

Universidade
Federal de Santa
Catarina

Programa de Pós-
Graduação em
Ciência da
Computação

Campus
Universitário

Florianópolis-SC

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Computação, Departamento de Informática e Estatística,
do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina,
como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência da
Computação: Redes de Computadores.

Orientador: Prof. Roberto Willrich, Dr.

Florianópolis, 2010

Estabelecimento de sessões SIP com garantias de QoS e sua aplicação em domínios DiffServ
Luiz Henrique Vicente

Estabelecimento de sessões SIP com garantias
de QoS e sua aplicação em domínios DiffServ

Luiz Henrique Vicente

Esta dissertação
propõe um mecanismo
para negociação
dinâmica de QoS em
sessões SIP com
flexibilidade de
especificação de QoS.

Orientador:
Prof. Roberto Willrich,
Dr.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**

Luiz Henrique Vicente

**ESTABELECIMENTO DE SESSÕES SIP COM GARANTIAS DE
QOS E SUA APLICAÇÃO EM DOMÍNIOS DIFFSERV**

Dissertação de Mestrado submetida
à Universidade Federal de Santa
Catarina como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre
em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Roberto
Willrich

Florianópolis

Agosto de 2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária
da
Universidade Federal de Santa Catarina

V632e Vicente, Luiz Henrique

Estabelecimento de Sessões SIP com Garantias de QoS e sua Aplicação em Domínios DiffServ [dissertação] / Luiz Henrique Vicente ; orientador, Roberto Willrich. - Florianópolis, SC, 2010.

74 p.: il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Inclui referências

1. Ciência da computação. 2. Qualidade dos serviços. 3. Redes de computadores. 4. Ontologia. I. Willrich, Roberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDU 681

**ESTABELECIMENTO DE SESSÕES SIP COM GARANTIAS DE QOS E SUA
APLICAÇÃO EM DOMÍNIOS DIFFSERV**

Luiz Henrique Vicente

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, Área de Concentração Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Dr. Mario Antonio Ribeiro Dantas
Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Prof. Dr. Roberto Willrich (Orientador)
INE/UFSC

Prof. Dr. Celso Alberto Saibel Santos
DCC/UFBA

Prof. Dr. Mario Antonio Ribeiro Dantas
INE/UFSC

Prof. Dr. Frank Augusto Siqueira
INE/UFSC

Usar folhas assinadas originais.
GRÁFICA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que se fizeram presentes, de corpo ou alma, no desenvolvimento deste trabalho.

Agradecimento especial a minha esposa Kelly, que muito me apoiou, incentivou e colaborou efetivamente para a conclusão desta dissertação. Também agradeço meu filho Otávio que mesmo sem entender nada da vida serviu como fonte de inspiração e alento nas horas de desânimo. A eles eu dedico integralmente o sucesso deste como forma de recompensa pelos momentos de falta.

Aos colegas de mestrado e graduandos, Victor Alves, Rafael Uriarte, Felipe Teixeira e Achilles Prudêncio, pelas colaborações teóricas e práticas na implementação da proposta.

Ao professor e orientador Roberto pela sua paciência e insistência na minha pessoa, sempre incentivando a seguir em frente e buscando soluções aos problemas que surgiram, além de fazer de forma excelente a orientação necessária.

A todos vocês o meu muito obrigado!

“Determinação coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

RESUMO

A maior parte das soluções de gerenciamento de Qualidade de Serviço (QoS) realizam o tratamento implícito do tráfego de rede sem intervenção dos usuários realizando a chamada. Já existem alguns trabalhos que propõem modificações no protocolo de sinalização SIP (*Session Initiation Protocol*) para permitir a invocação explícita de QoS durante a negociação da qualidade da sessão. Mas estas propostas adotam uma lista predefinida de parâmetros de QoS e até muitas vezes dependentes de tecnologias. Esta dissertação propõe um *mecanismo para negociação dinâmica de QoS em sessões SIP com flexibilidade de especificação de QoS*. A presente proposta oferece a flexibilização nos parâmetros para a especificação de QoS com base em uma abordagem semântica. Além disso, a solução proposta adota o protocolo Diameter para autenticação, autorização e contabilidade das sessões SIP, sendo aplicada a um domínio de serviços diferenciados (DiffServ). Os resultados obtidos ao final dos experimentos mostram que, apesar de certo atraso no estabelecimento da sessão SIP, o serviço oferecido ao usuário não fica comprometido, comprovando o funcionamento da proposta.

Palavras Chave: Qualidade de Serviço, Redes de Computadores, Voz Sore IP, Ontologia.

ABSTRACT

Most management solutions for Quality of Service (QoS) make the implicit treatment of network traffic without intervention of the user making the call. There are already some studies that propose changes in the SIP protocol (Session Initiation Protocol) to allow explicit QoS negotiation during the session. However, these proposals adopt predefined lists of QoS parameters and frequently dependent on technology. This dissertation proposes a mechanism for dynamic negotiation of QoS in SIP sessions with flexibility in terms of QoS specification. This proposal provides flexibility for specifying QoS parameters based on a semantic approach. Moreover, the proposed solution adopts the Diameter protocol for authentication, authorization and accounting of SIP sessions, and it is applied to a field of differentiated services (DiffServ). The experiment results show that, despite some delay during of the session establishment, the service offered to the user is not compromised, demonstrating the operation of the proposal.

Keywords: *Quality of Service, Network Computers, Voice Over IP, Ontology.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de seqüência de interações QoS Diameter	35
Figura 2 - Alguns conceitos da NetQoS Ont.	38
Figura 3 - Exemplo de uso da NetQoS Ont.	40
Figura 4 - Estabelecimento de uma sessão SIP.	46
Figura 5 - Mensagem SIP INVITE.....	46
Figura 6 - Atributos da RFC 3312 estendido para especificar a QoS.....	54
Figura 7 - Mensagem SIP INVITE Usando o SDP estendido proposto neste trabalho.....	55
Figura 8 - Componentes do Mecanismo de Negociação de QoS.	56
Figura 9 - Sistema de Gerência de QoS	58
Figura 10 - Componentes do Mecanismo de Negociação de QoS.	62
Figura 11 - Cenário de Teste.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de SLS definidos pelo projeto TEQUILA	28
Tabela 2 - Subclasses da Classe AF	32
Tabela 3 - Classes de QoS definida na ITU-T Y.1541	50
Tabela 4 - Características das Propostas de Extensão SDP	51

LISTA DE ABREVIATURAS

AAA	<i>Authentication, Authorization and Accounting</i>
AF	<i>Assured Forwarding</i>
ASA	<i>Abort-Session-Answer</i>
ASR	<i>Abort-Session-Request</i>
AVP	<i>Attribute-Value Pair</i>
BD-SG	<i>Base de Dados do Sistema de Gerência de QoS</i>
BE	<i>Best-Effort</i>
BEEP	<i>Blocks Extensible Exchange Protocol</i>
COPS	<i>Common Open Policy Service</i>
COPS-PR	<i>COPS Usage for Policy Provisioning</i>
CoS	<i>Class of Service</i>
DiffServ	<i>Differentiated Services</i>
DSCP	<i>Differentiated Services Code Point</i>
EF	<i>Expedited forwarding</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
ID	<i>Identification</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IntServ	<i>Integrated Services</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISP	<i>Internet service provider</i>
LDAP	<i>Lightweighth Directory Access Protocol</i>
MOS	<i>Mean Opinion Score</i>
NetConf	<i>Network Configuration Protocol</i>
NSP	<i>Network Service Provider</i>
OWL	<i>Web Ontology Language</i>
PBX	<i>Private Branch Exchange</i>
PHB	<i>Per-Hop Behaviors</i>
QAA	<i>QoS-Authorization-Answer</i>
QAR	<i>QoS-Authorization-Request</i>
QIA	<i>QoS-Install-Answer</i>
QIR	<i>QoS-Install-Request</i>
QoE	<i>Quality of Experience</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RADIUS	<i>Remote Authentication Dial In User Service</i>
RDF	<i>Resource Description Framework</i>
RFC	<i>Request for Comments</i>
RPC	<i>Remote Procedure Call</i>
RSVP	<i>Resource Reservation Protocol</i>

RTCP	<i>Real Time Transport Control Protocol</i>
RTP	<i>Real Time Transport Protocol</i>
RTP/AVP	<i>Real-time Transport Protocol / Audio Video Profile</i>
SDP	<i>Session Description Protocol</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SLA	<i>Service Level Agreement</i>
SLS	<i>Service Level Specification</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SSH	<i>Secure Shell</i>
SWRL	<i>Semantic Web Rule Language</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
TEQUILA	<i>Traffic Engineering for Quality of Service in the Internet, at Large Scale</i>
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
UA	<i>User agent SIP</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
URL	Uniform Resource Locator
VoIP	<i>Voice Over IP</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WiMax	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access/Interoperabilidade Mundial para Acesso de Micro-ondas</i>
WS	<i>Web Service</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
	1.1 OBJETIVOS	23
	1.2 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÕES	24
	1.3 TRABALHOS RELACIONADOS.....	25
	1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	26
2	Qualidade de Serviço.....	27
	2.1 SLA/SLS	27
	2.1.1 Formatos de SLA/SLS	28
	2.1.2 SLAs Estáticos e Dinâmicos.....	29
	2.2 Arquiteturas de QoS Clássicas	29
	2.2.1 IntServ.....	30
	2.2.2 DiffServ.....	31
	2.2.3 Comparação com o IntServ.....	33
	2.3 Protocolos de AAA e de Configuração de QoS	33
	2.3.2 Diameter.....	34
	2.3.3 NETCONF	35
	2.4 Especificação de QoS e a NetQoSOnt	36
	2.4.1 Módulos da NetQoSOnt.....	38
	2.4.2 Especificação de QoS e Inferência.....	40
	2.5 Considerações sobre o capítulo	42
3	Protocolo SIP.....	43
	3.1 Conceitos de Base	43
	3.1.1 Componentes SIP	43
	3.1.2 Mensagens SIP	44
	3.2 Estabelecimento de Sessões SIP	45
	3.3 Protocolo SDP.....	47
	3.4 QoS e os protocolos SIP/SDP	47
	3.5 Considerações sobre o capítulo	51
4	Estabelecimento de Sessões SIP com Garantias de QoS.....	53
	4.1 Extensão do protocolo SDP	53
	4.2 Componentes da Solução Proposta	56
	4.2.1 Agente-usuário SIP	57
	4.2.2 Servidor Proxy SIP.....	57
	4.2.3 Sistema de Gerência de QoS.....	58
	4.3 SINALIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DA SESSÃO COM QoS	61
	4.4 Considerações sobre o capítulo	63
5	Resultados Experimentais.....	65

5.1	Ambiente de Teste	65
5.2	Características da Contribuição	66
5.3	Testes Realizados e Resultados Obtidos.....	66
5.4	Considerações Finais	68
6	Conclusões e Trabalhos Futuros.....	69
6.1	Trabalhos Publicados.....	70

1 INTRODUÇÃO

As redes IP, antes existentes para simplesmente prover a conectividade, já vêm há alguns anos transportando tráfego de diversas aplicações com restrições de tempo real, como Voz sobre IP (VoIP), videoconferência, TV sobre IP (IPTV) e muitas outras. Essas aplicações exigem garantias específicas em termos de Qualidade de Serviço (QoS). Estas garantias são expressa em termos de limites aceitáveis, definidos um conjunto de parâmetros de QoS, por exemplo, vazão, atraso e taxa de perda de pacotes.

A garantia de QoS pode ser alcançada por algum mecanismo de gerenciamento de QoS. Dentre as soluções existentes e mais conhecidas estão as arquiteturas de Serviços Integrados (*IntServ*), conforme (BRADEN, R.; CLARK, D.; SHENKER, S., 1994) e de Serviços Diferenciados (*DiffServ*), apresentada em (BLACK et al., 1998), onde a primeira já não é muito utilizada e a segunda é bem mais popular.

O processo de demanda e oferta de serviços com garantias de QoS envolve pelo menos três atores: (i) o cliente, que é a entidade com permissões legais para negociar um Acordo de Nível de Serviço (SLA – *Service Level Agreement*) com o Provedor de Serviço (NSP – *Network Service Provider*); (ii) o usuário, que é qualquer entidade, autorizada pelo cliente, que invoca/usa o serviço; e (iii) o NSP, a entidade que oferece os serviços para os Usuários/Clientes.

O SLA define os termos e condições de oferecimento do serviço e inclui um conjunto de especificações de nível de serviço (SLS – *Service Level Specification*). Cada SLS é descrita por um conjunto de parâmetros de QoS para especificar o nível de desempenho de um determinado serviço ou tráfego. Após o estabelecimento definição dos termos do contrato, faz-se necessário a configuração dos equipamentos de rede para a efetiva operacionalização dos termos de oferecimento do serviço.

A invocação, que nada mais é do que a solicitação do pedido com QoS, pode ser feita de duas maneiras: invocação implícita e invocação explícita. A maior parte das NSPs dá suporte à invocação implícita. Nela, os recursos de rede são alocados de maneira off-line, de acordo com os SLAs acordados com seus clientes. Neste cenário, os pacotes de rede são classificados pelos equipamentos de rede e recebem a QoS

conforme estabelecido no SLA/SLS. Assim, o usuário não tem controle sobre a QoS a ser oferecida às suas sessões de comunicação. Por exemplo, quando o usuário realiza uma chamada VoIP, independente dos interesses deste usuário, os equipamentos de rede oferecem um nível de qualidade conforme estabelecido estaticamente na SLS na qual o tráfego de VoIP está enquadrado.

Na invocação explícita de serviços com QoS, a fonte (o próprio usuário humano ou um serviço) pode indicar o nível de QoS desejado antes do envio do tráfego. Esta forma de invocar o serviço oferece maior dinamismo nas conexões, dando ao usuário maior poder de escolha no momento do estabelecimento da sessão. Este tipo de invocação é útil tanto para controle de admissão em arquiteturas que oferecem provisionamento estático, encontrado em (X. MASIP-BRUIN et al., 2007), quanto para arquiteturas que oferecem provisionamento dinâmico.

A invocação explícita de serviço com QoS exige mecanismos de AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*): (i) a Autenticação para a verificação da identidade do usuário solicitante do acesso; (ii) a Autorização, que verifica se este usuário tem direito ao acesso no nível em que está sendo solicitado; e (iii) a Contabilidade que é a responsável pela coleta dos dados de registro de medição do uso do serviço, conforme (ROYER, 2008).

