

Um controlador de recursos para redes de próxima geração

C. Esteve Rothenberg

Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CPqD)
Diretoria de Tecnologia e Serviços (DTS) GTIC
esteve@cpqd.com.br

M. Augusto Figueiredo

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Instituto de Computação (IC)
maufigueiredo@gmail.com

Resumo—Com a evolução das redes para o modelo de nova geração (NGN - Next Generation Network), onde há a separação das camadas de transporte, controle e aplicação, torna-se chave um subsistema que habilite e arbitre as requisições dos aplicativos e controladores de sessão em função dos recursos de Qualidade de Serviço (largura de banda, prioridade, etc.) disponíveis nos diferentes segmentos da rede de transporte. Este trabalho introduz as funcionalidades definidas pelos padrões internacionais das NGNs, propondo uma arquitetura de implementação que é objeto de pesquisa aplicada para explorar tecnologias e conceber estudos para o desenvolvimento de soluções que propiciem um gerenciamento integrado dos recursos de redes heterogêneas e atendam às necessidades particulares do mercado brasileiro de telecomunicações.

I. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, o controle de Qualidade de Serviço (QoS) em redes de telecomunicação tem sido obtido por uma combinação de *best effort*, mecanismos de reserva (IntServ) ou marcação de pacotes (DiffServ) no caminho seguido pelos dados na rede IP. No entanto, com a concepção da emergente arquitetura de redes de próxima geração (Next Generation Network - NGN), esta abordagem está deixando de ser viável. Uma característica essencial da rede NGN, baseada na arquitetura do IP Multimedia Subsystem (IMS) [3] e padronizada pelo International Telecommunication Union (ITU-T) e pelo European Telecommunications Standards Institute (ETSI) TISPAN, é que a sinalização necessária da aplicação para negociar a transferência de dados não viaja no mesmo caminho lógico que o tráfego de dados propriamente dito. A figura 1 ilustra como a arquitetura da NGN separa claramente os planos de transporte de dados, controle de sessão e os aplicativos e promete vantagens operacionais na manutenção da rede convergente e na oferta de novos serviços. No cenário atual de convergência de rede é preciso tratar os fluxos de tráfego levando em conta serviços com requisitos heterogêneos de QoS e sujeitos a diferentes formas e valores de tarifação para o usuário final. Portanto, uma nova entidade chamada genericamente de *controlador de recursos* é inserido com a função de conectar a plataforma de serviços (ex. servidores SIP, IPTV, SBC, etc.) com o plano de transporte dos dados. O controlador de recursos provê um meio para que as aplicações solicitem níveis de QoS a serem implementados sobre o plano de tráfego. Este subsistema, conhecido em inglês como *Resource and Admission Control* (RAC), arbitra as requisições

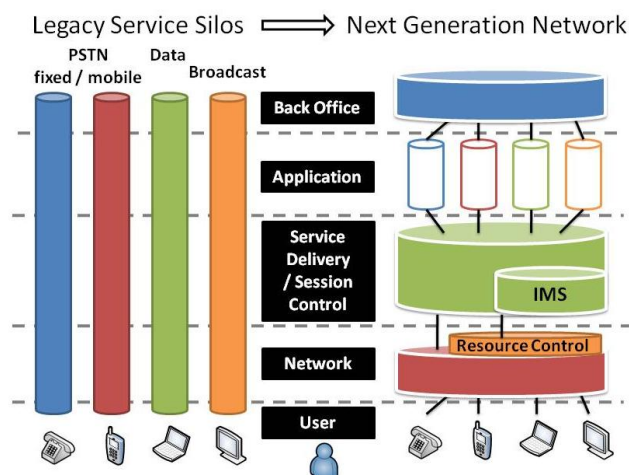


Figura 1. A evolução das redes legadas monolíticas para redes convergentes de próxima geração introduz camadas horizontais comuns a múltiplos serviços e promete redução nos tempos e custos da manutenção e criação de novos serviços.

