PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO

Antônio Tadeu Azevedo Gomes

LindaX

Uma Linguagem de Descrição de Sistemas de Comunicação Adaptáveis

Tese de Doutorado

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

Orientador: Luiz Fernando Gomes Soares

Rio de Janeiro, março de 2005

Antônio Tadeu Azevedo Gomes

LindaX

Uma Linguagem de Descrição de Sistemas de Comunicação Adaptáveis

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

Luiz Fernando Gomes Soares
Orientador
Departamento de Informática – PUC-Rio

Sérgio Colcher
Departamento de Informática – PUC-Rio

Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira
Departamento de Informática – PUC-Rio

Paulo Roberto Freire Cunha
Centro de Informática – UFPE

Fábio Moreira Costa
Instituto de Informática – UFG

Bruno Schulze
Coordenação de Ciência da Computação – LNCC/MCT

José Eugenio Leal
Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 21 de março de 2005

Antônio Tadeu Azevedo Gomes

Formou-se Bacharel em Informática pela UFRJ. Obteve o título de Mestre em Ciências em Informática pela PUC-Rio. É tecnologista do LNCC/MCT. Também é professor do Curso de Especialização em Redes de Computadores da PUC-Rio e do Curso de Bacharelado em Informática da Universidade Estácio de Sá.

Ficha Catalográfica

Gomes, Antônio Tadeu Azevedo

LindaX: uma linguagem de descrição de sistemas de comunicação adaptáveis / Antônio Tadeu Azevedo Gomes; orientador: Luiz Fernando Gomes Soares. – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Informática, 2005.

194 f. ; 30 cm

Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Engenharia de serviços de telecomunicações. 3. Qualidade de serviço. 4. Linguagens de descrição de arquitetura. 5. Linguagens de domínio específico. 6. Redes programáveis. 7. Componentes de software. I. Soares, Luiz Fernando Gomes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

À minha mulher Luciana,
grande amor da minha vida.

À minha filha Ana Carolina,
que me mostra todos os dias
que é preciso saber viver.

A meus pais amados Sebastião e Maria Antonieta.

A meus sogros queridos Antônio Augusto e Solange.

Agradecimentos

São João Batista de La Salle, precursor do ensino popular generalizado, repetia: “A ciência infla, só a caridade edifica”. Talvez São João teria repensado sua famosa frase se tivesse conhecido meu orientador, Professor Luiz Fernando Gomes Soares. Com sua refinadíssima didática, seu profundo conhecimento em Ciências e, acima de tudo, sua terna amizade e simplicidade, o “Dotô LF” cativa todos, sejam os seus orientandos ou os menores carentes do CIDS de Vargem Grande, que ele ajudou a fundar. “Dotô”, seus ensinamentos, tanto no plano profissional quanto pessoal, são heranças que espero carregar comigo durante toda minha vida. A você um grandissíssimo “Obrigado!”.

Ao Grêmio Científico e Recreativo Escola de Redes, Hipermídia e Samba Acadêmicos do TeleMídia, um grande abraço. Foram oito anos de convivência com pessoas que fizeram e fazem do TeleMídia um lugar especial. Almoço com os chefes, café sem açúcar da Dona Carmen, momentos que estão guardados no fundo do meu coração. Corro o risco de ser injusto com outros TeleMidianos pelos quais nutro grande amizade, mas não posso deixar de exprimir minha admiração e carinho especiais por Sérgio Colcher, Rogério Ferreira Rodrigues e Débora Cristina Muchaluat-Saade. Agradecimentos também a Marcelo Ferreira Moreno e Carlos de Salles Soares Neto, cuja ajuda foi fundamental no fechamento deste trabalho. Valeu por tudo gente!

A todo o Departamento de Informática da PUC-Rio, seus professores e funcionários, agradeço à formação de altíssimo nível que proporcionam a seus alunos.

Agradeço também à Diretoria e às Coordenações de Sistemas e Redes e de Ciência da Computação do LNCC pelo incentivo necessário para que eu pudesse terminar em tempo esta tese.

Por fim, agradeço ao CNPq/MCT, CAPES/MEC, FAPERJ e PUC-Rio pelo suporte financeiro dado em diferentes fases deste trabalho.

