

Ronaldo Luiz Conde Pereira

**Estendendo uma Infra-estrutura de Software para
Aglomerados de Computadores com um Suporte a
Reserva de Processador**

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: Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira

Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Março de 2004.

Ronaldo Luiz Conde Pereira

**Estendendo uma Infra-estrutura de Software para
Aglomerados de Computadores com um Suporte a
Reserva de Processador**

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. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira
Orientador
PUC-Rio

Prof. Luiz Fernando Gomes Soares
PUC-Rio

Profª. Noemi de La Rocque Rodriguez
PUC-Rio

Prof. Carlos Roberto Serra Pinto Cassino
Laboratório TecGraf – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 08 de Março de 2004.

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

Ronaldo Luiz Conde Pereira

Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Pará (UFPA.) em 1981. Atualmente, integra o grupo de pesquisadores/assessores da PRODEPA (Processamento de Dados do Estado do Pará), trabalhando nas áreas de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, com ênfase em Gerência de Redes.

Ficha Catalográfica

Pereira, Ronaldo Luiz Conde

Estendendo uma Infra-estrutura de Software para Aglomerados de Computadores com um Suporte a Reserva de Processador / Ronaldo Luiz Conde Pereira; Orientador: Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2004.

83 f. : il. ; 30 cm

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

Incluí referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Aglomerados. 3. Gerenciamento de recursos. 4. Reserva de processador. 5. Escalonamento. 6. Sistemas distribuídos. I. Cerqueira, Renato Fontoura de Gusmão. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

A Nôra, Roni, Raphael e Raphaela, minha esposa e meus filhos. Pelo seu amor incondicional e pela crença que essas pessoas incríveis sempre tiveram na minha capacidade de aprendizado e luta. Sem esse amor, carinho e compreensão eu nada conseguiria.

Aos meus pais, Luiz (*in memoriam*) e Alice.

Agradecimentos

Ao professor Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira pela orientação preciosa e, especialmente, pelo estímulo, carinho, dedicação, compreensão e inesgotável paciência. Um amigo desde, e para, sempre.

Aos professores Luiz Fernando Gomes Soares, Noemi de La Roque Rodriguez e Carlos Roberto Serra Pinto Cassino, por fazerem parte da banca de avaliação deste trabalho.

Aos professores Marcus Vinícius Soledade Poggi de Aragão, Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira, Luiz Fernando Gomes Soares, Carlos José Pereira de Lucena, Markus Endler e João Célio Brandão, pela dedicação, paciência, competência e excelência acadêmica na condução das aulas e pesquisas.

A toda equipe do laboratório Lab-Pós, pelo espírito de ajuda, companheirismo e amizade dispensada por todos.

A toda equipe do laboratório TecGraf pela acolhida carinhosa, em especial a Mark Stroetzel Glasberg, Renato Figueiro Maia e Cristina Ururahy da Fontoura Cerqueira, pelo espírito de ajuda e orientações preciosas sobre a linguagem Lua, o sistema LuaORB e o *framework* CSBase.

A toda equipe de apoio do laboratório TecGraf e do DI - Departamento de Informática, em especial a Ruth Maria de Barros Fagundes de Sousa, Deborah de Barros Fagundes Gonçalves e Emanuelle Oliveira dos Anjos, além do pessoal do suporte, por seu dedicado e inestimável apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

A toda minha família pelos poucos, mas valiosos, momentos compartilhados durante estes anos, e pela compreensão pelos muitos momentos de ausência.

A Sra. Regina Maria Nogueira do Sacramento e família, pela acolhida maternal em seu lar, além das lições de vida tão justa e profundamente colocadas.

A Carlos de Salles Soares Neto e família, pela felicidade proporcionada nos bons momentos e pelo conforto em momentos difíceis, todos muito valiosos, além das dicas importantes em linguagens de programação. Amigos para sempre.

Ao Governo do Estado do Pará e a PRODEPA - Processamento de Dados do Estado do Pará, pela confiança em mim depositada, e pelo apoio financeiro.

Resumo

Pereira, Ronaldo Luiz Conde; Cerqueira, Renato Fontoura de Gusmão. **Estendendo uma Infra-estrutura de Software para Aglomerados de Computadores com um Suporte a Reserva de Processador**. PUC-Rio, 2004. 83p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O objetivo deste trabalho é estudar a integração de mecanismos de reserva de recursos computacionais em infra-estruturas de *software* para aglomerados de computadores. Para realizar esse estudo, foi utilizado o *framework* CSBase, que é uma infra-estrutura de *software* concebida com o intuito de dar apoio à implementação e integração de aplicações científicas em ambientes distribuídos e heterogêneos. O CSBase oferece suporte à execução de aplicações em ambientes distribuídos e ao gerenciamento de usuários e de recursos computacionais, tais como computadores, arquivos de dados e aplicações. Entretanto, as primeiras aplicações desenvolvidas com o CSBase já demonstraram que são necessários mecanismos que permitam um melhor gerenciamento e controle dos recursos computacionais disponíveis em ambientes distribuídos, e especialmente em aglomerados de computadores dedicados à execução de aplicações de alto desempenho. Neste trabalho, apresentamos uma extensão ao *framework* CSBase que possibilita a reserva de processador para aplicações de usuários do sistema, e assim permitindo um gerenciamento mais eficiente dos recursos computacionais disponíveis. Essa extensão também garante que serão efetuadas as adaptações necessárias para acomodar eventuais variações no perfil de uso do processador por parte das aplicações. Como resultado dessa extensão, obteve-se a integração entre a monitoração de recursos distribuídos, a iniciação remota de aplicações, e um mecanismo de reserva de processador que proporcionou uma melhor utilização das máquinas disponíveis.

