

Aplicações do COPS e do NSIS na Sinalização e Negociação de QoS

E. Monteiro, F. Boavida, P. Simões, J. Sá Silva, M. Curado, L. Cordeiro, R. Eugénio, M. Carmo
{edmund, boavida, psimoes, sasilva, marilia, cordeiro, romulo, maxweel}@dei.uc.pt
CISUC – Dep. Eng. Informática
Universidade de Coimbra, Pólo II
3030-290 Coimbra, Portugal

RESUMO

Em redes como a Internet, a provisão de Qualidade de Serviço extremo-a-extremo representa um desafio complexo, cuja resolução exige novas abordagens a diversos níveis da infra-estrutura de comunicações. Neste contexto, a Sinalização e Negociação de Serviço é indiscutivelmente uma das funções mais críticas.

Nesta comunicação é proposta uma arquitectura para a função de Sinalização e Negociação de Serviço extremo-a-extremo. Esta arquitectura encontra-se actualmente a ser desenvolvida e avaliada no âmbito do projecto EuQos (End-to-End Quality of Service over Heterogeneous Networks), cuja arquitectura global será também apresentada.

Adicionalmente, é discutido o papel essencial desempenhado nessa arquitectura por duas propostas distintas do IETF: a gestão baseada em políticas com base no protocolo COPS (Common Open Policy Service) – usada na gestão de recursos intra-domínio – e o protocolo NSIS (Next Steps in Signaling), aplicado na sinalização extremo-a-extremo.

Por último, são discutidos aspectos relacionados com a implementação e validação do COPS e do NSIS no contexto do Projecto EuQos.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade de Serviço, Gestão baseada em Políticas, COPS, NSIS

1. Introdução

No projecto EuQos [1-2] pretende-se definir uma arquitectura capaz de providenciar Qualidade de Serviço (QoS: *Quality of Service*) extremo-a-extremo em ambientes heterogéneos. Os objectivos deste projecto Europeu passam assim por investigar, integrar, testar, validar e demonstrar mecanismos que garantam às aplicações níveis adequados de QoS em ambientes como a actual Internet, constituída por domínios bastante heterogéneos dos pontos de vista administrativo e tecnológico.

Dado que a provisão de QoS é especialmente problemática ao nível das redes de acesso, o projecto EuQos propõe-se desenvolver e integrar mecanismos de garantia de QoS para diversos tipos de redes de acesso (tais como *Ethernet*, xDSL, WiFi, UMTS ou satélite). Para testar a interligação destas redes de acesso, são usadas as diversas redes nacionais de investigação, as quais se encontram por sua vez interligadas pela rede GEANT [3]. É para ambientes semelhantes a esta “bancada de testes” – compostos por redes de acesso heterogéneas e diversas redes de interligação – que se torna necessário desenvolver novas soluções técnicas de QoS, de modo acomodar uma nova geração de aplicações com elevados requisitos de qualidade de serviço.

A arquitectura proposta pelo projecto EuQos abrange um largo espectro de funcionalidades: Monitorização e Medição; Controlo de Admissão; Gestão de Falhas; Sinalização e Negociação de Serviço; Segurança, Autenticação, Autorização e Contabilização; Taxação; Engenharia de Tráfego e Optimização de Recursos.

Nesta comunicação é dado especial destaque às soluções propostas pelo projecto EuQos para Sinalização e Negociação de Serviço (SSN: *Signaling and Service Negotiation*) e, nesse âmbito, a duas peças chave da solução preconizada: o uso do paradigma de gestão baseada em políticas [4-5] para gerir os recursos no âmbito de cada domínio de rede; e o uso de NSIS [6] para sinalização e negociação entre os diversos domínios envolvidos na comunicação extremo-a-extremo.

A comunicação encontra-se organizada da seguinte forma. Na Secção 2 são apresentadas as linhas gerais da arquitectura EuQos. Na Secção 3 é discutida em maior detalhe a função de SSN do EuQos. A Secção 4 é dedicada ao paradigma de gestão baseada em políticas e à forma como este paradigma se encaixa nos mecanismos de SSN do EuQos, enquanto a Secção 5 discute o papel desempenhado pelo NSIS na sinalização extremo-a-extremo. Na Secção 6 é discutida a validação da arquitectura, e a Secção 7 apresenta as conclusões finais.

2. O “Sistema EuQos”

A infra-estrutura de referência proposta pelo EuQos para provisão de Qualidade de Serviço (designada por “Sistema EuQos”) encontra-se estruturada em torno de dois componentes: o *control plane* e a pilha protocolar, tal como é ilustrado na Figura 1.

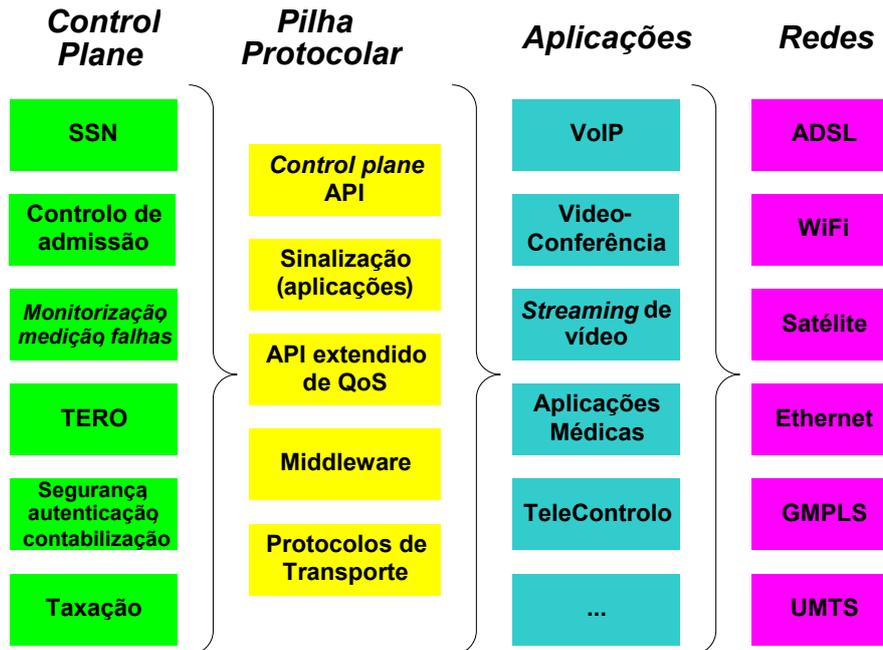


Figura 1: Sistema EuQos

O *control plane* integra as diversas funções a suportar pelo conjunto dos elementos de rede envolvidos no processo de comunicação extremo-a-extremo, incluindo seis grandes grupos de funções: SSN; controlo de admissão; monitorização, medição e gestão de falhas; TERO (*Traffic Engineering and Resource Optimization*); segurança, autenticação, autorização e contabilização; e taxaço.

A pilha protocolar, por seu lado, define uma conjunto de interfaces que abrange, por exemplo, o acesso às funções do *control plane*, a sinalização entre aplicações, a negociação de QoS, serviços de *multicast* e protocolos de transporte.

3. A Função de SSN

Das várias funções identificadas para o *control plane*, merece destaque nesta comunicação a SSN, que assegura a configuração dinâmica da infra-estrutura de rede, de modo a fornecer às aplicações os níveis de QoS previamente acordados. Esta função inclui assim o estabelecimento da ligação, a transferência de dados e o fecho da ligação, e pode ser desencadeada pelas aplicações finais, por *proxies* que representem essas aplicações ou por outros elementos de rede.

