



Leonardo Godinho da Cunha

**Modelos de Concorrência e Sandboxes
Aplicados a Servidores HTTP em Lua**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio

Orientadora: Prof. Noemi de La Rocque Rodriguez

Rio de Janeiro
Setembro de 2006



Leonardo Godinho da Cunha

**Modelos de Concorrência e Sandboxes
Aplicados a Servidores HTTP em Lua**

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

Prof. Noemi de La Rocque Rodriguez
Orientador
Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Roberto Ierusalimschy
Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira
Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Silvana Rossetto
Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 13 de Setembro de 2006

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

Leonardo Godinho da Cunha

Graduou-se em Engenharia Eletrônica na UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Atuou como engenheiro eletrônico em projetos para a Marinha Brasileira, administrou a infraestrutura de telecomunicações do Banco Icatu e de outras empresas do grupo, atuou nas áreas de desenvolvimento e gerenciou o suporte ao cliente da Fábrica Digital Informática.

Ficha Catalográfica

Cunha, Leonardo Godinho da

Modelos de concorrência e sandboxes aplicados a servidores HTTP em lua / Leonardo Godinho da Cunha; orientadora: Noemi de La Rocque Rodriguez. — 2006.

v., 137 f: il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

Inclui bibliografia

1. Informática – Tese. 2. Programação Multitarefa. 3. Concorrência. 4. Sandbox. 5. Servidores Web. 6. Linguagem de Programação Lua. 7. Framework. I. Rodriguez, Noemi. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

À minha orientadora Professora Noemi Rodriguez por apontar os caminhos a seguir sempre que surgia alguma encrusilhada no caminho dessa dissertação.

À Deborah e Emanuelle da secretaria do Departamento de Informática por terem ajudado todos os tramites burocráticos (inclusive alguns que pareciam impossíveis) acontecerem da melhor maneira.

À PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

À Fábrica Digital e toda a sua equipe, especialmente ao Maurício, por ter flexibilizado meu horário de trabalho e auxiliado com equipamentos para a realização dos experimentos.

À Tecgraf por disponibilizar equipamentos para a realização dos experimentos.

Ao pessoal do LabLua que me ajudou a chegar a diversas conclusões durante a realização dos experimentos.

Resumo

Cunha, Leonardo Godinho da; Rodriguez, Noemi. **Modelos de Concorrência e Sandboxes Aplicados a Servidores HTTP em Lua**. Rio de Janeiro, 2006. 137p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Os desenvolvedores de sistemas cliente-servidor constantemente se deparam com questões de desempenho e escalabilidade, muitas vezes o número de clientes simultâneos de um servidor pode crescer de forma significativa. Além disso, se esses sistemas podem executar códigos de terceiros, passa a existir a preocupação com a questão de segurança da execução destes trechos de códigos.

O objetivo desse trabalho é testar o desempenho de diversas combinações de modelos de concorrência e sandboxes. Como exemplo de sistema sujeito a solicitações concorrentes que precisa permitir a execução de programas de terceiros, temos os servidores web.

O Xavante é um servidor web desenvolvido na linguagem de programação Lua que originalmente utiliza um modelo de programação concorrente baseado em co-rotinas. Esse servidor já possuía a flexibilidade de mapear tipos de requisição a tratadores diferentes. Alguns desses tratadores de requisição permitem a utilização de código de terceiros em tempo de execução e, por isso, já fazem uso de sandboxes a fim de oferecer um ambiente de execução protegido. Nesse trabalho testamos o uso dessas sandboxes nativas ao Xavante além de outros tipos de sandboxes. Também aumentamos as possibilidades de extensão do servidor, flexibilizando a arquitetura de modo a permitir diferentes estratégias de concorrência. Utilizando a nova arquitetura testamos o desempenho das diversas combinações de sandboxes e modelos de programação concorrente, permitindo a comparação dos modelos não só do ponto de vista qualitativo mas também medindo o impacto de desempenho do seu uso.

Palavras-chave

Programação Multitarefa. Concorrência. Sandbox. Servidores Web. Linguagem de Programação Lua. Framework.

