

Balanceamento de Carga em Sistema de Transações Eletrônicas Financeiras com RMI

Alexandre Luis de Andrade, Cristiano André da Costa, Tiago André Jost, Rodrigo da Rosa Righi
Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada – Unisinos
{alexandre.luis.andrade, tiago.jost}@gmail.com, {rrighi, cac}@unisinos.br

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar, ainda que de forma preliminar, um arcabouço de balanceamento de carga e tolerância a falhas chamado GetLB. Ele atua para aumentar a eficiência quanto ao tratamento de transações eletrônicas nos centros de processamento. A eficiência, nesse contexto, é entendida pelo atendimento de um maior número de transações por segundo e redução no índice de descarte de transações. Para tal, o comutador que recebe as transações trabalha com informações pertinentes das máquinas processadoras para decidir sobre o despacho. Além disso, ele pode receber notificações para evitar um escalonamento para um determinado alvo. O protótipo implementado usou RMI e testes preliminares mostraram que o arcabouço de interação entre os envolvidos no despacho é viável.

keywords: balanceamento de carga, sistema de transações eletrônicas financeiras, pagamento eletrônico, RMI, Round-Robin.

1. Introdução

Sistemas de roteamento e processamento de requisições financeiras são elementos fundamentais de uma rede de transações eletrônicas [1, 11]. Uma transação eletrônica está aliada a uma requisição de compra ou saldo e percorre um caminho de ida e volta desde um terminal até um centro de processamento. Um terminal pode ser representado por um POS (*Point of Sale*), ponto de venda TEF (Transferência Eletrônica de Fundos), ATM (*Automatic Teller Machine*), bem como por dispositivos móveis. Nesse contexto, o presente artigo aborda a situação da empresa GetNet, que processa mais de 50 milhões de transações por mês. Naturalmente, épocas de maior movimento financeiro no comércio geram demandas maiores no sistema.

A empresa GetNet suporta diferentes tipos de transações, das quais se pode destacar cartões de crédito e débito, recarga de telefonia pré-paga, transações de saque e depósito para sistema bancário e consultas financeiras, entre outros. Cada um desses tipos possui requisições próprias de CPU e acesso a banco de dados, podendo usar diferentes subsistemas

dentro do centro de processamento. Atualmente, a empresa conta com dois centros que operam independentemente para realizar a computação das transações. Em especial, esse artigo está focado na dinâmica daquele responsável pelos cartões de bandeiras regionais e recarga de telefonia pré-paga. A sua estrutura de recepção e envio de transações está ilustrada na Figura 1. A arquitetura apresenta um comutador que atua como um receptor de transações e máquinas processadoras (denominadas MP ou “Máquina n” na Figura 1) que as recebem e as tratam de acordo com a semântica de cada uma. Os sistemas de saída na Figura 1 dizem respeito a empresas alvo de cada transação.

Cada transação eletrônica engloba as etapas de solicitação, resposta e confirmação [1]. Os objetivos principais no tratamento das requisições são os seguintes: (i) alto desempenho no processamento das transações com menor custo computacional possível; (ii) alta disponibilidade para evitar perda de transação. Esses dois objetivos passam por um eficiente escalonamento de transações feito pelo elemento comutador e a análise da escalabilidade da solução corrente para o processamento de dados.

Atualmente, as máquinas MP são homogêneas e estão alocadas em um mesmo *datacenter*. Uma análise do crescimento da empresa poderia levar ao uso de subsistemas regionais, cada qual com máquinas MP potencialmente heterogêneas. Além disso, alguns países impõem regras de segurança que afirmam que o sistema de processamento de transações deve estar em território nacional. Portanto, a descentralização no tratamento das máquinas processadoras representa uma maneira da GetNet atender tais países. Além da questão da homogeneidade e centralização, a solução corrente faz com que as transações sejam distribuídas segundo o método de escalonamento Round-Robin (RR) [2]. Naturalmente, tal método não é o melhor para sistemas heterogêneos ou dinâmicos, uma vez que atua simplesmente com uma lista circular para efetuar suas ações.

