

7

Conclusões, Principais Contribuições e Trabalhos Futuros

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma síntese deste trabalho, destacar as suas contribuições mais relevantes, evidenciar alguns de seus limites técnicos e, finalmente, apresentar alguns trabalhos que poderão ser desenvolvidos como uma continuação dos estudos e propostas apresentados.

7.1

Síntese do Trabalho

O principal objetivo desta tese consiste em propor um modelo de computação que permita a integração de um Sistema de Gerência de Banco de Dados (SGBD) a um Ambiente de Computação Móvel, atendendo às características únicas desse ambiente, tais como desconexões freqüentes, fraca conectividade na rede sem fio e movimentação dos clientes.

Para atingir esse objetivo, foram inicialmente identificadas e discutidas essas características no contexto dos SGBDs. Dado que para o desenvolvimento e a compreensão do trabalho proposto é necessária uma série de fundamentações teóricas, no contexto de banco de dados e computação móvel, seus principais conceitos foram apresentados na seqüência.

Como o objetivo deste trabalho é propor um modelo de computação que integre SGBD e ambiente de computação móvel, foram estudados vários modelos de transações de banco de dados no ambiente de computação móvel, considerados de maior relevância.

Em seguida, foi apresentada a proposta de um novo modelo de transações de banco de dados, considerando as características específicas da computação móvel, formalizado em lógica de primeira ordem.

O modelo de transações proposto se caracteriza por ser um modelo em quatro níveis, em que uma transação gerada pelas aplicações, nos equipamentos móveis, Transação Móvel (TM), é executada primeiramente pelo SGBD localizado no equipamento móvel, BD móvel, e, uma vez

confirmada (*commit* local), é também executada no SGBD localizado na rede fixa.

Uma das principais características desse modelo de transações consiste em garantir que uma TM seja sempre executada no banco de dados localizado na rede fixa, não dependendo de uma conectividade contínua entre o equipamento móvel e a rede fixa. A transação é enviada a um equipamento localizado na Estação de Suporte à Mobilidade (ESM), que se encarrega de fazê-la executar no SGBD, na rede fixa. Quando essa transação termina, seja ela confirmada ou cancelada, descobre-se onde está, no momento, o cliente móvel (equipamento móvel que a gerou), e seu resultado lhe é enviado.

Para implementação desse modelo de transações foi proposta uma arquitetura usando as tecnologias de frameworks e agentes de software, de forma a tratar com maior eficiência as especificidades do ambiente de computação móvel. A extensibilidade da tecnologia de framework garante que o modelo de computação proposto possa trabalhar com diferentes tipos de SGBDs, sistemas de localização de clientes móveis e linguagens de programação, para a implementação das aplicações móveis que poderão usar a arquitetura. A mobilidade dos agentes de software permite uma maior eficiência na comunicação equipamento móvel/equipamento fixo, considerando o trânsito da transação entre os dois ambientes.

O framework foi documentado utilizando a linguagem de modelagem MAS-ML, que representa os aspectos estruturais e dinâmicos de um sistema baseado em agentes, explorando as características peculiares dos agentes de software.

Finalmente, foi apresentada uma comparação entre os modelos de transações para bancos de dados no ambiente de computação móvel, analisados anteriormente, e o modelo proposto neste trabalho, ressaltando o tratamento dado às propriedades ACID das transações.

7.2

Principais Contribuições da Tese

A análise dos modelos apresentados demonstrou que nenhum deles consegue atender plenamente a todos os requisitos do ambiente de computação móvel. A proposta deste trabalho buscou um modelo de transações que minimizasse essas deficiências. Assim, as principais contribuições deste trabalho são:

1. Desenvolvimento de um modelo de transações de bancos de dados para o ambiente de computação móvel com as seguintes características:
 - (a) Não necessite de conexão contínua do equipamento móvel com a rede fixa durante o processamento da transação;
 - (b) Garanta o processamento das transações iniciadas no SGBD localizado na rede fixa, mesmo em momentos de desconexão do equipamento móvel;
 - (c) Minimize o cancelamento em cascata das transações locais, já confirmadas nos equipamentos móveis, decorrente de sua propagação para o ambiente de rede fixa;
 - (d) Possibilite a consistência entre os dados locais e globais em intervalos de tempo menores do que os modelos de transações tradicionais, uma vez que o processamento das transações nos SGBDs localizados na rede fixa não necessita de conexão contínua com o equipamento móvel;
 - (e) Permita a visibilidade dos resultados das transações confirmadas localmente para as transações em execução no equipamento móvel;
 - (f) Garanta as propriedades ACID das transações processadas, tanto no SGBD localizado no equipamento móvel quanto nos SGBDs localizados nos equipamentos da rede fixa;
 - (g) Trabalhe com diversos tipos de transações;
 - (h) Possibilite o processamento de transações curtas e de transações longas, diminuindo o *overhead* na computação móvel, uma vez que as transações longas podem ser executadas em momentos de desconexões;
 - (i) Trabalhe com SGBDs centralizados e distribuídos indistintamente;
 - (j) Não necessite de um SGBD no equipamento móvel, embora permita sua existência;
 - (k) Conheça a localização exata dos clientes móveis durante o processamento das transações, visando à entrega dos resultados das transações aos clientes móveis;
 - (l) Controle todo o processamento das transações no SGBD, garantindo assim o processamento correto das transações e a consistência dos dados.