A função de SSN abrange dois níveis de sinalização horizontal: sinalização entre aplicações (A-SSN: *Application SSN*) e sinalização inter-domínio de alto nível, independente da tecnologia da rede associada (RM-SSN: *Resource Manager SSN*). Adicionalmente, a função de SSN abrange a sinalização vertical correspondente às interações entre as diferentes camadas de abstracção, destacando-se a este nível a sinalização entre cada *Resource Allocator* (RA) e os recursos de rede por ele geridos.

Na Figura 2 são assinalados estes três níveis de sinalização do Sistema EuQos, que serão de seguida discutidos em maior detalhe. A Figura assinala também as restantes interacções de sinalização vertical inter-camada.

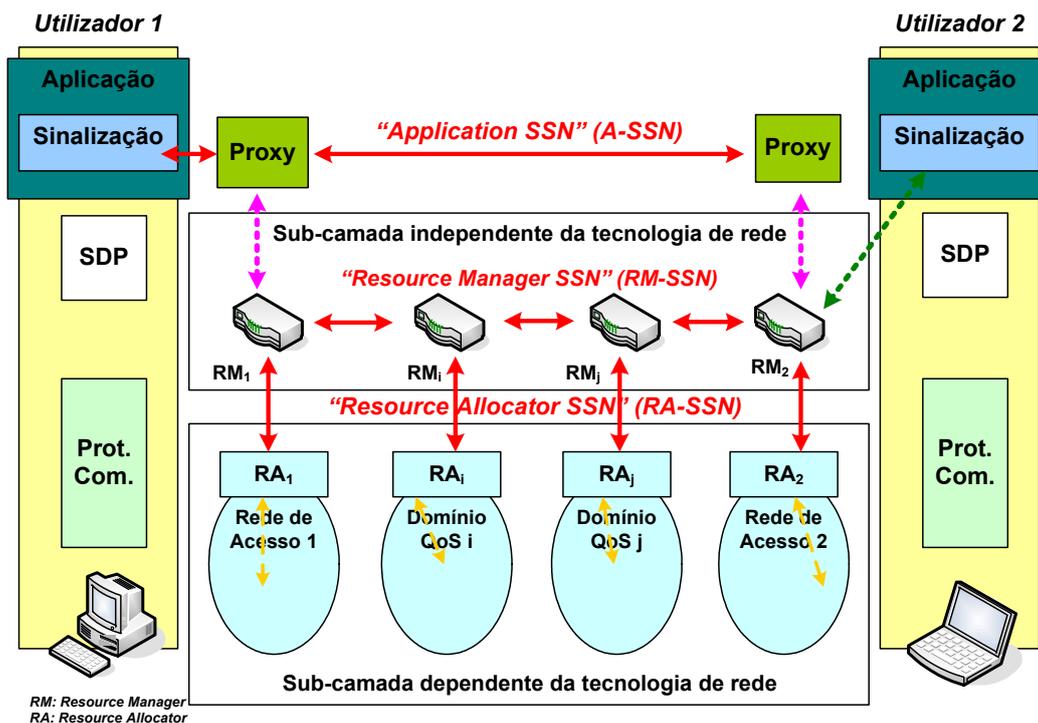


Figura 2: SSN no Contexto do EuQos: Sinalização Horizontal e Sinalização Vertical

3.1. Sinalização ao Nível das Aplicações (A-SSN)

O primeiro nível de sinalização do Sistema EuQos corresponde à negociação e sinalização entre a aplicação e o sistema de comunicação, no sentido de estabelecer, manter e encerrar sessões com os níveis de QoS necessários à aplicação. Este nível de sinalização suporta diversas funcionalidades:

- Identificação e autorização de utilizadores, contabilização e taxação dos recursos usados.
- Negociação e definição das características da sessão entre os dois extremos da ligação.
- Priorização dos diversos fluxos de dados.
- Identificação dos requisitos de QoS a transmitir ao sistema de comunicação.
- Verificação da possibilidade de estabelecimento das ligações com os requisitos de QoS definidos (por meio de interação com a função de Controlo de Admissão).
- Estabelecimento das ligações.
- Manutenção dos níveis de QoS das ligações ou adaptação das aplicações a variação dos níveis de QoS (por interação com os *resource managers*).
- Fecho das sessões e correspondente libertação de recursos.
- Fornecimento ao utilizador final dos indicadores relevantes de QoS (níveis de QoS efectivamente fornecidos, informação de contabilização e taxação, etc.).

O protocolo SIP [7], pelas suas características, constituiu a escolha natural para suporte das funções de A-SSN. Para o efeito, foram adicionadas ao protocolo de base diversas extensões para suporte de QoS, algumas já anteriormente propostas [8] e outras específicas do EuQos, resultando naquilo que passou a designar-se, na arquitectura do EuQos, por EQ-SIP.

O “Sistema EuQos” prevê a existência de *proxies* EQ-SIP nas duas redes de acesso (i.e., nos dois extremos da ligação), com suporte explícito para as extensões de QoS introduzidas. Aos *proxies* SIP presentes nas redes de interligação não é exigido o suporte das extensões do EQ-SIP.

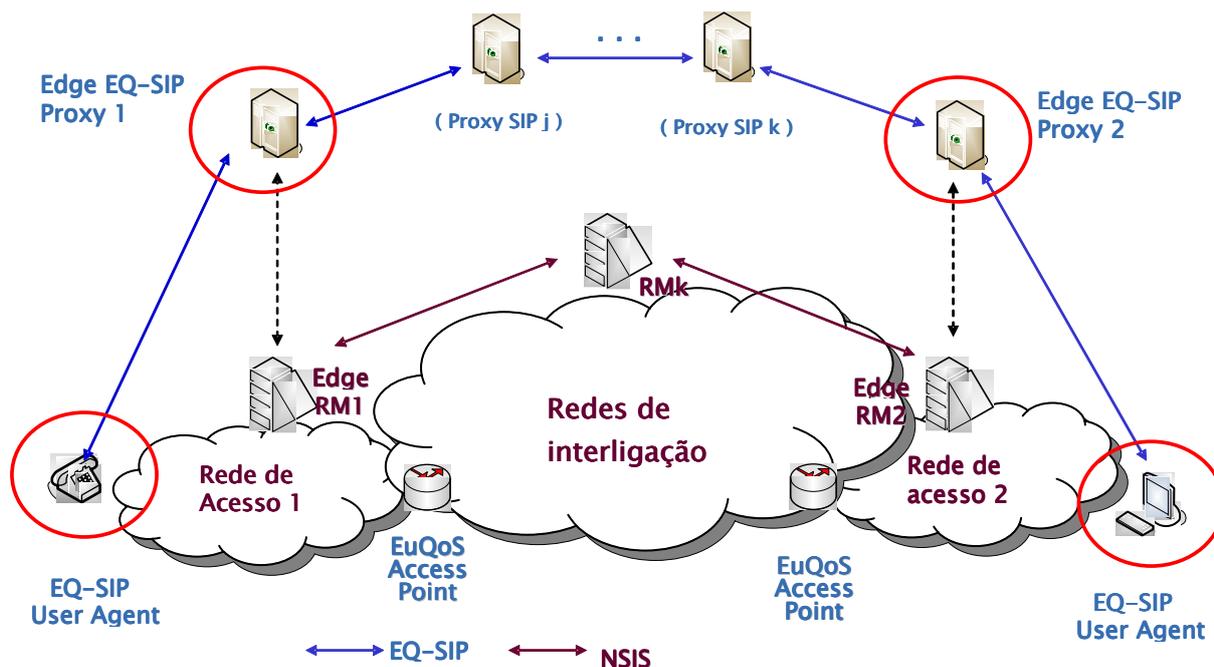


Figura 3: A-SSN

A Figura 3 ilustra o posicionamento desses *proxies*, no contexto do A-SSN, e a interação vertical que ocorre entre eles e os RM correspondentes (ao nível das redes de acesso), de modo solicitar a reserva dos recursos necessários à sessão. É esta interação vertical que desencadeia a sinalização de segundo nível, baseada no NSIS, que será descrita na Secção 3.2.

