

Vídeo-Difusão sobre Multicast IPv6 (ligação à M6Bone)

Rui Bernardo, aluno da Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Instituto Politécnico de Leiria

Palavras chave: Multicast, IPv6, ASM, SSM, M6Bone, MLD, PIM, MBGP.

Resumo – No âmbito do projecto do 5º Ano do Curso de Engenharia Informática e Comunicações, IPv6@ESTG - Leiria: *Vídeo-Difusão sobre Multicast IPv6*, surgiu a possibilidade de interligar a ESTG – Leiria à rede de testes M6Bone. Desta forma, foram estudadas todas as possibilidades existentes, e efectuado um conjunto de contactos com vista à persecução dos objectivos. Foram também efectuados vários testes usando a plataforma disponibilizada pela FCCN (Fundação para a Computação Científica Nacional).

I. INTRODUÇÃO

O objectivo do projecto ‘Vídeo-Difusão sobre Multicast IPv6’, numa primeira fase, abrangia o estudo e experimentação das tecnologias envolvidas no multicast IPv6 e a produção de um relatório técnico que documentasse o trabalho realizado e servisse de referência para trabalhos futuros. No entanto, com o decorrer do projecto, verificou-se que, para além de efectuar testes na plataforma *testbeds*, também existia a possibilidade de ligar a escola de Leiria à rede M6Bone.

Em paralelo, com vista a estudar a tecnologia, foram implementados vários cenários em laboratório, usando os diversos recursos disponíveis, nomeadamente routers Cisco. Dado que estes, no início do projecto, não dispunham de suporte para multicast IPv6, foi necessário actualizar o software, e resolveu-se também estudar a possibilidade de actualizar o equipamento *Edge* do Politécnico que faz fronteira com o exterior. Depois de efectuados alguns contactos com os responsáveis do Centro de Informática da ESTG, foi actualizado o equipamento, numa primeira fase, e de seguida foi configurado neste o serviço multicast IPv6.

A figura seguinte esquematiza o trabalho efectuado ao longo deste projecto. Além desta configuração, foram efectuados vários cenários em laboratório que serão apresentados no capítulo dos testes.

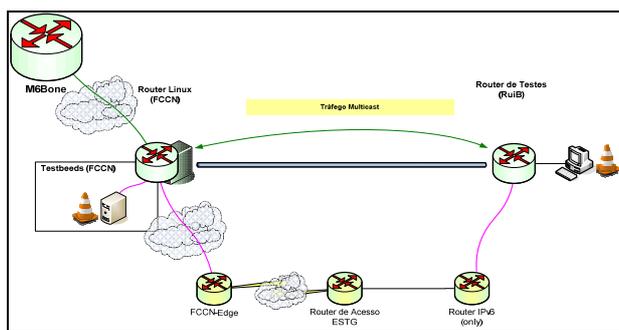


Figura 1 – Topologia utilizada

II. MULTICAST IPv6

Em comunicações tradicionais envolvendo vários sites simultaneamente, para cada pacote do host de origem é efectuada uma replicação para o número de host destino e cada pacote é enviado para o seu destino separadamente. Este modelo impõe uma limitação no número de computadores que podem estar envolvidos na comunicação, pois o tráfego na rede e as necessidades computacionais do host de origem aumentam linearmente consoante o número de hosts destino envolvidos.

Existem porém tecnologias que tratam estas limitações, sendo denominadas por soluções escalares de rede. O uso do IP multicast é uma destas soluções. Utilizando multicast, apenas uma cópia de cada pacote é enviada em cada segmento de rede, sendo esta replicada apenas quando se justifique.

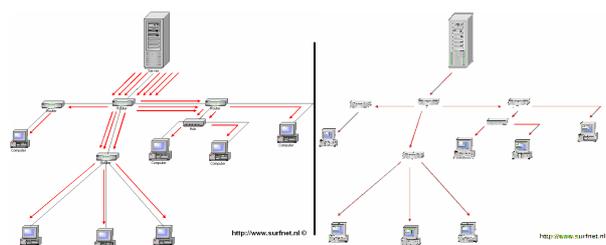


Figura 2 – Diferenças entre transmissão unicast e multicast

A. Modelos de Distribuição

O Actualmente existem dois modelos de distribuição de tráfego multicast, sendo o primeiro datado do ano 1989 e o outro, mais recente, foi publicado em Julho de 2003.

