

6

Comparação entre Modelos de Execução de Transação em Ambiente de Computação Móvel

Este capítulo tem por objetivo apresentar um estudo comparativo entre os mais significativos modelos de execução de transação de banco de dados para ambientes de computação móvel, descritos no capítulo 3, e o modelo proposto nesta tese (capítulos 4 e 5).

São ressaltadas, nessa comparação, as características dos modelos de execução e como são tratadas as propriedades ACID em cada modelo analisado.

6.1

Resumo das Características do Modelo Proposto

O modelo de transações proposto neste trabalho apresenta uma arquitetura para possibilitar a submissão de transações de bancos de dados a partir dos equipamentos móveis. Considera que o banco de dados, localizado e administrado na rede fixa, pode ter extratos de dados armazenados nos bancos de dados localizados nos equipamentos móveis (BD local), bancos esses que devem ter seus esquemas contidos no banco de dados de onde são extraídos. A consistência dos dados é mantida nos bancos de dados dos equipamentos fixos, enquanto os bancos de dados localizados nos equipamentos móveis possuem apenas uma consistência local. Cada equipamento móvel e cada estação de suporte à mobilidade terão uma instanciação do framework proposto. A coordenação do processamento das transações móveis é do framework através de seus agentes de software, nos equipamentos móveis e fixos, cabendo aos SGBDs locais, tanto no equipamento móvel quanto na rede fixa, a execução das operações das transações a eles invocadas. A ordem de prioridade, a confirmação ou o cancelamento das transações, bem como o controle da dependência de execução das transações, são de responsabilidade do framework proposto. Assim, o cliente móvel pode interagir com o

SGBD nos momentos de conexão, de fraca conexão e sem conexão com a rede fixa.

Para garantir a consistência dos bancos de dados localizados nos equipamentos móveis, são utilizados quatro tipos de transações: Transação Móvel (TM); Transação Móvel Local Compensável (TMLC); Transação Móvel Global (TMG) e Transação Móvel Local Compensatória (TMLCP). Para garantir a consistência dos bancos de dados localizados nos equipamentos da rede fixa, são utilizados, também, quatro tipos de transações: Transação Coordenadora de Mobilidade (TCM), Transação Coordenadora de Banco de Dados (TCBD), Transação Local Compensável (TLC) e Transação Local Compensatória (TLCP). Além dessas transações, é introduzida a Transação de Suporte à Mobilidade do Cliente (TSMC), para acompanhar as freqüentes migrações dos clientes móveis e facilitar a sua localização.

Nesse modelo, as propriedades ACID das transações móveis são garantidas pelos SGBDs locais. Logo, a execução das Transações Compensáveis e Compensatórias de cada ambiente, móvel e de rede fixa, será de responsabilidade dos SGBDs com os quais as instanciações do framework proposto interagem.

Propriedade de Atomicidade

A confirmação (*commit*) da Transação Móvel (TM) depende da confirmação da Transação Móvel Local Compensável (TMLC) e da Transação Móvel Global (TMG). Já a confirmação da TMG depende da confirmação das transações submetidas aos SGBDs da rede fixa. O protocolo de *commit* usado para garantir a atomicidade em cada banco de dados é inerente aos SGBDs acessados a partir do framework, como, por exemplo, Two Phase Commit - 2PC, no SGBD Tino.

Estando o equipamento no modo conectado ou desconectado, a TM é sempre confirmada em duas etapas. Na primeira etapa, a confirmação da TM é considerada *temporária*, pois somente é exigida a confirmação da TMLC no equipamento móvel. Na segunda etapa, a confirmação da TM se dá em função da confirmação da TMG e de suas subtransações, executadas na rede fixa. Dessa forma, caso o equipamento móvel esteja desconectado, somente a primeira etapa da confirmação da TM é executada. Logo após a conexão do equipamento móvel, a TMG é executada, e, caso tenha sucesso na sua execução, a TM também é confirmada.

Nesse modelo, a ocorrência de cancelamentos em cascata é minimizada, uma vez que a única forma de cancelamento da TM é em caso de divergências de esquemas entre os bancos de dados dos equipamentos móveis e fixos. Assim, cancelamentos de transações em função de problemas semânticos da aplicação podem ser resolvidos com a intervenção do administrador do banco de dados da rede fixa. Em qualquer outro caso, a TM é ressubmetida para execução na rede fixa até que seja confirmada com sucesso.

Propriedade de Consistência

A consistência dos dados é mantida entre os dados localizados nos bancos de dados dos equipamentos móveis e dos bancos de dados da rede fixa. O banco de dados do equipamento móvel é consistente apenas localmente e dá suporte à execução das transações solicitadas localmente, principalmente nos momentos de desconexão. Já o banco de dados da rede fixa é consistente globalmente.