2. Formalização do modelo de transações proposto, em lógica de primeira ordem;
3. Extensão da arquitetura cliente/servidor de forma a:
 - (a) Propiciar maior agilidade e desempenho na busca, recuperação e atualização dos dados solicitados, nas operações geradas pelas transações de banco de dados, a partir das aplicações móveis (aplicações que residem nos equipamentos móveis);
 - (b) Criar um mecanismo que permita que toda a gerência dos dados processados no ambiente móvel seja efetuada pelo próprio SGBD;
 - (c) Integrar o SGBD e as funcionalidades necessárias para resolver os principais problemas gerados pelas características do ambiente da computação móvel, tais como desconexões frequentes e mobilidade dos clientes móveis, que podem afetar diretamente o processamento das transações de banco de dados e causar um grande desperdício e *overhead* nos recursos do ambiente;
 - (d) Utilizar a característica de migração dos agentes (*agentes móveis*) para facilitar a interatividade e a comunicação entre os ambientes de rede sem fio e de rede fixa;
 - (e) Utilizar a tecnologia de framework para permitir que a arquitetura possa ser adaptada e ajustada para diferentes tipos de ambientes móveis, garantindo a qualidade e a exatidão dos dados armazenados nos servidores de banco de dados, que podem ser de diferentes tipos de SGBD, dados esses manipulados pelas transações geradas nos equipamentos móveis, a partir de diferentes linguagens de programação.
4. Documentar o framework com uma notação adequada à representação das especificidades das tecnologias consideradas, tornando a sua documentação clara e de fácil compreensão.

7.3

Limites Técnicos

Alguns aspectos relativos à integração da computação móvel com os SGBDs e as tecnologias de framework e agentes de software não foram abrangidos por este trabalho. Dentre eles destacam-se:

1. *A semântica das aplicações móveis* - em nenhum momento este trabalho considera a semântica das aplicações, focando somente no processamento das transações pelos SGBDs. Assim, o modelo impõe que transações executadas e confirmadas no BD móvel (BD local) terão também que ser executadas no SGBD localizado na rede fixa. Maiores detalhes na seção 5.1.
2. *O overhead nos ambientes* - não foram realizados estudos para mensurar o *overhead*, que pode ser causado nos ambientes móvel e de rede fixa em função das sucessivas trocas de mensagens e migrações dos agentes entre os ambientes, bem como as interações entre os agentes em cada ambiente. Intuitivamente, acredita-se que esse *overhead* seja bem menor com o uso de agentes móveis [33] e [66];
3. *A dificuldade na implementação do sistema multiagentes* - não foi avaliada a dificuldade na implementação do sistema multiagentes, decorrente principalmente de sua autonomia, desenvolvimento do código, sobretudo pelo aspecto da migração para um outro ambiente até então desconhecido para o mesmo, dificuldade de testar e depurar o sistema em função da sua mobilidade, bem como sua autenticação e controle, quando de sua migração e entrada em um novo ambiente [66].
4. *A instanciação do framework proposto* - não foi realizada a instanciação do framework proposto para validar seu comportamento quanto ao preenchimento de seus *hot spots* para diferentes ambientes de software e hardware.

7.4

Trabalhos Futuros

O ambiente da computação móvel pode ser considerado uma área de pesquisa científica ainda recente, e muitos trabalhos se fazem necessários para sua evolução. Nesta tese, fundamentalmente, foram utilizadas as tecnologias da computação móvel, framework, agentes de software e de banco de dados. Assim, dentre os possíveis trabalhos que podem ser desenvolvidos como uma continuação deste estudo destacam-se:

- Quanto ao framework proposto:

1. A total implementação do framework proposto;

2. A integração de diferentes SGBDs, linguagens de programação e sistemas de localização de clientes móveis, através da instânciação do framework;
 3. Desenvolvimento de um sistema de localização de clientes (posição) que possa ser totalmente integrado ao framework proposto.
- Quanto ao sistema de agentes:
1. A implementação dos aspectos da mobilidade dos agentes, para ambientes desconhecidos *a priori*;
 2. A consideração de sua autenticação e controle quando de sua migração e entrada em um novo ambiente;
 3. Estudos para mensurar o *overhead* causado nos ambientes móvel e de rede fixa, em função de sucessivas trocas de mensagens e migrações de agente móvel, para comprovar o que foi considerado intuitivamente nesta proposta.
- Quanto ao ambiente de banco de dados:
1. Um estudo mais aprofundado da evolução de esquemas de banco de dados para computação móvel, uma vez que a desconexão voluntária ou involuntária traz sérios problemas de compatibilidade entre os esquemas dos bancos de dados localizados nos equipamentos móveis e localizados na rede fixa;
 2. Desenvolver técnicas mais refinadas para carga antecipada de dados (*hoarding*) nos bancos de dados móveis, de forma a permitir maior autonomia do cliente móvel quando este estiver em locais de baixa ou nenhuma conexão;
 3. Desenvolver um SGBD totalmente baseado em agentes para o ambiente de computação móvel, de forma a que seus componentes possam se integrar ao framework proposto, facilitando o desenvolvimento das funcionalidades dos bancos de dados em sintonia com as necessidades do ambiente móvel;
 4. Otimizar o código fonte dos componentes do SGBD localizados nos equipamentos móveis, para que ocupem o menor espaço possível de memória e realizem um número cada vez maior de funções;

5. Estender o modelo de transações proposto para trabalhar com um maior grau de compartilhamento dos dados, alterando assim a concorrência entre as transações e sem afetar a consistência e integridade dos dados.