As soluções de QoS que suportam invocação explícita de QoS geralmente utilizam controle de QoS fim-a-fim, orientado a sessão através do uso de protocolos de negociação e de sinalização de QoS, ((X. MASIP-BRUIN et al., 2007), (MYKONIATI et al., 2003), (CHAKRAVORTI, D'ARIENZO, CROWCROFT, 2003)).

Diversos trabalhos ((X. MASIP-BRUIN et al., 2007), (VELTRI; SALSANO; PAPALILLO, 2002), (CAMARILLO; MARSHALL; ROSENBERG, 2002), (POLK; DHESIKAN; CAMARILLO, 2009), (PARK; YANG; CHOI, 2007), (ALEXANDER; SUPPAN; 2006), (POLK, 2008)) utilizam o protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) (ROSENBERG et al., 2002), e seu protocolo companheiro SDP (*Session Description Protocol*) (HANDLEY et al., 2006), para a sinalização de sessões multimídia com qualidade explicitamente definida pelos usuários/aplicações. Tanto o SIP como o SDP são protocolos baseados em mensagens de texto que especificam a sessão a ser estabelecida, sendo que o SDP incrementa o SIP na medida em que ele permite descrever diversas características da sessão. O SDP é um protocolo extensível, e a maioria das propostas de extensão de SIP para QoS define novos atributos SDP, como será visto mais adiante. A maior parte

das propostas aqui levantadas considera uma determinada solução de QoS (ex. DiffServ), e em nenhuma delas há flexibilidade de parâmetros de QoS, ou seja, geralmente elas definem um número fixo de parâmetros.

Uma maneira de especificar QoS de forma flexível em termos de parâmetros é o uso de ontologias, que permitem expressar um domínio de modo familiar ao usuário, e ao mesmo tempo o processamento automatizado por sistemas computacionais. Em (PRUDÊNCIO, 2009a), (PRUDÊNCIO, 2009b), é definido NetQoSOnt, uma ontologia que não somente fornece uma base para criar especificações de QoS em vários níveis da rede, mas que permite relacionar esses níveis entre si, estabelecendo equivalências de especificações e possibilitando a comparação de especificações utilizando inferência em ontologias.

1.1 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Nesta dissertação é proposto um novo mecanismo para negociação dinâmica de QoS em sessões SIP com flexibilidade de especificação de QoS. Ela permite que usuários do serviço possam invocar dinamicamente a QoS para suas sessões SIP. Note que as sessões SIP podem ser estabelecidas para diversos tipos de aplicações, do tipo VoIP, videoconferência, TV-IP e jogos on-line.

Nesta proposta, a definição dos parâmetros de QoS da sessão SIP é feita através do protocolo SDP, via a inclusão de um novo atributo. Esta extensão do protocolo SDP é possível porque uma das principais e vantajosas características deste protocolo é justamente ser extensível. O mecanismo proposto se baseia na extensão do protocolo SDP para a especificação da QoS. Além disso, aqui é proposto o uso de uma aplicação do protocolo de AAA Diameter (D. SUN et al., 2009), para autorização, autenticação e instalação da QoS.

A flexibilidade em termos de parâmetros de QoS pode ser obtida com o uso de ontologias para especificar conceitos de QoS. Através dela que se pode especificar a qualidade necessária utilizando qualquer conceito definido em uma ontologia publicada.

O mecanismo de invocação explícita de sessões SIP com QoS foi aplicado e validado usando a ontologia NetQoSOnt e um sistema VoIP em um domínio de rede DiffServ. Para esta experimentação, foi utilizado um servidor PBX IP Asterisk (ASTERISK, 2009) estendido de maneira a interpretar a invocação explícita de QoS e para utilizar o

protocolo Diameter. Nos testes realizados, foi comprovado o funcionamento adequado da proposta dentro de níveis aceitáveis de desempenho, ocorrendo um aumento da latência de sinalização, mas não comprometendo a qualidade das chamadas.

Objetivos Específicos

Ao final da dissertação, pretende-se alcançar os objetivos específicos listados a seguir:

- Estudar e analisar as propostas de extensão do protocolo SIP para estabelecimento de sessões com QoS.
- Estender o protocolo SIP para estabelecimento de sessões com QoS, oferecendo flexibilidade em termos de parâmetros de QoS.
- Implementar um protótipo da arquitetura proposta.
- Aplicar e testar a proposta em uma estrutura de um domínio DiffServ formado por roteadores Linux.

1.2 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÕES

Com o uso de invocação explícita de QoS, o usuário poderá definir o nível de qualidade que ele necessita para uma certa sessão de comunicação. Com isto, ele mesmo poderá definir o melhor momento de usar mais ou menos os recursos fornecidos pelo NSP e assim gerenciar melhor seu canal de comunicação. Diferente da invocação implícita que usa valores pré-fixados, a explicitação dos parâmetros de QoS oferece ao usuário uma maior autonomia na invocação do serviço.

Sabe-se que o grande problema da invocação implícita de QoS está na falta de flexibilidade de parâmetros e conseqüente limitação à plataforma adotada pelo NSP. Assim, pretende-se com esta pesquisa, oferecer uma forma mais abrangente de se oferecer QoS sem ficar dependente de apenas uma tecnologia. Com a extensão proposta ao protocolo SDP, é possível oferecer flexibilidade em termos de conceitos de QoS, tanto do ponto de vista do usuário quanto do NSP, facilitando tanto o oferecimento do recurso, quanto o uso da tecnologia.

Além do mais, ainda é grande a espera por um mecanismo de QoS mais popular e com eficácia comprovada e garantida para que o usuário tenha confiança no serviço oferecido pelos NSPs.

A motivação maior para este trabalho está no fato de não existir efetivamente uma proposta de extensão do protocolo SIP para

estabelecimento de sessões oferecendo flexibilidade em termos de parâmetros de QoS. Outra contribuição é a aplicação do protocolo SIP/SDP estendido para permitir a configuração de sessões SIP com garantias de QoS em um domínio de rede DiffServ.

1.3 TRABALHOS RELACIONADOS

Existem algumas RFCs que tratam de assuntos relacionados com a negociação de QoS no estabelecimento de sessões SIP. A RFC 3312, de (CAMARILLO; MARSHALL; ROSENBERG, 2002), define a QoS como uma das precondições da sessão SIP. Mas a RFC 3312 não define que nível de QoS que deve ser garantido. Em seguida, (HANDLEY et al., 2006), através da RFC 4566, definiu um atributo *quality* que permite especificar um número inteiro para especificar a qualidade da mídia. Mas esta RFC não define meios de especificar o nível da QoS em negociação, a não ser a vazão. Posteriormente, (POLK, DHESIKAN, CAMARILLO, 2009), através da RFC 5432, definiu novos atributos permitindo expressar os mecanismos de QoS (p.e. RSVP) desejados para a sessão, mas novamente, não permite expressar o nível da QoS para a sessão.

Existem ainda outras propostas permitindo a negociação de QoS em sessões SIP. Os autores (PARK, YANG, CHOI, 2007), alteraram a semântica do atributo *quality* definido na RFC4566 para que seus valores correspondam as classes de QoS definidas na ITU-T Y.1541 (Telecommunication...2002). Mas como cada classe Y.1541 é destinada a um tipo de aplicação, no caso de serviços VoIP, as chamadas seriam atendidas sempre com a mesma qualidade, impedindo que o usuário selecione a QoS para sua chamada.

As propostas de (POLK, 2008) e (ALEXANDER, SUPPAN, 2006) não oferecem flexibilidade de parâmetros de QoS, pois elas permitem somente expressar o nível de QoS usando parâmetros de desempenho de redes WiMax e classes Diffserv, respectivamente.

Nesta dissertação é proposta uma extensão do SDP oferecendo flexibilidade em termos de parâmetros de QoS negociados nas sessões SIP. Para tal, foi feita uma revisão da definição dos atributos propostas na RFC3312 para inclusão da especificação da QoS solicitada.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada na forma que segue. O capítulo 2 revisa conceitos associados à QoS, os contratos de serviço, as arquiteturas clássicas, além dos protocolos de autenticação e configuração. No capítulo 3 é apresentada a forma como acontece a especificação de QoS e o uso da ontologia através da NetQoSOnt. O capítulo 4 revisa conceitos básicos do protocolo SIP, principalmente as operações envolvidas no estabelecimento de sessões. A proposta de extensão do protocolo SIP/SDP é apresentada no capítulo 5. No capítulo 6 é mostrada uma aplicação do protocolo SIP/SDP estendido para permitir o estabelecimento de sessões SIP com QoS em um domínio de rede DiffServ para permitir a sinalização de sessões SIP com garantias de QoS. Por fim, as conclusões obtidas com este trabalho e sugestões de trabalhos futuros são apresentadas no capítulo 7.

2 QUALIDADE DE SERVIÇO

Um termo já muito popular entre os usuários de tecnologias multimídia, a Qualidade de Serviço tem se tornado indispensável para manutenção da qualidade das apresentações. Diversas aplicações, como Voz sobre IP (VoIP), videoconferência, IPTV, têm como requisito básico a garantia de certo nível de qualidade da apresentação. Este nível de qualidade pode ser mapeado sobre uma série de parâmetros de QoS do tipo taxa de bits, atraso, taxa de perda de pacotes, etc.

Este capítulo apresenta alguns conceitos imprescindíveis para esta dissertação. Serão apresentadas as definições de contrato de serviço SLA/SLS, bem como as arquiteturas clássicas de QoS, bem como alguns protocolos de AAA (*Authentication, Authorization & Accounting*) e de configuração de equipamentos de rede.

2.1 SLA/SLS

Um serviço de comunicação com garantias de QoS deve permitir aos clientes do serviço negociarem os níveis de qualidade para os serviços de comunicação que deveriam ser garantidos pelo NSP. Para se obter um nível de QoS, cliente e NSP devem definir as regras da negociação dos serviços oferecidos que regulamentam a solicitação e liberação de certo nível de QoS.

As condições do oferecimento de serviço de comunicação são pré-estabelecidas em um contrato firmado entre as partes e assinado para não haver discordância. A este contrato firmado entre clientes e NSP se dá o nome de Acordo de Nível de Serviço (SLA - *Service Level Agreement*). Nele estão inclusos, entre outros, os níveis de qualidade a serem garantidos para os tráfegos de rede do cliente. Estes níveis de qualidade estão definidos na forma de uma lista denominada de Especificações de Nível de Serviço (SLS - *Service Level Specification*). São os SLSs que na verdade definem os níveis de qualidade que o cliente poderá fazer uso e o NSP garantir. Cada SLS utiliza um conjunto de parâmetros de QoS para especificar o nível de desempenho de um determinado serviço ou tráfego.

Além das especificações de QoS, um contrato SLA/SLS também estabelece questões como responsabilidades e auditoria, além de todo um monitoramento dos serviços prestados.

Somente após a assinatura do SLA é que acontece a configuração dos equipamentos de rede para a efetiva operacionalização dos termos de oferecimento do serviço.

2.1.1 Formatos de SLA/SLS

Atualmente não existe um padrão definido de contrato SLA/SLS e de parâmetros de QoS. Cada NSP adota seu formato de SLA/SLS de acordo com as tecnologias de rede e QoS adotadas, e inclusive podendo adotar termos comerciais específicos do NSP.

Uma tentativa de padronização de parâmetros de SLS foi realizada no contexto do projeto TEQUILA (TEQUILA...2010), na forma de um Draft IETF (GODERIS et al., 2010). Mais especificamente, este Draft IETF propôs uma lista de atributos básicos para a especificação de nível de serviço (SLS) para redes IP. A tabela 1 resume estes parâmetros de SLS.

Tabela 1 - Parâmetros de SLS definidos pelo projeto TEQUILA

Nome	Descrição
<i>SLS Identification</i>	Usado para identificar o SLS e seus respectivos serviços.
<i>Scope</i>	Indica os limites de aplicação do SLS no domínio.
<i>Flow Identification</i>	Identifica a política a ser aplicada a cada pacote.
<i>Traffic Envelop and Traffic Conformance</i>	Descreve as características de tráfego do pacote e os parâmetros de garantia.
<i>Excess Treatment</i>	Descreve o que fazer quando o tráfego excede o limite.
<i>Performance Guarantees</i>	Garantia de serviço oferecida.
<i>Service Schedule</i>	Indica quando o serviço estará disponível.
<i>Reliability</i>	Indica tempo de disponibilidade do serviço.
<i>Monitoring</i>	Indica os parâmetros que devem ser monitorados e relatados.

Porém, a limitação do draft proposto pelo projeto Tequila está em fixar a lista de parâmetros SLS e não oferecer flexibilidade no estabelecimento de parâmetros para o SLS, em função justamente da heterogeneidade dos serviços e recursos de rede disponíveis nos diversos NSPs.

2.1.2 SLAs Estáticos e Dinâmicos

Um SLA/SLS é dito estático quando a negociação é feita manualmente durante a fase de registro do serviço. Este tipo de SLA tem validade de longo prazo. Ela pode até ser renegociada, mas isto também é feito de forma manual, podendo levar horas e até dias para se efetivar. Isto gera configurações nos dispositivos de rede que são praticamente imutáveis. Por exemplo, para um serviço de VoIP, pode-se negociar um SLS estático que define o nível de qualidade que este tráfego será atendido. Nesta situação, a QoS a ser oferecida para uma chamada VoIP independe dos usuários envolvidos.

Alguns trabalhos, como (MYKONIATI et al., 2003) e (CHAKRAVORTI, D'ARIENZO, CROWCROFT, 2003) propõem esquemas de provisionamento dinâmico de QoS mais adaptados à flexibilidade e à automatização desejada aos serviços de rede com garantias de QoS. No provisionamento dinâmico, os relacionamentos entre NSPs, clientes e usuários são mais complexos. Diferente de um SLA estático, negociado manualmente entre um cliente e um NSP, os esquemas de provisionamento dinâmico de QoS permitem a clientes e fornecedores automaticamente negociarem ou renegociarem seus SLAs. Eles permitem também que os usuários especifiquem o nível requerido de QoS (SLS) durante a invocação do serviço.

Tanto o SLA estático quanto o dinâmico podem ser renegociados. A diferença entre eles está no tempo gasto para efetuar a operação. Em um SLA dinâmico, o período de tempo na negociação e na operação de instalação deve ser da ordem de milissegundos até poucos minutos. Já em SLA estático a negociação pode levar dias por causa das operações manuais envolvidas.

Enquanto um SLA estático possui uma série de SLSs estáticos para especificação do nível de serviço, o SLA dinâmico possui tanto SLSs dinâmicos quanto estáticos e ambos podem ser renegociados. Porém, neste caso, os SLSs estáticos possuem longo período de validade enquanto os dinâmicos têm validade de curto prazo.

