

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Carlos de Salles Soares Neto

**Descrição Arquitetural da Provisão
de QoS em Ambientes Genéricos
de Processamento e Comunicação**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

Programa de Pós-Graduação em Informática

Rio de Janeiro

Agosto de 2003



Carlos de Salles Soares Neto

**Descrição Arquitetural da Provisão de QoS em Ambientes
Genéricos de Processamento e Comunicação**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Informática da PUC-Rio.

Orientador: Luiz Fernando Gomes Soares

Rio de Janeiro
Agosto de 2003



Carlos de Salles Soares Neto

Descrição Arquitetural da Provisão de QoS em Ambientes Genéricos de Processamento e Comunicação

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Fernando Gomes Soares

Orientador

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Edward Hermann Haeusler

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Sérgio Colcher

Departamento de Informática - PUC-Rio

Prof. Rogério Ferreira Rodrigues

Departamento de Informática - PUC-Rio

Ney Dumont

Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 11 de agosto de 2003

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Carlos de Salles Soares Neto

Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) em 2000. Atualmente, integra o grupo de pesquisadores do Laboratório TeleMídia da PUC-Rio, trabalhando nas áreas de redes de computadores e aplicações distribuídas multimídia, com ênfase em suporte a Qualidade de Serviço.

Ficha Catalográfica

Soares Neto, Carlos de Salles

Descrição arquitetural da provisão de QoS em ambientes genéricos de processamento e comunicação / Carlos de Salles Soares Neto ; orientador: Luiz Fernando Gomes Soares. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2003.

126 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas

1. Informática – Teses. 2. Engenharia de software. 3. Framework (Programa de computador). 4. Software – Controle da qualidade. 5. LindaQoS. I. Soares, Luiz Fernando Gomes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Este trabalho é dedicado

Ao professor José Lucas Rangel Netto
(*in memoriam*). Apesar de sua ausência, cada
parágrafo deste trabalho possui sua participação viva
e marcante.

A meus pais Carlos e Raimunda
e meus irmãos Hérlon e Dina.

A Deus, pela bênção de viver.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Luiz Fernando Gomes Soares, os maiores e mais sinceros agradecimentos. Sua confiança e orientação foi capaz de me fazer trilhar por um crescimento profissional que julgava impossível em tão pouco tempo. Toda minha admiração por seu brilhantismo acadêmico se torna secundária quando contemplo seu lado humanista e sua obstinação em fazer sutilmente um mundo melhor. Orientador é uma palavra ideal para defini-lo: é sob sua tutela que guio meus passos. Muito obrigado!

À banca examinadora, pela revisão precisa. O mesmo vale para o apoio incondicional recebido dos professores e funcionários do Departamento de Informática da PUC-Rio.

Meus agradecimentos à minha família chegam a ser redundantes, já que ela é o pilar em que sustento toda minha vida. A meu pai Carlos, o maior responsável pelo despertar, ainda criança, de minha paixão pela leitura. A minha mãe Raimunda, sempre um coração aberto e certo. A meus irmãos Dinamene e Hérlon – e à cunhada Iracema –, aos quais devo mais que agradecimentos. A meus sobrinhos Júnior e Vinícius, um presente divino em minha existência.

À Lylian, por ser a inspiração e o verdadeiro sentido de LindaQoS. Suas palavras de incentivo foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Sinceros agradecimentos aos colegas do Laboratório TeleMídia. É muito bom, todos os dias, receber um “bom dia” de pessoas que realmente desejam a você um bom dia. É impossível deixar de agradecer a toda dedicação, mesmo a distância, do amigo Antônio Tadeu. O Ronaldo foi um cúmplice e conselheiro em todos os

momentos. À Cláudia, ao Moreno, e à Luciana, que se fizeram velhos amigos nessa jornada. Aos novos amigos telemidianos, fica a expectativa do tempo transformá-los logo em velhos amigos. Ninguém pode ter idéia do quanto é importante nosso fantástico ambiente de trabalho.

Aos amigos de infância: Fabinho; Motta Jr.; Érico; Salomão; Rondi; Neto B.; Joker; e Dani, que sempre estão presentes em minha vida. Deixem-me sempre continuar em suas vidas, pois é dentro do meu peito que os carrego!

Às primas Geilsa e Érica e à amiga Lívia, pelo nosso lar no Rio. Aos bons vizinhos Sérgio, Mônica e a inesquecível Vitorinha pelos anos de convivência. Ao primo Fábio, pelo estímulo e apoio imprescindíveis.

