

Sérgio da Costa Côrtes

**Um modelo de transações
para integração de SGBD a
um ambiente de computação
móvel**

TESE DE DOUTORADO

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
Programa de Pós-graduação em
Informática**

Rio de Janeiro
Julho de 2004

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Sérgio da Costa Côrtes

**Um modelo de transações para integração
de SGBD a um ambiente de computação
móvel**

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Informática

Orientador: Prof. Sérgio Lifschitz

Rio de Janeiro
Julho de 2004



Sérgio da Costa Côrtes

**Um modelo de transações para integração
de SGBD a um ambiente de computação
móvel**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como parte dos requisitos parciais para obtenção do título de Doutor em Informática. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Sérgio Lifschitz

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Ana Carolina Brandão Salgado

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof. Ângelo Roncalli Alencar Brayner

Universidade de Fortaleza (Unifor)

Prof. Angelo Ernani Maia Ciarlini

Universidade do Rio de Janeiro (Unirio)

Prof. Carlos José Pereira de Lucena

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
(PUC-Rio)

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico —
PUC-Rio

Rio de Janeiro, 15 de Julho de 2004

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

Sérgio da Costa Côrtes

Graduado em Estatística pela Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE/IBGE, Pós graduado em Análise de Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Mestre em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), na área de concentração em Banco de Dados. Professor do quadro complementar do Departamento de Informática da PUC-Rio.

Ficha Catalográfica

Côrtes, Sérgio

Um modelo de transações para integração de SGBD a um ambiente de computação móvel/ Sérgio da Costa Côrtes; orientador: Sérgio Lifschitz. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2004.

211 f: il. ; 30 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática - Teses. 2. Banco de Dados. 3. Ambiente de Computação Móvel 4. Agentes. 5. Frameworks. I. Lifschitz, Sérgio. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

A DEUS pela graça da Vida e por me tornar uma pessoa voltada para seus ideais.

À Elvira Maria Antunes Uchôa por seu incentivo, apoio, ensinamentos e ajuda. Sem ela, certamente, eu não conseguiria chegar ao fim desta tese.

Ao professor Sérgio Lifschitz por sua orientação e pela confiança depositada em mim durante este trabalho.

À minha Mãe Haydê por ser o meu exemplo de vida.

À minha irmã Wilma que sempre que possível me ajuda no desempenho de minha função de pai.

Aos meus filhos, Samuel e Anna Carolina, por serem meus grandes motivadores de crescimento pessoal.

Aos meus amigos Alexandre, Claudia, Victor e D. Conceição, pela acolhida em suas famílias e pelos constantes carinho e estímulo.

A todos os amigos da PUC-Rio, professores, companheiros do grupo de Banco de Dados, alunos e funcionários por sua ajuda e incentivo durante meus estudos.

À PUC-Rio pela oportunidade de fazer este doutorado com isenção de suas taxas escolares.

Ao IBGE por tornar possível este doutorado, me proporcionando todas as condições necessárias de tempo e financeira.

Resumo

Côrtes, Sérgio; Lifschitz, Sérgio. **Um modelo de transações para integração de SGBD a um ambiente de computação móvel.**

Rio de Janeiro, 2004. 211p. Tese de Doutorado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Dispositivos portáteis dotados de computador são cada vez mais utilizados em diversos domínios de aplicações. Juntamente com as redes de telecomunicações provêm a base tecnológica para a computação móvel. Neste ambiente, os Sistemas de Gerência de Bancos de Dados (SGBDs) podem fornecer todos os mecanismos para confiança, segurança, disponibilidade, integridade e acesso eficiente a dados persistentes. Estes SGBDs podem estar localizados na rede com fio (fixa), desempenhando seu papel convencional de servidor de banco de dados, ou podem prover dados para computadores móveis e tecnologias relacionadas. Vários modelos para transações em banco de dados para o ambiente de computação móvel têm sido propostos. No entanto, não satisfazem plenamente as características únicas deste tipo de ambiente, tais como desconexões freqüentes, fraca conectividade na rede sem fio e a movimentação dos clientes. Esta tese tem por objetivo propor um modelo de computação que permita a integração de um SGBD a um ambiente de computação móvel. É apresentado um novo modelo de transações de banco de dados em múltiplos níveis no sentido de garantir o atendimento dos requisitos da computação móvel e as propriedades ACID de transações, onde há participação efetiva do SGBD. O modelo é definido em lógica de primeira ordem seguindo o formalismo ACTA. A implementação desse modelo de transações é apresentada em uma arquitetura que faz uso das abordagens de frameworks orientados a objetos e agentes de software, de forma a tratar com maior eficiência as especificidades do ambiente de computação móvel. Finalmente, é feita uma comparação entre alguns dos modelos mais relevantes de transações para bancos de dados no ambiente de computação móvel e o modelo proposto nesta tese, ressaltando o tratamento dado às propriedades ACID das transações de banco de dados.