dos aplicativos (Application Function - AF) ou controladores de sessão (Session Border Controller - SBC) em função dos recursos de QoS (largura de banda, atraso, etc.) disponíveis nos diferentes segmentos da rede de transporte. Diferentes organismos de padronização responsáveis pela evolução das redes de acesso e transporte (3GPP, ETSI TISPAN, WiMAX, ITU-T, CableLabs, MWF) vêm trabalhando [1] na especificação de um subsistema RAC particular às tecnologias de cada rede de acesso, procurando alinhar-se ao modelo NGN (ver Tabela I). Existe uma lacuna no mercado de sistemas RAC em termos de alto desempenho e flexibilidade que cumpram os seguintes requisitos: 1) provejam um controle integrado de segmentos de rede com mecanismos de QoS heterogêneos; 2) forneçam interfaces padronizadas e APIs abertas para a requisição de recursos de rede por parte de servidores de aplicação; 3) atendam os requisitos de customização das operadoras de telecomunicações do Brasil (integração fácil com sistemas legados AAA e BSS/OSS); 4) não sejam parte de uma solução integral de um vendedor de equipamento específico. No entanto, as tecnologias desenvolvidas para este subsistema abrem as portas ao desenvolvimento de outros projetos sobre redes IP que não tenham o cenário das operadoras de telecomunicações

Tabela I

REFERÊNCIAS AOS SUBSISTEMAS DE POLÍTICAS DE DECISÃO, CONTROLE E ADMISSÃO DE RECURSOS DOS DIFERENTES GRUPOS DE PADRONIZAÇÃO.

Organismos de Padronização	Subsistema de políticas de controle de recursos
3GPP / 3GPP2	Policy and Charging Resource Control Function (PCRF) [6][7]
Cablelabs	Policy Server (PS) [9]
WiMAX Forum	Policy Distribution Function (PDF)[10] + 3GPP PCRF
DSL Forum	Policy Repository (<i>under specification in</i> [11])
MultiService Forum (MSF)	Bandwidth Manager [12]
ETSI TISPAN	Resource and Admission Control Subsystem (RACS) [8] - Service-based Policy Decision Function (S-PDF) - Access RACF (A-RACF)
ITU-T	Resource and Admission Control Function (RACF) [4] - Policy Decision Functional Entity (PD-FE) - Resource Control Functions Functional Entity (RCF-FE)

como únicas beneficiárias dos avanços tecnológicos. Com o avanço da tecnologia IP e com as plataformas de serviços corporativos e governamentais migrando para esta tecnologia, soluções que facilitem o desenvolvimento de aplicativos com garantias de QoS e mecanismos para gerenciar os recursos da rede de forma eficiente tornam-se elementos fundamentais para uma transição tecnológica satisfatória e otimizada em termos de custos capitais (CAPEX) e operacionais (OPEX).

II. CONTROLADOR DE RECURSOS NGN (NGNRC)

O Controlador integrado de recursos NGN permite a separação entre plataformas de serviços IP (por ex. IMS, IPTV, Call Managers, Internet Application Service Providers, etc.) e tecnologias de redes de transporte, as quais podem usar mecanismos heterogêneos para o transporte do tráfego e para o controle de QoS nos diferentes segmentos de rede (acesso, agregação e núcleo).

A. Funcionalidades

O NGNRC fornece interfaces padronizadas que provêm às aplicações os recursos de QoS necessários, conforme as especificações do serviço requisitado. Após a comprovação da disponibilidade dos recursos nos segmentos da rede pelo qual o tráfego do serviço irá passar, os recursos são autorizados e, quando possível, reservados, aplicando as políticas para o gerenciamento do tráfego nos elementos da rede de transporte afetados. O subsistema RAC, baseado em políticas, exige uma variedade de funções, tais como a autorização de QoS do serviço, o mapeamento dos parâmetros de QoS e a reserva dos recursos necessários resultante da política escolhida. Esta política deve, igualmente (idealmente), levar em consideração o controle de QoS fim-a-fim, ou seja, atuar através de combinações de redes de operadoras e prestadores de serviços que compõem as NGNs. O NGNRC permitirá à NGN operar entre redes heterogêneas e suportar a serviços convergentes, garantindo:

- Um único ponto de contato para que aplicações requisitem a autorização e a reserva de recursos de QoS inde-

pendentemente dos detalhes das tecnologias específicas da(s) rede(s) de transporte de dados;

