

Bernardo Quaresma Dias

**Um Mecanismo de Tolerância a Falhas para
Sistemas de Gerenciamento de Workflow**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador : Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira
Co-Orientador: Prof. Carlos Roberto Serra Pinto Cassino

Rio de Janeiro
Agosto de 2010

Bernardo Quaresma Dias

**Um Mecanismo de Tolerância a Falhas para
Sistemas de Gerenciamento de Workflow**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Carlos Roberto Serra Pinto Cassino

Co-Orientador

PUC-Rio

Prof. Noemi de La Rocque Rodriguez

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Marco Antonio Casanova

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 9 de Agosto de 2010

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

Bernardo Quaresma Dias

Graduou-se em Engenharia de Controle e Automação na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro, Brasil). Trabalhou junto com o laboratório Tecgraf/PUC-Rio na manutenção, desenvolvimento e implantação de um sistema de automação de procedimentos.

Ficha Catalográfica

Dias, Bernardo Quaresma

Um mecanismo de tolerância a falhas para sistemas de gerenciamento de workflow / Bernardo Quaresma Dias; orientador: Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira; co-orientador: Carlos Roberto Serra Pinto Cassino. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2010.

v., 73 f: il. ; 29,7 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. 2. Tolerância a Falhas. 3. Replicação. 4. Workflow. I. Cerqueira, Renato Fontoura de Gusmão. II. Cassino, Carlos Roberto Serra Pinto. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

Aos meus orientadores Renato Cerqueira e Carlos Cassino, que souberam identificar meu potencial e me inspirar a alcançá-lo.

À PUC–Rio, em particular ao Tecgraf, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao Renato Maia pelas explicações e por me mostrar que para ser entendido eu preciso expressar o que os outros ainda não sabem.

À minha família, que manteve o interesse no meu meu trabalho mesmo sem entender sobre o que se tratava.

Aos meus amigos, em especial ao casal Gustavo e Clara Spritzer, por continuarem buscando contato, mantendo minha convivência com seres humanos.

Ao Rio de Janeiro Sharks Futebol Americano de Praia, por darem todo apoio, cobrirem a minha ausência e por me receberem de volta como se eu não tivesse saído.

Aos colegas do LabLua por mostrarem que o caminho pode ser percorrido com seriedade sem abrir mão dos momentos de descontração.

Finalmente, a Antonia Brisson, pela compreensão e por me lembrar que os objetivos podem ser alcançados com dedicação.

Resumo

Dias, Bernardo Quaresma; Cerqueira, Renato Fontoura de Gusmão; Cassino, Carlos Roberto Serra Pinto. **Um Mecanismo de Tolerância a Falhas para Sistemas de Gerenciamento de Workflow**. Rio de Janeiro, 2010. 73p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nesse trabalho propomos um mecanismo com detecção de falhas, replicação e gerenciamento de grupos para instrumentação de sistemas de gerenciamento de *workflow* com tolerância a falhas. Sistemas de gerenciamento de *workflow* demandam alguns recursos específicos de replicação, pois realizam operações não-determinísticas e não dependem de chamadas externas para atualização do seu estado. Como estudo de caso, utilizamos um sistema de automação de procedimentos industriais e analisamos as modificações necessárias para utilização desse sistema com o mecanismo de tolerância a falhas proposto. Também avaliamos o impacto no desempenho do sistema decorrente do uso do mecanismo proposto.

Palavras-chave

Tolerância a Falhas. Replicação. Workflow.

Abstract

Dias, Bernardo Quaresma; Cerqueira, Renato Fontoura de Gusmão (Advisor); Cassino, Carlos Roberto Serra Pinto (Co-Advisor). **A Fault Tolerant Mechanism for Workflow Management Systems**. Rio de Janeiro, 2010. 73p. MsC Thesis — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In this work we propose a mechanism for failure detection, group management and service replication, providing fault tolerance for workflow management systems. Workflow management systems require specific replication features, since such systems deal with non-deterministic operations and update their's internal state without any external calls. As a case study we use an industrial automation system and analyze the needed modifications to use the proposed mechanism and evaluate the impact of the mechanism in the system's performance.

Keywords

Fault Tolerance. Replication. Workflow.

Sumário

1	Introdução	10
2	Sistemas de Gerenciamento de Workflow	12
2.1	Padrões de Construção de Workflows	16
2.2	Limitações	19
2.3	Exemplos de Sistema de Gerenciamento de Workflow	20
2.4	Considerações Finais	21
3	Tolerância a Falhas e Replicação	24
3.1	Replicação	24
3.2	Comunicação em Grupo	25
3.3	Deteção de falhas	25
3.4	Tipos de Replicação	26
3.5	Abordagens para Replicação de Objetos Distribuídos	32
3.6	Considerações Finais	36
4	Mecanismo de Tolerância a Falhas para Sistemas de Gerenciamento de Workflow	37
4.1	Requisitos	37
4.2	Especificação	39
4.3	O Mecanismo de Tolerância a Falhas	41
4.4	Exemplo de uso	46
4.5	Limitações do Mecanismo	48
5	Estudo de Caso	51
5.1	O Sistema MPA	51
5.2	Modificações Necessárias	58
5.3	Testes de Desempenho	60
5.4	Resultados	64
6	Conclusão	67
7	Referências Bibliográficas	71

Lista de figuras

2.1	Elementos de um Sistema de Gerenciamento de <i>Workflow</i>	14
2.2	<i>Workflow</i> adaptado ao padrão de ciclos estruturados.	17
2.3	Exemplo de distribuição e um nó do Exotica/FMQM.	21
2.4	Ambiente de desenvolvimento do Sistema Kepler (fonte [7])	22
2.5	Ambiente de desenvolvimento do Sistema Taverna (fonte [9])	23
3.1	Exemplos de ferramenta de comunicação em grupo sem sincronia de visão (a) e com sincronia de visão (b).	25
3.2	Troca de mensagens e processamento de chamada usando replicação ativa.	27
3.3	Troca de mensagens e processamento de chamada usando replicação passiva quente.	29
3.4	Flexibilização de garantias para replicação passiva quente.	30
4.1	Diagrama com relacionamento entre replicadores, servidores de execução e elementos externos.	39
4.2	Interface dos replicadores em detalhe.	42
4.3	Interface com métodos necessários para utilização de um motor como réplica pelo mecanismo.	45
4.4	Sequência de chamadas de para partida de dois replicadores e início da replicação.	47
4.5	Sequência de chamadas para entrada de um replicador secundário adicional.	48
4.6	Sequência de chamadas para eleição de nova réplica.	49
5.1	Componentes do Sistema MPA	52
5.2	Fluxo de controle de temperatura e nível de tanques.	62
5.3	Fluxo movimentação de válvulas.	63

Lista de tabelas

4.1	Lista de Requisitos para o Mecanismo.	39
4.2	Lista de Decisões de Projeto para o Mecanismo.	41
5.1	Suporte a padrões de construções de <i>workflows</i> no MPA	55
5.2	Resultados de execução sem falhas	65
5.3	Resultados de execução com entrada de secundária	65
5.4	Resultados de execução com falha na réplica principal	66