Palavras-chave

Aglomerados; gerenciamento de recursos; reserva de processador; escalonamento; sistemas distribuídos.

Abstract

Pereira, Ronaldo Luiz Conde; Cerqueira, Renato. **Extending a Software Infrastructure for Cluster Computing with Support for Processor Reservation**. PUC-Rio, 2004. 83p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The goal of this work is to study the integration of resource reservation mechanisms with software infrastructures for cluster computing. To perform this study, we used the CSBase framework, which is a software infrastructure conceived to support the implementation and integration of scientific applications in heterogeneous and distributed environments. CSBase offers support for application execution in distributed environments, as well as support for management of users and computational resources, such as computers, data files and applications. However, the first applications developed with CSBase showed that it requires mechanisms to allow a better management of resources available in distributed environments, and especially in clusters of computers dedicated to execute high performance applications. In this work, we present an extension to CSBase that provides the reservation of processor time to user applications, thus allowing a more efficient resource management. This extension also guarantees that all required adaptations will be performed to accommodate variations in the applications' processor usage profile. As a result of this extension, we achieved the integration of mechanisms for distributed resource monitoring, remote application execution, and processor reservation, providing a better utilization among the available machines.

Keywords

Clusters computing; resource management; CPU reservation; process scheduling; distributed systems.

Sumário

1 Introdução	11
1.1. Ambiente proposto	16
1.2. Estrutura da dissertação	17
2 Trabalhos Relacionados	18
2.1. Serviço de gerência de recursos intra-aglomerado	18
2.1.1. Execução de componentes	20
2.1.2. Disseminação de informações	22
2.2. Serviço de gerência de recursos inter-aglomerados	22
2.3. Mecanismo de Gerência para Sistemas Multimídia Distribuídos	24
2.3.1. Modelo de recurso	25
3 A Infra-estrutura CSBase	29
3.1. Elementos funcionais e arquitetura	31
3.2. Funcionalidades oferecidas pelo <i>framework</i> CSBase	33
3.3. O Servidor do Sistema Integrador (SSI)	35
3.4. O Servidor de Gerência de Algoritmos (SGA)	37
3.5. IDL CSBase	37
3.6. Fluxo de serviço do <i>framework</i> CSBase	39
4 O Sistema DSRT	42
4.1. Funcionalidades do sistema	42
4.2. Ambiente DSRT	46
4.3. Fases de execução	47
4.4. API DSRT	49
4.5. Limitações do sistema DSRT	51
5 Uma Extensão para Reserva de Recursos no CSBase	53
5.1. Integração	55
5.2. Implementação da integração	55
5.2.1. Repositório de interfaces	55
5.2.2. IDL CSBase estendida	56

5.2.3. Serviço no sistema operacional	57
5.2.4. Exportação de funções C → Lua	58
5.3. Fluxo de serviço do <i>framework</i> CSBase estendido	60
5.4. Propriedades dos testes efetuados	61
5.5. Resultados obtidos	64
6 Conclusões	71
7 Referências Bibliográficas	75
8 Anexos	78

Lista de figuras

Figura 1 - Elementos funcionais de uma aplicação sendo executados de forma distribuída	11
Figura 2 - Integração proporcionada por um <i>framework</i> ou um <i>middleware</i>	13
Figura 3 - Comunicação para a arquitetura cliente/servidor	14
Figura 4 - Interações entre aplicações de sistemas dinâmicos e heterogêneos	15
Figura 5 - Organização de um aglomerado (<i>cluster</i>)	19
Figura 6 - Protocolo de reserva de recursos e execução de componentes	20
Figura 7 - Hierarquia de aglomerados	23
Figura 8 - Modelo de recurso com os respectivos serviços	26
Figura 9 - Elementos funcionais e arquitetura do <i>framework</i> CSBase	31
Figura 10 - SSI-Corp	36
Figura 11 - SSI-Local	36
Figura 12 - A IDL provê independência de linguagem de programação entre os objetos	37
Figura 13 - Fluxo de serviço do <i>framework</i> CSBase	40
Figura 14 - Sistema DSRT	42
Figura 15 - Classes de tarefas <i>soft real-time</i>	45
Figura 16 - Seqüência de execução (fases) dos serviços DSRT	48
Figura 17 - Interface C++ do sistema DSRT (arquivo CPUApi.h)	50
Figura 18 - LuaORB	56
Figura 19 - Publicação da IDL de gerência do <i>framework</i> CSBase (arquivo sga-daemon.idl)	57
Figura 20 - Interface do serviço (arquivo sga-services.lua)	58
Figura 21 - Registro de funções C em Lua (arquivo sgaWindows.cpp)	59
Figura 22 - Fluxo de serviço do <i>framework</i> CSBase estendido	61
Figura 23 - Exportação do sga.ior	62
Figura 24 - Aplicação cliente de teste cli-sga.lua	63
Figura 25 - Implementação da aplicação cliente de teste cli-sga.lua	63