Aos meus professores Malveira e Jansen, meus eternos Mestres, pela dedicação e empenho no ensino da Matemática. O mesmo vale a meus professores da Universidade Federal do Maranhão, que despertaram em mim esse entusiasmo pela pesquisa.

Obrigado também à CAPES, à Finep e à PUC-Rio pelo suporte financeiro no Mestrado.

Por fim, gostaria de agradecer aos leitores deste trabalho. Nas terras Gonçalvesinas, de onde vim, sina maior que ser poeta não há. Infelizmente não foi a minha, pois desde cedo foram números e fórmulas que me atraíram mais que poemas e métricas. Estas páginas são, portanto, mais do que aparentam: detrás de palavras e figuras há toda uma poesia oculta. Obrigado!

Resumo

Soares Neto, Carlos de Salles. **Descrição Arquitetural da Provisão de QoS em Ambientes Genéricos de Processamento e Comunicação.** Rio de Janeiro, 2003. 115p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O aumento da demanda por plataformas com suporte a aplicações multimídia torna evidente a importância de mecanismos que ofereçam garantias de Qualidade de Serviço (QoS), uma vez que cada mídia exige requisitos próprios de processamento e comunicação. O modelo SCM (Service-Composition Model) fornece abstrações adequadas para a representação e programação de aspectos de QoS e comunicação em grupo em serviços de comunicação. Seguindo sua terminologia, a provisão de QoS pode ser vista como um provedor de serviços onde atuam meta serviços de negociação e sintonização de QoS. A negociação de QoS define mecanismos responsáveis pela admissão de novos fluxos do usuário, enquanto a sintonização de QoS age, durante o fornecimento do serviço, na manutenção do nível de serviço negociado. Tais meta serviços já foram previamente descritos por meio de frameworks em UML. O presente trabalho focaliza a descrição arquitetural desses meta serviços, utilizando a linguagem de descrição de arquitetura (ADL) Wright, permitindo o emprego de suas ferramentas de análise e verificação formal para inferir propriedades. Para facilitar o emprego dessa abordagem através do uso de uma notação mais próxima do domínio do problema, uma linguagem de domínio específico (DSL) chamada LindaQoS é proposta especificamente para definir hierarquias de subsistemas de negociação e sintonização. O trabalho é complementado por um compilador que traduz especificações LindaQoS para descrições arquiteturais (atualmente, usando Wright) e para linguagens de programação (futura em JAVA).

Palavras-chave

Arquitetura de Software; Qualidade de Serviço (QoS); Framework; ADL; DSL; Wright; LindaQoS.

Abstract

Soares Neto, Carlos de Salles. **Architectural Description of the QoS Provision in Generic Processing and Communication Environments.** Rio de Janeiro, 2003. 115p. Master Thesis - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The increased demand for platforms with support for multimedia applications raised the importance of mechanisms for Quality of Service provisioning, since each media has its own processing and communication requirements. SCM Model (Service-Composition Model) provides abstractions for the representation and programming of QoS aspects and multicast in communication services. According to its terminology, the QoS provisioning can be seen as a service provider, where QoS negotiation and QoS maintenance meta services act upon it. The QoS negotiation are the mechanisms responsible for the admission of new user flows, while the QoS maintenance meta service is responsible for maintaining the negotiated level of service during the service operation. Such meta services had been previously described as frameworks modelled in UML. The present work focuses on the architectural description of these meta services using Wright architecture description language (ADL), which allows the use of its analysis and formal verification tools to infer properties. To smooth this approach, a domain-specific language (DSL) called LindaQoS is proposed as a notation closest to the abstraction level of the problem domain, specifically designed to define hierarchies of negotiation and maintenance subsystems. Moreover this work presents a compiler allowing the translation of LindaQoS specifications into architectural descriptions (currently, using Wright) and into programming languages (JAVA in the future).

Keywords

Software Architecture; Quality of Service (QoS); Framework; ADL; DSL; Wright; LindaQoS.

