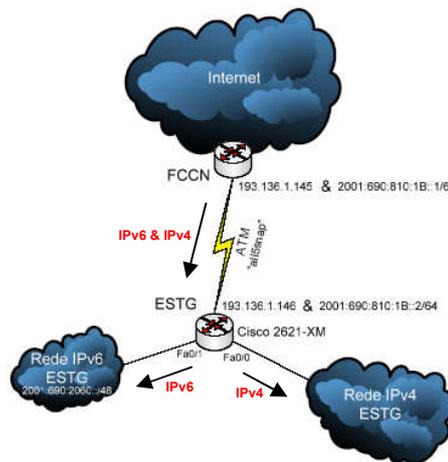


Figura 6. Cenário da ligação da ESTG à Internet, com IPv4 e IPv6.

Foi necessária a intervenção da FCCN (Fundação para a Computação Científica Nacional) tanto para o estabelecimento do túnel como do acesso nativo, nomeadamente ao nível das configurações efectuadas e da gestão de endereços IPv6 (e IPv4). Esta entidade é um LIR (*Local Internet Registry*), que recebe endereços do RIPE (*Réseaux IP Européens*), o RIR (*Regional Internet Registry*) europeu.

## 6. Conclusões

D o estudo efectuado a este protocolo, verifica-se que tudo funciona pensando sempre na maior eficiência, eficácia e simplicidade. No entanto, parece-nos ainda prematuro implementar uma rede de grandes dimensões em IPv6, principalmente porque numa rede com estas características poderá haver necessidade de disponibilizar serviços cujo

suporte seja reduzido ou até mesmo inexistente. Pelo contrário, para uma rede de pequenas dimensões, a sua implementação é já bastante fiável, pois os principais serviços já têm um bom suporte IPv6.

Em relação aos testes de conectividade IPv6 efectuados com a Internet, os resultados foram todos bastante positivos.

Como forma de divulgar e promover o uso do novo protocolo no *campus* da ESTG-Leiria, elaborou-se um guia de instalação rápida do IPv6, e também uma página *web* que pretende ser a face do projecto IPv6@ESTG-Leiria. O objectivo principal é a divulgação do protocolo e dos resultados dos testes que entretanto forem efectuados nos diversos projectos.

É extremamente importante divulgar este novo protocolo, sendo a explicação e exploração das suas vantagens uma das melhores formas.

É um facto que o protocolo IPv6 será adoptado na Internet, havendo necessidade de estudar a tecnologia e os processos de migração adequados. Assim, a implementação desta rede piloto pretende aprofundar o conhecimento da tecnologia e contribuir com boas práticas para a migração de uma rede para IPv6.

## Mais Informações

Todas as actualizações relativas ao desenvolvimento IPv6 na ESTG-Leiria estão disponíveis em:

<http://www.ipv6.estg.ipleiria.pt>

Actualizações relativas ao desenvolvimento do IPv6 podem ser encontradas em:

<http://www.hs247.com/>

Contacto para qualquer esclarecimento acerca do projecto IPv6@ESTG-Leiria.

[ipv6@estg.ipleiria.pt](mailto:ipv6@estg.ipleiria.pt)

## Agradecimentos

Ao Centro de Informática da ESTG-Leiria, nas pessoas do Eng. Carlos Canudo e Eng. Adail Ferreira, pela ajuda indispensável no estabelecimento da ligação ao exterior, nomeadamente pela disponibilização de um endereço público para o acesso ao exterior (Internet).

Ao Eng. Carlos Friaças, um dos responsáveis na área de IPv6 da FCCN, pela inigualável e indispensável ajuda ao nível da configuração e estabelecimento da ligação ao exterior.

## Referências

[1] DEERING, S.; HINDEN, R. – *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*

(RFC2460), 1998, <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2460.txt>.

[2] HAGEN, S. – *IPv6 Essentials*, O'Reilly, ISBN 0596001258, 2002.

[3] HINDEN, R.; DEERING, S. – *Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture (RFC3513)*, 2003, <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc3513.txt>.

[4] MALONE, D.; MURPHY, N. R. – *IPv6 Network Administration*, O'Reilly, ISBN 0596009348, 2005.

[5] SERAFIM, D.; SANTOS, V. – *IPv6@ESTG-Leiria – Instalação de uma Rede Piloto*, ESTG-Leiria, 2005.

[6] Microsoft TechNet – Frequently Asked Questions About the IPv6 Protocol for Windows XP, <http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/winxppro/plan/faqipv6.mspx>.

[7] Microsoft Windows Server 2003 – Frequently Asked Questions About the IPv6 Protocol for the Windows Server 2003 Family, <http://www.microsoft.com/windowsserver2003/techinfo/overview/ipv6faq.mspx>.

[8] BIERINGER, P. – *Linux IPv6 HOWTO (en) v0.48*, 11 de Janeiro de 2005, <http://www.ibiblio.org/pub/Linux/docs/HOWTO/other-formats/pdf/Linux+IPv6-HOWTO.pdf>.

[9] Cisco IOS Software Technologies – IPv6, <http://www.cisco.com/warp/public/732/Tech/ipv6/>.

[10] Microsoft TechNet – IPv6 Configuration Items, <http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windowsserver2003/library/ServerHelp/af7d4a80-cfe8-4d7d-a830-8eb6e6ebd6b7.mspx>.

[11] Dibbler – a portable DHCPv6, <http://klub.com.pl/dhcpv6/>.

[12] Windows Server 2003: Microsoft Internet Protocol Version 6 (IPv6), <http://www.microsoft.com/windowsserver2003/technologies/ipv6/default.mspx>.