2.2 ARQUITETURAS DE QOS CLÁSSICAS

A IETF tem proposto vários modelos de serviço e mecanismos para satisfazer a necessidade de QoS na Internet. O objetivo é proporcionar um melhor controle sobre o tráfego na Internet, na forma de priorização de certas aplicações (com certas restrições temporais) em detrimento do restante (tráfego essencialmente melhor esforço). Entre

estes trabalhos estão o modelo Serviços Integrados/RSVP (YAVATKAR; PENDARAKIS; GUERIN, 2000) e o modelo Serviços Diferenciados (BLACK et al., 1998).. Eles são descritos nas duas próximas seções.

2.2.1 IntServ

A arquitetura de serviços integrados, ou IntServ (YAVATKAR; PENDARAKIS; GUERIN, 2000), oferece garantia através da reserva de recurso para uso da rede.

Segundo (PEREIRA; MONTEIRO, 2002), o modelo IntServ fornece garantias de QoS individualmente a cada fluxo. Para tal, a arquitetura IntServ oferece mecanismos para criar caminhos de rede com recursos reservados para garantir a qualidade de fluxos individuais. Para o estabelecimento deste caminho com recursos reservados, a arquitetura IntServ adota o protocolo de sinalização RSVP (*Resource ReSerVation Protocol*).

Conforme Prudêncio (2009a), o modelo IntServ oferece duas classes de serviço:

- Serviço Garantido: utilizado por aplicações que necessitam de garantias de atraso máximo e banda mínima.
- Serviço de Carga Controlada: oferece ao cliente um fluxo de dados com uma qualidade de serviço semelhante ao serviço de melhor esforço em uma rede não congestionada. Não existem garantias de limites de atraso. A garantia é estatística.

Como apontado em (MARQUES; MOTTER, 2003) e (VIEIRA, 2009), o modelo IntServ possui problemas de escalabilidade. Ele opera com reserva antecipada de recursos entre a origem e o destino para garantir o processamento dos pacotes que pertençam ao fluxo. Para garantir que os fluxos não consumam recursos além do solicitado, é necessário realizar o policiamento de todos os fluxos. No caso de roteadores de núcleo, centenas de fluxos podem passar por ele, desta forma, grande parte de sua capacidade de processamento será utilizada para o gerenciamento de processos ligados ao IntServ. Isto pode comprometer o desempenho de sua atividade fim que é realizar o roteamento de pacotes (PEREIRA; MONTEIRO, 2002). Devido a estas limitações, o IntServ é mais indicado a redes pequenas, fato que limita muito o seu uso e faz com que a arquitetura Diffserv, apresentada na próxima seção, seja mais utilizada.

2.2.2 DiffServ

Diferente da IntServ, a arquitetura DiffServ, de Black et al. (1998), ou serviços diferenciados, é um método utilizado na tentativa de conseguir QoS em grandes redes, mesmo operando sobre grandes volumes de dados.

No DiffServ, os pacotes são marcados diferentemente para indicar a que Classe de Serviço (CoS) o pacote pertence. Pacotes de CoS diferentes recebem diferentes serviços, com diferentes qualidades. O campo DS (*Differentiated Service*) do cabeçalho do pacote IPv4 e o campo *Class* do cabeçalho do pacote IPv6 são usados para indicar a qual CoS o pacote pertence. Estes campos podem ser marcados pelas próprias aplicações fontes do tráfego, mas em geral, esta marcação é realizada nos roteadores de borda. Após a marcação, cada roteador no caminho do tráfego oferece um tratamento de encaminhamento particular, ou PHBs (*Per-Hop Behaviors*), dependendo da CoS do pacote. PHB é o comportamento observável externamente de um pacote em um roteador suportando DS.

2.2.2.1 Campo DS e classes de Serviço

O campo DS (Differentiated Service) do cabeçalho do protocolo IP, de um tamanho de 8 bits, é composto de um campo DSCP (Differentiated Service Code Point) é formado por 6 (seis) bits, mais 2 bits reservados para utilizações futuras. O campo DSCP indica o PHB que o roteador deve dar ao pacote, ou em outros termos a Classe de Serviço na qual o pacote foi classificado.

O campo DSCP possibilita uma quantidade de 2^6 classes de serviços. Com base nisto, a IETF definiu algumas classes pré-definidas de QoS. Dentre elas, tem-se a classe BE (*Best-Effort*), para os pacotes sem necessidade de garantia de QoS, ou seja, correrão o curso normal da Internet de melhor esforço. Já entre as classes que realmente oferecem um tratamento especial de nível de qualidade definidas pela IETF, tem-se a classe EF (*Expedited forwarding*), que exige menor atraso, menor perda de pacotes e menor *jitter*, característica principal em aplicações envolvendo voz e vídeo. Outra classe de serviços *DiffServ* é a AF (*assured forwarding*) que foi sugerida para aplicações que necessitam de confiabilidade e prioridade maior no tráfego de dados com relação ao que é oferecido pelo serviço melhor esforço (BE). O encaminhamento

assegurado (AF) é composto por um grupo de PHB's que criam uma hierarquia de classes de serviço. AF na realidade fornece quatro classes com diferentes níveis de garantias. Estas classes são referenciadas como AF_{nm}, onde “n” é o número da classe (1 a 4) e “m” é o valor de precedência de descarte (1 a 3), conforme Tabela 1 abaixo.

Tabela 2 - Subclasses da Classe AF

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Baixo Descarte	AF11 (DSCP 10)	AF21 (DSCP 18)	AF31 (DSCP 26)	AF41 (DSCP 34)
Médio Descarte	AF12 (DSCP 12)	AF22 (DSCP 20)	AF32 (DSCP 28)	AF42 (DSCP 36)
Alto Descarte	AF13 (DSCP 14)	AF23 (DSCP 22)	AF33 (DSCP 30)	AF43 (DSCP 38)

A partir destas classes AF, algumas medidas de prioridade estão definidas para tráfegos em diferentes classes. Se houver congestionamento entre pacotes de diferentes classes, será dada a prioridade ao tráfego de classe mais alta (Differentiated...2010), ou seja, ao ocorrer um congestionamento na rede que definir a necessidade de descarte de pacote, serão descartados primeiro os pacotes marcados com classe de alto descarte.

2.2.2.2 Negociação da QoS

Na arquitetura DiffServ, as negociações de serviço são definidas através dos contratos SLA/SLS, como apresentado na seção 2.1. Estes acordos especificam em que classes os tráfegos do cliente serão classificados, e qual o volume de dados será associado a cada classe.

2.2.2.3 Operações Envolvidas

As aplicações dos usuários podem marcar os campos DS de cada pacote para indicar o serviço desejado, mas em geral, quem realiza esta operação são os roteadores de ingresso dos pacotes em um domínio DiffServ, os chamados roteadores de borda.

No ingresso às redes ISP, ocorre a classificação, policiamento, marcação, descarte e conformação do tráfego. As regras de classificação, policiamento e condicionamento de tráfego usadas nos roteadores de ingresso são derivadas a partir dos SLAs. O montante de espaço de armazenagem necessário para estas operações também é derivado dos SLAs.

Se o tráfego ultrapassar o estabelecido no contrato, podem ser cobradas taxas ao emissor, estabelecidas no próprio contrato. Pode

estabelecer-se também uma política que descarte os pacotes se não encontrar espaço disponível no buffer.

Dentro do domínio DiffServ, os roteadores de núcleo apenas dão o tratamento PHB adequado ao pacote de acordo com os valores dos campos DS.

2.2.3 Comparação com o IntServ

A principal diferença entre as arquiteturas DiffServ e IntServ está na reserva de recurso e conseqüente disponibilidade para grande fluxo de dados.

Uma desvantagem do DiffServ é que, em razão do modelo de segurança imposto, ele oferece segurança de forma relativa: quem tem maior prioridade será mais seguro e as aplicações com tráfego de maior prioridade terão garantia de melhor desempenho. Ainda assim, dependendo do volume de tráfego, tanto a aplicação com maior quanto a com menor prioridade terão um desempenho bem inferior ao desejado devido ao congestionamento na rede.

As vantagens do DiffServ estão no fato das operações de classificação, policiamento e condicionamento serem necessárias somente nos roteadores de borda. Os roteadores de núcleo necessitam apenas oferecer o PHB esperado pelas CoS. Assim, o DiffServ não consome tanto processamento nos roteadores de núcleo quanto no IntServ, onde todos roteadores, tanto de borda quanto de núcleo, têm que realizar a classificação, condicionamento e encaminhamento adequado. Além disso, o número de CoSs é limitado, indicado pelo campo DS. Como a quantidade de informação de estado alocado é proporcional ao número de CoS, o consumo de espaço nos buffers dos roteadores é menor. No caso do IntServ, a quantidade de informação de estado é proporcional ao número de fluxos, que aumenta de acordo com o número de fluxos que trafegam na rede. Logo, o DiffServ resulta em um mais baixo consumo de recursos nos roteadores se comparado ao IntServ (JÚNIOR, 2000).

2.3 PROTOCOLOS DE AAA E DE CONFIGURAÇÃO DE QOS

Em ambientes corporativos, um dos objetivos constantes é a redução de custos. Assim, muitos clientes corporativos têm interesse em poder controlar o uso dos serviços de rede e, conseqüentemente, os seus custos. Nas soluções que suportam invocação explícita de QoS exigem-se mecanismos de AAA (*Authentication, Authorization and*

Accounting), onde são feitas a verificação da identidade do usuário requerendo o serviço, a autorização de uso do recurso e a contabilidade deste uso (ROYER; WILLRICH; DIAZ, 2008, pp.68-75). Desta forma, é possível controlar o uso dos serviços de rede e, portanto, controlar as despesas envolvidas nestes serviços.

Depois de autorizada, é necessário configurar os equipamentos de rede para que a QoS solicitada na sessão seja efetivamente oferecida. Para tal, são necessários protocolos de configuração de rede, como o NetConf (ENNS, 2006), COPS (DURHAM et al, 2000), ou SNMP (CASE et al, 1990).

Esta seção apresenta como exemplos o protocolo AAA Diameter (Calhoun et al, 2003) e o protocolo de configuração de rede NetConf (ENNS, 2006).

2.3.2 Diameter

Dentre os protocolos usados para o serviço de AAA, podem ser citados o Radius (ASTERISK, 2009) e o seu sucessor, o Diameter (ROSENBERG et al.,2002). Ambos utilizam o conceito de AVP (*Attribute-Value Pair*) para transportar parâmetros entre cliente e servidor AAA.

O Diameter é um protocolo usando entre servidores de AAA e qualquer entidade na rede solicitando os serviços de AAA. Baseado no Radius, ele foi concebido como um protocolo extensível e adaptável às necessidades das aplicações.

As chamadas aplicações Diameter estendem o protocolo de base adicionando novos comandos e/ou atributos adequados às necessidades das aplicações. Por exemplo, a RFC 4740 especifica a aplicação Diameter SIP, que é projetada para ser usada em conjunto com SIP e oferece um cliente Diameter co-aloado com um servidor SIP, com a habilidade de pedir a um servidor SIP a autenticação dos usuários e autorização de uso de recursos SIP.

Outra aplicação Diameter importante para este trabalho é a Diameter QoS (SUN et al., 2009), que descreve um framework, mensagens e procedimentos para que elementos de rede interajam com servidores Diameter em procedimentos de alocação de recursos em redes. Na RFC 5866 são definidas quatro novas mensagens para solicitação de autorização e instalação de QoS, conforme ilustrado na figura 1. A solicitação de autorização de serviços com QoS (Figura 1a), envolve as mensagens QoS-Authorization-Request (QAR) e QoS-Authorization-Answer (QAA). Caso o pedido seja atendido com

sucesso, é possível realizar a instalação da QoS (figura 1b), envolvendo as mensagens QoS-Install-Request (QIR) e QoS-Install-Answer (QIA). As mensagens do protocolo Diameter (ROSENBERG et al.,2002) também são usadas, em particular, as mensagens Abort-Session-Request (ASR) e Abort-Session-Answer (ASA) são usadas para abortar a sessão autorizada.

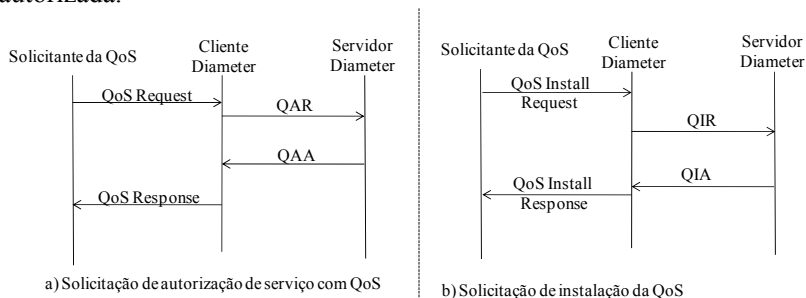


Figura 1 - Diagrama de seqüência de interações QoS Diameter

Na aplicação Diameter QoS, quando ocorre uma solicitação de reserva de recurso, o cliente Diameter envia uma mensagem QAR (*QoS Authorization Request*) para o servidor Diameter. A mensagem QAR inclui, dentre outros parâmetros: (i) o ID da sessão, (ii) o ID de autorização da aplicação, (iii) o host de origem, (iv) o domínio de origem, (v) o domínio de destino, (vi) o tipo de requisição de autorização (somente autorização, somente autenticação ou ambos), (vii) o host de destino, (viii) o nome do usuário e outros dados do usuário, e (viii) a especificação de QoS desejado.

2.3.3 NETCONF

Como visto anteriormente, após a negociação de SLA, é necessário configurar os equipamentos de rede para que os tráfegos especificados nos SLs tenham o tratamento adequado conforme também especificado nestes SLs. Para tornar efetiva uma qualidade exigida pela aplicação do cliente, o NSP deve configurar seus roteadores para que aceitem tal especificação e permitam o acesso à rede. Esta configuração se dá através de uso de uma linguagem de comunicação que fará o atendimento da necessidade. Para tornar mais fácil e ágil esta comunicação entre os elementos de rede envolvidos, existem padrões pré-estabelecidos que interligam provedor e roteador. No caso da arquitetura DiffServ, por exemplo, esta configuração é necessária para

as corretas operações de classificação, marcação, policiamento, condicionamento e repasse dos pacotes nos roteadores de borda da rede.