- Garantia da disponibilidade e da qualidade de serviço - dois fatores determinantes para o sucesso da prestação de serviços IMS/NGN;
- Capacidade de comunicação fim-a-fim dos usuários de redes legadas (STPB);
- Capacidade de entrega de conteúdo para usuários da Internet, de redes IP gerenciadas para serviços de TV (IPTV), etc;
- Diferenciação dos serviços transportados sobre redes convergentes (*triple play*);
- Desenvolvimento passo a passo da NGN e aderência de serviços mais elaborados aos serviços legados;
- Configuração dinâmica das políticas de gerenciamento de redes de transporte heterogêneas, legadas e de nova geração;

B. Arquitetura

Seguindo os padrões internacionais, o NGNRC inclui elementos de rede, tais como um servidor de políticas (Service-based Policy Decision Function - SPDF) e módulos RACF, e requer a capacitação de elementos da rede de transporte com novas funcionalidades (Resource Control Enforcement Functions - RCEF) para o gerenciamento dinâmico dos equipamentos da rede de transporte.

Conforme a figura 2, o subsistema NGNRC será formado por um servidor de políticas e um gerenciador de recursos com as seguintes funcionalidades e interfaces:

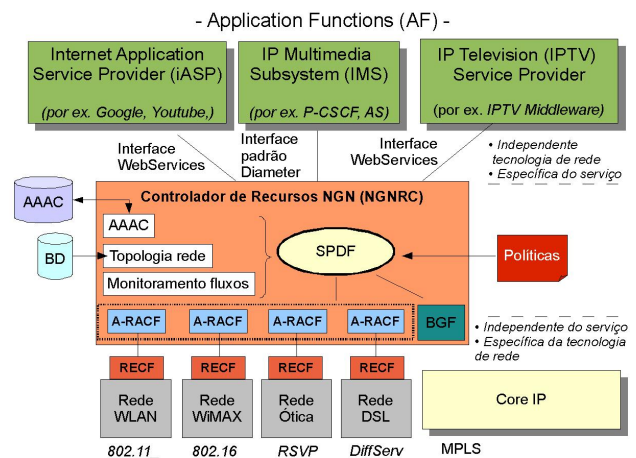


Figura 2. Proposta de arquitetura do controlador de recursos NGNRC e os principais módulos funcionais.

- **Servidor de políticas (SPDF):** Implementa a lógica para decidir sobre a instalação e interpretação de políticas de rede (*framework de referencia: IETF [5]*) em função do serviço requisitado e suporta as seguintes interfaces:
 - Interface *Diameter* [16] para interagir com as funções das aplicações (AF) e autorizar as requisições de novas sessões (Ponto de partida: *Diameter QoS application* [17]).

- Interface *WebServices* para requisições de QoS (Ponto de partida: Parlay X 3.0-*Application-driven Quality of Service* interface draft [2])
- Interface *Diameter*[16] para interagir com servidor(es) AAA (e.g., ETSI TISPAN NASS) e de tarifação.
- Interface *Diameter* [16] para interagir com o gerenciador de recursos da rede de acesso (A-RACS)
- Interfaces *A-RACF/RECF* suportando vários protocolos (COPS, Diameter, SMTP, H.248, WebServices) em função das características das redes de transporte a serem gerenciadas.
- **Módulo de topologia de rede:** Mantém as informações sobre a topologia da rede. Importa as informações das bases de dados ou dinamicamente recolhendo as informações dos protocolos de roteamento (ex. OSPF, BGP, RIP). As capacidades teóricas dos links são inseridas na hora de compor a topologia de rede servindo como fator de decisão para a admissão de novos fluxos.
- **Módulo de monitoramento dos fluxos IP:** Implementa mecanismos para estimar a capacidade atual de um link específico e do segmento de rede pelo qual o fluxo IP associado ao serviço é transportado. Realiza medições ativas (ex. do tipo Media Delivery Index-MDI, Delay Factor:Media Loss Rate, BART [18]) e passivas (ex. SMTP polling) da carga nos diferentes pontos da rede.
- **Módulo de admissão de recursos (A-RACF):** Específico da tecnologia de transporte, implementa as funções para aplicação das políticas recebidas pelo servidor sobre os fluxos de dados (packet marking, metering, firewall, etc.). Responsável por atuar entre os módulos de topologia de rede e monitoramento de fluxos com o objetivo de responder ao servidor sobre os recursos disponíveis nos segmentos da rede
- **Módulo de "enforcement" dos recursos (RECF):** Responsável por monitorar os recursos disponíveis da rede e configurar os elementos da rede conforme as políticas recebidas pelo módulo de admissão de recursos. As funcionalidades RECF disponíveis podem variar consideravelmente de uma tecnologia de rede para outra em função dos mecanismos de QoS suportados e os protocolos de comunicações na interface *A-RACF/RECF*.