Sumário

1	Introdução	1
1.1.	Objetivos	4
1.2.	Organização da dissertação	5
2	Conceitos Básicos	6
2.1.	Aplicação de UML na descrição arquitetural de sistemas	6
2.2.	Linguagens de Descrição de Arquitetura	9
2.2.1.	Componentes, conectores e configurações arquiteturais	10
2.3.	Descrições arquiteturais de <i>Frameworks</i> Orientados a Objetos	12
2.4.	Provisão de QoS	15
2.4.1.	Princípios para Provisão de QoS	15
2.4.2.	Frameworks para Provisão de QoS	19
2.4.3.	Levantamento de ADLs para a descrição arquitetural dos Frameworks de Provisão de QoS	28
3	Descrição Arquitetural dos Frameworks de Provisão de QoS	31
3.1.	Mapeamento dos Frameworks de Provisão de QoS de UML para Wright	31
3.2.	Estilos Arquiteturais para Negociação de QoS	39
3.3.	Estilos Arquiteturais para Sintonização de QoS	54
4	LindaQoS: LINGuagem de Descrição de Arquitetura com QoS	69
4.1	Objetivos e requisitos	69
4.2	Definição da linguagem	71
4.3	Compilador LindaQoS v1.0	75
4.4	Tradução para a ADL Wright	79
4.5	Aplicação de LindaQoS para a orquestração de QoS intra-mídia e inter-mídia	83
4.6	Aplicação de LindaQoS em um ambiente de oferecimento de QoS	86

4.7 Sintonização de QoS no ambiente QoSOS	90
5 Conclusões	93
5.1. Contribuições esperadas	93
5.2. Trabalhos futuros	95
Referências	99
Apêndice A Arquitetura de Software e Descrição Formal de Sistemas	103
A1 Arquitetura de Software	103
A.2 Descrições formais de sistemas	105
Apêndice B Linguagens com suporte à QoS	108
B.1 Xelha	108
B.2 CBabel	111

Lista de figuras

Figura 1.1– Ambiente de oferecimento de serviços	1
Figura 1.2 – Torre de meta serviços	2
Figura 2.1 – Ambiente de processamento e comunicação	16
Figura 2.2 – Árvore de recursos virtuais	21
Figura 2.3 – Framework de Negociação de QoS	24
Figura 2.4 – Framework de Sintonização de QoS	27
Figura 3.1 – O componente Controlador de Admissão	34
Figura 3.2 – O componente Mapeador de QoS	35
Figura 3.3 – O componente Negociador de QoS	36
Figura 3.4 – O componente Controlador de Ajuste	37
Figura 3.5 – O componente Monitor	38
Figura 3.6 – O componente Sintonizador de QoS	39
Figura 3.7 – Representação gráfica do estilo <i>LowestNQoS</i>	40
Figura 3.8 – Estilo <i>LowestNQoS</i> para Negociação de QoS	42
Figura 3.9 – Representação gráfica do estilo <i>CentralizedNQoS</i>	43
Figura 3.10 – Estilo <i>CentralizedNQoS</i> para Negociação de QoS	48
Figura 3.11 – Representação gráfica do estilo <i>DistributedNQoS</i>	48
Figura 3.12 – Estilo <i>DistributedNQoS</i> para Negociação de QoS	53
Figura 3.13 – Estilo <i>HierarchyNQoS</i> para a Negociação de QoS	54
Figura 3.14 – Representação gráfica do estilo <i>LowestTQoS</i>	55
Figura 3.15 – Estilo <i>LowestTQoS</i> para Sintonização de QoS	57
Figura 3.16 – Representação gráfica do estilo <i>CentralizedTQoS</i>	58
Figura 3.17 – Estilo <i>CentralizedTQoS</i> para Sintonização de QoS	63
Figura 3.18 – Representação gráfica do estilo <i>DistributedTQoS</i>	63
Figura 3.19 – Estilo <i>DistributedTQoS</i> para Sintonização de QoS	68
Figura 3.20 – Estilo <i>HierarchyTQoS</i> para Sintonização de QoS	68
Figura 4.1 – Negociação de QoS na Arquitetura QoSOS: (a) representação gráfica; (b) especificação em LindaQoS.	73
Figura 4.2 – Notação EBNF de LindaQoS	75

Figura 4.3 – Estrutura básica de um compilador.	76
Figura 4.4 – O subsistema CPU da arquitetura QoSOS: (a) em LindaQoS; (b) em Wright	79
Figura 4.5 – Hierarquia de negociação de QoS na arquitetura QoSOS	82
Figura 4.6 – Representação gráfica da negociação de QoS intra-objetos e inter-objetos em sistemas hipermídia	84
Figura 4.7 – Representação em LindaQoS da negociação de QoS intra-objetos e inter-objetos em sistemas hipermídia	86
Figura 4.8 – Uma arquitetura para provisão de QoS	87
Figura 4.9 – Especificação LindaQoS de uma arquitetura para provisão de QoS	89
Figura 4.11 – Especificação em LindaQoS da sintonização na arquitetura QoSOS	92
Figura B.1 – Especificação de tarefa e estrutura de gerenciamento de QoS	110
Figura B.2 – Especificação de componente	111
Figura B.3 - Contrato de QoS em um QoS-connector	112