Abstract

Cunha, Leonardo Godinho da; Rodriguez, Noemi. **Concurrency and Sandboxes Models applied to Lua HTTP Servers**. Rio de Janeiro, 2006. 137p. MsC Thesis — Department of Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Client-server developers constantly have to deal with questions concerning performance and scalability, since the number of simultaneous clients can grow significantly. Moreover, if these systems can execute third-party code, there is also the concern of secure execution of these pieces of code. This work goal is to benchmark several combinations of concurrency and sandboxes models. As an example of a system exposed to several concurrent requests that must be able to execute third-party code, we have the web servers. Xavante is a web server developed in the Lua programming language that originally uses an concurrency programming model based on coroutines. This server offers the flexibility to map request types to different handlers. Some of these request handlers dynamically allow the use of third-party code, therefore they make use of sandboxes in order to offer a protected running environment. In this work we test the use of Xavante's native sandboxes and other types of sandboxes. We also improve the extensibility of the server, using a different architecture in order to allow different concurrency strategies. Using the new architecture we tested the performance of several combinations of sandboxes and concurrency programming models, allowing the model comparison not only in a qualitative point of view but also measuring the related performance impacts.

Keywords

Multi-task Programming. Concurrency. Sandbox. Web Servers. Lua Programming Language. Framework.

Sumário

1	Motivação	11
1.1	Termos utilizados	12
1.2	Objetivos e Organização	17
2	Modelos de Implementação	19
2.1	Modelos de <i>sandbox</i>	19
2.2	Modelos de Concorrência	21
2.3	Modelos de persistência	25
2.4	Modelos de E/S	28
3	Tecnologias envolvidas	30
3.1	Lua	30
3.2	Kepler	31
3.3	Xavante	36
3.4	LuaSocket	36
3.5	Apachebench	37
4	Modelos Alternativos de Concorrência e <i>Sandbox</i>	39
4.1	Alternativas escolhidas	39
4.2	Implementação	42
4.3	Módulo de <i>sockets</i> TCP	44
4.4	Módulo de <i>threads</i> e processos	45
4.5	Módulo Copas	47
4.6	Testes automatizados	47
4.7	Bateria de testes de desempenho	48
4.8	Ajustes para o sistema executar no SO Windows	48
4.9	Outras verificações	49
5	Planejamento dos experimentos	51
5.1	Escolha de Fatores	51
5.2	Sistemas Implementados	56
5.3	Ações para minimizar interferências nas medidas	56
6	Expectativas	60
6.1	Formulação das expectativas	61
6.2	Expectativas no sistema base	64
7	Resultados	68
7.1	Resultados no sistema base	68
7.2	Expectativas e resultados no sistema com a janela TCP de 128Kbytes	84
7.3	Expectativas e resultados no sistema com o SO Windows	85
7.4	Expectativas e resultados no sistema com 4 processadores	85
7.5	Expectativas e resultados no sistema com atraso de 50 ms	86
7.6	Conclusões	87

8	Considerações finais	90
8.1	Trabalhos relacionados	90
8.2	Contribuições	91
8.3	Trabalhos Futuros	92
	Referências Bibliográficas	94
A	Testes com 40 registradores	99
B	Resultados do Linux com janela grande	103
C	Resultados do Windows 2000	112
D	Resultados do Linux com 4 processadores	120
E	Resultados do Linux com atraso de 50 ms	129

Lista de figuras

- 4.1 Diagramas dos 4 modelos de concorrência selecionados. (a) seqüencial, (b) com co-rotinas, (c) *multi-threads*, (d) multi-processos e multi-clones. 41
- 4.2 Diagramas ilustrando o isolamento de domínio nas diversas sandboxes. (a) Venv - tabela global Lua como domínio independente, (b) processo do SO como domínio independente, (c) Rings - máquina virtual em um mesmo processo do SO como domínio independente. 42
- 4.3 Diagrama UML do framework Xavante modificado, com as extensões implementadas na área cinza. 44

Lista de tabelas

- 7.1 Transferência de 1Mbytes, com 500 conexões concorrentes, sem processamento extra.

79