Para a configuração dos roteadores de borda é necessário a utilização de protocolos de configuração. Um dos protocolos que foi muito adotado em diversos projetos de pesquisa na área de QoS é o COPS-PR (CHAN et al., 2001). Ele é um protocolo usado para controlar as políticas aplicadas nos dispositivos de rede. Nos últimos anos, a IETF padronizou o protocolo NETCONF (ENNS, 2006), uma alternativa mais simples, baseada em XML, que facilita o desenvolvimento de soluções interoperáveis.

O protocolo NETCONF utiliza um modelo de comunicação baseado em chamada de procedimento remoto (RPC – *Remote Procedure Call*) e utiliza XML para codificação. Os elementos XML que simulam o paradigma RPC são:

- <rpc>, usado pelo gerente para encaminhar um pedido ao agente. Ele contém um identificador da mensagem <message-id> e a operação solicitada;
- <rpc-reply>, que é usado pelo agente para responder o pedido do gerente. Ele contém o mesmo <message-id> do pedido e o resultado da operação.

As operações possíveis são:

- <get>, recupera informações sobre a configuração atual e o estado do dispositivo;
- <get-config>, recupera total ou parcialmente as informações de configuração;
- <edit-config>, altera uma configuração;
- <copy-config>, copia uma configuração;
- <delete-config>, exclui uma configuração;
- <lock>, bloqueia a configuração de um dispositivo contra alterações;
- <unlock>, encerra um bloqueio anterior;
- <close-session>, encerra a sessão NETCONF;
- <kill-session> aborta a sessão NETCONF.

Para o transporte das mensagens são considerados os protocolos SSH, SOAP, BEEP e TLS.

2.4 ESPECIFICAÇÃO DE QOS E A NETQOSONT

Em diversas operações relacionadas ao gerenciamento da QoS, como a negociação e invocação explícita do serviço com QoS, é

necessário especificar os parâmetros da qualidade solicitada. Há uma grande diversidade de soluções de QoS utilizadas pelas NSPs, sendo que cada uma adota terminologia e definições próprias. Este fato torna difícil o desenvolvimento de soluções de negociação de QoS válidas em todos os cenários.

Em se tratando de serviços Web (*Web Services*), existe um problema correlato, referente à distinção de serviços web que realizam a mesma tarefa, para os quais é necessário distingui-los quanto a seus requisitos não funcionais, incluindo a QoS oferecida pelo serviço. Para resolver este problema, vários trabalhos na área de Web Services adotam ontologias para a especificação da QoS fornecida.

Uma ontologia, na área da informática, compreende “uma especificação explícita e formal da conceitualização de um domínio de interesse” (DAVIES; STUDER; WARREN, 2006). O termo formal nesta definição significa que a especificação é a base para de toda ontologia. Basicamente, uma ontologia constitui um conjunto de conceitos e as relações entre eles. Ao uso de ontologias está associado o uso de motores de inferência, que a partir da definição das classes podem inferir novas relações entre elas, relações que antes não estavam codificadas previamente na ontologia.

Prudêncio, (2009a) e Prudêncio, (2009b) apresentam uma ontologia para a especificação de QoS em serviços de rede, chamada NetQoSOnt. Esta ontologia está sendo desenvolvida utilizando OWL 2.0 (MCGUINNESS; HARMELEN, 2004) e utilizam características desta nova versão da linguagem OWL para a comparação de parâmetros de QoS através de inferência em ontologias.

A NetQoSOnt é uma ontologia orientada à especificação de QoS utilizando uma lista extensível de parâmetros de QoS em qualquer nível dos serviços de redes. Ela permite a especificação de parâmetros de QoS e de métricas, a especificação dos relacionamentos/mapeamentos entre parâmetros e métricas, a interpretação automática destes parâmetros de modo a realizar comparações de maneira automática.

A NetQoSOnt foi desenvolvida em OWL 2.0, versão que supera várias das limitações das versões anteriores da OWL usadas pelas ontologias de QoS para WS (*Web Service*). Em particular, o suporte a restrições de tipos de dados do OWL 2.0 permite o desenvolvimento de um novo tipo de modelagem, que permite a comparação de parâmetros de QoS diretamente dentro do contexto de inferência em ontologias, sem a necessidade de motores de regras SWRL (*Semantic Web Rule Language*) ou algoritmos ad hoc.

2.4.1 Módulos da NetQoSOnt

A NetQoSOnt especifica o conceito de camada (Layer) e define um conjunto de módulos em separado. Alguns desses módulos correspondem às camadas da pilha TCP/IP. O conceito de camadas é importante para modelar a QoS em redes de computadores, pois os parâmetros de qualidade de uma camada podem depender de parâmetros das camadas inferiores. Graças a esta modelagem, a NetQoSOnt permite especificar o mapeamento entre parâmetros independentes de tecnologia e parâmetros dependentes de tecnologia (PRUDÊNCIO, 2009a).

A figura 2 apresenta os módulos e suas principais classes definidas em NetQoSOnt. Cada módulo engloba classes de uma das camadas da pilha TCP/IP. Adicionalmente, foram acrescentados um módulo para agregar especificações de QoS no nível de usuário e outro com conceitos de base que são reutilizados por todos os outros módulos.

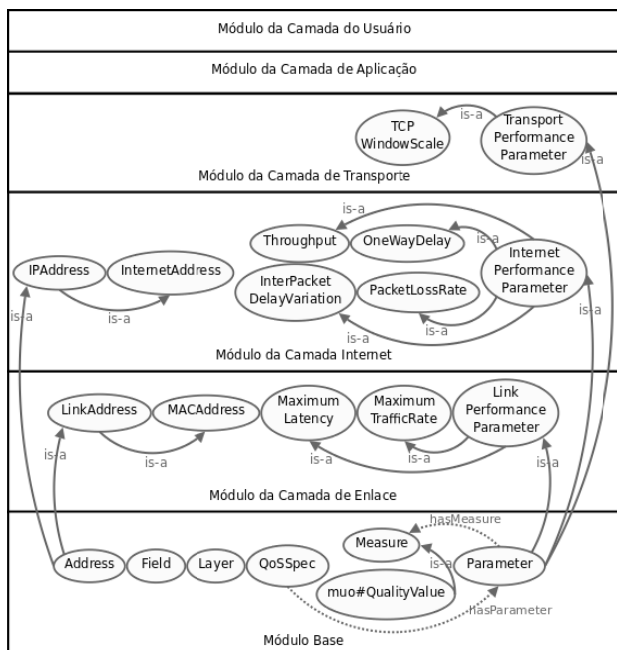


Figura 2 - Alguns conceitos da NetQoSOnt.

O módulo Base é constituído de vários conceitos, sendo os mais importantes são mostrados na figura 2. O conceito *QoSSpec* define a

especificação de QoS e pode ser usado para descrever uma classe de serviço de um provedor na Camada de Internet ou os requisitos de um usuário na Camada do Usuário. *Parameter* define o conceito de parâmetro de qualidade que descrevem uma especificação, enquanto *Measure* é usado para definir o valor (quantitativo ou qualitativo) que cada parâmetro oferece.

O módulo da Camada de Enlace descreve parâmetros de desempenho e outros conceitos da camada de enlace da pilha TCP/IP. Por exemplo, a classe *Address* está especializada neste módulo para criar a classe *LinkAddress*, que representa de modo genérico os tipos de endereços existentes nesta camada. Um dos tipos possíveis é *MACAddress*, uma especialização de *LinkAddress* para representar endereços físicos de placas de rede. *Parameter* está especializado em *LinkPerformanceParameter*, de modo a definir parâmetros de desempenho específicos para a camada de enlace.

Na figura 2 são representados dois exemplos de parâmetros de QoS da camada de enlace que são baseados no padrão IEEE 802.16e: *MaximumTrafficRate* e *MaximumLatency*.

No módulo da Camada Internet são descritos parâmetros de qualidade e outros conceitos envolvendo especificamente a camada Internet. *InternetPerformanceParameter* é usado para descrever parâmetros de desempenho da camada Internet. Baseado nas RFCs 2680, 2679, e 3393, foram especificados os parâmetros *PacketLossRate*, *OneWayDelay*, *PacketDelayVariation* e *Throughput*.

No módulo da Camada de Transporte são descritos parâmetros de desempenho e outros conceitos da camada de transporte da pilha TCP/IP. Aqui foram definidos conceitos relacionados aos campos de cabeçalho do TCP e UDP. Como exemplo na figura 2 o parâmetro *TCPWindowScale* é uma especialização de *TransportPerformanceParameter*. Este parâmetro, definido na RFC 1323, é uma extensão à janela de recebimento do protocolo TCP que influencia diretamente a vazão do tráfego na rede (PRUDÊNCIO, 2009a).

Os módulos Camada de Aplicação e Usuário definem conceitos de QoS no nível de aplicação e de usuário (QoE – *Quality of Experience*). Reutilizando estes conceitos, os desenvolvedores de aplicações e organizações podem definir novos conceitos para expressar qualidade nestes níveis.

2.4.2 Especificação de QoS e Inferência

A figura 3 exemplifica o uso da NetQoSOnt na criação de uma especificação de QoS em nível de usuário, utilizando o parâmetro MOS. A camada de QoE, representada pelo Módulo de Usuário da NetQoSOnt, possui uma subclasse de *Parameter*, *UserPerformanceParameter*, utilizada para criar o parâmetro *MOS* (uma subclasse de *UserPerformanceParameter*). Uma especificação de QoS que represente $MOS \geq 4.5$ é especificada através da criação de uma subclasse de *QoSSpec*, *MOS4.5-Spec*. Esta última se relaciona com o parâmetro *MOS* através da propriedade *hasParameter*. O valor " ≥ 4.5 " é representado através de uma subclasse de *Measure* *MOS4.5*.

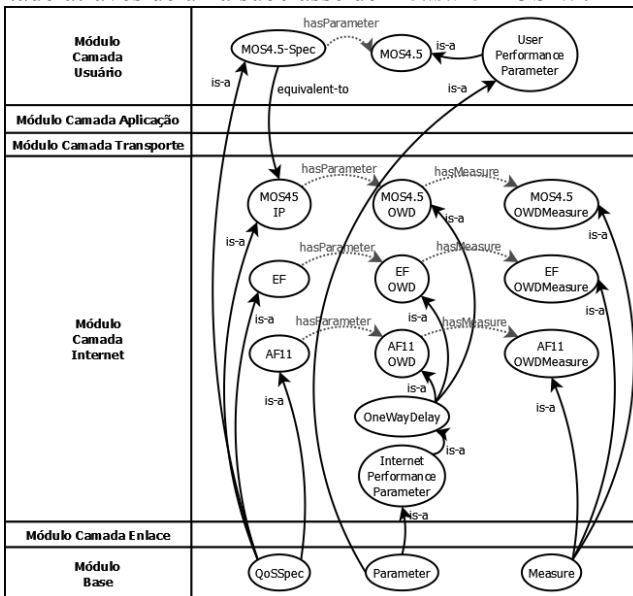


Figura 3 - Exemplo de uso da NetQoSOnt.

Em geral, uma determinada QoS em uma camada de rede implica, ou pode-se dizer que é equivalente, em outra QoS nas camadas inferiores. Em NetQoSOnt, isso é representado utilizando a equivalência de classes em ontologias. Continuando o exemplo da figura 3, suponha que é necessário representar a qualidade que *MOS4.5-Spec* implica na camada de rede. Para isso, cria-se uma nova subclasse de *QoSSpec*, *MOS4.5IP*. Normalmente, uma especificação de QoS de rede é feita em termos de atraso, variação de atraso, e taxa de perda de pacotes da rede.

NetQoSOnt possui conceitos para representar estes conceitos, como *OneWayDelay* (que representa atraso), um parâmetro da camada de rede, representada pelo módulo Internet da NetQoSOnt. Para simplificar a explicação sobre *MOS4.5IP*, a figura 3 apresenta apenas o atraso que *MOS4.5* implica, que é ≤ 150 ms. Para representar este atraso, é criada uma subclasse de *OneWayDelay*, *MOS4.5IP-OWD*, e *MOS4.5IP* é relacionada a *MOS4.5IP-OWD* através de *hasParameter*. O valor 150 ms é representado por uma subclasse de *Measure*, *MOS4.5IP-OWD-Measure*, que está relacionada ao intervalo ≤ 150 (através da propriedade *qualityLiteralValue*) e à unidade *millisecond* (através da propriedade *measuredIn*). Finalmente, para representar que $MOS > 4.5$ implica em atraso ≤ 150 ms, é codificado na ontologia de modo que as classes *MOS4.5* e *MOS4.5IP* sejam equivalentes.

NetQoSOnt é utilizada também para comparar especificações de QoS de maneira automatizada, graças a modelagem das especificações, que torna a comparação um problema de herança de classes. Através do uso de um motor de inferência, uma nova hierarquia das classes que representam especificações de QoS é calculada, e a partir da nova hierarquia é possível descobrir se duas ou mais especificações de QoS estão relacionadas, e qual oferece melhor qualidade. Esse processo é descrito a seguir.

A figura 3 apresenta também a especificação da QoS garantida por algumas classes de serviço de um NSP, no caso elas são nomeadas EF e AF11. No domínio do NSP é garantido que o tráfego na classe AF sofra um atraso máximo de 100ms. Essa classe de serviço é representada em NetQoSOnt através de uma subclasse *QoSSpec EF*, e o parâmetro de atraso é representado de maneira análoga a feita para a classe *MOS4.5IP*.

Importando as classes do NSP e as que representam a especificação de QoS em um motor de inferência, é possível comparar diretamente *MOS4.5* (uma especificação da camada de usuário) com *EF* (especificação da camada de rede). Isso é possível, pois a equivalência entre *MOS4.5* e *MOS4.5IP* faz com que *MOS4.5* herde o parâmetro de atraso de *MOS4.5IP*. Como os atrasos de *MOS4.5* e *EF* são definidos de maneira análoga, os intervalos de valores são comparados diretamente e como $100 < 150$, a conclusão final do motor de inferência é que *EF* é subclasse de *MOS4.5*, e por isso possui uma qualidade melhor.

Um sistema de gerência de QoS do NSP poderia utilizar esta conclusão para descobrir quais de suas CoSs atendem um pedido feito pelo usuário. No exemplo dado, *MOS4.5* representaria o pedido do usuário e *EF* a CoS do NSP.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo tratou dos conceitos iniciais de Qualidade de Serviço e suas principais formas de aplicação. Foram apresentados os conceitos de QoS, contratos de serviço, arquiteturas básicas de QoS e os protocolos de autenticação e configuração de uma QoS a rede.

Aqui, foi apresentado, ainda, o uso de ontologia para especificação de QoS e a NetQoSOnt, aqui utilizada para validar os trabalhos.