3.2. Sinalização de Rede Independente da Tecnologia (RM-SSN)

A sinalização entre *resource managers* é crítica para o sucesso do “Sistema EuQoS”, quer pelas dificuldades técnicas envolvidas na sua implementação, quer pelo papel de relevo que ocupa no funcionamento do sistema. O principal objectivo desta sinalização é permitir a reserva e gestão de recursos de QoS ao longo do itinerário seguido pela ligação na comunicação entre os dois extremos da rede (*data path*), envolvendo diferentes domínios administrativos e diferentes tipos de redes. Cada domínio administrativo é representado por um RM, e a sinalização é efectuada progressivamente, RM a RM (ou seja, domínio a domínio).

A função de RM-SSN deve suportar:

- Activação, renegociação e encerramento de *Service Level Specifications* (SLSs) com domínios adjacentes, de acordo com os requisitos que sejam transmitidos pela sinalização A-SSN.
- Recepção e tratamento de pedidos de SLSs de domínios adjacentes.
- Interação com os mecanismos de controlo de admissão, no sentido de aferir a disponibilidade dos recursos necessários ao suporte de *Service Level Agreements* (SLAs) solicitados.
- Activação, renegociação e encerramento de SLSs com domínios adjacentes.
- Interação com os módulos de monitorização e medição.
- Interação com os módulos de optimização (TERO).

Para suportar negociação de serviço inter-domínio, a negociação é efectuada domínio a domínio, tendo início no RM da rede de acesso onde é iniciada a sessão (RA₁, no exemplo da Figura 2) e percorrendo os RMs das diversas redes de interligação até chegar à rede de acesso do destino (RM₂, na Figura 2). Cada RM envolvido no processo interage com a correspondente função de TERO, a fim de identificar o domínio adjacente (i.e., o próximo RM) para onde deve ser encaminhada a sinalização¹.

Adicionalmente, o RM deve interagir com a função de Controlo de Admissão para aferir a

¹ Em alternativa, esta informação pode ser mantida de forma estática.

disponibilidade dos recursos necessários à nova sessão e solicitar ao *Resource Allocator* (RA) a reserva dos recursos de rede necessários.

Contrariamente ao que sucedia para a sinalização ao nível da aplicação – onde o SIP constitui um candidato óbvio – a escolha dos mecanismos de suporte à RM-SSN não foi trivial, tendo sido consideradas várias alternativas:

- Desenvolver um protocolo de sinalização simplificado, especificamente para o EuQos, tomando como ponto de partida soluções previamente disponíveis (por exemplo os mecanismos de negociação de SLS desenvolvidos no Projecto MESCAL [9]).
- Usar o COPS-SLS [10], uma extensão ao protocolo COPS para negociação de SLSs.
- Ou usar os mecanismos propostos pelo grupo de trabalho do NSIS [6,11] como solução de base para o RM-SSN.

Nenhuma destas alternativas é plenamente satisfatória. A primeira resultaria em soluções específicas para o EuQos que dificilmente seriam suportadas por equipamento de rede num futuro próximo. O COPS-SLS também não corresponde concretamente ao pretendido para o RM-SSN, e o próprio NSIS, apesar do seu potencial (quer ao nível de funcionalidade quer ao nível de disseminação), encontra-se ainda num estado bastante imaturo.

Apesar disso, optou-se por seleccionar o NSIS como ferramenta privilegiada para suporte ao RM-SSN, devido à sua funcionalidade e ao seu potencial de progressão. Face ao estado actual do NSIS, esta decisão implicou também a aposta numa implementação própria do NSIS (o EQ-NSIS) e a participação activa no trabalho de normalização do protocolo, de modo a contribuir para o seu amadurecimento. Na Secção 4 será discutido em mais profundidade o enquadramento do NSIS no âmbito do RM-SSN.

3.3. Sinalização de Rede Intra-Domínio (RA-SSN)

Os *Resource Managers*, no Sistema EuQos, correspondem a um serviço genérico e independente das tecnologias usadas pela rede que representam. No entanto, torna-se de alguma forma necessário dar correspondência entre a negociação de alto nível – desempenhada pelos RMs – e a reserva e configuração dos recursos e dispositivos de rede propriamente ditos – desempenhada pelo(s) RA(s) do domínio. Para esse efeito, foi introduzida sinalização vertical entre o RM e o(s) RA(s) correspondentes, designada por RA-SSN.

Para esta sinalização é fundamental encontrar mecanismos que permitissem a coexistência entre os requisitos de QoS de alto nível – manipulados pelo RM – e as decisões de configuração de baixo nível que o RA necessita de tomar. É neste contexto que se optou por adoptar o paradigma de gestão baseada em políticas (PBN: *Policy Based Networking*).

De acordo com o paradigma adoptado, o RM é responsável pela manutenção e actualização de um repositório de políticas de alto nível. Estas políticas de alto nível são transmitidas ao RA usando o protocolo COPS-PR [12]. Aí, essas políticas são convertidas em acções concretas do próprio RA (por exemplo reserva de recursos em tabelas do RA) e/ou em regras de baixo nível, transmitidas pelo RA ao equipamento de rede pelos meios que estejam disponíveis (por exemplo protocolos de gestão como o SNMP [13], COPS [5] ou mesmo CLI). Este modelo será aprofundado na Secção 4.

3.4. Síntese

A Figura 4 sintetiza a relação entre os diversos níveis de sinalização e também as suas interacções com outras entidades do “Sistema EuQos” (controlo de admissão, serviço de autenticação, serviço de sinalização da aplicação, etc.), no âmbito de cada domínio e da sua relação com domínios adjacentes. Tal como é ilustrado na Figura, o SOAP [14] complementa os protocolos especializados (EQ-SIP, EQ-NSIS, COPS-PR) de modo a interligar as diversas entidades do “Sistema EuQos”.

Merece ainda referência a comunicação entre o *Resource Allocator* e os dispositivos de rede do domínio, para efeitos de configuração e gestão de recursos. Conforme foi já mencionado, nesta comunicação – que não se encontra ilustrada na Figura 4 – podem ser usados os mecanismos mais adequados aos equipamentos e tecnologias de rede disponíveis (SNMP, COPS, CLI, etc.).

Na próxima Secção é discutido em maior profundidade o uso de PBN/COPS-PR na sinalização vertical intra-domínio, enquanto a Secção 5 é dedicada ao NSIS.