Resumo

Gomes, Antônio Tadeu Azevedo. **LindaX.** Rio de Janeiro, 2005. 194p. Tese de Doutorado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

No cenário atual do setor de telecomunicações, percebe-se uma tendência crescente em direção ao uso de sistemas de comunicação que permitam a criação rápida e de baixo custo de serviços. Na busca por arquiteturas de rede que respondam a essa tendência, vários grupos têm centrado seus esforços em pesquisas na área de 'redes programáveis'. O surgimento da tecnologia de 'processamento de rede' no mercado de equipamentos de telecomunicações abriu ainda maior espaço para pesquisas nessa área. Nesse contexto, é imprescindível que os processos de criação de serviços sejam bem estruturados e, o quanto possível, sistemáticos. Esta tese, inserida em um projeto desenvolvido no Laboratório TeleMídia da PUC-Rio, adota uma abordagem de criação de serviços em que técnicas de Arquitetura de Software e de Desenvolvimento Baseado em Componentes são aplicadas consistentemente e de modo ubíquo, desde especificações de alto nível de serviços até a implementação de software básico em unidades programáveis de processamento de rede. Os objetivos principais são expressar a adaptabilidade de múltiplos aspectos nesses serviços e, simultaneamente, reduzir a sobrecarga cognitiva em projetistas e programadores, decorrente dessa multiplicidade de aspectos. Para isso, foi desenvolvida uma linguagem de especificação baseada em XML, chamada 'LindaX', que permite descrever arquiteturalmente diversos aspectos de sistemas de comunicação – por meio de um arcabouço sintático único para DSLs – e restrições de adaptação em cada aspecto particular – por meio de estruturas de estilos arquiteturais. Complementando o trabalho, um conjunto de ferramentas de manipulação de descrições arquiteturais em LindaX é definido. Essas ferramentas permitem o refinamento para diferentes linguagens formais ou a síntese de configurações e mecanismos de controle de adaptações para diversas plataformas.

Palavras-chave

Engenharia de Serviços de Telecomunicações; Qualidade de Serviço; Linguagens de Descrição de Arquitetura; Linguagens de Domínio Específico; Redes Programáveis; Componentes de Software.

Abstract

Gomes, Antônio Tadeu Azevedo. **LindaX.** Rio de Janeiro, 2005. 194p. D.Sc. Thesis - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

It is increasingly noticeable, in the current telecommunications market, a trend towards using communication systems that allow rapid and cheap deployment of new services. In pursuit of network architectures that keep up with such trend, significant research has been carried out on 'programmable networks'. This field is set to gain further impetus from developments in 'network processor'-based equipment. In this context, it is crucial that service creation processes be well structured and, as far as possible, systematic. This thesis, which is part of an ongoing project at the TeleMídia Laboratory, PUC-Rio, adopts a service creation approach in which techniques from Software Architecture and Component-Based Software Development are uniformly and ubiquitously applied at all levels of a communication system, ranging from high-level service specifications to low-level software implementation running in network processors. The main aim is to express adaptibility in cross-cutting service aspects and, meanwhile, cut down on the cognitive overhead usually imposed upon designers and programmers due to such multiplicity of concerns. For the sake of the aforementioned aim, an XML-based specification language, called 'LindaX', has been developed. Such language allows various system aspects to be architecturally described – by means of a single syntactic framework for DSLs – as well as adaptable in a constrained way – through style structures. Complementing the work, a toolset for handling LindaX architecture descriptions has been defined, which allows their refinement to different formal languages or their synthesis onto system configurations and adaptation controlling mechanisms for diverse platforms.

Keywords

Telecommunications Services Engineering; Quality of Service; Architecture Description Languages; Domain-Specific Languages; Programmable Networks; Software Components.

Sumário

Índice de Figuras

Índice de Tabelas

Lista de Acrônimos

ADL – Architecture Description Language
API – Application Programming Interface
ASIC – Application Specific Integrated Circuit
BL – Base Level
CBSD – Component Based Software Development
CF – Component Framework
CG – ConfiGurator
COPS – Common Open Policy Service
CORBA – Common Object Request Broker Architecture
DSL – Domain Specific Language
EBNF – Extended Backus Naur Form
FDT – Formal Description Language
FOL – First Order Logic
GAC – Generic Adaptation Controller
GUID – General Universal Identifier
IDL – Interface Definition Language
IP – Internet Protocol
LWP – LightWeight Process
MIL – Module Interconnection Language
ML – Meta Level
NPU – Network Processing Unit
ODP – Open Distributed Processing
OOSD – Object Oriented Software Development
OSI – Open Systems Interconnection
OSPF – Open Shortest Path First
PCI – Peripheral Component Interconnect
QoS – Quality of Service
RISC – Reduced Instruction Set Computer
RSVP – Resource reSerVation Protocol
SCM – Service Composition Model
SS7 – Signalling System no. 7
TC – Transaction Controller
UML – Unified Modelling Language
WWW – World Wide Web
XML – eXtensible Markup Language