O próximo capítulo tem por objetivo apresentar conceitos básicos do SIP, um dos principais protocolos de sinalização multimídia existentes. No capítulo será abordado o formato do protocolo SIP, sua estrutura de mensagens para especificação da sessão, seu protocolo companheiro, o SDP, além da forma do estabelecimento de QoS no SIP e como se dá a extensão deste, que será a base para a proposta de invocação de QoS deste trabalho.

3 PROTOCOLO SIP

O SIP (ROSENBERG et al.,2002) é o protocolo de sinalização recomendado pela IETF para estabelecimento de sessões de comunicação mais utilizado hoje nas redes IP. Ele não é apenas utilizado para estabelecer sessões de VoIP, mas uma diversidade de aplicações exigindo o conceito de sessão (como conferência, jogos on-line, TV sobre IP e outros).

Este capítulo apresenta os principais conceitos do protocolo SIP, como ele é utilizado para o estabelecimento de sessões, e do protocolo SDP, que o acompanha. Além disso, este capítulo apresenta as principais propostas de negociação de sessões SIP com garantias de QoS.

3.1 CONCEITOS DE BASE

Para suporte à telefonia na Internet, a IETF (*Internet Engineering Task Force*) propôs um mecanismo simples para sinalização telefônica na rede IP, criando um protocolo chamado SIP (*Session Initiation Protocol*) (HANDLEY et al., 1999), com raízes no protocolo HTTP (*HyperText Transport Protocol*). SIP é um protocolo de sinalização e mensagens instantâneas desenvolvido para estabelecer, modificar e terminar sessões multimídia, pedir e transmitir informações de presença (status do usuário) e mensagens instantâneas. Estas sessões podem ser conferências multimídia, telefonia sobre Internet, distribuição multimídia, entre outras.

3.1.1 Componentes SIP

Para sua aplicação, o protocolo SIP exige a implantação de alguns componentes. Os principais componentes SIP são:

- *Agente-Usuário SIP*: Um dispositivo terminal (por exemplo, fone IP) compatível com SIP é chamado de agente-usuário SIP (UA). Com o nome indica, um agente-usuário permite aos usuários finais estabelecerem e encerrarem sessões de mídia. Em muitos casos, o usuário será um humano, mas o usuário pode ser outro protocolo, como no caso de um gateway (descrito na próxima seção). Um agente-usuário deve ser capaz de estabelecer uma sessão com outros agentes-usuários.

- *Servidor Proxy SIP*: é o servidor de redirecionamento de requisições e respostas SIP. Passa a realizar a sinalização como se fosse a origem da chamada, e quando a resposta lhe é enviada, ela é redirecionada para a origem real. Ele atua como cliente e servidor, sendo responsável em receber mensagens e encaminhar a outros servidores, as vezes, por meio de alguma tradução de endereços. Quando necessário, um servidor Proxy reescreve uma mensagem antes de encaminhá-la adiante. Os servidores Proxy podem também ser usados para o roteamento de mensagens e aplicar regras de segurança.
- *Servidor de Redireção* é o responsável em fornecer a um cliente a lista de endereços possíveis para se alcançar um cliente destino. Ele pode fazer o mapeamento de um endereço em nenhum ou em outros novos endereços, para alcançar um cliente destino.
- *Servidor de Registro* é o servidor SIP que suporta requisições de registro, usadas para registrar as informações dos usuários em algum Servidor de Localização.
- *Servidor de Localização* é aquele que oferece funcionalidades de armazenamento e consulta de registros de usuários SIP. Para localização, são usadas bases de dados locais ou servidores LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*), onde é possível montar diretórios de usuários e seus perfis.

3.1.2 Mensagens SIP

O SIP incorpora elementos de dois protocolos Internet muito usados: HTTP (*HyperText Transport Protocol*), usado para navegação na Web, e o protocolo SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*), usado para envio de e-mail. Do HTTP, o SIP copiou o paradigma cliente-servidor e o uso de URLs e URIs. Do SMTP, o SIP copiou o esquema de codificação de texto e o estilo do cabeçalho. Por exemplo, SIP reusa alguns cabeçalhos SMTP, como *To*, *From*, *Date*, e *Subject*.

A seguir, são apresentados os métodos de requisição do SIP:

- *Invite*: indica que o usuário está sendo convidado a participar de uma sessão multimídia. O corpo da mensagem pode conter uma descrição da sessão, utilizando-se o protocolo de descrição de sessão SDP (*Session Description Protocol*).
- *Ack* é a mensagem recebida como resposta a um INVITE. A requisição ACK pode conter o SDP de descrição da sessão negociada entre ambos os clientes. Se não contiver o SDP, o usuário

chamado pode assumir a descrição dada pelo primeiro INVITE, se houver.

- *Options* permite questionar sobre quais métodos e extensões são suportados pelo servidor e pelo usuário descrito no campo de cabeçalho <To:> . O servidor pode responder a esta pergunta com o conjunto de métodos e extensões suportado pelo usuário e por ele mesmo.
- *Bye* usado para liberar os recursos associados a uma ligação e forçar a desconexão da mesma.
- *Cancel* cancela uma requisição que ainda esteja pendente, ou seja, em andamento. Uma requisição é considerada pendente, se e somente se, ela não foi atendida com uma resposta final.
- *Register* é usado por um cliente para registrar o "alias" (apelido) do seu endereço em algum servidor SIP (*registration Server*).

3.2 ESTABELECIMENTO DE SESSÕES SIP

O estabelecimento de uma sessão SIP é iniciado através do envio de um convite pela parte de um agente-usuário SIP a outro agente-usuário SIP, utilizando a mensagem INVITE. Em geral, esta comunicação se dá por intermédio de um servidor proxy SIP. No momento do estabelecimento da sessão, este servidor pode oferecer serviços para autorização da chamada e um serviço de localização do usuário sendo chamado.

No cenário ilustrado pela figura 4, o usuário Alice inicia a chamada para Bob, ocasionando o envio da mensagem SIP INVITE para seu servidor proxy SIP. Conforme pode ser visto na figura 5, esta mensagem possui a identificação da conexão, informando a versão, 2.0, do protocolo, o IP de origem da conexão, identificado pelo campo *From*, o destino deste convite, identificado pelo campo *To*, entre outras informações de contato e configuração para o servidor SIP. O servidor Proxy SIP localiza o destinatário, Bob, e re-encaminha a mensagem INVITE a ele. O agente-usuário de Bob (ex. seu fone VoIP ou softphone) sinaliza que está sondando com a mensagem 180 Ringing, onde também seguem todas as informações anteriores sobre a chamada, como origem, destino e protocolo. Quando o usuário Bob atende ao telefone, é encaminhada a mensagem 200 OK, com as mesmas informações de registro da chamada que, depois de reconhecida, finaliza o estabelecimento da sessão. A sessão SIP é encerrada quando um dos usuários solicita o encerramento da chamada, por meio do envio da

mensagem BYE, com identificação de quem está pedindo o encerramento, se Alice ou Bob, neste exemplo. A sessão será finalmente finalizada com o reconhecimento da mensagem BYE através da mensagem 200 OK.

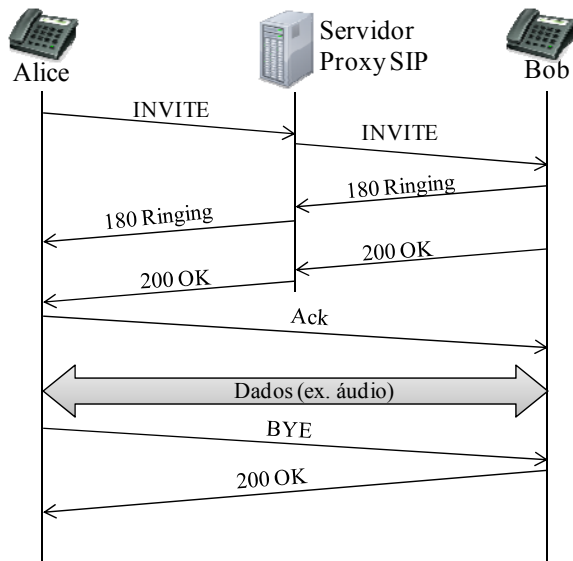


Figura 4 - Estabelecimento de uma sessão SIP.

```

SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 150.162.227.8:5060;branch=z9hG4bKF1C;
received=150.162.227.8;rport=5060
From: Alice <sip:8000@200.19.101.48>;tag=2840228299
To: Bob <sip:8001@200.19.101.48>;tag=as08c9de97
Call-ID: 36C053E6-E41C-44AB-B211-540E82CBB840@150.162.227.8
CSeq: 31090 INVITE
Contact: <sip:8001@200.19.101.48>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 286

v=0
o=Alice 797653259 797653259 IN IP4 200.19.101.48
s=Phone Call
c=IN IP4 200.19.101.48
t=0 0
m=audio 10184 RTP/AVP 3 8 101
a=rtpmap:0 PCMA/8000
a=des:qos optional e2e sendrecv
  
```

Figura 5 - Mensagem SIP INVITE.

3.3 PROTOCOLO SDP

O protocolo SIP utiliza o protocolo SDP (*Session Description Protocol*) (HANDLEY; JACOBSON, 1998) para a especificação geral de sessões multimídia. Nele são especificadas informação do tipo, endereços IP e portas de conexão, tipos de mídia, codecs utilizados, tempo de conexão, entre outros. O formato de especificação é o mesmo do SIP, ou seja, com mensagens de texto para a codificação, composta de várias linhas chamadas de campos.

A figura 5 apresenta a mensagem INVITE enviada por Alice, cujo conteúdo é uma descrição, usando SDP, dos parâmetros da sessão. Os parâmetros SDP usados nesta mensagem são:

- parâmetro *v* define a versão do protocolo SDP usada, neste caso 0;
- parâmetro *o* identifica a origem e a sessão, aqui *Alice 797653259 797653259 IN IP4 200.19.101.48* significa que o usuário é Alice, a identificação da sessão é 797653259, a versão é 797653259, o tipo de rede é *IN*, o tipo de endereço é *IP4* e o endereço é 200.19.101.48;
- parâmetro *s* define o assunto (o nome da sessão), *SIPInspector*;
- parâmetro *t* define o tempo de partida e parada (zero significa uma sessão permanente), aqui temos que nossa conexão é do tipo permanente, pois os tempos estão indicados com 0;
- parâmetro *m* define uma mídia da sessão, onde é indicada a mídia, o protocolo de transporte, e a lista de codecs suportados, aqui identificados por “*audio 10184 RTP/AVP 3 8 101*” significa que o tipo de mídia é áudio, o protocolo é RTP/AVP e os valores 3 8 101 indicam informação sobre a mídia e podem variar conforme a mídia utilizada;
- parâmetro *a* define um atributo da mídia declarada anteriormente.

3.4 QOS E OS PROTOCOLOS SIP/SDP

Uma solução para permitir a invocação explícita de serviços com QoS é realizar a negociação da QoS durante o estabelecimento da sessão SIP. O SDP é um protocolo extensível, ou seja, é possível realizar alterações nos seus campos e atributos com o intuito de conseguir a identificação mais específica do tipo de serviço da conexão. Existem

algumas propostas de extensão do protocolo SDP para permitir a sinalização do nível de QoS.

Visando incluir aspectos de QoS no SDP, a RFC 3312 (CAMARILLO; MARSHALL; ROSENBERG, 2002) definiu QoS como uma das possíveis condições da sessão SIP. Esta RFC define atributos de nível de mídia SDP:

- *current-status*: mantém o estado atual dos recursos de rede para uma mídia em particular;
- *desired-status*: permite declarar uma condição em termos de QoS para uma mídia em particular.
- *confirmed-status*: permite confirmar o estado que foi negociado.
- *precondition-type*: este trabalho considera apenas a condição em termos de QoS. Como previsto pela RFC 3312, outras condições podem ser propostas.
- *strength-tag*: permite indicar se o agente-usuário chamado pode ser alertado no caso de a rede falhar no atendimento da condição.
- *status-type*: são definidos dois tipos de estado: fim-a-fim e segmentado. O primeiro define a QoS fim-a-fim, e o segundo é quando a QoS pode ser garantida nas redes de acesso dos dois usuários.
- *direction-tag*: indica a direção em que o atributo está para ser aplicado.

Uma limitação verificada na característica da RFC 3312 é que ela não define que nível de QoS deve ser garantido na sessão SIP. A título de exemplo, na figura 5 o atributo do áudio *a=des:qos optional e2e sendrecv*, define que QoS é uma condição desejável, tanto no envio quanto na recepção. Mas, como já comentado, não é explicitado o nível de QoS desejado.

Na RFC 4566 (HANDLEY et al, 2006) é definido um atributo opcional *b (bandwidth)* que permite especificar a vazão a ser usada pela sessão ou mídia, e o atributo *quality*, que permite especificar um número inteiro para definir a qualidade da mídia. Mas, esta RFC não define meios de especificar o nível da QoS, a não ser a vazão. Além disso, o atributo de qualidade não apresenta a especificação semântica de seus valores, dificultando seu uso, dificultando principalmente a interoperabilidade.

Posteriormente, a RFC 5432 (POLK, DHESIKAN, CAMARILLO, 2009), definiu novos atributos permitindo expressar os mecanismos de QoS (como RSVP) desejados para a sessão, mas novamente, não permite expressar o nível da QoS para a sessão. Por exemplo, incluindo um novo atributo SDP ao áudio da figura 5 na forma “a=qos-mech-send: rsvp” se define que o mecanismo usado pelo emissor será RSVP. Mas novamente o nível de QoS desejado não é especificado, apenas que mecanismo de QoS deve ser usado. Neste caso, não é identificado nenhum nível de qualidade a ser usado para a reserva de recurso, somente o mecanismo e a direção, se para envio (send) ou recebimento (recv).

Veltri, Salsano, Papalilo (2002) propuseram o protocolo Q-SIP, que é uma extensão do SIP com suporte a QoS. Nesta proposta, os servidores Q-SIP fazem a reserva sem interação com o usuário. Na chegada de uma mensagem INVITE, este tipo de servidor consulta o modelo do perfil do usuário que está chamado e ele modifica a mensagem para incluir novos parâmetros de QoS, incluindo: endereços IP do servidor Q-SIP chamador e chamado, se a garantia deve ser bidirecional ou unidirecional, o identificador de domínio que garante a QoS. De qualquer forma, o nível de QoS é inferido pelo perfil do usuário, porém a proposta não detalha este aspecto.