Caso as necessidades da aplicação permitam que os bancos de dados sejam extraídos para os bancos de dados dos equipamentos móveis com uma fragmentação, sem interseção dos fragmentos, a consistência de cada banco de dados localizado nos equipamentos móveis será igual à consistência do banco de dados global, exceto nos momentos de retardo de execução da TMG na rede fixa.

Caso haja divergência entre os esquemas dos bancos de dados do equipamento móvel e fixo, a transação que for confirmada localmente terá que ser cancelada, e seus efeitos serão compensados através da execução de transações compensatórias.

Propriedade de Isolamento

O modelo proposto concede visibilidade dos resultados das transações confirmadas localmente para outras transações em execução no banco de dados localizado no equipamento móvel.

Propriedade de Durabilidade

O modelo proposto garante a durabilidade dos efeitos das transações locais somente na confirmação (*commit*) da transação. Entretanto, se uma

transação foi confirmada localmente, a menos que apresente divergências de esquema, será confirmada globalmente e terá os seus resultados duráveis.

6.2

Modelos de Execução

A Tabela 6.1 apresenta um resumo comparativo das características dos modelos de execução analisados.

Modelo	Tipo de Transação	Solicitante da Transação Móvel	Execução no Equipamento Móvel	Execução na Rede com Fio
Clustering	Rigorosas e Fracas	Equip. móvel	Transações fracas e <i>commit</i> local no modo desconectado. Participação na execução de transações rigorosas no modo conectado	Transações rigorosas e <i>commit</i> das transações fracas (sincronização, atualizações permanentes)
Two-Tier Replication	De base e Provisórias	Equip. móvel	Transações provisórias no modo desconectado. Participação na execução de transações de base no modo conectado	Transações de base
Pro-motion	De longa duração e Aninhadas divididas	Equip. móvel	O agente de compacto executa inteiramente a transação e produz os <i>commits</i> locais	O gerente de compacto é encarregado da construção de compactos e do <i>commit</i> de transações confirmadas (<i>commit</i>) localmente (sincronização, atualizações permanentes)

Modelo	Tipo de Transação	Solicitante da Transação Móvel	Execução no Equipamento Móvel	Execução na Rede com Fio
Reporting	Aninhadas abertas com atomicidade, Não compensáveis, Reporting e Co-transactions	Equip. móvel/ Equip. fixo	Subtransações e transações globais	Transações globais e subtransações
Semantics-based	De longa duração	Equip. móvel	Transação móvel e <i>commit</i> local	Em resposta à solicitação do equip. móvel, objetos são fragmentados (<i>split</i>) pelo servidor de banco de dados e atualizados na reintegração (<i>merge</i>)
Prewrite	De longa duração (aninhadas e divididas)	Equip. móvel	Transação móvel e <i>commit</i> local	Gerenciamento de bloqueio e <i>commit</i> das transações confirmadas localmente (operações write)

Modelo	Tipo de Transação	Solicitante da Transação Móvel	Execução no Equipamento Móvel	Execução na Rede com Fio
Kangaroo	Divididas e Aninhadas abertas	Equip. móvel	<i>Não possui transações para o Equip. móvel</i>	Coordenação e execução da transação inteira
MDSTPM	Locais e Multitransações	Equip. móvel	Locais	Coordenação e execução das multitransações
Modelo Proposto	Móvel, Local compensável, Móvel global e Compensatória	Equip. móvel	Transação móvel, Transação local compensável e Transação compensatória. Coordenação de migração para o ambiente rede fixa	Transação móvel global, Transação local compensável e Transação compensatória. Acompanhamento da localização do cliente móvel e coordenação de migração para o ambiente rede fixa

Tabela 6.1: Quadro comparativo dos modelos de execução de transações

6.3

Tratamento das Propriedades ACID

A seguir, são apresentados quadros de resumo para facilitar a visão comparativa entre os modelos de execução analisados e o modelo proposto, quanto ao tratamento das propriedades ACID.

Os modelos MDSTPM e Kangaroo não aparecem nos quadros, uma vez que não apresentam novas soluções para as propriedades ACID, já que a execução de suas transações não é afetada pela mobilidade, por ser de responsabilidade do SGBD, localizado no equipamento fixo.

6.3.1

A Propriedade de Atomicidade

A propriedade de **atomicidade** impõe que *ou todas as operações da transação são refletidas corretamente no banco de dados ou nenhuma o será.*

A Tabela 6.2 apresenta um quadro comparativo com as características dos modelos de transações estudados e o modelo proposto, em relação à propriedade de atomicidade. Essa comparação se dá, principalmente, em função do que é executado nos equipamentos móveis e nos equipamentos fixos.