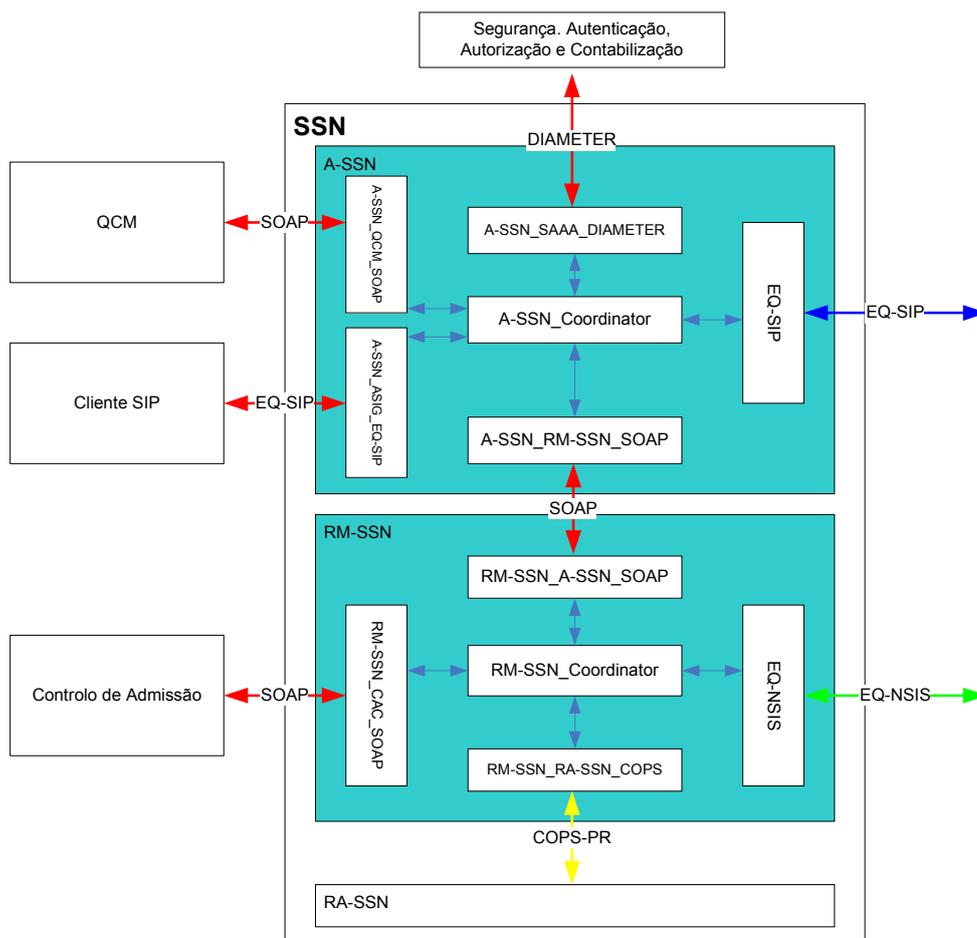


Figura 4: Arquitectura SSN do “Sistema EuQos”

4. Gestão Baseada em Políticas no âmbito do RM-SSN

4.1. Arquitectura PBN do IETF

De acordo com o conceito de PBN, a gestão da rede é feita com base na definição de *políticas* de alto nível («o que deve a rede fazer») independentes das tecnologias e configurações específicas da rede. Estas políticas são depois convertidas pelo sistema – de forma transparente para o operador – em regras de baixo nível e em comandos concretos de configuração dos equipamentos e serviços de rede.

Espera-se, com esta separação entre políticas de alto nível – o comportamento esperado da rede – e acções específicas de configuração – como obter esse comportamento usando os equipamentos e serviços instalados na rede – simplificar substancialmente o processo de gestão: o administrador de sistemas deixa de se preocupar com configurações de baixo nível; torna-se mais substituir equipamentos de rede por equipamentos de outros fabricantes com funcionalidade equivalente; a rede pode adaptar-se de forma autónoma a mudanças de configuração ou acontecimentos inesperados.

Na forma adoptada pelo *IETF Policy Framework Working Group* [4], a arquitectura de PBN inclui quatro componentes básicos: a Consola de Gestão, o Repositório de Políticas, o *Policy Decision Point* (PDP) e o *Policy Enforcement Point* (PEP). A Figura 5 ilustra o relacionamento entre eles.

A Consola de Gestão fornece uma interface entre o administrador de sistemas e o sistema de PBN, para especificação, edição, administração e validação das políticas armazenadas no Repositório.

O Repositório de Políticas armazena as políticas de gestão do(s) domínio(s) gerido(s) pelo sistema, estruturadas na forma de *Policy Information Bases* (PIBs) – uma estrutura comum semelhante às MIBs usadas pelo SNMP.

Os PDPs, também designados por Servidores de Políticas, cruzam essas políticas de alto nível com informação de contexto (por exemplo o estado de funcionamento da rede) para produzir regras de funcionamento de baixo nível.

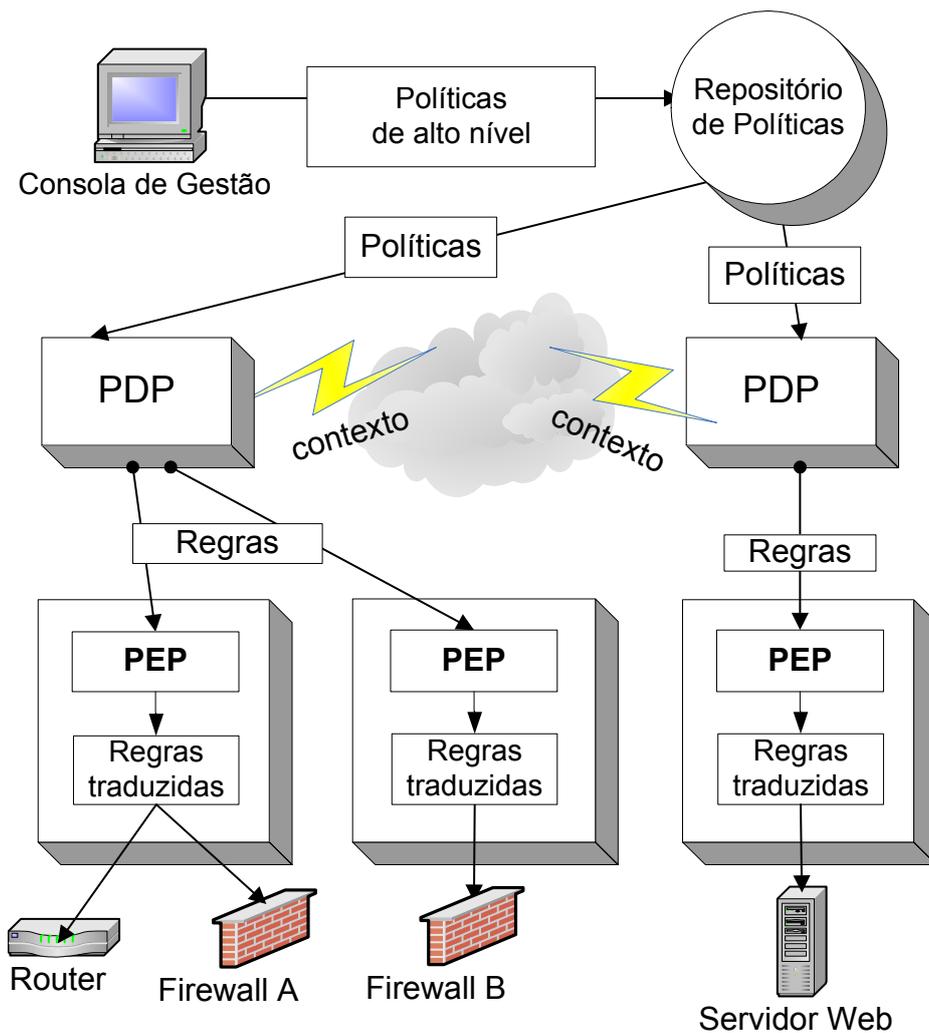


Figura 5: Arquitectura PBN

Essas regras são então comunicadas aos PEPs, que são responsáveis pela sua aplicação. Nalguns casos essa aplicação pode corresponder à simples reconfiguração do próprio PEP, mas o mais frequente é que o PEP tenha de traduzir essas regras em comandos e configurações de equipamentos específicos.