Park et al. (2007) propuseram uma extensão do protocolo SIP para negociação de QoS para serviços de IPTV. Esta proposta altera a semântica do atributo *quality* definido na RFC4566 para que ele agora represente as classes de QoS definidas na ITU-T Y.1541 (Differentiated...2010), conforme tabela 3. Esta resolução define um conjunto de classes de QoS, onde cada classe é destinada a um tipo de aplicação. Desta forma, no caso de serviços VoIP, as chamadas serão atendidas sempre com a mesma qualidade, impedindo que o usuário efetivamente selecione a QoS. Os parâmetros de desempenho de rede estão divididos em IPTD (IP Transfer Delay), IPDV (IP Delay Variability), IPLR (IP Packet Loss Ratio) e IPER (IP Packet Error Ratio).

Tabela 3 - Classes de QoS definida na ITU-T Y.1541

Parâmetros de Performance de Rede	Classes QoS					
	Classe 0	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
IPTD	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	Não esp.
IPDV	50 ms	50 ms	Não esp.	Não esp.	Não esp.	Não esp.
IPLR	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^{-3}	Não esp.
IPER	1×10^{-4}					Não esp.

(POLK, 2002) propõe uma extensão do protocolo SDP com um novo atributo SDP, chamado DSCP, que define a classe de serviço DiffServ desejado para a mídia. Mais especificamente, este atributo permite negociar a classe de serviço DiffServ para os pacotes RTP (*Real Time Transport Protocol*) que transportam a mídia, e para os pacotes de controle RTCP (*Real Time Transport Control Protocol*). Por exemplo, “a=dscp 46/16 sendrecv” define que o fluxo RTP deveria ser classificado na classe DiffServ de DSCP 46 e os pacotes RTCP deveriam ser classificados na DSCP 16. De qualquer forma, essa proposta é útil exclusivamente para a arquitetura DiffServ, e não define explicitamente o nível de QoS desejado, pois cada NSP pode garantir certo nível de qualidade para suas classes de serviço.

Alexander; Suppan (2006) propõe uma extensão do protocolo SIP/SDP para sinalização de QoS em redes WiMAX, incluindo extensões do protocolo SDP para incluir a especificação da QoS em termos de parâmetros de desempenho associados à tecnologia WiMAX. Portanto, esta solução apenas seria adequada para esta tecnologia.

Todas as propostas anteriores não oferecem uma característica importante para os protocolos de negociação de QoS, que é a flexibilidade de parâmetros. As propostas deveriam ser flexíveis em termos de quais parâmetros de QoS seriam usados, e até em termos de qual solução de QoS adotada. A tabela 4 mostra um comparativo entre estas propostas e suas principais características.

Tabela 4 - Características das Propostas de Extensão SDP

Proposta	Fonte de Extensão	Especifica Nível de QoS	Flexibilidade de Parâmetros
RFC 3312	Atributos SDP	Não	Não
RFC 4566	Atributo opcional “b”	Não	Não
RFC 5432	Atributos para o mecanismo desejado	Não	Não
Q-SIP	Servidores Q-SIP	Sim	Não
IPTV	Altera a semântica do atributo quality na RFC 4566	Sim	Não
Draft James Polk	Atributo DSCP	Sim	Não
WiMax	Extensões ao SDP	Sim	Não

3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Este capítulo apresentou conceitos básicos dos protocolos SIP e SDP, seu componentes e formato das mensagens. Foi visto ainda como se dá o estabelecimento da sessão SIP e os elementos envolvidos nela. Finalizando o capítulo, foi visto as proposta de QoS para o SIP/SDP.

A seguir, será apresenta a proposta deste trabalho, uma nova extensão dos protocolos SIP/SDP para o estabelecimento de sessões com garantias de QoS. Será apresentada a forma proposta de estender o protocolo SDP com real flexibilidade de parâmetros.

4 ESTABELECIMENTO DE SESSÕES SIP COM GARANTIAS DE QoS

Como visto no capítulo anterior, diversos trabalhos já utilizam o protocolo SIP para negociar dinamicamente a QoS desejada para estabelecer uma sessão. Esta negociação dinâmica ocorre durante o estabelecimento da sessão SIP. Porém, as propostas atuais não oferecem flexibilidade em termos de especificação de QoS, e muitas delas são dependentes de determinadas soluções de QoS na camada de rede (p.e., DiffServ) e de enlace (p.e., WiMAX).

Neste capítulo será exposta a proposta de extensão do SDP para a negociação da QoS da sessão SIP, bem como os componentes envolvidos e o processo de sinalização e estabelecimento da sessão SIP com a requerida QoS.

O diferencial da proposta é a flexibilidade em termos dos parâmetros usados para especificar a QoS da sessão SIP, pela utilização de parâmetros especificados em uma ontologia. As ontologias já são formas usuais de prover a transparência de parâmetros de QoS no domínio de Serviços Web. Esta forma de especificar QoS oferece como uma das principais vantagens a flexibilidade em termos de especificações de QoS. Com NetQoSOnt, por exemplo, o usuário/cliente pode usar diferentes parâmetros para expressar QoS, independente dos parâmetros usados pelo NSP (e suportado por sua solução de QoS). Graças à capacidade de inferência, estes diferentes parâmetros podem ser comparados.

4.1 EXTENSÃO DO PROTOCOLO SDP

Como a maioria das propostas de extensão SIP para negociação da QoS da sessão, para a presente proposta foi necessária a criação de um atributo SDP para a especificação da QoS, associado a cada mídia da sessão ou com a seção como um todo.

Como visto no capítulo anterior, a RFC 3312 (CAMARILLO; MARSHALL; ROSENBERG, 2002) define um framework para precondições de estabelecimento de sessões e também como a QoS de rede podem ser declaradas como precondição. Mas, como já apresentado, ela não especifica efetivamente a QoS. Este trabalho propõe a inclusão de um novo campo no valor do atributo para a especificação efetiva da QoS atual e desejada. A figura 6 revisa a

definição dos atributos propostos na RFC 3312 para inclusão da especificação da QoS.

current-status	= "a=curr:" precondition-type [SP URI-reference]SP status-type SP direction-tag
desired-status	= "a=des:" precondition-type [SP URI-reference]SP status-type SP direction-tag
confirm-status	= "a=conf:" precondition-type [SP URI-reference]SP status-type SP direction-tag
precondition-type	= "qos" token
strength-tag	= ("mandatory" "optional" "none" "failure" "unknown")
status-type	= ("e2e" "local" "remote")
direction-tag	= ("none" "send" "recv" "sendrecv")

Figura 6 - Atributos da RFC 3312 estendido para especificar a QoS.

Nesta proposta, o campo opcional *URI-reference*, cuja sintaxe é definida na RFC 3986 (BERNERS-LEE et al., 2005), permite especificar a QoS usando conceitos definidos por uma ontologia. A definição dos demais campos permanece a mesma da RFC 3312.

A figura 7 apresenta a mensagem INVITE da figura 5 agora utilizando a extensão proposta. Com a presente proposta, o nível de QoS pode ser negociado durante o estabelecimento da sessão SIP. Esta figura supõe que Alice deseja que a chamada VoIP seja feita com uma qualidade de voz *http://qosvoip.org/voipqos.owl#MOS4Spec optional e2e sendrecv*, onde:

- *http://qosvoip.org/#voipqos.owl#MOS4Spec* expressa a qualidade desejada. Ela possui informações do local onde a ontologia está publicada, que contém a especificação do nível de qualidade solicitado pela aplicação. Neste exemplo, o servidor é o *qosvoip.org*, a ontologia é *voipqos.owl*, e o nível especificado é *MOS4Spec* (um conceito da ontologia *voipqos*). Aqui o termo *MOS4Spec* na URI significa que a especificação de qualidade é do tipo *MOS*>=4.
- *opcional*: indica que a QoS solicitada é do tipo opcional;
- *e2e*: informa que a QoS solicitada é fim-a-fim;
- *sendrecv*: informa que a QoS solicitada deve ser garantida nas duas direções.

```

SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP
150.162.227.8:5060;branch=z9hG4bKf1C;
received=150.162.227.8;rport=5060
From: Alice <sip:8000@200.19.101.48>;tag=2840228299
To: Bob <sip:8001@200.19.101.48>;tag=as08c9de97
Call-ID: 36C053E6-E41C-44AB-B211-540E82CBB840@150.162.227.8
CSeq: 31090 INVITE
Contact: <sip:8001@200.19.101.48>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 286

v=0
o=Alice 797653259 797653259 IN IP4 200.19.101.48
s=Phone Call
c=IN IP4 200.19.101.48
t=0 0
m=audio 10184 RTP/AVP 3 8 101
a=rtpmap:0 PCMA/8000
a=ptime:20
a=des:qos http://qosvoip.org/voipqos.owl#MOS4Spec optional e2e
sendrecv

```

Figura 7 - Mensagem SIP INVITE Usando o SDP estendido proposto neste trabalho.

A escolha da qualidade desejada para a sessão SIP pode ser feita via uma interface apropriada no agente-usuário SIP de Alice antes de ela solicitar a chamada. Outra opção é declarar a qualidade declarada no seu perfil, por exemplo, associando para cada pessoa registrada em sua agenda, a qualidade desejada.

A figura 7 é um exemplo de como a proposta oferece flexibilidade em termos de formas de especificação de QoS. Usando a proposta, os usuários e clientes de serviços de rede podem expressar QoS usando diversos tipos de parâmetros em diferentes níveis de usuário, aplicação, transporte, rede e enlace. No exemplo da figura 7, o usuário utiliza um parâmetro de QoS do nível usuário, chamado de parâmetro de Qualidade de Experiência (QoE). Valendo-se das funcionalidades da ontologia, o NSP pode interpretar esta especificação de QoS e inferir, por exemplo, se uma classe de serviço de QoS suportada atende à solicitação do usuário.

A RFC 3312 define um modo de estabelecimento de sessão onde o agente-usuário receptor da chamada apenas sinalizará a chamada ao usuário receptor após a negociação da QoS. Esta forma de funcionamento seria adequada apenas quando na precondição de QoS é obrigatória a chamada. Como a sinalização da QoS para configuração de recursos de rede pode gerar certo atraso no estabelecimento da chamada, nas chamadas onde a QoS é opcional, seria mais adequado realizar uma

sinalização de QoS em modo assíncrono ao estabelecimento da sessão. Esta opção é implementada no mecanismo proposto neste trabalho.

Outro aspecto que diferencia a presente proposta da RFC 3312 é que a negociação da QoS aqui é realizada pelo servidor SIP, e não pelo agente-usuário. O agente-usuário apenas especifica a QoS desejada. Isto é mais adequado, pois os pedidos do usuário deveriam passar por um processo de autorização da chamada. Além disso, o cliente da negociação de serviço deveria passar por um processo de autorização junto ao sistema de gerenciamento de QoS para negociar com o gerenciador de recursos de rede.

4.2 COMPONENTES DA SOLUÇÃO PROPOSTA

Como ilustrado na figura 8, o mecanismo de negociação dinâmica de QoS em sessões SIP envolve os agentes-usuários SIP, o servidor Proxy SIP e o sistema de gerência de QoS. Esta figura ilustra a aplicação da proposta onde dois usuários (Alice e Bob) estabelecem uma sessão SIP, sendo que estes dois usuários são autorizados por clientes de um único NSP. Além disso, os usuários são registrados no mesmo servidor VoIP. Em um cenário mais complexo, os dois usuários poderiam estar em diferentes domínios de rede e serem registrados em diferentes servidores Proxy SIP. Neste caso, os agentes-usuários de Alice e Bob deveria interagir com os seus respectivos Servidores Proxy SIP, que por sua vez devem interagir com seus sistemas de gerência de QoS.

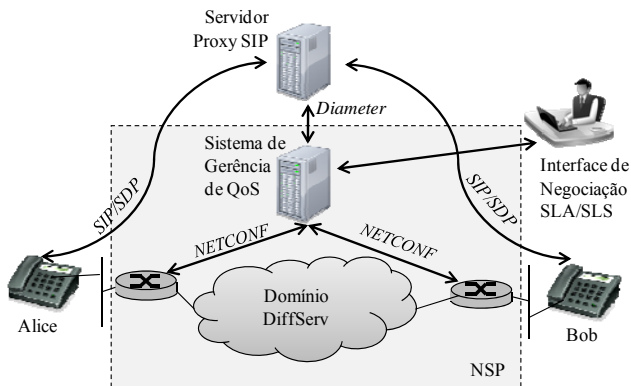


Figura 8 - Componentes do Mecanismo de Negociação de QoS.

4.2.1 Agente-usuário SIP

Os agentes-usuários SIP são utilizados pelos usuários para realizar a chamada VoIP. Para realizar a negociação explícita da QoS no estabelecimento da sessão SIP, estes agentes devem suportar a extensão do protocolo SDP proposto, bem como possuir uma interface com o utilizador para que a QoS desejada seja informada. Esta interface deve permitir ao usuário selecionar a qualidade desejada para a chamada (realizada no momento de fazer a chamada, ou registrar na sua agenda pessoal a qualidade desejada para as chamadas para cada destino cadastrado).

Durante o estabelecimento da sessão, o usuário pode indicar a qualidade desejada, por exemplo, usando valores de MOS ou então qualidades subjetivas, tipo excelente, boa, regular, ruim (que estão relacionadas com faixas admissíveis de valores de MOS). Todos estes conceitos de QoS devem ser especificados por uma ontologia. Como ilustrado no capítulo 3, uma organização poderia publicar o parâmetro de QoS MOS que poderia ser referenciado por qualquer agente-usuário SIP. Estes conceitos de QoS poderiam ser estaticamente definidos no software do agente-usuário SIP. Outra possibilidade é o agente-usuário oferecer recursos para importação de novas formas de especificar QoS, a partir da indicação do URI da ontologia que define estes conceitos.

Nem todos os agentes-usuários necessitam dar suporte à extensão SIP. Se um dos agentes não suportar o atributo de QoS, este atributo será ignorado. A QoS poderá ser pré-condição apenas se um dos agentes-usuários der suporte à extensão proposta.

4.2.2 Servidor Proxy SIP

O servidor proxy SIP deve ser capaz de interpretar a extensão do SDP proposta e interagir com o sistema de gerência de QoS para solicitar a autorização do estabelecimento da sessão SIP com garantias de QoS e a instalação/liberação da QoS acordada na sessão.