Palavras-chave

Transações, ACID, Banco de Dados, ACTA, Computação Móvel, Frameworks, Agentes de Software.

Abstract

Côrtes, Sérgio; Lifschitz, Sérgio. **A Transaction Model for DBMS integration to a Mobile Computation Environment.**

Rio de Janeiro, 2004. 211p. PhD. Thesis — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Portable computerized devices have become widely used in many different application domains and are, together with telecommunication networks, the underlying technology for mobile computing. In this environment Database Management Systems (DBMS) may provide reliability, security and availability, besides data integrity and efficiency persistent data access. These DBMS might be located either in conventional (fixed) networks, with the conventional data server role, or might serve global and local data for mobile computers and related technology. There are many transaction models for mobile database management. However, the particular characteristics of this mobile environment, such as frequent disconnections, weak and intermittent connectivity of wireless networks and clients movement, are not always well addressed. The goal of this thesis is to propose a computational model that enables the integration of a DBMS to a mobile environment. Indeed, we present a new multi-level database transactional model in order to handle mobile requirements and ACID transaction properties, where a DBMS is present. Our model is defined using the ACTA formalism based in first-order logic. The implementation of proposed transaction model becomes feasible through the use of object-oriented frameworks and software agents, with gave support to deal with the particularities of the mobile computing environment. Finally, we give a comparison between the most relevant transaction models for the mobile computing environment and our proposed model, emphasizing the treatment given to the ACID transactions properties.

Keywords

Transactions, ACID, Databases, ACTA, Mobile Computation, Frameworks, Software Agents.

Conteúdo

1	Introdução	13
1.1	Um Cenário Móvel e a Contextualização de Seus Problemas na Abordagem deste Trabalho	14
1.2	Motivação para este Trabalho	17
1.3	Objetivos da Tese	20
1.4	Organização da Tese	21
1.5	Resumo do Capítulo	22
2	Conceitos e Fundamentos	24
2.1	O Ambiente dos Sistemas de Bancos de Dados	24
2.2	Concorrência e Transações em Banco de Dados	25
2.3	Frameworks	30
2.4	Agentes de Software	33
2.5	O Ambiente da Computação Móvel	34
3	Trabalhos Correlatos	51
3.1	Transações no Ambiente de Computação Móvel	51
3.2	Trabalhos Correlatos	52
3.3	A Motivação para um Novo Modelo de Transações	69
3.4	Resumo do Capítulo	71
4	O Modelo de Transações Proposto	73
4.1	Framework ACTA	73
4.2	O Modelo da Transação Móvel Proposto	75
4.3	Formalização do Modelo de Transações Proposto	87
4.4	Critério de Corretude do Modelo Proposto	104
4.5	Vantagens do Modelo Proposto	105
4.6	Resumo do Capítulo	106
5	Uma Arquitetura para Implementação do Modelo de Transações Proposto	107
5.1	O Ambiente para Integração e Implementação do Modelo de Transações Proposto	107
5.2	A Arquitetura Proposta	108
5.3	O Framework Proposto	114
5.4	Garantia das Propriedades do Modelo Proposto pelo Framework	148
5.5	Resumo do Capítulo	155
6	Comparação entre Modelos de Execução de Transação em Ambiente de Computação Móvel	157
6.1	Resumo das Características do Modelo Proposto	157
6.2	Modelos de Execução	160
6.3	Tratamento das Propriedades ACID	164
6.4	Resumo do Capítulo	175