ASM – Any-Source Multicast; Modelo multicast tradicional, definido na RFC 1112. Neste, os pacotes são transmitidos para um endereço IP que corresponde ao endereço do grupo. A figura seguinte apresenta o modelo ASM, onde os clientes necessitam de definir apenas o grupo de que desejam receber pacotes multicast.



Figura 3 – Exemplo de utilização do modelo ASM

SSM – Source-Specific Multicast: Modelo multicast onde um pacote IP é transmitido por um servidor (S) para um endereço destino SSM (G). Desta forma os clientes podem receber os pacotes subscrevendo o canal (S,G). Cada canal possui apenas uma fonte e a ele podem estar associados vários clientes.

A figura seguinte apresenta o modelo SSM, onde os clientes necessitam de definir o grupo a que se desejam associar, necessitando também de especificar o endereço do servidor. Como é visível, no exemplo em particular, o

cliente deseja receber dados do grupo [FF36::6] oriundos do servidor [2001:D::2]

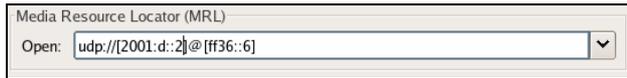


Figura 4 – Exemplo de utilização do modelo SSM

III. ENDEREÇAMENTO

No multicast IPv6 todos os endereços começam por [FF:: /8], tendo 128 bits como qualquer endereço IPv6. As RFCs que actualmente especificam o endereçamento são a 3513, a 3306 e a 3956..

A. Básico

O endereçamento básico do multicast IPv6 é definido na RFC 3513. Esta define que um endereço é composto por 8 bits iniciais a “1”, seguidos de 4 bits para flags, outros 4 para o *scope*, e por fim, os restantes 112 bits contêm o endereço do grupo multicast propriamente dito. A figura seguinte, retirada da RFC, esquematiza o formato dos endereços multicast IPv6.

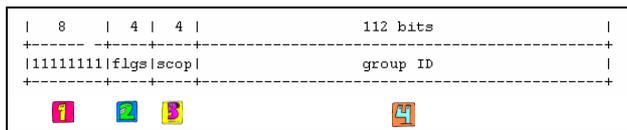


Figura 5 – Formato dos endereços multicast IPv6

No segundo campo (2), campo flags, composto por 4 bits, a RFC 3513 apenas especifica a utilização do último bit, sendo que os restantes 3 bits estão reservados e não são utilizados. A figura seguinte demonstra em pormenor as flags definidas para o segundo campo.

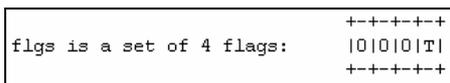


Figura 6 – Descrição das flags definidas na RFC 3515

O bit T define se estamos perante um endereço especial (“well-known”) (valor 0), que necessita de ser atribuído pela autoridade que regista e controla os endereços IPs – IANA, ou se o endereço pode ser usado livremente, ou seja, se se trata de um endereço provisório (“transient”) (valor 1).

Efectivamente, os endereços permanentes (“well-known”) estão constantemente a ser actualizados e estão disponíveis no site do IANA [1].

B. Inter-Domínios, Baseados no prefixo unicast

A RFC 3306, conhecida como *Unicast-Based Multicast Address*, define uma extensão ao endereçamento multicast IPv6 definido na RFC 3513. Resumidamente, esta permite que o prefixo unicast do site seja embutido dentro do endereço multicast.

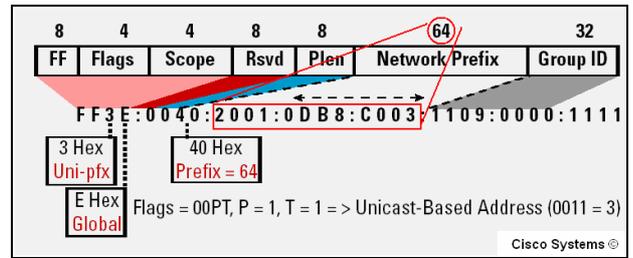


Figura 7 – Endereços Unicast-Based Multicast Address

Desta forma, ao adicionar-se o endereço unicast com o multicast, os gestores de redes conseguem identificar sempre o seu endereço multicast sem ser necessário recorrer a protocolos adicionais.