Nesta proposta, foi adotada a aplicação do protocolo AAA Diameter para QoS (HANDLEY et al., 2006). Nesta aplicação do Diameter, como apresentado na seção 2.3.2, são definidas quatro novas mensagens: QoS-Authorization-Request (QAR) e QoS-Authorization-Answer (QAA) para solicitar a autorização do serviço com QoS; e QoS-Install-Request (QIR) e QoS-Install-Answer (QIA) para a solicitação da instalação da QoS. Outras mensagens do protocolo Diameter também são usadas, em particular, as mensagens Abort-Session-Request (ASR) e

Abort-Session-Answer (ASA) são usadas para abortar a sessão autorizada.

O servidor Asterisk teve seu código alterado para realizar chamadas de procedimentos de um cliente AAA desenvolvido. Estas chamadas a procedimento são realizadas sempre no início do estabelecimento de uma sessão SIP. Neste momento, o cliente AAA realizará solicitações Diameter ao módulo servidor AAA no sistema de gerencia de QoS.

4.2.3 Sistema de Gerência de QoS

O Sistema de Gerência de QoS envolve operações de autenticação de serviços de QoS, baseadas no SLA/SLS acordado com o cliente e nos recursos disponíveis atualmente, e configuração dinâmica dos recursos de rede para atender às solicitações de QoS aceitas.

Como visto na figura 9, este sistema é composto de quatro módulos que interagem com os atores envolvidos no gerenciamento de recursos como QoS.

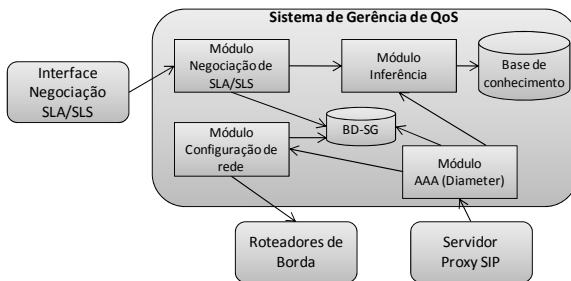


Figura 9 - Sistema de Gerência de QoS

4.2.3.1 MÓDULO DE NEGOCIAÇÃO DE SLA/SLS

O módulo de negociação de SLA/SLS é o lado servidor de uma interface Web permitindo ao cliente do NSP negociar o SLA/SLS. Esta interface na realidade permite ao cliente, de maneira implícita, especificar um SLA, composto de diversos SLS, usando uma ontologia de SLA que reusa a NetQoSOnt. O uso da ontologia NetQoSOnt para expressar as necessidades de QoS permite ao Cliente do NSP expressar suas necessidades em termos de parâmetros de QoE, por exemplo, expressar que as chamadas VoIP para um determinado destino devem ter uma qualidade MOS>4.5. A definição de SLA e a implementação

deste módulo estão fora do escopo desta dissertação e estão sendo realizadas por outro trabalho.

A interface de negociação de SLA/SLS também deve permitir a definição de perfis de usuários e o cadastramento de usuários habilitados a utilizar os serviços. O modelo de perfil de usuário adotado é baseado na ontologia de perfil de usuário proposto em (BLACK et al., 1998). Esta dissertação tem por objetivo apresentar o processo de negociação de QoS durante o estabelecimento de sessões SIP, ele não tem objetivo detalhar os aspectos do uso da ontologia NetQoSOnt na negociação de SLA/SLSs.

A base de dados BD-SG (Base de Dados do Sistema de Gerência) de QoS mantém informações necessárias ao gerenciamento de alguns serviços do sistema. Em particular, ele deve manter informações dos usuários autorizados a utilizar o serviço, informações das sessões SIP ativas, entre outros.

4.2.3.2 MÓDULO AAA

Este módulo é responsável pelos serviços de AAA. Nesta proposta, considera-se o uso da extensão do protocolo de AAA Diameter proposta por (HANDLEY et al., 2006) e o modelo de perfil de usuário proposto em (BLACK et al., 1998).

O módulo AAA é o lado servidor do protocolo Diameter usado pelo servidor Proxy SIP para os procedimentos de autenticação, autorização, instalação e liberação da QoS vistos na seção 6.2. Este módulo interage com o módulo de inferência para tomada de decisão durante os processos de autorização e instalação da QoS.

No momento da autorização da chamada SIP com QoS, o módulo de negociação deve verificar se existe um CoS que atenda a solicitação do usuário. Em seguida, ele deve verificar se esta chamada se enquadra em uma das SLSs negociadas pelo cliente. Por exemplo, caso o usuário solicite uma qualidade $MOS \geq 4.5$, é necessário determinar se existe alguma CoS que atenda a qualidade desejada, como apresentado na seção 2. Além de determinar a CoS que atende a solicitação do usuário, o módulo de negociação deveria verificar, entre outros, a disponibilidade de recursos de rede para atender a solicitação do cliente.

4.2.3.3 MÓDULO DE INFERÊNCIA

O Módulo de Inferência é responsável por todo processo de inferência acerca das informações contidas em uma base de

conhecimento. Esta base de conhecimento mantém as seguintes informações:

- Ontologia do Provedor: ela mantém a definição das CoSs do provedor e as especificações de QoS dessas CoSs que definem as garantias de atraso, taxa de perda de pacotes, variação de atraso de cada CoS. Todas estas são modeladas como classes QoSSpec da ontologia NetQoSOnt.
- Ontologias de SLAs/SLSs: geradas pelo Módulo de Negociação de SLA/SLS.
- Subclasses de QoSSpec geradas pela negociação de sessões SIP, quando da negociação de QoS durante o estabelecimento de sessões.
- Conceitos representando grupos de usuários e usuários autorizados a utilizar o serviço. Perfis de usuários relacionados com as diversas SLSs, como apresentado em (BLACK et al., 1998).

O processo de inferência é invocado em dois momentos:

- Na negociação de um SLS: sempre que um cliente do NSP negocia um SLS, o módulo de Negociação de SLA/SLS solicita a verificação se existe alguma CoS que atenda a solicitação do usuário. Por exemplo, o usuário pode solicitar uma qualidade $MOS \geq 4.5$ para um determinado tráfego, o módulo Gestão de Conhecimento pode ser solicitado para verificar se existe alguma CoS que atenda esta qualidade para o SLS em questão.
- Na negociação da sessão SIP: como visto mais adiante, no momento de uma negociação de uma sessão SIP com QoS, o usuário também pode especificar a qualidade usando parâmetros de alto nível. O módulo de inferência é usado para verificar se existe um SLS negociado que cubra a solicitação do usuário.

O módulo de inferência implementa uma cache que guarda na base de conhecimento todas as conclusões acerca de novas especificações de QoS que sejam negociadas pelo sistema de gerência. Toda vez que é realizada uma nova negociação, primeiramente a base é consultada para descobrir se a especificação de QoS já existe. Se sim, as hierarquia já existente é utilizada para descobrir se a qualidade requisitada é atendida. Caso contrário, um processo de inferência é realizado com os novos conceitos.

4.2.3.4 MÓDULO CONFIGURAÇÃO DE REDE

Este módulo atua como um sistema gerente de rede (por exemplo, usando o protocolo NETCONF (ENNS, 2006), COPS-PR (DURHAM et al., 2000) ou SNMP (CASE et al., 1990)), responsável pelo gerenciamento dos equipamentos de rede. Em particular, ele é responsável pela alteração das regras de configuração dos roteadores quando da instalação da QoS para uma chamada SIP com QoS. Também é responsável pela remoção da regra de classificação ao final da sessão. Estas duas operações são solicitadas pelo módulo AAA.

No momento da instalação da QoS, o módulo AAA informa ao gerenciador de configuração de rede a QoS desejada pela sessão SIP. Esta especificação de QoS pode ser feita usando parâmetros de QoS ou outros. Realizando consultas ao módulo de inferência, é possível realizar o mapeamento da especificação de QoS de alto nível em uma das classes de serviço do NSP, conforme detalhado em (PRUDÊNCIO, 2009b).

4.3 SINALIZAÇÃO DO ESTABELECIMENTO DA SESSÃO COM QoS

A figura 10 apresenta a sinalização envolvida no estabelecimento e encerramento de uma sessão SIP com garantias de QoS, novamente considerando o cenário apresentado na figura 8. As principais operações relacionadas são as seguintes: autorização do serviço com QoS, instalação da QoS, encerramento da chamada com QoS.

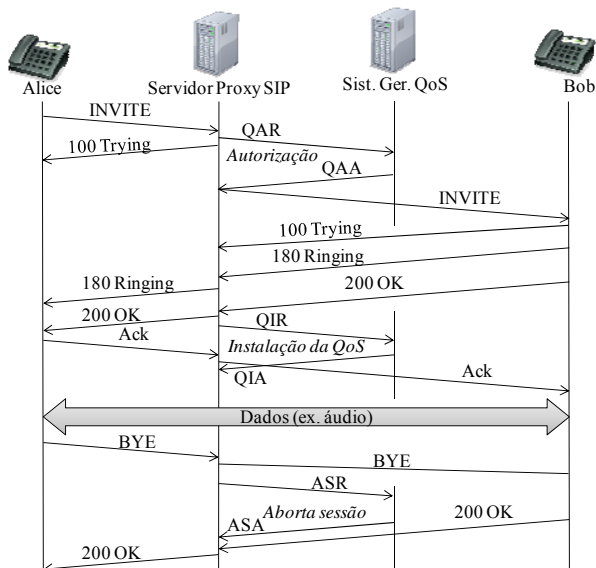


Figura 10 - Componentes do Mecanismo de Negociação de QoS.

A autorização do serviço com QoS inicia no momento em que o servidor Proxy SIP de Alice recebe a chamada (mensagem INVITE) com a especificação de QoS solicitada. Neste momento, o servidor deve montar uma solicitação Diameter QAR contendo a identificação do usuário e a especificação da QoS solicitada para cada mídia envolvida na sessão. Outras informações, também extraídas da mensagem INVITE, são enviadas, como os codecs utilizados e endereço do usuário chamado (Bob). Estes dados são necessários no processo de autorização. Na recepção de uma resposta de autorização QAA positiva, deve ser verificado se a QoS é obrigatória (mandatory) ou desejada (optional). Caso seja obrigatória, a instalação da QoS deve ser solicitada imediatamente (com a mensagem QIR), e a continuação da chamada dependerá de um QIA com sucesso.

Ainda na figura 10 há um cenário onde a QoS é desejada, que é o cenário que se espera ser o mais usual para VoIP. Neste caso, o servidor Proxy SIP reencaminha a mensagem INVITE ao usuário Bob. Mas antes, podem ser necessárias modificações da mensagem INVITE, por exemplo, para eliminação de algum codec na lista de codecs do chamador. Algumas vezes, isto é necessário para possibilitar que a QoS solicitada possa ser autorizada.

Em um cenário de QoS desejada, a instalação da QoS inicia no momento da chegada no servidor Proxy SIP da mensagem 200 OK ocorrida quando o usuário Bob atende o fone SIP. Neste momento, é encaminhada uma mensagem Diameter QIR ao sistema de gerenciamento de QoS. Este último realiza todas as operações necessárias para garantir a QoS ao tráfego das mídias das sessões. Para isto, a mensagem QIR também encaminha diversas informações extraídas do SDP que descreve a sessão (p.e., endereços e portas de envio e recepção das mídias).

Note que, agora, a instalação de QoS e o estabelecimento e início da sessão SIP ocorre de modo assíncrono. A sessão SIP não precisa aguardar a finalização da configuração da rede. A vantagem disto é a redução no tempo de estabelecimento da sessão. O inconveniente é que possivelmente os primeiros pacotes das mídias sejam encaminhados sem a garantia aceita.

O encerramento da sessão ocorre quando o servidor Proxy SIP recebe a mensagem SIP BYE. A seguir o servidor encaminha uma mensagem Diameter ASR para abortar a sessão com QoS.

4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada a proposta de extensão do protocolo SIP para permitir a negociação da QoS da sessão, objetivo central deste trabalho. Aqui foi visto que através da propriedade de extensibilidade do protocolo SDP, foi possível propor um novo formato de deste, diferente dos já apresentados. Este capítulo mostrou como é feita a flexibilidade na especificação de QoS com o uso de parâmetros a nível de usuário, aplicação, transporte, rede e enlace.

O capítulo apresentou ainda os elementos envolvidos na validação desta proposta e o funcionamento deste mecanismo de validação com todos os seus componentes.

No capítulo a seguir será apresentada uma aplicação da versão estendida do protocolo SIP, que foi prototipada e testada. Nele será visto como foi feita a experimentação na prática e os resultados alcançados durante os testes.

5 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A fim de aplicar e testar a solução proposta de negociação de QoS em sessões SIP, em termos funcionais e de desempenho, foram realizadas a implementação de um protótipo testes em uma estrutura de rede formada por roteadores DiffServ Linux. Para esta experimentação, uma parte das funcionalidades da solução proposta foi implementada.

O objetivo aqui não foi o de implementar todas as funcionalidades dos protocolos NETCONF e Diameter utilizados na soluções. A meta foi avaliar a eficiência do uso de uma abordagem semântica para especificar a QoS e validar o mapeamento desta especificação em parâmetros de configuração de rede.

5.1 AMBIENTE DE TESTE

A figura 11 apresenta a estrutura de teste implantada. Ela é composta por dois roteadores DiffServ Linux, dois agentes-usuários SIP, um sistema de gerência de QoS e um servidor Proxy SIP.

Os computadores utilizados possuem configuração com processador Intel Core 2 Duo E6550, 2.33GHz FSB 1333, placa mãe gigabyte A-G31M-S2L, 1GB de memória RAM 667Mz Kingston, HD 160GB Samsung SATAII, gravador DVD LG, gabinete Coletex 4T14222239 4 Baías. Foi utilizados ainda um switch D-Link DGS-3100-24 (24 portas gigabits).

Com relação aos agentes-usuários, foram utilizados dois softwares: a ferramenta SIP Inspector (SUN et al., 2010) e o softphone X-Lite (MCGUINNESS; HARMELEN, 2004). O SIP Inspector foi utilizado, pois ele permite a edição dos campos da mensagem INVITE, permitindo a inclusão do atributo necessário à solicitação de um serviço com QoS.

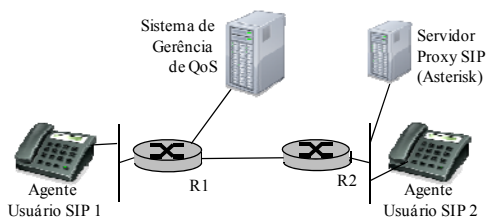


Figura 11 - Cenário de Teste

5.2 CARACTERÍSTICAS DA CONTRIBUIÇÃO

O sistema VoIP utiliza o PBX IP Asterisk (ASTERISK, 2009), que foi estendido para interpretar o novo atributo SDP proposto. Além disso, o Asterisk foi alterado para realizar as operações de AAA utilizando a um cliente Diameter instalado na mesma máquina. Este cliente foi desenvolvido na linguagem C e é responsável pelas solicitações de autenticação, autorização, instalação e encerramento de sessões com QoS. Ele implementa as funções mínimas necessárias à realização do teste.