C. Controle de QoS baseado em WebServices

Serviços Web ou Web Services (WS) são aplicações auto-descritas e modulares, que apresentam a lógica do negócio como serviços por meio de interfaces programáveis e de protocolos da Internet. Baseada em padrões e tecnologias específicos, como XML (Extensible Markup Language), SOAP (Simple Object Access Protocol) e HTTP (Hypertext Transfer Protocol), sua implementação facilita a comunicação através de *firewalls* e provê uma interface padrão de comunicação entre os participantes, regida por contratos de funcionamento descritos em WSDL (Web Services Description Language)[13]. Nosso trabalho terá como foco principal as interfaces WS, pois: 1) o número de desenvolvedores de aplicações us-

ando esta tecnologia é maior em relação a protocolos telco tradicionais (ex. Diameter), 2) a flexibilidade dos WS e o conceito de SOA têm ganho muita importância no contexto das telecomunicações [15] e 3) o grupo Parlay¹ está desenvolvendo a especificação de uma arquitetura baseada em serviços Web, a qual permite a desenvolvedores de aplicações fazer uso de funcionalidades da rede através de uma interface aberta e padronizada, conhecida como OSA APIs. Estas especificações serão utilizadas como ponto de partida para a nossa pesquisa aplicada.

A seção 17 das especificações Parlay X 3.0, intitulada *Application-driven Quality of Service* [2], define interfaces que possibilitam às aplicações realizar modificações dinamicamente na qualidade de serviço disponível em uma conexão de um usuário final, podendo estas modificações ter um caráter temporário (por um período de tempo) ou permanente (relativas a um usuário específico). A tabela II descreve os métodos definidos pela principal interface da arquitetura Parlay X 3.0, chamada *ApplicationQoS*. Existem ainda duas outras interfaces (*ApplicationQoSNotificationManager* e *ApplicationQoSNotification*), utilizadas exclusivamente para o envio de notificações (baseadas no paradigma *Publish/Subscribe*) referentes a eventos que afetem a qualidade de serviço configurada temporariamente para uma determinada conexão.

Tabela II
INTERFACE *ApplicationQoS*

<i>applyQoSFeature</i>	Aplicar uma propriedade de QoS temporária ou permanente à conexão.
<i>modifyQoSFeature</i>	Alterar os atributos configuráveis do serviço referente a uma propriedade de QoS ativa.
<i>removeQoSFeature</i>	Remover uma instância temporária de uma propriedade de QoS ativa.
<i>getQoSStatus</i>	Obter status da conexão, suas características e propriedades de QoS sobre ela aplicadas.
<i>getQoSHistory</i>	Obter uma lista histórica de todas as transações requisitadas previamente na conexão.

III. CASOS DE USO

O caso de uso mais conhecido, também pelo fato de ter sido o motivador da proposta, seria uma sinalização de início de sessão [3] baseada no IP Multimedia Subsystem (IMS) como plataforma de controle e núcleo da plataforma de serviços (Service Delivery Platform-SDP). Porém, as especificações com base no protocolo Diameter estão muito avançadas nas diversas versões (3GPP, ETSI, IETF). Embora o suporte deste protocolo seja obrigatório e faça parte das interfaces a serem suportadas pelo NGNRC, nesta seção iremos ilustrar primeiramente um caso de uso com uma plataforma de serviços/aplicações genéricas e, posteriormente, detalharemos o caso da requisição de QoS usando a interface *WebServices* descrita na seção II-C.