O acesso aos Repositórios de Políticas pode ser feito por meio de diversos protocolos correntes. Para a transferência de políticas entre PDPs e PEPs o IETF propõe o uso do protocolo COPS. A comunicação entre o PEP e os dispositivos de rede recorre aos mecanismos que estejam disponíveis: alguns equipamentos podem eventualmente suportar COPS, outros poderão ser configurados por SNMP, e outros ainda apenas permitirão o acesso por linha de comando.

Na versão original do COPS (que entretanto passou a referir-se como *OutSourcing Model*) o PEP necessita de contactar o PDP sempre que necessita de reagir a um determinado evento, recebendo do PDP as regras apropriadas para o evento em questão (existindo assim uma relação de um para um entre pedidos e decisões).

Uma segunda variante (COPS-PR [12]) foi mais tarde introduzida, permitindo ao PDP enviar ao PEP todas as regras necessárias ao seu funcionamento. O PEP usa então essas regras para reagir directamente aos eventos, sem necessidade de consultar sistematicamente o PDP. Este modelo de funcionamento é designado por *Provisioning Model*.

4.2. COPS-PR no Contexto do RA-SSN

Conforme foi já referido, a aplicação de PBN no contexto da RA-SSN é especialmente interessante por permitir mapear, de forma elegante, políticas de QoS de alto nível (independentes da tecnologia) em configurações específicas da rede, mantendo em simultâneo a desejada autonomia de cada domínio de QoS e uma camada independente da tecnologia que preserva a uniformidade do processo de negociação inter-domínio (RM-SSN) e do interface com outras entidades do Sistema EuQos.

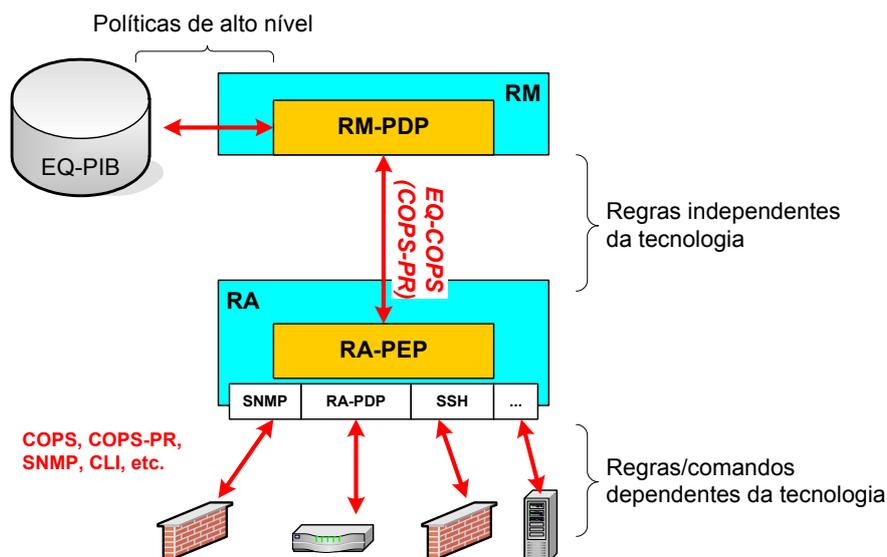


Figura 6: Arquitectura PBN no contexto do RA-SSN

A Figura 6 ilustra a forma como a arquitectura de PBN do IETF se encaixa no RA-SSN do EuQos. Cada domínio administrativo mantém um Repositório de Políticas (usando para o efeito um *schema LDAP – Lightweight Directory Access Protocol*). O *Resource Manager* do domínio desempenha as funções correspondentes ao PDP: conjugar as políticas de alto nível com a informação de contexto (recebida do PEP e de outras entidades do Sistema EuQos, tais como os módulos de autenticação e de monitorização) para produzir regras independentes da tecnologia. Essas regras são depois passadas aos *Resource Allocators*, que neste contexto assumem o papel de PEPs, convertendo essas regras em acções concretas de configuração da rede.

Para a comunicação entre o PDP e o PEP (i.e. entre o RM e o RA) foi seleccionado o COPS-PR, e para comunicação entre o PEP e os dispositivos de rede por ele geridos é deixada liberdade para escolher os mecanismos mais apropriados em cada situação. Tal como ilustra a Figura 6, nos casos em os equipamentos de rede suportem directamente COPS ou COPS-PR pode mesmo estabelecer-se uma “segunda hierarquia PBN” na qual o *Resource Allocator* se comporta como PDP (produzindo regras de mais baixo nível) e o equipamento gerido como PEP (garantindo a execução dessas regras).

4.3. Implementação

Para suportar esta solução, e face à indisponibilidade de implementações que satisfizessem todos os requisitos estabelecidos, optou-se por avançar com a implementação de raiz do protocolo COPS-PR e dos serviços de manipulação de políticas, tomando como ponto de partida uma implementação básica do protocolo COPS original (*Outsourcing Model*) efectuada pela Universidade de Berna.

Esta implementação, que está a ser desenvolvida pela Universidade de Coimbra, conta com quatro módulos distintos (Figura 7). O primeiro módulo consiste na implementação de base do COPS disponibilizada pela Universidade de Berna. O segundo módulo consiste na implementação do protocolo COPS-PR propriamente dito e o terceiro módulo inclui uma série de serviços de suporte à implementação de PEPs e PDPs. O último módulo implementa a base de dados de políticas definida para o EuQos (EQ-PIB).

Com excepção do EQ-PIB, todos os módulos estão a ser implementados de acordo com as especificações do IETF, podendo assim ser mais tarde usados no desenvolvimento de outras aplicações. Prevê-se que a primeira versão desta implementação fique disponível em Setembro de 2005 (com excepção da EQ-PIB).

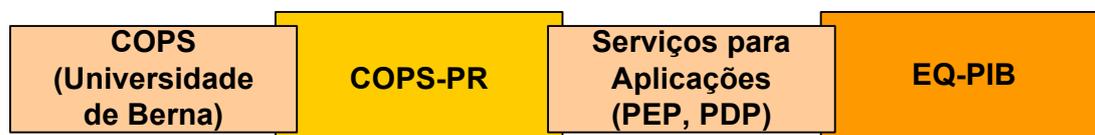


Figura 7: Módulos da Implementação do EQ-COPS

5. Sinalização RM-SSN com base em NSIS

5.1. Conceitos Base do NSIS

A família de protocolos NSIS é proposta pelo *IETF NSIS Framework Working Group* [11] para suporte de vários tipos de aplicações de sinalização que necessitem de modificar ou inspecionar o estado da rede.