Resumidamente, a RFC 3306 introduz informação *encoded* no endereço multicast por forma a permitir troca dinâmica de endereços multicast e endereços IPv6 *Source-Specific Multicast Address*.

C. Inter-Domínios, Embedded RP

“The ‘Embedded RP’ technique allows for easier and simpler deployment of IP multicast, and complements the IPv6 multicast architecture, especially when Source-Specific Multicast (SSM) is unavailable or unsuitable” [2].

A técnica *Embedded RP* (RFC 3956) estende a RFC 3306, especificando um método para codificar num endereço multicast, endereço do RP (*Rendezvous Point*). Convém referir que a gama para este tipo de endereços é iniciada sempre com o prefixo [FF70:: /12]

Observando a figura seguinte é possível compreender de que forma é que o endereço IP do RP é retirado do endereço multicast.

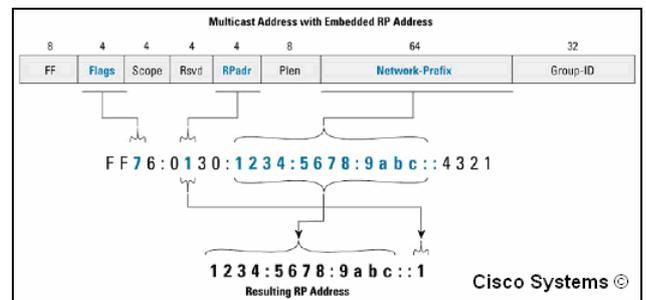


Figura 8 – Extração do endereço RP de um endereço multicast

Desta forma, para um endereço multicast *Embedded RP* [FF76:0130:1234:5678:9ABC::4321], o RP embutido é [1234:5678:9ABC::1].

D. Endereçamento na camada 2

O mapeamento dos endereços IPv6 multicast para endereços MAC Ethernet é especificado na RFC 2464. A figura seguinte mostra o mapeamento dos 128bits do endereço multicast da camada 3, para os 48 bits do endereço MAC. É visível que apenas os 32 bits menos significativos são preservados, sendo os restantes perdidos no processo.

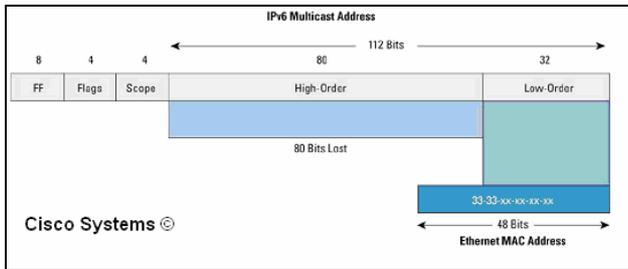


Figura 9 – Mapeamento de endereços da camada 3 para a 2

E. Resumo

Os endereços multicast IPv6, pelo facto de possuírem 128 bits, oferecem um maior número de possibilidades, quando comparados com o predecessor IPv4, que apenas dispunha de 32 bits. Todos começam com [FF::/8] nos primeiros 8 bits do endereço e cada um deles é usado em situações específicas.

Tipos de Endereços Actualmente Definidos	Função
FF1x::/12	ASM (PIM – SM)
FF3x::/12	SSM (PIM – SSM)
FF7x::/12	ASM (Embedded RP)

Tabela 1 – Tipos de endereços actualmente definidos

Como já foi referido anteriormente, os endereços começados por [FF0x ::/] não podem ser usados para testes e necessitam de ser definidos pela IANA.

Endereços actualmente definidos	Função
FF0x::/12	Endereços reservados

Tabela 2 – Endereços reservados

IV. PROTOCOLOS MULTICAST

Existem vários tipos de protocolos associados ao multicast. Desta forma, nesta secção são apresentados os principais protocolos e os mais utilizados actualmente.

A. Gestão de Grupos

O protocolo MLD (*Multicast Listener Discovery*) permite aos hosts comunicarem o seu interesse em receberem tráfego de uma fonte multicast específica – grupo multicast. Este protocolo é usado ao nível das sub-redes, e permite aos hosts trocarem informações com o router mais próximo. A informação enviada pelos hosts é usada pelos routers para que estes saibam, entre outras coisas, quais dos hosts vizinhos pretendem receber tráfego multicast.