Algumas das funcionalidades básicas do sistema de gerência foram prototipadas:

- O módulo de inferência foi desenvolvido em Java e utiliza a API OWL 2.0. Para este experimento, tanto a ontologia do provedor quando a utilizada para expressar a QoS pelo usuário.
- Para simular o funcionamento do gerente NETCONF foi implementado um script Python usando a biblioteca XML-RPC, com recursos mínimos para suportar RPC codificadas em XML. Este módulo simula o uso do protocolo NETCONF com suporte a operações de edição de regras de classificação nos roteadores de borda DiffServ, bem como operação para eliminação da regras.

Em vez de serem instalados agentes NETCONF nos roteadores de borda foi executado um script Python também usando a biblioteca *xmlrpc* e o banco *sqlite*. Este sistema simula o funcionamento de um agente NETCONF sobre Linux.

Para este teste, foi adotado o mesmo cenário utilizado na seção 3.2.2 para ilustrar a especificação de QoS em NetQoSOnt e a inferência. Como visto naquela seção, o NSP permite que o tráfego seja classificado em algumas classes de serviço. O exemplo de uso da ontologia NetQoSOnt apresentado na figura 3 ilustra a especificação das classes nomeadas EF e AF11. Neste cenário, a QoS solicitada é a *MOS4.5-Spec*, também especificada na ontologia da figura 3. O codec utilizado para todas as chamadas foi o G.711 com tamanho de pacote de voz de 20ms.

5.3 TESTES REALIZADOS E RESULTADOS OBTIDOS

Para testar a solução desenvolvida, foram estabelecidas dez sessões SIP iniciadas pelo agente-usuário Alice (Usando SIP Inspector),

sendo que cinco foram realizadas sem a QoS como pré-condição e 5 chamadas com negociação da QoS. A QoS solicitada foi a de <http://voiporg.org/voipqos.owl#MOS4.5-Spec>, sendo que a estes conceitos foram especificados usando NetQoSOnt, conforme já apresentado na seção 2.4. Conforme já apresentado na seção 2.4, a CoS inferida para atender a chamada é EF.

Durante a realização das chamadas, foram realizadas capturas de tráfego no agente-usuário SIP 1, usando o analisador de protocolos Wireshark (WIRESHARK, 2010). A partir dele foi possível medir diversos atrasos médios nas sinalizações das chamadas sem e com negociação da QoS.

A medida do atraso médio da solicitação da chamada SIP sem QoS até a recepção da mensagem *SIP 180 Ringing* pelo agente-usuário SIP 1 foi de 14ms. Para chamadas com QoS, o atraso médio foi de 578ms. Este acréscimo de atraso da sinalização é devido ao processo de sinalização da AAA, e principalmente devido à inferência na ontologia. É importante notar que esta inferência ocorrerá somente na primeira utilização da especificação de QoS por parte de todos os usuários do serviço. Nas seguintes, o resultado da inferência já estará incluído na base de conhecimento. Usando este mecanismo, o atraso de sinalização reduzirá em média para 446ms. Considera-se aqui que este incremento de aproximadamente meio segundo no estabelecimento da chamada é quase imperceptível pelos usuários do serviço.

Para avaliar o atraso da instalação da QoS após o atendimento do telefone, foi medido no computador do agente-usuário SIP 1 o número de pacotes de voz que chegaram marcados com BE antes da inclusão da nova regra de classificação dos pacotes. Foi verificado o valor de um pacote de voz em todas as medidas, que corresponde a um tempo total de voz de 20ms. Isto quer dizer que após 20ms de comunicação, o tráfego será marcado com a classe negociada. Esta medida demonstra que o usuário não deverá perceber esta não exigência momentânea da qualidade solicitada.

Para medir o impacto na qualidade da voz na troca da classificação dos pacotes de voz, foi medido o tempo entre o último pacote marcado com BE e o primeiro marcado com EF. Em condições ideais, este atraso seria na ordem de 20ms, e o valor médio medido foi de 24ms e esta variação de atraso está dentro da média da chamada.

Considerando a aplicação da solução proposta em um domínio real de rede, deve-se também considerar os atrasos de rede do domínio e os atrasos da importação das ontologias de QoS. Para o estabelecimento da sessão SIP, além do atraso de meio segundo adicional de sinalização

e processamento no experimento, deve-se acrescentar o atraso no acesso à ontologia externa (no exemplo, VoIPQoSOnt.owl) no momento da primeira utilização de um conceito desta ontologia por parte de qualquer um usuário do sistema. O atraso de transferência dependerá muito do tamanho da ontologia e de sua localização. Este valor é considerado tolerável para o estabelecimento da sessão SIP, e ocorrerá somente na primeira chamada de qualquer usuário do sistema que utilizar um parâmetro de QoS ainda desconhecido pelo NSP.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi apresentada a solução proposta através de um protótipo e teste em uma rede Linux DiffServ com um servidor VoIP Asterisk. As medidas realizadas demonstraram que a solução é perfeitamente aplicável em ambientes reais.

Para tanto, este capítulo apresentou o ambiente de teste, como tudo aconteceu para a coleta de resultados e a conclusão final dos trabalhos. Os resultados podem ser vistos na arte final deste, como elemento integrante dos testes realizados.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O avanço das tecnologias das redes de alta velocidade favorece o surgimento de novos serviços e aplicações que exigem cada vez mais recursos de rede para seu funcionamento adequado. Essas aplicações envolvem a transmissão de tráfego tempo-real, que tem necessidades específicas em termos de requisitos de rede, tais como vazão, atraso, variação de atraso e taxa de perdas. O atendimento a estes requisitos pode ser alcançado pela implantação de mecanismos de gerenciamento da Qualidade de Serviço (QoS). Existem algumas soluções para o gerenciamento da QoS, sendo que a arquitetura de Serviços Diferenciados (DiffServ) é uma das mais populares.

O objetivo principal desta dissertação foi oferecer recursos aos usuários e aplicações para negociar explicitamente a QoS para seu tráfego. Neste trabalho, esta sinalização foi realizada via o protocolo de inicialização de sessão SIP. O SIP utiliza o protocolo SDP para descrever a sessão no momento da sua criação, sendo que as propostas existentes para a sinalização da QoS se baseiam em extensões deste protocolo. Mas, como foi visto neste trabalho, não existem soluções que ofereçam transparência de tecnologia e de parâmetros de QoS atualmente.

Nesta dissertação foi proposta a criação de um novo atributo SDP para descrever a QoS desejada para a sessão usando conceitos da ontologia NetQoSOnt. A principal vantagem é a independência da proposta em relação à forma de especificar a QoS da sessão, garantindo que o usuário/aplicação possa expressar QoS em alto nível, e o NSP possa interpretar esta específica e traduzir para os conceitos conhecidos pelo NSP.

Mais que a extensão do protocolo SIP/SDP, nesta dissertação foi proposta uma solução de gerenciamento de QoS em sessões SIP utilizando o protocolo Diameter, para autenticação, autorização e contabilidade, e o protocolo NETCONF para configuração de equipamentos de rede. Para a experimentação desta solução proposta, foi feito um protótipo de teste utilizando uma rede Linux DiffServ com um servidor VoIP Asterisk. O resultado das medidas realizadas demonstraram que a solução proposta tem aplicabilidade em ambientes reais.

Como trabalho futuro, pretende-se continuar o desenvolvimento de todas as funcionalidades da solução proposta e a sua aplicação em um

ambiente real. Outro aspecto que se pretende investigar é o uso da proposta em redes multidomínio heterogêneos.

6.1 TRABALHOS PUBLICADOS

A pesquisa decorrente da presente proposta resultou na publicação do artigo (Willrich et al., 2009), aonde foi apresentada a proposta de extensão do SDP para a invocação dinâmica de serviços com QoS.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, M.; SUPPAN, P. **An architecture for SDP-based bandwidth resource allocation with QoS for SIP in IEEE 802.16 Networks**. 2nd Int. Workshop on Quality of Service & Security for Wireless and Mobile Networks, 2006. pp. 75-82

ASTERISK: the open source PBX & telephony platform. Disponível em: <http://www.asterisk.org/>, 2009. Acesso em: 18 setembro 2009.

BERNERS-LEE, T. et al. **Uniform Resource Identifier (URI): generic syntax**. RFC 3986, 2005.

BLACK, D. et al. **An Architecture for differentiated services**. RFC 2475. Internet Engineering Task Force, 1998.

BRADEN, R.; CLARK, D.; SHENKER, S. **Integrated services in the internet architecture: an overview**. Xerox PARC, 1994

Calhoun, P. et al. **Diameter base protocol, RFC 3588**. Internet Engineering Task Force, 2003.

CALHOUN, P. et al. **Diameter base protocol, RFC 3588**. Internet Engineering Task Force, 2003.

CAMARILLO, G.; MARSHALL, W.; ROSENBERG, J. **Integration of resource management and session initiation protocol (SIP)**. RFC 3312. Internet Engineering Task Force, 2002.

CASE, J, et al. **A Simple Network Management Protocol (SNMP)**, RFC 1157. Internet Engineering Task Force, 1990.

CHAKRAVORTI, R.; D'ARIENZO, M.; CROWCROFT, J.; PRATT.I. **Dynamic sla-based qos control for third generation wireless networks: the CADENUS extension**. IEEE International Conference on Communications, 2003.

CHAN, K. et al. **COPS usage for policy provisioning (COPS-PR)**. RFC 3084, 2001.

DAVIES, J., STUDER, R. E WARREN, P. **Semantic web technologies trends and research in ontology-based systems**. John Wiley & Sons Ltd., 2006.

Differentiated services. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Differentiated_services. Acesso em: 21 jun. 2010.

DURHAM, D, et al. **The COPS (Common Open Policy Service) Protocol**. RFC 2748, Internet Engineering Task Force. 2000.

ENNS, R. **NETCONF: Configuration Protocol**, RFC 4741. Internet Engineering Task Force, 2006.

GODERIS, D., et al. **Service level specification semantics and parameters**. 2003. Disponível em: <http://tools.ietf.org/html/draft-tequila-sls-02>. Acesso em: 03 junho 2010.

HANDLEY, M. et al. **SIP: Session Initiation Protocol**, RFC 2543. Internet Engineering Task Force, 1999.

HANDLEY, M.; JACOBSON, V. **SDP: Session Description Protocol**, RFC 2327. Internet Engineering Task Force, 1998.

HANDLEY, V. et al. **SDP: Session Description Protocol**, RFC 4566. Internet Engineering Task Force, 2006.

JÚNIOR, N. A.; DOMINGUEZ, K. S. P. **Modelos de qualidade de serviço - aplicações em IP**. 2000.

KUADA, A. **Modelagem, especificação e implementação de um gateway para provisão de QoS em Servidor Web**. Curitiba. 2003.

MARQUES, A.; MOTTER, G. **Hermes: uma proposta de Bandwidth Broker para provimento de QoS no tráfego VoIP**. 2006.

MASIP-BRUIN, X. et al. **The euQoS system: a solution for qos routing in heterogeneous networks**, iee communications magazine , 2007.

MCGUINNESS, D.L.; HARMELEN, F. **OWL web ontology language overview**. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/owl-features/>, 2004. Acesso em: 22 maio 2010.

MYKONIATI, E. et al. **Admission control for providing qos in diffserv ip networks: the tequila approach**. Ieee Communications Magazine. 41(1):38-44., 2003.

PARK, H.J. et.al. **QoS negotiation for IPTV service using SIP**. 9th Int. Conf. on Advanced Communication Technology, 2007. pp. 945-948.

PEREIRA, A.; MONTEIRO, E. **Interligação IntServ DiffServ: mapeamento do serviço CL no PHB AF**. Portugal. 2002.

POLK, J. **Configuring the Differentiated Services Codepoint of Session Description Protocol Established Media Streams**. IETF Draft, draft-polk-mmusic-dscp-attribute-02, 2008.

POLK, J.; DHESIKAN, S.; CAMARILLO, G. **Quality of service (QoS) mechanism selection in the session description protocol (SDP)**, RFC 5432. Internet Engineering Task Force, 2009.

PRUDÊNCIO, A.C. et al. **NetQoSOnt: uma ontologia para a especificação semântica de QoS em Redes de Computadores**. XIV Workshop de Gerência e Operação de Redes e Serviços (WGRS 2009), 2009. p. 98-111.

_____. **Quality of service specifications: a Semantic Approach**. In: 8th IEEE International Symposium on Network Computing and Application, pp. 219-226, 2009.

RIGNEY, C. et al. **Remote authentication dial in user service (RADIUS)**, RFC 2865, 2000.

ROSENBERG, J. et al. **SIP: session initiation protocol**, RFC 3261. Internet Engineering Task Force, 2002.

ROYER, J.; WILLRICH, R.; DIAZ, M.. **“User profile-based authorization policies for network qos services”**: 7th IEEE int. symp. on network computing and applications (NCA), (2008). pp. 68-75.

SIP Inspector. 2010. Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/sipinspector/>. Acesso em: 15 de março de 2010.

SUN, D. et al. **Diameter quality of service application draft-ietf-dime-diameter-qos-11.txt.** Agosto, 2009.

SUN, D. et al. **Diameter quality of service application.** RFC 5866. Internet Engineering Task Force, 2010.

Telecommunication Standardization Sector of ITU, ITU-T Recommendation Y.1541. Network Performance objectives for IP-based services, 2002.

TEQUILA CONSORTIUM: traffic engineering for quality of service in the internet, at large scale, .Disponível em <http://www.ist-tequila.org> Acesso em 8 Julho 2010.

VELTRI, L.; SALSANO, S.; PAPALILO, D. **SIP extensions for qos support.** IETF Internet Draft, draft-veltri-sip-qosp-01. Setembro 2002.

VIEIRA, D. G. **Serviços integrados e diferenciados para redes de banda larga.** UFPE, 2009

WILLRICH, R. et al. **Invocação dinâmica de serviços com QoS em sessões multimídia SIP.** I2TS, 2009.

WIRESHARK: the world's foremost network protocol analyzer. Disponível em <http://www.wireshark.org>. Acesso em: 20 fevereiro 2010.

YAVATKAR, R.; PENDARAKIS, D.; GUERIN, R. 2743. **A framework for policy based admission control.** RFC. 2000.