¹As especificações Parlay X 3.0 estão sendo definidas de maneira conjunta entre o European Telecommunications Standards Institute (ETSI), Parlay Group, e o Third Generation Partnership Program (3GPP). [http://www.parlay.org/en/specifications/pxws.asp]

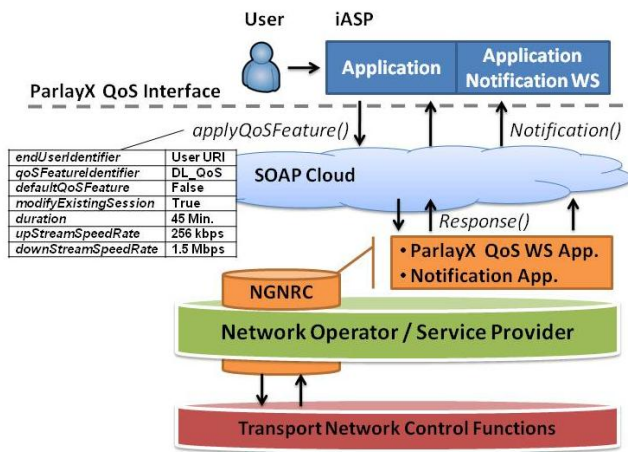


Figura 3. Serviços Web baseados no modelo de funcionamento do "Application driven QoS" do ParlayX.

De acordo com a figura 4, o usuário ou gateway residencial interage (1) com o servidor de aplicação (mediante um protocolo de requisição de sessão de serviço (HTTP, SIP, RTPSP, etc.). O AF determina as necessidades de QoS do serviço e requisita a autorização (2) do controlador de recursos de rede (NGNRC). Após avaliar os recursos da rede a serem autorizados, o NGNRC pode realizar a ativação imediata dos recursos da rede (3), configurando nos elementos de rede as políticas de QoS autorizadas (*modelo push*) e conceder o serviço para o usuário (4). Alternativamente, o NGNRC continua o diálogo com o AF até que os recursos da rede tenham sido reservados (modelo de reserva em duas fases). Caso o terminal de usuário ou gateway residencial suporte mecanismos de sinalização QoS, o terminal envia diretamente uma sinalização específica (5) para solicitar reserva de recurso para o NGNRC sem passar pela autorização previa (passos 2, 3 e 4), ou incluindo um *token* de autorização gerado pelo NGNRC e obtido do AF após do passo 4. As políticas de tarifação e QoS são autorizadas e instaladas (6) após da requisição mediante a sinalização de QoS da rede (*modelo pull*). Opcionalmente, os servidores de aplicação podem se inscrever no serviço de notificações (7) para serem informados sobre tipos de eventos relacionados ao contexto de seus usuários específicos.

Servidores de aplicações Web que podem se beneficiar das garantias de QoS na rede de acesso, incluindo, por exemplo, aqueles que geram fluxos de tráfego multimídia (ex. vídeos do Youtube figura 5) ou tráfego em tempo-real entre usuários. Usando a tecnologia WS no "Application Driven QoS", os desenvolvedores de serviços podem facilmente incrementar a implementação de aplicações com a mudança dinâmica de qualidade de serviço (ex. largura de banda) disponível nas conexões de usuários. A figura 3 descreve um cenário de um caso de uso onde uma aplicação (*Application*) requisita ao NGNRC a configuração de uma propriedades de QoS através da interface WS (*ParlayX QoS WS App.*), especificando parâmetros como o identificador do usuário a ser beneficiado,

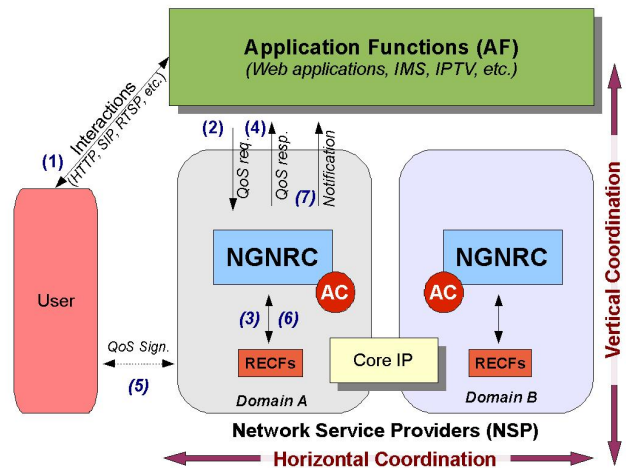


Figura 4. Modelo genérico de interação entre usuários, aplicações, o controlador de recursos e a rede de transporte. Mostram-se também os desafios associados aos eixos "verticais" e "horizontais" descritos na seção IV.

tempo de duração da propriedade de QoS (ex. 45 min.) e valores da largura de banda desejado para *download* e *upload* (1,5 Mbps e 256Kbps, respectivamente). Após o recebimento do pedido, o NGNRC se encarrega da comunicação com os operadores da rede ou provedores do serviço e da reserva de recursos, notificando aplicação sobre o sucesso ou falha de sua requisição.