O MLDv1 é derivado da versão 2 do protocolo IGMP (*Internet Group Management Protocol*) existente no IPv4. Ou seja, com a chegada do protocolo IPv6, o IGMP deu lugar a um novo protocolo MLD, que possui algumas semelhanças e é derivado das versões 1 e 2 do seu antecessor IGMP.

O MLDv2 é uma tradução do protocolo IGMPv3 [RFC3376] para a semântica do IPv6. Este, quando comparado com o MLDv1, adiciona suporte para filtragem da fonte, ou seja, possibilita a um host obter conteúdos de apenas uma fonte específica, tal como é requerido pelo modelo SSM – *Source-Specific Multicast*, ou obter conteúdos de todas as fontes menos uma fonte em particular.

B. Protocolos de encaminhamento multicast

O protocolo PIM (*Protocol Independent Multicast*) pertence à família de protocolos de encaminhamento multicast e é usado para distribuir o tráfego pela Internet. Este não possui nenhum método próprio para a descoberta da topologia da rede, usando a informação disponibilizada pelos protocolos de encaminhamento unicast. Desta forma, este protocolo usa as rotas aprendidas pelos protocolos unicast e é, devido a isso que é conhecido como '*Protocol Independent*'.

Actualmente existem quatro variantes do PIM [wiki]: PIM – SM (*Sparce Mode*), PIM – DM (*Dense Mode*), PIM – Bi-direccional e PIM – SSM (*Source Specific Multicast*). Destes quatro os mais utilizados actualmente são o PIM-SM e o PIM-SSM.

O protocolo PIM-SM foi inicialmente definido na RFC 2117. No entanto, esta encontra-se actualmente obsoleta, tendo sido substituída pela RFC 2362. O PIM-SM requer um mecanismo onde é necessária a existência de um ponto central responsável por receber e tratar os pedidos de tráfego multicast enviados, quer pelos *nodes*, quer pelos servidores. Este mecanismo requer a existência de um caminho partilhado por todos os equipamentos envolvidos na comunicação, sendo este conhecido como *Core Based ou Shared Based Tree*.

De uma forma sucinta, para se usar o PIM-SM é necessária a existência de um ponto central responsável por controlar a distribuição de tráfego multicast na rede. Este ponto central é tecnicamente conhecido como RP (*Rendezvous Point*).

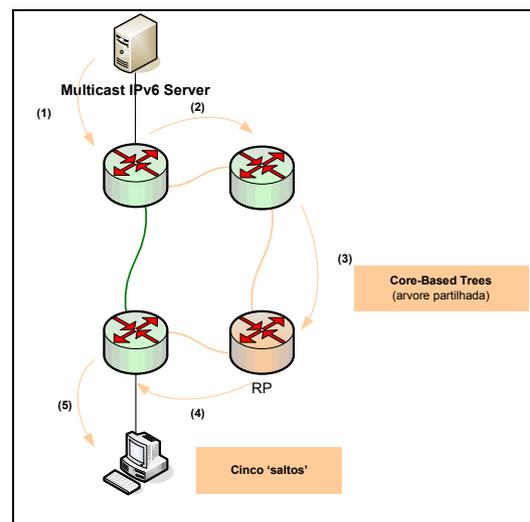


Figura 10 – Árvores partilhadas – Modelo ASM

O protocolo PIM-SSM (*Source Specific Multicast*) utiliza funcionalidades do PIM-SM mas sem necessidade de recorrer a árvores partilhadas (*Shared Trees*). Ou seja,

a descoberta do caminho entre o cliente e o servidor é efectuada automaticamente, sem ser necessário um router central, conhecido como RP.

O PIM-SSM é uma adaptação do protocolo PIM de modo a que este suporte o modelo de distribuição de tráfego SSM). Uma outra vantagem do modelo SSM é a facilidade de configuração nos equipamentos, dado que, apenas é necessário activar o protocolo PIM e o MLDv2. Deixando assim de ser necessário configurar em todos os equipamentos, o endereço IP do RP.