O método RR restringe o uso de recursos computacionais com capacidades especializadas, como o tratamento da criptografia ou decodificação de imagens de forma rápida diretamente em processadores específicos. Outro aspecto a ser considerado na

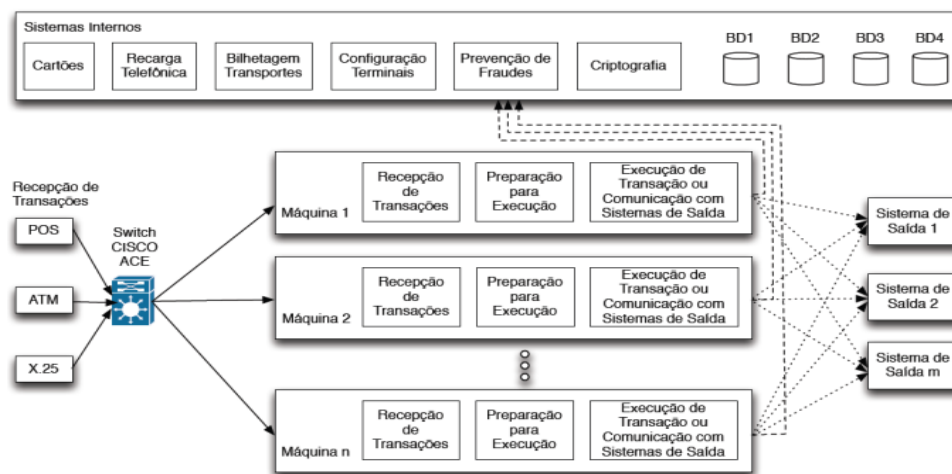


Figura 1 - Topologia do sistema de transações eletrônicas financeiras

distribuição RR é remete ao fato que as transações serão encaminhadas para processamento em máquinas que se presumem estar em plenas condições de atuação. Atualmente, esse problema é contornado com a adição de várias máquinas atuando em paralelo, minimizando a perda de algum recurso.

O presente artigo apresenta preliminarmente uma proposta de arcabouço para balanceamento de carga chamada GetLB. Ele atua como uma alternativa ao uso do método RR no momento do despacho das transações, de modo a considerar o dinamismo das máquinas MP e informações como CPU, disco, rede e memória. Além das vantagens de poder contar com um sistema pró-ativo, também torna possível construir uma arquitetura com alocação de máquinas em diferentes localidades e permite a operação de máquinas heterogêneas no sistema de processamento. Ainda, o presente artigo descreve um protótipo com RMI implementado a partir do arcabouço mencionado.

A Seção 2 do artigo apresenta o arcabouço proposto, bem como o protótipo desenvolvido. Em adição, essa seção descreve o método utilizado para obter uma distribuição mais eficiente das transações. Na seção 3 serão analisados os resultados dos testes. A Seção 4 apresentam alguns trabalhos relacionados e por fim, a conclusão é descrita na Seção 5. Ela aborda questões relativas às contribuições técnicas e científicas do trabalho realizado.

2. Trabalhos relacionados

Meios eletrônicos de pagamento são cada vez mais adotados, em detrimento da adoção de dinheiro em

papel moeda e cheque [4, 5]. Além de conveniência para consumidores, o uso de cartões eletrônicos beneficia instituições de comércio e facilita o acesso a aplicações e serviços na Internet. Virnes et al. [4] afirmam que essa transição aparece tanto nos bancos e sistemas de e-commerce, quanto na governança eletrônica, entretenimento, sistemas de saúde e dispositivos móveis. Um dos tópicos mais estudado em sistemas de transações eletrônicas diz respeito à segurança da informação [6, 7, 8]. Vishik et al. [8] apresentam que ambas transmissão segura de dados e relação de confiança devem ser reanalisadas na medida que sistemas embarcados e smartphones recebem espaço para lançar transações. Em especial, Sastre, Bacon e Herrero [6] discutem algoritmos de segurança otimizados para atender diferentes meios de transmissão, como ADSL e GPRS.

Sousa et al. [9] apresentam um modelo estocástico para avaliação de desempenho e planejamento de recursos em sistemas de transferência eletrônica de fundos (EFT). Estes autores fazem um estudo do desempenho levando em consideração características de dependabilidade como disponibilidade, confiabilidade [10], escalabilidade e segurança. Segundo eles uma análise de um sistema EFT sem esses critérios pode levar a resultados imprecisos. Ainda, Sousa et al. relatam que os critérios mostrados anteriormente devem guiar o uso eficiente de recursos para que seja mantido o SLA (acordo de serviço) com os clientes. Araújo et al. [1] afirmam que a análise de desempenho deve observar o pior caso de volume de chegada de transações para ser verossímil com a realidade da empresa de processamento de dados. Para

tal, eles adotaram Redes de Petri e fazem uso de informações de acesso e armazenamento em disco, além do volume transacional.

3. Sistema balanceamento de transações

O sistema transacional, conforme descrito na seção anterior, é composto por um comutador que recebe as transações originadas de terminais instalados em estabelecimentos comerciais. O comutador é um equipamento Cisco ACE 65000 [3] que concentra e distribui as transações entre as MP. Para criar o protótipo do sistema GetLB foi criado um ambiente fictício que compreende uma máquina ACE e outras que realizam o papel de máquina MP. A primeira será utilizada para a entrada das transações e realiza o papel de comutador.