O principal objectivo do NSIS é fornecer mecanismos de sinalização que funcionem em ambientes como a Internet, nos quais nem sempre é possível contar com suporte explícito de sinalização por parte de todos os nós de rede intermédios. A reserva de recursos e a travessia de *firewalls* são alguns dos exemplos de aplicação do NSIS.

A sinalização do NSIS pode seguir o mesmo percurso das sessões associadas (*in-path signalling*) ou, em alternativa, um percurso distinto (*off-path signalling*). O NSIS está segmentado em duas camadas:

- Uma camada genérica de base, para a qual está definido o protocolo GIMPS (*General Internet Messaging Protocol for Signalling* [15]).
- E uma camada especializada para a qual podem ser definidos protocolos específicos para cada tipo de aplicação. O protocolo proposto para negociação de QoS e reserva de recursos é o QoS-NSLP (*QoS NSIS Signaling Layer Protocol* [16]), mas estão igualmente em preparação outros protocolos especializados (tal como, por exemplo, o NAT/FW-NSLP [17], para travessia de *firewalls*).

O QoS-NSLP é semelhante ao RSVP [18], sendo também baseado em mensagens de refrescamento *soft-state* para definição e actualização do estado. No entanto, a sinalização é efectuada entre pares de nós adjacentes, e não extremo-a-extremo como no RSVP. Além disso, o QoS-NSLP suporta reservas desencadeadas pelo emissor ou pelo receptor, reservas bidireccionais e reservas entre dois nós arbitrários do percurso.

5.2. NSIS no Contexto do EuQos

No contexto do EuQos, foram definidos dois protocolos adicionais de sinalização sobre o GIMPS: o EQ-NSLP, para sinalização entre *Resource Managers* (negociação de QoS, reserva e gestão de recursos); e o EQR-NSLP, para sinalização entre *Resource Managers* e/ou *border routers* (descoberta e actualização dinâmica do itinerário percorrido pela ligação, de modo a ajustar a reserva de recursos ao itinerário seguido pelos dados da sessão).

O desenvolvimento destes dois protocolos, destinados a funcionar sobre o GIMPS, está de acordo com o princípio de estratificação e especialização do NSIS. Teria sido eventualmente possível usar o QoS-NSLP do IETF em vez do EQ-NSLP, mas a imaturidade das implementações actualmente disponíveis e a ausência de algumas das funcionalidades pretendidas conduziram à decisão de definir um novo protocolo².

A sinalização NSIS do EuQos processa-se da seguinte forma:

- Ao detectar o estabelecimento da sessão (sinalização SIP), o *Resource Manager* da rede de acesso de origem desencadeia a sinalização EQ-NSIS entre si e o *border router* de saída da sua rede.
- Esse *border router* envia então uma mensagem de sinalização NSIS para o endereço de destino.
- Em cada domínio intermédio cujos *border routers* suportem o EQ-NSIS essa mensagem é interceptada à entrada do domínio (i.e. no *border router* de entrada) e encaminhada para o *Resource Manager* do domínio.
- Esse *Resource Manager* aproveita então essa informação para identificar o *Resource Manager* do domínio anterior, estabelecendo de seguida uma associação de sinalização com ele para negociação e reserva de recursos (sinalização entre *resource managers*: RM-SSN).
- O *Resource Manager* devolve o controlo do processo original de sinalização ao seu *border router* de entrada, de modo a chegar ao próximo domínio de QoS, onde se repete o processo.

² É de referir no entanto que, dado que o EQ-NSLP quase constitui um superconjunto do QoS-NSLP, foi iniciado um projecto paralelo de implementação do QoS-NSLP, contribuindo assim para o trabalho de normalização do IETF. Esta implementação (que abrange o GIMPS e o QoS-NSLP) ficará disponível no final de Julho de 2005.

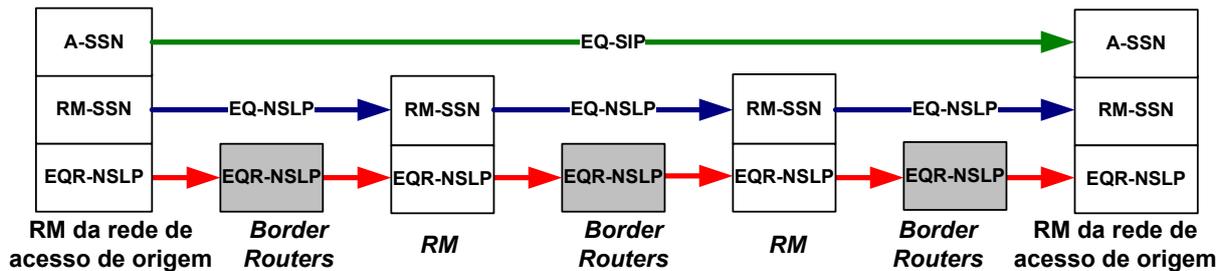


Figura 8: Sinalização Horizontal do EuQoS: EQ-SIP, EQ-NSLP e EQ-R-NSLP

- Sempre que os *border routers* de entrada de um domínio não suportem o EQ-NSIS torna-se necessário recorrer a tabelas estáticas para que o *Resource Manager* do domínio anterior possa identificar o *Resource Manager* desse domínio, a fim de desencadear a negociação e reserva de recursos.

A Figura 8 esquematiza precisamente o posicionamento dos dois protocolos definidos. O EQ-NSLP assegura a negociação entre domínios propriamente dita, enquanto o EQR-NSLP serve para garantir que a negociação entre domínios se encontra em sintonia com o percurso dos dados da sessão, evitando assim situações em que os dados da sessão sejam encaminhados por um determinado domínio e a sinalização seja encaminhada por outro.

6. Validação

A principal forma de validação do Sistema EuQoS consistirá na construção de um protótipo de larga escala e na avaliação do seu desempenho. Conforme foi já mencionado, este protótipo – cuja primeira versão estará operacional dentro de alguns meses – abrangerá diversos tipos de redes de acesso, que estarão interligadas pelas redes nacionais de investigação e pelo GEANT.

Em paralelo, o projecto contempla a validação do Sistema EuQoS por simulação. Para o efeito foram desenvolvidos diversos módulos que simulam os principais componentes e tecnologias do EuQoS. Estes módulos – desenvolvidos para o simulador NS2 – permitem avaliar o comportamento individual de cada um destes componentes e do sistema no seu conjunto.

Nesse âmbito, foram desenvolvidos na Universidade de Coimbra diversos módulos para simulação do NSIS (GIMPS, QoS-NSLP). Nesta Secção são apresentados os resultados de dois dos estudos de simulação efectuados para avaliar a sinalização por NSIS.

6.1. Primeiro Cenário

A Figura 9 apresenta o cenário SOHO (*Small Office Small Home*) usado no primeiro desses estudos. Como tráfego prioritário foram usadas fontes VoIP G.711 sem VAD. Os detalhes dessas fontes são também indicados na Figura 9. Neste cenário foi definido um agente NSIS em cada nó. O objectivo era avaliar o efeito do NSIS no tráfego e nos níveis de congestão. O tráfego entre N1 e N3 foi modelado como G.711 VoIP, exigindo um elevado nível de priorização. O tráfego de fundo (N0 para N4) foi modelado como tráfego exponencial ON/OFF de modo a sobrecarregar as ligações.