Um processo semelhante é utilizado para a subscrição para o recebimento de notificações (*Notification App.*) relativas ao contexto de conexão dos usuários da aplicação. No entanto, como processo exige uma comunicação assíncrona, é necessário que aplicação também disponibilize uma interface WS para o recebimento das notificações requisitadas (*Application Notification WS*).



Figura 5. Aplicações de streaming como Youtube pode fornecer para usuários *premium* uma opção de QoS na visualização da mídia.

IV. DESAFIOS

A figura 4 mostra como o NGNRC se situa como um elemento central que arbitra entre o plano de serviços e o plano de dados, sendo responsável pelo gerenciamento e autorização de recursos (Admission Control - AC) e é sujeito a uma série de desafios chamados de coordenação "horizontal" e "vertical"[1], além de desafios gerais do sistema e específicos dos Web Services.

A. Vertical

- **Políticas em múltiplas camadas:** O Controle de admissão leva em conta tanto políticas de usuário quanto da operadora de rede, podendo ser implementadas com resultados idênticos mas desempenhos diferentes em cada uma das camadas (aplicativos, controle de recursos, rede)
- **Mapeamento de parâmetros de QoS:** O AF deve adaptar as requisições do serviços a parâmetros de QoS padrões do NGNRC, o qual deve mapeá-los em parâmetros específicos da tecnologia de rede.

B. Horizontal

- **Sinalização em múltiplas camadas:** O controle que garante o QoS fim a fim pode ser realizado em múltiplas camadas, resultando em desafios e requisitos diversos.
- **Path computation:** Dado um par de identificadores de rede (origem/destino IP:porta, serviço), o NGNRC deve calcular o caminho que os dados seguirão para verificar a disponibilidade dos recursos nesse segmento.
- **Controle de admissão distribuído:** Para garantir escalabilidade intra-domínios ou comunicações entre-domínios, a implementação do NGNRC e a decisão de admissão caracteriza-se como um problema transaccional complexo aplicado sobre um ambiente distribuído.
- **Agregação:** O número de fluxos requerendo autorização aumenta conforme mais próximos do núcleo da rede e, mecanismos para agregar as requisições de QoS podem ser necessários para garantir a escalabilidade da solução;

C. Geral

- **Desempenho:** As diferentes opções de implementação (push/pull, multi-passo, multi-camada, AC distribuído) e os desafios "horizontais" e "verticais" terão um impacto no desempenho final do NGNRC em termos de tempo de autorização, reação e eficiência.
- **Mobilidade:** A mobilidade do usuário com sessões em andamento implica renegociar o QoS autorizado, podendo envolver múltiplas NGNRCs e comunicações entre operadoras de rede.
- **Accounting/Billing:** Uma vez que a disponibilização de serviços de QoS é realizada mediante tarifação, são necessários mecanismos capazes de monitorar e avaliar a relação entre as informações do serviço contratado, do serviço efetivamente fornecido e do serviço cobrado, atribuindo assim maior confiabilidade ao processo e a integração com o sistema AAAC legado (ex. Radius).

- **Interoperabilidade:** Em cenários entre domínios, no ambiente *multi-vendor* e com APIs e interfaces abertas, a garantia de interoperabilidade torna-se um desafio fundamental a ser resolvido.