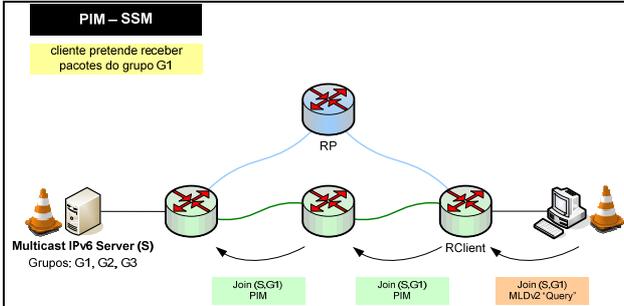


Figura 11 – Inscrição do cliente no grupo G1 do servidor Multicast IPv6 (S)

A figura anterior esquematiza o processo de associação de um cliente a um grupo existente no servidor. Mais concretamente, esta representa o caso em que o cliente deseja receber pacotes do grupo G1, e além disso, especifica a fonte, ou seja, qual o servidor a que este se deseja associar - o servidor Multicast IPv6, identificado pelo endereço IPv6 genérico (S).

É também visível que apesar de estar um RP configurado na rede, este não é utilizado.

Convém também mencionar que o pacote só pode ser enviado se os clientes suportarem a versão 2 do MLD.

V. IMPLEMENTAÇÃO

Nesta secção são apresentados os cenários efectuados em laboratório na ESTG – Leiria, utilizando os equipamentos disponíveis.

A. PIM-SM

A figura seguinte apresenta um cenário configurado nos laboratórios da ESTG. Neste cenário tentou-se simular a ligação de duas redes IPv6 *multicast* separadas por redes IPv6 *unicast*, usando o paradigma PIM SM. De uma forma sucinta, neste paradigma, é necessário que todos os equipamentos conheçam o RP (*Rendezvous Point*) da rede.

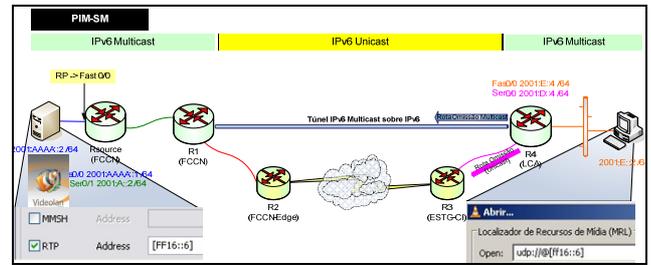


Figura 12 – Topologia configurada no cenário PIM-SM

B. Embedded RP

A figura 13 apresenta um cenário configurado com *Embedded RP*. Este método é recente e foi projectado especificamente para IPv6. Esta configuração permite que o endereço do RP seja embutido no próprio endereço IPv6 do grupo *multicast*.

Convém frisar que, com *Embedded RP* apenas necessitamos de configurar um equipamento como RP, não sendo necessário configurar, em todos os equipamentos o endereço IP do RP. É assim possível a qualquer altura alterar o endereço deste.

Nos testes efectuados, definiu-se o RP como sendo o router *Router 1* (ver figura).

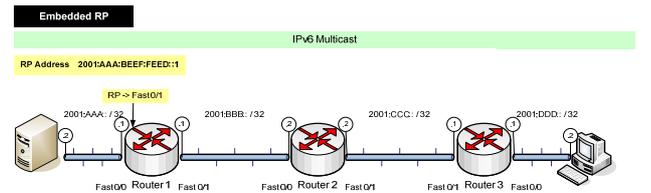


Figura 12 – Cenário *Embedded RP*

Com *Embedded RP* [RFC 3306], as aplicações, bem como os IPs usados têm um papel bastante importante. Assim, para realizar este tipo de testes é importante não esquecer que se tem de usar uma gama de endereços específicos e reservados – [FF7x /12]. O dígito “x” (o 4º dígito) é utilizado para definir a abrangência do endereço.

A figura seguinte contém a configuração efectuada no VLC do PC cliente. É possível verificar que este foi configurado com o endereço [FF76:140:2001:AAAA::4321]. Desta forma, os routers ao receberem um pacote iniciado em FF7x, sabem logo à partida que estão perante endereços *Embedded RP*, e que é necessário retirar do endereço do grupo, o endereço do RP.