Modelo	Processo de Validação	
	Primeiro passo no equip. móvel	Segundo passo na estação de base/servidor de banco de dados
Clustering	<i>Modo desconectado: Commit</i> local das transações fracas <i>Modo conectado: 2PC</i> para transações rigorosas	<i>Commit</i> envolve reconciliação sintática com cancelamento e desfazimento dos efeitos (<i>rollback</i>) na solução de conflitos
Two-Tier Replication	<i>Modo desconectado: Commit</i> local das transações provisórias. <i>Modo conectado: protocolo de commit</i> para as transações de base	Transação provisórias são reexecutadas levando-se em conta seus critérios de aceitação
Pro-motion	<i>Commit</i> local de todas as transações locais	O processo de sincronismo verifica os compactos envolvidos nas transações locais. Em caso de conflito, as transações locais são canceladas e procedimentos de contingência são executados
Prewrite	<i>Commit</i> local de todas as transações locais	Atualizações locais são tornadas permanentes por operações de gravação (<i>write</i>)
Semantics-based	<i>Commit</i> local	Reintegração de atualizações (<i>merge</i>). Como os fragmentos são cópias exclusivas e possuem anexadas suas condições de consistência, não existe conflito na reintegração

Modelo	Processo de Validação	
	Primeiro passo no equip. móvel	Segundo passo na estação de base/servidor de banco de dados
Reporting	Todas as subtransações são atômicas e podem ser confirmadas (<i>commit</i>) independentemente das transações-pai. Para subtransações compensáveis, no caso de cancelamento (<i>abort</i>), transações compensatórias são executadas	-
Modelo Proposto	<i>Modo desconectado: Commit</i> local das Transações Móveis Locais Compensáveis (TMLCs). <i>Modo conectado:</i> Protocolo de confirmação para as Transações Móveis Globais (TMGs) e <i>commit</i> da Transação Móvel (TM)	Transações Móveis (TMs) são também executadas nos bancos de dados locais da rede fixa, tornando suas operações permanentes

Tabela 6.2: Quadro comparativo da propriedade de atomicidade

6.3.2

A Propriedade de Consistência

Uma transação é preservadora de **consistência** se a sua execução completa levar o banco de dados de um estado consistente para outro estado também consistente, em que um estado consistente de banco de dados satisfaz às restrições especificadas no esquema, bem como quaisquer outras restrições que devem se manter no banco de dados.

A Tabela 6.3 apresenta um quadro comparativo com as características dos modelos de transações estudados e o modelo proposto, em relação à propriedade de consistência.

Uma característica comum entre os modelos estudados é que a semântica dos objetos é essencial para garantir a consistência dos dados nas aplicações móveis. Cada modelo explora essa característica de uma forma particular, conforme será apresentado a seguir.

Modelo	Conceitos Básicos	Uso de Informações Semânticas
Clustering	2 versões de dados: rigorosa (uma cópia serial) e fraca (graus de inconsistência, evolução de dados no modo desconectado)	Definição da função h e graus de inconsistência
Two-Tier Replication	2 versões de dados: principal (uma cópia serial) e provisória (evolução dos dados locais no modo desconectado)	Critério de aceitação
Pro-motion	Compactos incluem métodos específicos do tipo, regras de consistência e obrigações	Construção dos compactos e procedimentos de contingência
Prewrite	Seriação é baseada na ordem do <i>commit</i> local das transações móveis	Definição de variantes de dados (gravação antecipada/gravação)
Semantics-based	Fragmentação de objetos (condições de consistência e operações de divisão/união)	Fragmentação

Modelo	Conceitos Básicos	Uso de Informações Semânticas
Reporting	Abordagem de multitransações	Delegações e transações compensatórias
Modelo Proposto	2 versões de dados, uma cópia serial nos equipamentos móveis com inconsistência até a atualização na rede fixa	Utilização de transações compensatórias nos bancos de dados localizados nos equipamento móveis e fixos

Tabela 6.3: Quadro comparativo da propriedade de consistência

6.3.3

A Propriedade de Isolamento

O **isolamento** diz respeito à propriedade de um modelo de transações poder executar diversas transações concomitantemente. Assim, *embora diversas transações possam ser executadas de forma concorrente, o sistema garante que para todo par de transações T_i e T_j , T_i tem a sensação de que T_j já terminou sua execução antes de T_i começar, ou que T_j começou a sua execução após T_i terminar. Dessa forma, cada transação não toma conhecimento de outras transações concorrentes no sistema.*

A propriedade de isolamento é fortemente relacionada com a propriedade de consistência, em função de a execução da transação de forma isolada preservar a consistência do banco de dados.

Havendo disponibilidade dos dados localmente, essa propriedade propicia a implementação de diversos tipos de autonomia, levando os processos locais executados nos equipamentos móveis a não ficarem bloqueados quando ocorrerem desconexões. Assim, a comparação apresentada leva em conta, principalmente, a questão da visibilidade dos resultados das transações e os protocolos de controle de concorrência utilizados.