D. Web Services

- **Segurança:** A especificação Parlay X 3.0 determina o uso do modelo WS-Security [14] para autenticação e encriptação de mensagens. É necessário garantir que todos os participantes implementem efetivamente este mecanismo, além de buscar formas de proteger os serviços Web de ataques maliciosos, como negação de serviço (*DoS - Denial of Service*) e *IP spoofing*.
- **Ambiente distribuído:** O uso de serviços Web abre novas possibilidades de combinação de serviços distribuídos através de hierarquização, orquestração e coreografia dos mesmos, gerando novos desafios relacionados ao aspectos transacionais inerentes à aquisição de recursos da rede para a garantia de QoS.
- **Desempenho:** Buscar formas de otimizar a carga de rede relacionada a comunicação via serviços Web, dado que a utilização do protocolo SOAP e o encapsulamento de informações introduz um fator considerável de *overhead* quando comparado a protocolos específicos de controle, como Radius e Diameter.

V. BENEFÍCIOS E IMPACTOS

Dada a escassez de oferta em subsistemas independentes², com interfaces abertas e em conformidade com padrões das NGNs, além de um alto grau de customização e facilidade de integração, acreditamos que a pesquisa aplicada no desenvolvimento nacional de um controlador de recursos NGN (NGNRC) proporcionará os seguintes benefícios e impactos:

- 1) **Oportunidade:** Permitirá preencher uma oportunidade existente no processo de convergência de redes NGN, tanto para as operadoras de serviços fixos e móveis quanto para os desenvolvedores de equipamentos IP/NGN e integradores de soluções;
- 2) **Habilitador:** O desenvolvimento de tecnologia resultante é considerado como um elemento habilitador da NGN, acelerando o desenvolvimento da rede NGN e fornecendo uma solução de baixo custo e customizada às necessidades do setor das tecnologias da informação e comunicação no Brasil. O grupo de beneficiados pelas novas tecnologias desenvolvidas neste projeto não inclui somente prestadoras de serviços e operadoras de rede, uma vez que as mesmas podem ser integradas a soluções tecnológicas com foco na inclusão digital (ex. redes mesh, IPTV sobre WiMAX, etc.), abrangendo toda a sociedade;
- 3) **Capacitação:** Os desenvolvimentos experimentais das tecnologias do subsistema para o controle integrado

²A análise de mercado está disponível em [19] [20]. Vale a pena ressaltar as soluções e o modelo de negócios da empresa de pequeno porte Operax que deve servir como modelo e/ou parceiro tecnológico para entrar no mercado com soluções comerciais.

de recursos de redes NGN heterogêneas capacita os técnicos à implementação e integração de soluções que acelerem o desenvolvimento da NGN no Brasil, possibilitando a formação e qualificação de mão-de-obra nacional em novas tecnologias de telecomunicações;

- 4) **Inovação:** Propiciará domínio e inovação de novas soluções tecnológicas em sistemas que possibilitem o desenvolvimento de novos aplicativos baseados na tecnologia IP com garantias de QoS sobre redes fixas e móveis. Especialmente interessante é a oportunidade para inovar no âmbito dos serviços da Web 2.0, mediante a integração e o *mash-up* de serviços Web, graças à tecnologia de WebServices. Outros pontos com alto potencial para a inovação incluem o contexto de sistemas autônomos para o gerenciamento de redes baseado em políticas e os subsistemas de software para apoio de operações de rede (módulos de monitoramento de fluxos e topologia de rede);

VI. CONCLUSÃO

Com a evolução das redes atuais para o modelo NGN, torna-se fundamental a existência de um elemento central responsável por processar as requisições de QoS das aplicações nas camadas de controle de sessão, caracterizado por uma arquitetura definida e adotada por diversos grupos de padronização internacionais. No entanto, as funcionalidades de QoS necessárias têm sido disponibilizadas como parte integrante de equipamentos proprietários específicos, o que limita as possibilidades de integração e customização entre os sistemas legados e *multi-vendor*.

Neste trabalho foram revisados os principais requisitos tecnológicos e funcionais para um controlador de recursos para redes NGN, sendo proposto um modelo de implementação em alto nível capaz de atender aos diversos desafios envolvidos. Estes desafios devem ser interpretados como uma oportunidade de participação e contribuição na evolução dos mecanismos de controle de rede e nas soluções de software inovadores para o apoio das operações em redes convergentes. Foram ainda relacionadas as principais vantagens relativas ao investimento de esforços em pesquisas aplicadas nesta área, possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias e o acesso às NGNs no Brasil, além de garantir benefícios reais aos usuários, prestadores de serviços, desenvolvedores de equipamentos NGN, institutos de pesquisa e a todos os demais envolvidos neste processo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho conta com o apoio do CPqD Bolsa Pesquisa Empresa, CPqD - FEEC - UNICAMP e FAPESP (Processo 07/53610-0).