Figura 13 – Configuração efectuada no VLC do cliente

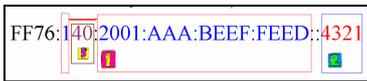


Figura 14 – Endereço *Embedded RP* utilizado nos testes

Observando com detalhe o endereço e recorrendo à teórica apresentada no relatório como suporte, pode-se concluir que o RP terá de ter o endereço [2001:AAA:BEEF:FEED::1] (analisar caixa com o número 1) e o grupo multicast irá ser o [4321] – caixa com o número 4321.

C. PIM-SSM

O PIM-SSM (*Source Specific Multicast*) tem inúmeras vantagens quando comparado com o seu predecessor, o PIM – SM. Com a utilização deste método, a rede não necessita de ter um ponto central, conhecido como RP, e por conseguinte não usa árvores de distribuição de tráfego. Assim, este é substancialmente mais simples que o PIM-SM e bastante mais escalável.

Quando se pretende implementar cenários com PIM – SSM deve-se ter em mente que os endereços têm obrigatoriamente de começar por [FF3x::/12].

A figura seguinte mostra as configurações efectuadas nos equipamentos. Dado que no PIM – SSM, não existe um ponto central na rede, responsável por controlar a distribuição dos pacotes, é necessário que os clientes especifiquem claramente qual o grupo, e qual o servidor, a que se pretendem ligar.

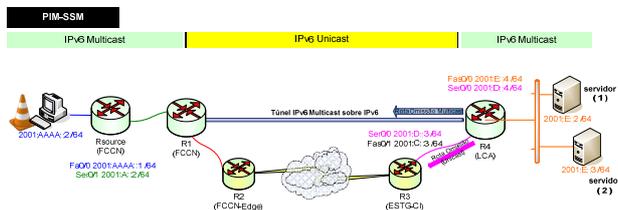


Figura 14 – Topologia configurada no cenário PIM-SSM

Observando com detalhe o exemplo seguinte, retirado da máquina cliente, é possível constatar que esta se pretende ligar ao servidor [2001:e::2] através do grupo [FF36::6]. Por conseguinte, observando o esquema anterior verificamos que a máquina cliente está a ligar-se ao servidor 1 (servidor (1)).



Figura 15 – Configuração efectuada no VLC do cliente

VI. LIGAÇÃO DA ESTG À REDE M6BONE

Graças à disponibilidade da Eng. Mónica Domingues da FCCN, foi possível configurar um túnel entre a ESTG e a FCCN que por sua vez foi reencaminhado para o router internacional, que liga à rede M6Bone. Segundo se conseguiu apurar junto da Eng. Mónica, a ESTG – Leiria é a primeira instituição a quem a FCCN disponibiliza conectividade multicast IPv6

Optou-se pelo uso do encapsulamento IPv6 multicast sobre IPv6 no túnel, dado que, deste modo, os pacotes multicast IPv6 são encapsulados directamente sobre os pacotes unicast IPv6. Depois de se configurar com sucesso o encaminhamento unicast e multicast entre as instituições, foi efectuado um conjunto de testes recorrendo ao utilitário SSMping

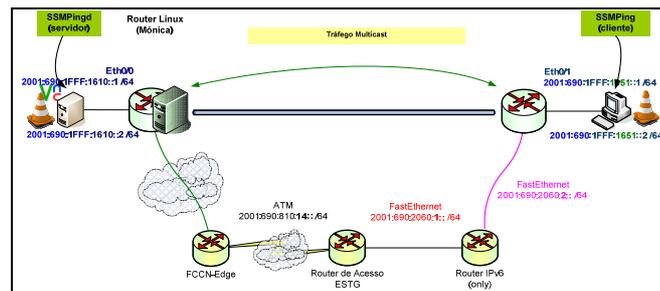


Figura 15 – Topologia da ligação da ESTG à M6Bone

Por forma a interligar a ESTG – Leiria à rede M6Bone, foi necessário configurar, no router local, o endereço RP do router central da rede M6Bone (2001:660:3007:300:1::). Uma vez terminadas as configurações, e realizados diversos testes, foi possível concluir que a ESTG – Leiria estava ligada à rede M6Bone.