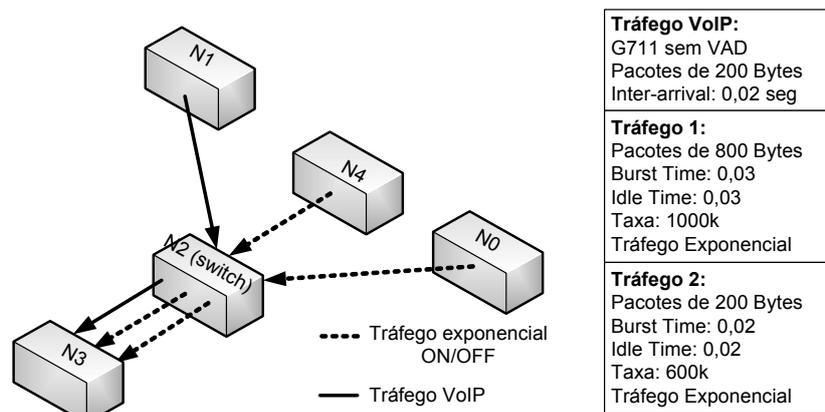


Figura 9: Cenário da 1ª Simulação

A Figura 10 mostra o atraso OWD (*One Way Delay*) para cada um dos fluxos de tráfego, quando não foi efectuado qualquer tipo de priorização. Neste caso o *switch* tinha apenas duas filas e, como esperado, todo o tráfego sofreu os efeitos da congestão da rede.

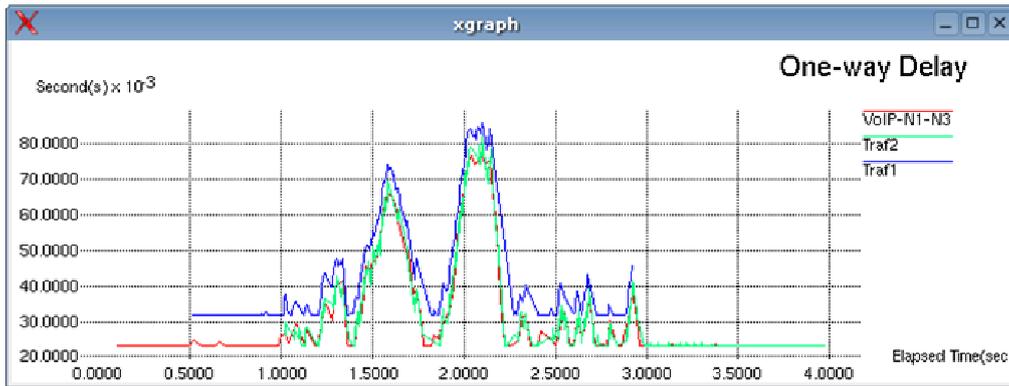


Figura 10: OWD sem Priorização de Tráfego

A Figura 11 mostra o OWD depois de introduzir priorização no *switch*, activada por sinalização NSIS depois de decorridos 1,3 segundos. O *switch* estava inicialmente configurado com duas filas sem priorização. O agente NSIS do nó N1 envia uma mensagem NSIS para o nó N3 com um comando para reconfigurar o *switch* (N1 → N2 → N3) com 7 filas virtuais. Depois desta reconfiguração é notória a forma como o tráfego entre N1 e N3 passa a beneficiar da priorização introduzida.

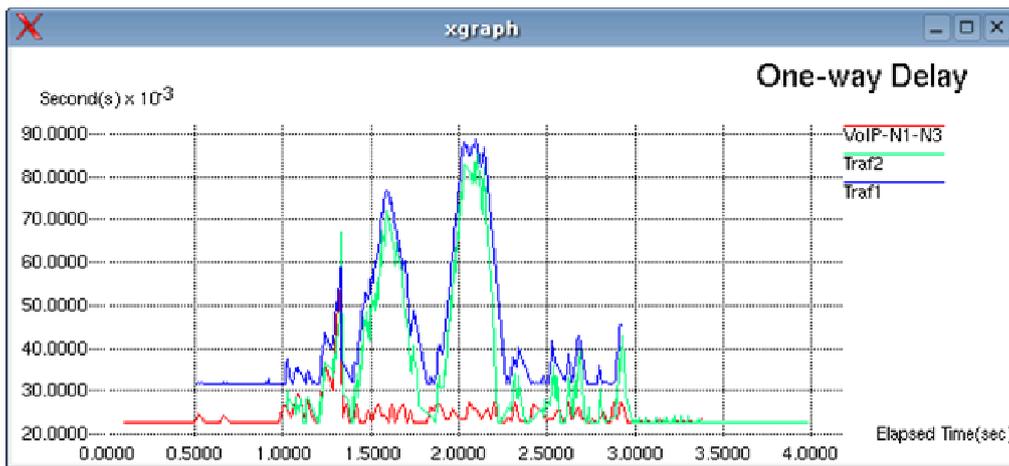


Figura 11: OWD com Priorização de Tráfego Desencadeada por NSIS

6.2. Segundo Cenário

No segundo cenário (Figura 12) foram simuladas três sessões NSIS para três fluxos distintos de VoIP. Cada sessão foi inicializada em instantes temporais diferentes, de modo a observar a interacção dos agentes NSIS com os *switches* e os outros nós da rede.

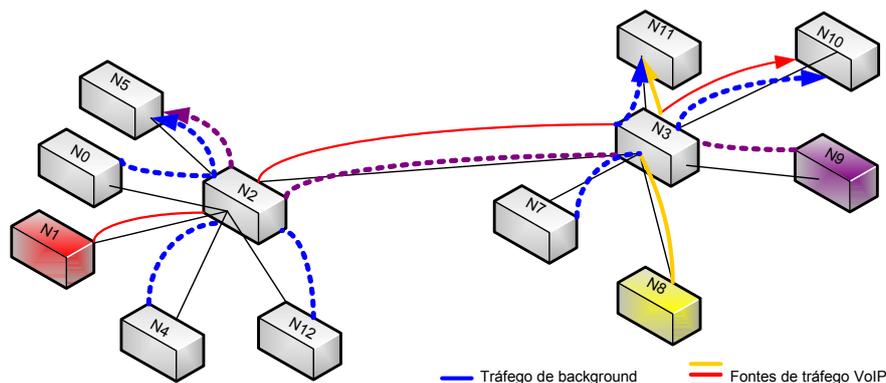


Figura 12: Cenário da 2ª Simulação

Tal como no primeiro cenário, foram introduzidas fontes de tráfego VoIP G.711 (N1->N10, N8->N11 e N9->N5). Foram também introduzidos dois fluxos de tráfego de *background*, de modo a provocar congestão na rede. A Figura 13 ilustra os valores de OWD registados quando não foi efectuada qualquer priorização de tráfego.