Agradecimentos especiais aos professores Dr. Maurício Ferreira Magalhães e Dra. Claudia Bauzer Medeiros pela orientação e apoio e aos companheiros do CPqD pelas valiosas sugestões e discussões.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Esteve Rothenberg and A. Roos, *A Review of Policy-Based Resource and Admission Control Functions in Evolving Access and Next Generation Networks*, Journal of Network and Systems Management, Springer, March 2008.
- [2] ETSI, *Open Service Access (OSA); Parlay X Web Services; Part 17: Application-driven Quality of Service (QoS), (Parlay X 3)*, Draft ETSI ES 202 504-17 v0.0.3, June 2007.
- [3] 3GPP, *IP Multimedia Subsystem(IMS), Stage2*. In 3GPP TS 23.228 V8.0.0, March 2007
- [4] ITU-T, *Resource and Admission Control Functions in Next Generation Networks*. In ITU-T recommendation Y.2111, October 2006.
- [5] Yavatkar, R., Pendarakis, D., Guerin, R., *A framework for policy-based admission control*. In IETF Standard RFC 2753, January 2000.
- [6] 3GPP, *Quality of Service (QoS) concept and architecture*. In 3GPP TS 23.107 V6.4.0, March 2006.
- [7] 3GPP2, *Service based bearer control, Stage2*. In 3GPP2 X.S0013-012-0v1.0, March, 2007.
- [8] ETSI TISPAN, *Resource and Admission Control Subsystem (RACS) functional architecture*. In ETSI ES282003V1.1.1, June, 2006.
- [9] Cable Television Laboratories, Inc. *PacketCable2.0, Architecture framework*. Technical Report PKT-TR-ARCH-FRM-V02-061013, October, 2006.
- [10] WiMAX Forum, *WiMAX End-to-End Network Systems Architecture Stage 2-3*, Release 1, Version 1.2, January 2008. [Online] <http://www.wimaxforum.org/technology/documents>
- [11] DSL Forum, *Policy control framework for DSL*. In Working text WT-134Rev.2, April 2006.
- [12] MultiService Forum, *Implementation Agreement for Bandwidth Manager TC-2 interface*. In Implementation Agreement MSF-IA-SNMP-001-FINAL, August 2006.
- [13] World Wide Web Consortium (W3C), *WebServices Description Language(WSDL)1.1*. In W3C NOTE-wsdl-20010315, <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>. Accessed March 2001.
- [14] OASIS Standard 200401 (March 2004), *Web Services Security: SOAP Message Security 1.0 (WS-Security 2004)*, <http://docs.oasis-open.org/wss/2004/01/oasis-200401-wss-soap-message-security-1.0.pdf>. Accessed March 2008.
- [15] Magedanz, T., Blum, N., and Dutkowski, S. *Evolution of SOA Concepts in Telecommunications*. Computer 40, 11 (Nov. 2007), 46-50. DOI= <http://dx.doi.org/10.1109/MC.2007.384>
- [16] Calhoun, P., Loughney, J., Guttman, E., Zorn, G., and Arkko, J. *Diameter Base Protocol*. In IETF RFC 3588. 2003.
- [17] D. Sun and et al, *Diameter Quality of Service Application*, In IETF draft draft-ietf-dime-diameter-qos-05.txt, February 2008.
- [18] S. Ekelin, M. Nilsson, E. Hartikainen, A. Johnsson, J. E. Mangs, B. Melander, and M. Bjorkman, *Real-time measurement of end-to-end available bandwidth using kalman filtering*, in Network Operations and Management Symposium, 2006. NOMS 2006. 10th IEEE/IFIP, 2006, pp. 73-84. [Online] <http://www.barttool.org/>
- [19] Light Reading, *Who Makes What: IP-Based Services Control*, Analyst Report, April, 2006. [Online] http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=92556
- [20] Light Reading, *Policy-Based Service Control: Rules of Order*, Light Reading's Services Software Insider Report, February, 2006.