A. FCCN-Testbeds

Foram testados dois tipos de cenários, um com ASM, usando configuração estática nos equipamentos, e um outro, usando o SSM. A tabela seguinte expõe os endereços usados nos testes.

Modos	Endereçamento
ASM	FF1E::1:2
SSM	2001:690:1FFF:1610::2 -- FF3E::1:2

Tabela 3 – Endereçamento utilizado com a FCCN

Para cada tipo de cenário, foram captadas as mensagens trocadas e analisados os clientes, de modo a comprovar que o vídeo estava efectivamente a chegar. Como seria de esperar, ambos os testes foram bem sucedidos, comprovando-se o correcto funcionamento do multicast IPv6 configurado.

Assim, observando o pacote 28 da figura seguinte é possível verificar que o cliente pretende receber tráfego do grupo [FF3e::1:2], dado que está a fazer o *Join* ao grupo. De seguida, o servidor responde, enviando pacotes consecutivos para o grupo [FF3e::1:2]. Ou seja, a figura apresenta as mensagens trocadas numa configuração SSM.

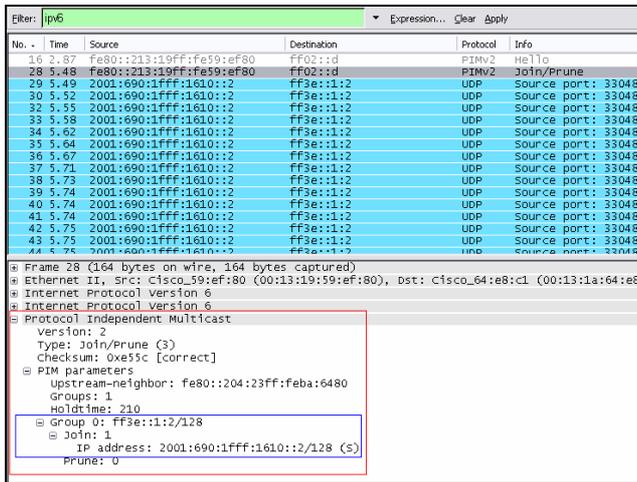


Figura 16 – Envio de pacotes multicast para o endereço [FF3E::1:2]

Se observarmos novamente o pacote 28, conseguimos vislumbrar o encapsulamento de pacotes multicast em pacotes unicast (figura seguinte).

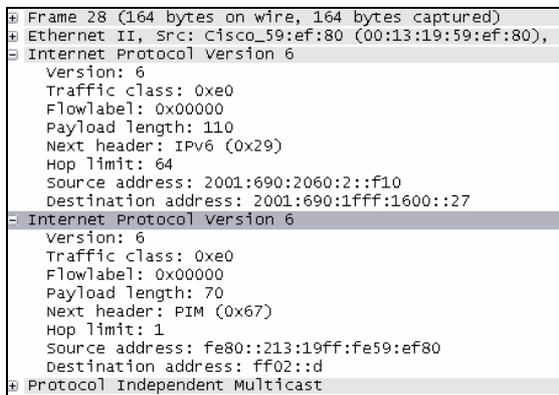


Figura 17 – Encapsulamento IPv6 multicast sobre IPv6 unicast

B. Conteúdos M6Bone

Nesta secção são apresentados e explicados os passos necessários para se receber conteúdo multimédia, em *multicast*, dos servidores a difundir na rede mundial de multicast – M6Bone.

Uma vez que a ESTG já possui uma ligação multicast IPv6 à rede M6Bone via FCCN, é perfeitamente transparente e possível, a qualquer pessoa dentro da rede da ESTG receber conteúdo da rede M6Bone.

Actualmente, a M6Bone possui uma página Web onde são apresentados todos os emissores a difundir, bem como o estado destes.

A forma mais simples de aceder aos conteúdos da M6Bone é através do seu site, www.M6Bone.net.



Figura 18 – Aceder aos conteúdos da rede M6Bone

O link para a página que contém os emissores está em destaque (ver imagem anterior).