A ideia do arcabouço passa pela criação de objetos remotos tanto na máquina ACE quanto em cada MP. A máquina ACE tem objetos remotos que guardam informações sobre cada uma das máquinas MP. A ideia dessa abordagem está centrada na eficiência no momento do despacho das transações, uma vez que o cálculo do escalonamento não compreende informações pela rede. Cada máquina MP cria um objeto remoto para tratar o enfileiramento e processamento de transações. Nesse sentido, a máquina ACE possui procurações para os objetos remotos presentes nas máquinas MP e deve decidir qual deles acionar no momento da chegada de uma nova transação.

Na máquina ACE será criado um vetor de objetos remotos, os quais serão instanciados nas máquinas MP. O número de elementos nesse vetor é igual a quantia de máquinas MP. Cada objeto remoto é responsável por guardar informações como CPU, disco, memória e tempo de rede sobre uma máquina MP em particular. O tempo de rede mencionado se refere ao seguinte custo: tempo para transferir 1 byte multiplicado pela quantidade de bytes que representam uma transação. Na criação de uma máquina MP, dar-se-á a criação de um objeto procurador que atuará sobre o remoto na máquina ACE. Um novo fluxo de execução chamado MachineThread é criado no construtor na classe que define uma máquina MP. Ele tem o papel de periodicamente coletar dados atualizados do estado corrente da máquina e chamar os métodos de atualização do objeto remoto.

No momento da chegada de uma transação, o papel da máquina ACE é decidir para qual máquina MP ela será despachada. Para tal, o objeto que instância a classe ACE faz uso dos dados locais para a tomada dessa decisão. Nesse ponto está em desenvolvimento uma heurística chamada Potencial de Recebimento

(PR), que irá medir o quanto uma determinada máquina MP está apta a receber uma nova transação. Preliminarmente, a Equação 1 define como o PR será computado.

$$PR = FreeHD + FreeMem + FreeCPU + FreeBandwidth \quad (1)$$

Cada Máquina MP terá seu respectivo PR e será utilizado como critério de distribuição de carga. Além do vetor de objetos remotos na máquina ACE, o arcabouço também compreende a criação de um objeto remoto em cada máquina MP. Cada um deles é uma instância da classe TransactionQueue e é responsável por implementar uma fila para o tratamento de transações. O objeto na máquina ACE têm procurações para cada objeto remoto desse tipo. Logo após a decisão da máquina alvo para receber uma transação, dar-se-á a colocação dela diretamente na fila adequada. A estrutura de objetos remotos e a interação entre máquinas MP e ACE está ilustrada na Figura 2.

O processo tem início com as transações sendo recebidas em ACE, a seguir, com base nos resultados coletados das máquinas MP os respectivos PRs são calculados. As máquinas MP que possuem maiores índices são as que recebem as transações em TransactionQueue.

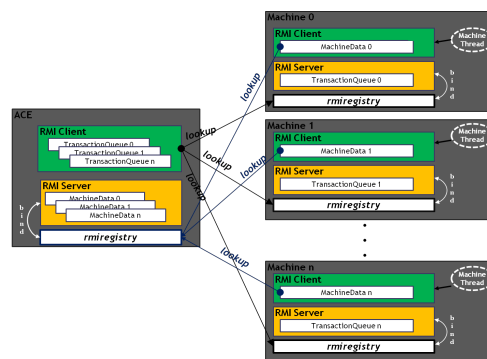


Figura 2 - Arquitetura do sistema GetLB

Com isso se obtém uma distribuição adequada das transações através do sistema, no qual as transações passam a ser distribuídas de acordo com a capacidade das máquinas. Em adição, obtém-se melhor equilíbrio de carga na distribuição e evita-se possibilidade de que alguma máquina sem condições de processamento receba demanda em situações críticas. A arquitetura proposta também possibilita que em ACE os tipos de transações sejam separadas para serem enviadas para máquinas dedicadas, criando novos TransactionQueue e MachineData especializados.

3. Análise de resultados

Para uma análise dos resultados do sistema, primeiramente será verificado o comportamento do processamento das transações com balanceamento de carga através do método RR. Conforme se verifica na Figura 3(a), as quantidades de transações que estão sendo atendidas em três máquinas seguem em equilíbrio até um dado instante em que ocorre uma situação de anormalidade em uma delas. Com o método RR, observa-se que há um aumento linear do enfileiramento de transações na máquina afetada, uma vez vista que está apresentando problemas em processar transações. O sistema segue nessa tendência até que a máquina entre em colapso e fique indisponível. A falha em uma das máquinas resulta em aumento de transações nas demais. Esse processo pode levar a um efeito em cascata, levando o sistema a um *crash* e, por consequência, à indisponibilidade total.