7	Conclusões, Principais Contribuições e Trabalhos Futuros	176
7.1	Síntese do Trabalho	176
7.2	Principais Contribuições da Tese	177
7.3	Limites Técnicos	179
7.4	Trabalhos Futuros	180
	Referências Bibliográficas	182
A	Algumas Questões Importantes Quanto ao Funcionamento do Ambiente de Computação Móvel	190
A.1	Estados de Operação de um Equipamento (Host) Móvel	190
A.2	Estados de Operações Desconectadas de um Host Móvel	191
A.3	Desconexão e os SGBDs	195
A.4	Fraca Conectividade	197
A.5	Mobilidade	198
A.6	Recuperação de Falhas	199
B	Revisão Conceitual para Formalização do Modelo de Transações Proposto	203
B.1	Formalização de Algumas Definições de Uso Geral	203
B.2	Tipos de Dependências entre as Transações	205
C	Diagrama do Modelo Lógico de Dados Relacional do Exemplo de Vendas e Interfaces da Aplicação Móvel	209
C.1	Diagrama Lógico Relacional do Exemplo de Vendas	209
C.2	Interfaces da Aplicação Móvel	211

Lista de Figuras

1.1	Um cenário para um ambiente de computação móvel	16
2.1	Diagrama de Transição de Estados de uma transação	28
2.2	Arquitetura de um sistema de computação móvel	36
2.3	Classificação dos SGBDs	40
2.4	Componentes do modelo cliente/servidor para SGBDs	44
2.5	Ambiente de computação móvel em uma arquitetura cliente/servidor convencional	44
2.6	Modelo em três camadas cliente/ <i>agente-servidor</i> /servidor	46
2.7	O modelo em três camadas cliente/ <i>agente-cliente</i> /servidor	47
2.8	O modelo em três camadas cliente/ <i>agente-agente</i> /servidor	48
4.1	Representação do modelo de transações proposto	79
4.2	Diagrama de Transição de Estados de uma transação móvel (TM) no modelo proposto	85
5.1	Caracterização do ambiente de computação móvel considerado	108
5.2	Esquema geral da arquitetura proposta	110
5.3	Detalhamento do esquema geral da arquitetura proposta	113
5.4	Diagrama de Casos de Uso do framework proposto	116
5.5	Esquema genérico de funcionamento de uma instância do framework	118
5.6	Diagrama de Organização do ambiente móvel do framework proposto	120
5.7	Diagrama de Organização do ambiente de rede fixa do framework proposto	125
5.8	Diagrama de Classes do framework proposto	131
5.9	Diagrama de Papéis do framework proposto	133
5.10	Diagrama de Seqüência Execução Transação Móvel	135
5.11	Diagrama de Seqüência Execução Transação BD Eq. Rede Fixa - no equipamento móvel (partida)	137
5.12	Diagrama de Seqüência Execução Transação BD Eq Rede Fixa - no equipamento da rede fixa	139
5.13	Diagrama de Seqüência Execução Transação BD Eq Rede Fixa - no equipamento móvel (retorno)	140
5.14	Diagrama de Seqüência Execução Transação BD Eq Móvel	141
5.15	Diagrama de Seqüência Execução Aplicação	142
5.16	Diagrama de Seqüência Localização Cliente Móvel	143
5.17	Diagrama de Seqüência Encerramento Transação Eq Móvel	145
5.18	Diagrama Estrutural do ambiente móvel do framework proposto instanciado	147
5.19	Diagrama Estrutural do ambiente de rede fixa do framework proposto instanciado	148
A.1	Estados de operação de um host móvel	191

A.2	Estados de operações desconectadas de um host móvel	193
C.1	Modelo Lógico Relacional do Banco de Dados utilizado no estudo de caso	210
C.2	Interface 01 - início da aplicação	211
C.3	Interface 02 - identificação do vendedor	212
C.4	Interface 03 - início do pedido de compra	212
C.5	Interface 04 - identificação do cliente e da forma de pagamento da compra	213
C.6	Interface 05 - seleção dos produtos para venda e suas quantidades	214
C.7	Interface 06 - seleção dos produtos vendidos e suas quantidades	214
C.8	Interface 07 - conclusão da venda ao cliente	215

Lista de Tabelas

2.1	Características específicas da gerência de dados móveis	42
6.1	Quadro comparativo dos modelos de execução de transações	163
6.2	Quadro comparativo da propriedade de atomicidade	166
6.3	Quadro comparativo da propriedade de consistência	169
6.4	Quadro comparativo da propriedade de isolamento	172
6.5	Quadro comparativo da propriedade de durabilidade	175
A.1	Principais problemas e questões relacionadas ao estado de desconexão de uma unidade móvel	196
A.2	Conectividade e <i>checkpoint</i>	202

Aos meus pais, Wanderley e Haydê, por tudo o que eles me ensinaram e representam para mim.

Sérgio Côrtes