



Felipe Freixo Pina

**Aplicações de DHT em sistemas de
computação distribuída**

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

Orientador: Prof. Noemi de La Rocque Rodriguez

Rio de Janeiro
Agosto de 2011



Felipe Freixo Pina

Aplicações de DHT em sistemas de computação distribuída

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. Markus Endler

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Bruno Oliveira Silvestre

Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 29 de Agosto de 2011

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

Felipe Freixo Pina

Graduou-se em Engenharia de Computação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2002.

Ficha Catalográfica

Pina, Felipe Freixo

Aplicações de DHT em sistemas de computação distribuída / Felipe Freixo Pina; orientador: Noemi de La Rocque Rodriguez. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2011.

v., 63 f: il. ; 29,7 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. 2. Sistemas Distribuídos. 3. P2P. 4. DHT. 5. Lua. 6. Grupos. I. Rodriguez, Noemi de La Rocque. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

À minha família, pelo incentivo.

À Noemi, pela ajuda e paciência.

E à Renata, pela compreensão e apoio nos momentos difíceis.

Resumo

Pina, Felipe Freixo; Rodriguez, Noemi de La Rocque. **Aplicações de DHT em sistemas de computação distribuída**. Rio de Janeiro, 2011. 63p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Arquiteturas P2P destacam-se pela descentralização e pelo incentivo a cooperação entre nós. Essas características permitem que sistemas baseados nesta arquitetura sejam tolerantes a falhas e que os recursos sejam distribuídos entre os nós (via replicação). A utilização da técnica de DHT na criação de redes P2P permite que os sistemas sejam escaláveis. Ao contrário do uso mais comum em sistemas de distribuição de conteúdo, este trabalho investiga aplicações da técnica de DHT em sistemas de computação distribuída, onde o recurso compartilhado é a capacidade de processamento de cada nó. Quatro protocolos de roteamento de mensagens foram analisados para identificar os mais adequados aos sistemas de computação distribuída e aplicou-se o conceito de grupo de nós com o objetivo de aumentar a tolerância a falhas e distribuir tarefas entre os nós da rede.

Palavras-chave

Sistemas Distribuídos; P2P; DHT; Lua; Grupos;

Abstract

Pina, Felipe Freixo; Rodriguez, Noemi de La Rocque (Advisor).
Utilization of DHT in distributed computing systems. Rio de Janeiro, 2011. 63p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

P2P architectures are recognized for decentralization and incentive for the cooperation among nodes. These characteristics allow for fault tolerance and resource distribution among the nodes (by replication) to systems based on the P2P architecture. Systems based in P2P networks built using the DHT technique are scalable. Since this architecture is commonly used in content distribution systems, in this work we investigate the utilization of the DHT technique in distributed computing systems, where the shared resources are the node's computational power. Four routing protocols were analyzed to identify the most appropriated for use in distributed computing systems and applied the group concept to archive fault tolerance and resource distribution among nodes.

Keywords

Distributed Systems; P2P; DHT; Lua; Group membership;

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Motivação	12
1.2	Objetivos e contribuições	13
1.3	Estrutura da Dissertação	14
2	Arquiteturas P2P	15
2.1	Redes não-estruturadas	16
2.2	Redes estruturadas	17
2.3	Distributed Hash Table	17
2.4	Avaliação dos protocolos	27
3	Sistemas distribuídos em arquiteturas P2P	33
3.1	Cassandra	33
3.2	Squirrel	33
3.3	Computação distribuída	34
4	Aplicações da técnica de DHT em sistemas de computação distribuída	39
4.1	Implementação	39
4.2	Camada DHT	47
5	Avaliação experimental	49
5.1	Avaliação quantitativa	49
5.2	Avaliação qualitativa	54
6	Conclusão	58
6.1	Trabalhos Futuros	59
	Referências Bibliográficas	60

Lista de figuras

2.1	Exemplo de um círculo de identificação	19
2.2	Estado de um nó com $nodeId = 10233102$ e $b = 2$. Os números estão na base 4. A primeira linha da tabela de roteamento representa o nível zero.	22
2.3	Ilustração do roteamento de mensagens na rede Pastry.	23
2.4	Crescimento do tamanho médio das rotas em função da quantidade de nós	29
3.1	Exemplo de arquitetura de uma aplicação ALua	37
3.2	Modelo do ALua	38
4.1	Diagrama dos módulos do ALua	40
4.2	Exemplo de rede formada pela técnica de DHT	41
4.3	Exemplo <i>multicast</i>	42
5.1	Tempo médio de comunicação do protocolo Chord no <i>cluster</i>	51
5.2	Distribuição dos tamanhos das rotas do protocolo Chord no <i>cluster</i>	51
5.3	Tempo médio de comunicação do protocolo Pastry no <i>cluster</i>	52
5.4	Distribuição dos tamanhos das rotas do protocolo Pastry no <i>cluster</i>	52
5.5	Tempo médio de comunicação no PlanetLab para $N=75$	53
5.6	Distribuição dos tamanhos das rotas no PlanetLab para $N=75$	54
5.7	Exemplo de partição do mapa do jogo	56

Lista de tabelas

2.1	Informações presentes na tabela de roteamento	19
2.2	Comparação da escalabilidade	28
2.3	Tolerância a falhas	30
2.4	Avaliação do desempenho	31
5.1	Tempos médios de comunicação no <i>cluster</i>	50
5.2	Tamanhos médios das rotas no <i>cluster</i>	50
5.3	Tempos e tamanhos de rotas médios no PlanetLab para N=75	53
5.4	Tempos médios da multiplicação de matrizes	55

Without Education, we are in horrible and deadly danger of taking educated people seriously.

G.K. Chesterton, *the Illustrated London News*.