Na Figura 3(b), o mesmo problema de equilíbrio das máquinas é identificado em ACE através de MachineData. Ao aplicar o algoritmo de escalonamento PR, o despacho de transações para a máquina com problemas é interrompido e aquelas com melhores condições são usadas de modo a tornar o sistema balanceado. Por fim, verifica-se no gráfico que uma mesma situação de enfileiramento é contornada, possibilitando que seja possível voltar às condições originais de processamento.

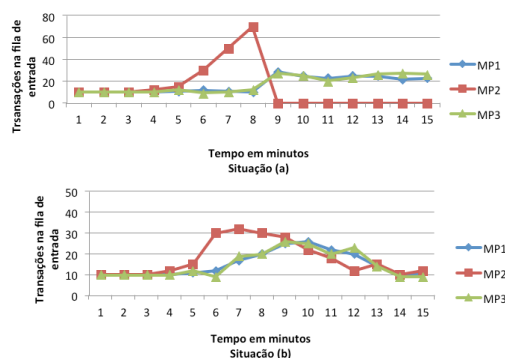


Figura 3 - (a) Situação de balanceamento Round-Robin (b) Enfileiramento de transações contornado com balanceamento através da distribuição de carga com RMI.

5. Conclusão

O sistema proposto apresentou resultados bastante satisfatórios para os critérios de escalonamento adotados. Ou seja, foi possível contornar situações de

problemas que normalmente são ignoradas no método Round-Robin de escalonamento. Naturalmente, uma solução RMI para um sistema que processa grandes volumes de transações pode não ser a mais adequada. RMI foi escolhida dada a sua facilidade de uso para os testes iniciais de viabilidade da arquitetura proposta. A carga de trabalhos futuros, pretende-se evoluir o cálculo de PR e obter um método que seja adotado no sistema transacional da GetNet. Em adição, serão analisadas alternativas com baixa sobrecarga para comunicação via rede. Em particular, o despacho de transações entre ACE e máquinas MP será testado com uso do protocolo SNMP ou mensagens UDP.

6. Bibliografia

- [1] C. Araujo, E. Sousa, P. Maciel, F. Chicout, and E. Andrade. Performance modeling for evaluation and planning of electronic funds transfer systems with bursty arrival traffic. In *Intensive Applications and Services*, 2009.
- [2] R. Rojas-Cessa e Chuan-bi Lin, "Frame occupancybased round-robin matching scheme for input-queued packet switches", vol. 3 (IEEE, [s.d.]), 1845-1849.
- [3] Cisco. ACE Client and Servers Hitting the Same VIP Disponível em <www.cisco.com/en/US/products/hw/switches/ps708>. Acesso em: 02/ ago. 2012.>
- [4] J. Vines, M. Blythe, P. Dunphy, and A. Monk. Eighty something: banking for the older old. In *Proceedings of the 25th BCS Conference on Human-Computer Interaction*, pages 64-73, UK, 2011. British Computer Society.
- [5] L. Xiaojing, W. Weiqing, and Z. Liwei. The mechanism analysis of the impact of ecommerce to the changing of economic growth mode. In *Robotics and Applications (ISRA)*, 2012 IEEE Symposium on, pages 698-700, 2012.
- [6] R. Sastre, S. Bascon, and F. Herrero. New electronic funds transfer services over ip. In *Electrotechnical Conference, 2006. IEEE*, pages 733-736, may 2006.
- [7] P. Seltsikas, G. Marsh, M. Frazier-McElveen, and T. J. Smedinghoff. Secure government in cyberspace? In *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference*, dg.o '11, pages 359-361, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [8] C. Vishik, A. Rajan, C. Ramming, D. Grawrock, and J. Walker. Defining trust evidence: research directions. In *Proceedings of the Seventh Annual Workshop on Cyber Security and Information Intelligence Research*, CSIRW '11, pages 66:1-66:1, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [9] E. Sousa, P. Maciel, C. Araujo, and F. Chicout. Performability evaluation of eft systems for sla assurance. In *Parallel Distributed Processing, 2009. IPDPS 2009. IEEE International Symposium on*, pages 1-8, may 2009.
- [10] A. Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell, e C. Landwehr, "Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing", IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, vol. 1, no. 1, p. 11-33, mar. 2004.
- [11] L. Liu, M. Song, X. Luo, H. Bai, S. Wang, and J. Song. An implementation of the online-payment platform based on saas. In *Web Society (SWS), 2010 IEEE 2nd Symposium on*, pages 658-662, aug. 2010.