Conforme se pode observar, a propriedade de isolamento não é exigida por todos os modelos estudados; alguns deles permitem a visibilidade de resultados intermediários de suas transações.

A Tabela 6.4 apresenta um quadro comparativo com as características dos modelos de transações estudados e o modelo proposto, em relação à propriedade de isolamento.

Modelo	Visibilidade	Protocolo de Controle de Concorrência
Clustering	Resultados das transações confirmadas localmente são visíveis pelas transações fracas no mesmo equip. móvel	Bloqueio em duas fases (2PL) e são propostos 4 tabelas de conflitos e novos tipos de bloqueio
Two-Tier Replication	Resultados das transações confirmadas localmente são visíveis pelas transações provisórias no mesmo equip. móvel	Mecanismos de bloqueio
Pro-motion	Resultados das transações confirmadas localmente são visíveis pelas transações no mesmo equip. móvel	Bloqueio em duas fases (2PL)
Prewrite	Resultados das transações confirmadas localmente são visíveis por todos os equipamentos	Bloqueio em duas fases (2PL) estendido, e são propostos uma tabela de conflitos e novos tipos de bloqueio
Semantics-based	Resultados das transações confirmadas localmente são visíveis pelas transações no mesmo equip. móvel	Bloqueio em duas fases (2PL) para controlar o acesso aos fragmentos na cache local

Modelo	Visibilidade	Protocolo de Controle de Concorrência
Clustering	Resultados das transações confirmadas localmente são visíveis pelas transações fracas no mesmo equip. móvel	Bloqueio em duas fases (2PL), e são propostos 4 tabelas de conflitos e novos tipos de bloqueio
Reporting	Com subtransações <i>atômicas</i> , <i>co-transaction</i> e <i>reporting</i> , a visibilidade é permitida antes do <i>commit</i> da transação global	-
Modelo Proposto	Resultados das Transações Móveis Locais Compensáveis (TMLCs) confirmadas localmente são visíveis pelas TMLCs no mesmo equip. móvel	Mecanismo de bloqueio do SGBD acessado a partir do framework

Tabela 6.4: Quadro comparativo da propriedade de isolamento

6.3.4

A Propriedade de Durabilidade

A **durabilidade** é a garantia de que, *depois de a transação terminar com sucesso (fazer seu commit), as mudanças que ela fez no banco de dados persistem, até mesmo se houver falhas no sistema.*

A Tabela 6.5 apresenta um quadro comparativo com as características dos modelos de transações estudados e o modelo proposto, em relação à propriedade de durabilidade. Destaca como a durabilidade é efetivada nos modelos de transações, levando-se em consideração quais garantias esses modelos apresentam e as eventuais desvantagens em suas implementações.

Modelo	Garantias de Durabilidade	Desvantagens
Clustering	Sim, após o <i>commit</i> (ressincronização)	Transações confirmadas localmente podem ser desfeitas devido a conflitos de ressincronização
Two-Tier Replication	Sim, após o <i>commit</i> (reexecução)	Transações confirmadas localmente podem ser desfeitas devido a conflitos de ressincronização durante a reexecução
Pro-motion	Sim, após o <i>commit</i> (ressincronização)	Transações confirmadas localmente podem ser desfeitas devido a conflitos de ressincronização
Prewrite	Sim, após o <i>commit</i> local	Muitas mensagens trocadas entre o equip. móvel e a estação de base
Semantics-based	Sim, após o <i>commit</i> local	Redução da disponibilidade dos fragmentos no servidor de banco de dados

Modelo	Garantias de Durabilidade	Desvantagens
Reporting	Sim, se a transação-pai confirma, as subtransações são duráveis	-
Modelo Proposto	Sim, após o <i>commit</i> das Transações Móveis Locais Compensáveis (TMLCs) e das Transações Móveis Globais (TMG) (reexecução)	Troca de mensagens entre os agentes pode acusar <i>overhead</i> nos ambientes móvel e fixo

Tabela 6.5: Quadro comparativo da propriedade de durabilidade

6.4

Resumo do Capítulo

Este capítulo apresentou uma análise comparativa de como os modelos descritos no capítulo 3 e o modelo proposto nos capítulos 4 e 5 executam suas transações, destacando como as propriedades de Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade (ACID) são suportadas por eles. Cada propriedade, em particular, foi comparada separadamente, visando mostrar as diferenças mais relevantes entre os modelos.

O próximo capítulo apresenta uma síntese da pesquisa, suas principais contribuições e limitações, os trabalhos que poderão ser desenvolvidos como uma decorrência desta tese e algumas considerações finais.