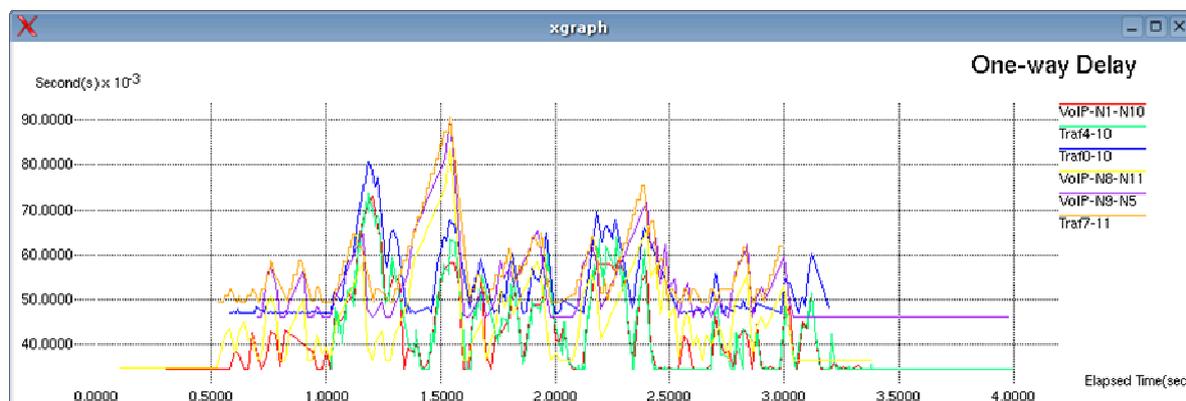


Figura 13: OWD sem Priorização de Tráfego

Aos 1,3 segundos foi estabelecida uma sessão NSIS entre N1 e N10, de modo a reconfigurar os *switches* ao longo do percurso para priorizarem o tráfego correspondente. Como resultado desta operação, o OWD desta ligação passa a apresentar valores satisfatórios, enquanto as restantes ligações registam congestionamento. Só aos 2,0 segundos, com sessões de sinalização similares – de N8 para N11 e de N9 para N5 – é que os outros dois fluxos de VoIP melhoram os seus níveis de congestão (Figura 14).

Ainda que os resultados apresentados correspondam a simulações bastante simples, ficam patentes as vantagens do NSIS na reconfiguração dos níveis de priorização dos *switches* presentes no percurso das ligações com requisitos de QoS.

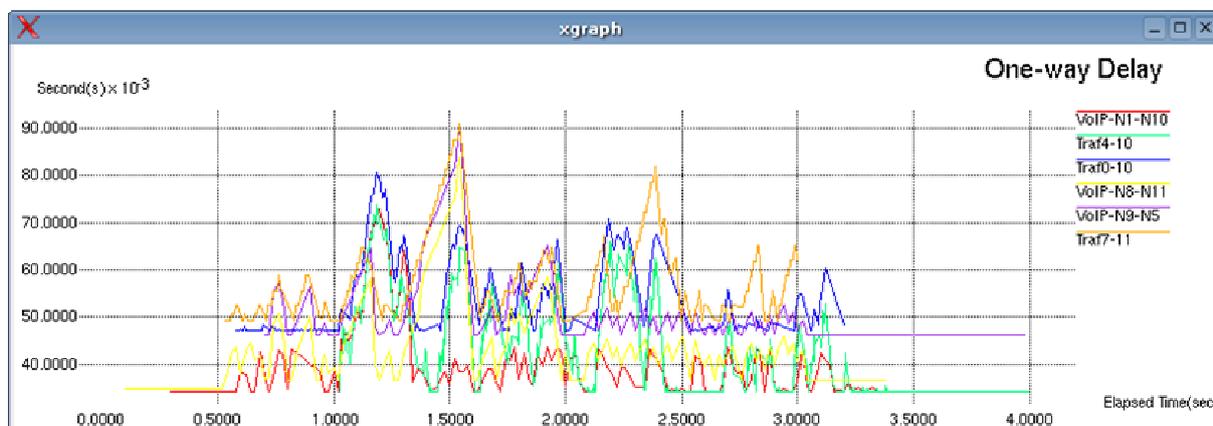


Figura 14: OWD com Priorização de Tráfego(N1->N10 aos 1,3 seg; N8->N11 e N9->N5 aos 2,0 seg)

7. Conclusão

Nesta comunicação foi apresentada a arquitectura de referência proposta pelo “Sistema EuQos”, para provisão de Qualidade de Serviço extremo-a-extremo. Nesse contexto, foi dada especial ênfase à função de sinalização desenvolvida na Universidade de Coimbra, que contempla diversas vertentes: sinalização ao nível das aplicações (A-SSN), sinalização e reserva de recursos inter-domínio (RM-SSN) e sinalização vertical intra-domínio (RA-SSN).

Estes últimos dois níveis de sinalização são especialmente interessantes por recorrerem a soluções já existentes mas concebidas para outros fins (no caso do paradigma de PBN para o RA-SSN) ou ainda bastante imaturas (no caso do NSIS para sinalização inter-domínio). Ficou no entanto demonstrado que estas soluções se ajustam de forma bastante satisfatória ao contexto do Sistema EuQos.

Foram também apresentados os resultados de duas simulações bastante simples, que demonstram a eficácia do NSIS na priorização de tráfego com elevados requisitos de QoS. Estas simulações serão em breve complementadas com simulações mais completas e com a primeira versão do protótipo do Sistema EuQos, que permitirão confirmar de forma mais cabal os resultados positivos já obtidos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo 6º Programa-Quadro da União Europeia, ao abrigo do contrato IST FP6 IP 004503 (*EuQos Integrated Project*). Os autores agradecem também os preciosos comentários e sugestões dos restantes parceiros do projecto EuQos.

REFÊRENCIAS

- [1] EuQoS Project consortium, *Integrated Project EuQoS End-to-end Quality of Service support over heterogeneous networks Annex I - Description of Work*, Maio de 2004.
- [2] Projecto EuQos – <http://www.euqos.org>
- [3] Projecto GÉANT –<http://www.geant.net>
- [4] IETF Policy Framework Working Group (IETF-PG) – <http://www.ietf.org/html.charters/OLD/policy-charter.html>
- [5] Durham, Ed., J. Boyle, R. Cohen, S. Herzog, R. Rajan, A. Sastry, *The COPS (Common Open Policy Service) Protocol*, RFC 2748, IETF, Janeiro de 2000.
- [6] R. Hancock G. Karagiannis J. Loughney S. van den Bosch, *Next Steps in Signaling: Framework*, Internet-Draft, IETF, 2005.
- [7] Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, J. Rosenberg, *SIP: Session Initiation Protocol*, RFC 2543, IETF, Março de 1999.
- [8] L. Veltri, S. Salsano, D. Papalilo, “SIP Extensions for QoS Support”, Internet Draft, Outubro de 2002.
- [9] Projecto MESCAL, *Management of End-to-end Quality of Service Across the Internet at Large* – <http://www.mescal.org/>
- [10] T. Nguyen, G. Pujolle, N. Boukhatem, *COPS Usage for SLS negotiation (COPS-SLS)*, Internet-Draft, IETF, Junho de 2001.
- [11] IETF NSIS Framework Working Group – <http://www.ietf.org/html.charters/nsis-charter.html>
- [12] K. Chan et al. *COPS Usage for Policy Provisioning (COPS-PR)*, RFC 3084, IETF, Março de 2001.
- [13] J. Case et al. *Introduction to Version 3 of the Internet-standard Network Management Framework*, RFC 2570, IETF, Abril de 1999.
- [14] D. Box et al. *Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1* – <http://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508>
- [15] Schulzrinne, R. Hancock, GIMPS: General Internet Messaging Protocol for Signaling, Internet-Draft, IETF, 2004.
- [16] S. Van den Bosch, G. Karagiannis, A. McDonald, NSLP for Quality-of-Service signaling, Internet-Draft, IETF, 2004.
- [17] M. Stiernerling H. Tschofenig M. Martin, C. Aoun, NAT/Firewall NSIS Signaling Layer Protocol (NSLP), Internet-Draft, IETF, 2004.
- [18] Braden et al. *Resource ReSerVation Protocol (RSVP), Version 1 Functional Specification*, RFC 2205, IETF, Setembro de 2004.