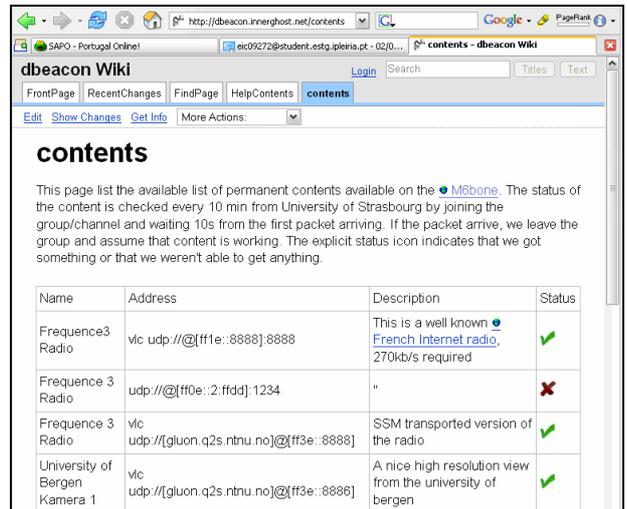


Figura 19 – Lista de servidores a difundir na rede M6Bone

Desta forma, para aceder aos conteúdos multicast da rede M6Bone, basta consultar a página anterior e configurar o VLC. A imagem seguinte contém o exemplo de configuração. Convém, no entanto, não esquecer que o Windows XP não suporta MLDv2, ou seja, com este não é possível, por enquanto, ver conteúdos de servidores que usam o paradigma SSM.

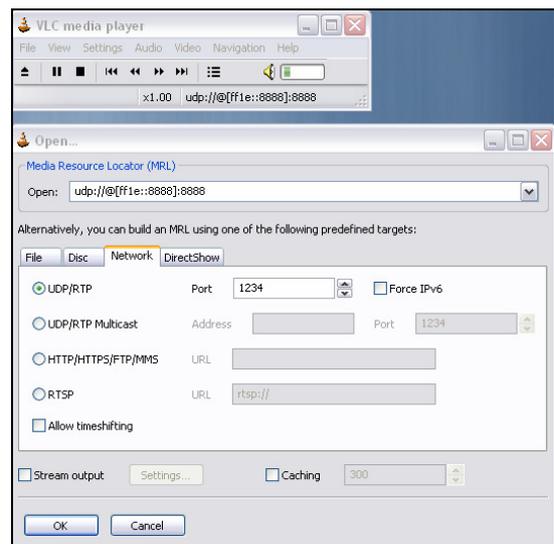


Figura 20 – Encapsulamento IPv6 multicast sobre IPv6 unicast

VII. CONCLUSÕES

O objectivo do projecto, numa primeira fase, abrangia o estudo e experimentação das tecnologias envolvidas no multicast IPv6 e a produção de um relatório técnico que documentasse o trabalho realizado e servisse de referência para trabalhos futuros. No entanto, com o decorrer do projecto, verificou-se que, para além de efectuar testes na plataforma *testbeds*, também existia a possibilidade de ligar a escola de Leira à rede M6Bone.

Assim, numa primeira fase, foram contactados os responsáveis da rede com vista a estudar as melhores possibilidades de ligação. Uma vez que a ESTG – Leiria está conectada à rede da FCCN e esta já possui ligação

nativa IPv6 multicast com a rede M6Bone, chegou-se à conclusão que era necessário entrar em contacto com os responsáveis da FCCN, com vista a estudar a possibilidade desta fornecer o serviço. Desta forma, foi contactada a Eng. Mónica Domingues, e foram estudadas as melhores possibilidades de ligação.

Em paralelo, com vista a estudar a tecnologia, foram implementados vários cenários em laboratório, usando os diversos recursos disponíveis, nomeadamente routers Cisco. Dado que estes, no início do projecto, não dispunham de suporte para multicast IPv6, foi necessário actualizar o software, e resolveu-se também estudar a possibilidade de actualizar o equipamento *Edge* do Politécnico que faz fronteira com o exterior. Depois de efectuados alguns contactos com os responsáveis do Centro de Informática da ESTG, foi actualizado o equipamento, numa primeira fase, e de seguida foi configurado neste o serviço multicast IPv6

VIII. REFERÊNCIAS

BERNARDO, Rui – Relatório de projecto II, Vídeo-Difusão sobre Multicast IPv6.

[1] <http://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses>

[2] Savola, Pekka - co-autor da técnica *Embedded RP*