

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO

DIEGO MOREIRA DA ROSA

**Suporte a Cooperação em Sistemas de
Gerenciamento de Redes Utilizando
Tecnologias Peer-to-Peer**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de
Mestre em Ciência da Computação

Prof. Dr. Lisandro Zambenedetti Granville
Orientador

Porto Alegre, outubro de 2007

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Rosa, Diego Moreira da

Suporte a Cooperação em Sistemas de Gerenciamento de Redes Utilizando Tecnologias Peer-to-Peer / Diego Moreira da Rosa. – Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 2007.

73 f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação, Porto Alegre, BR-RS, 2007. Orientador: Lisandro Zambenedetti Granville.

1. Gerenciamento cooperativo de redes. 2. Colaboração. 3. Peer-to-peer. 4. Redes sobrepostas. I. Granville, Lisandro Zambenedetti. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. José Carlos Ferraz Hennemann

Vice-Reitor: Prof. Pedro Cezar Dutra Fonseca

Pró-Reitora de Pós-Graduação: Prof^ª. Valquíria Linck Bassani

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Flávio Rech Wagner

Coordenadora do PPGC: Prof^ª. Luciana Porcher Nedel

Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

Aos amigos da Travessa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os colegas e professores que colaboraram de alguma forma durante a elaboração desse trabalho. Um agradecimento especial ao professor e orientador Lisandro pelos ensinamentos e conselhos.

À minha família, agradeço pelo apoio e compreensão. Em especial, agradeço aos meus pais pelo amor, dedicação e pelas oportunidades que têm me proporcionado.

Por último, um grande agradecimento aos amigos, eternos companheiros. Muito obrigado pela força e principalmente pela paciência. Um abraço especial para os amigos da Travessa.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 TRABALHOS RELACIONADOS	16
2.1 Gerenciamento Cooperativo	16
2.2 Tecnologias P2P	18
2.3 Aplicações Envolvendo P2P e Gerenciamento de Redes	19
2.4 Um Modelo Simples para o Gerenciamento Baseado em P2P	20
3 CASOS DE INTERAÇÃO ENTRE OPERADORES DE REDES	23
3.1 Reserva de Banda através de Diversos Domínios	23
3.2 Redes Administradas por Várias Equipes de Operadores	25
3.3 Gerenciamento de Redes de Telecomunicações	26
4 GERENCIAMENTO BASEADO NA COOPERAÇÃO ENTRE HUMANOS	29
4.1 Times Virtuais	30
4.2 Visões Compartilhadas	33
4.3 Modelo de Dados	33
5 IMPLEMENTAÇÃO: MANP2P	38
5.1 Infraestrutura de Comunicação: JXTA, JXTA-SOAP e Serviços	38
5.2 Infraestrutura para Interface com o Usuário	41
5.3 Arquitetura do Sistema ManP2P	42
5.4 Gerenciando Colaboradores	46
5.5 Gerenciando Times	49
5.6 Gerenciando Mapas	51
5.7 Interagindo com Elementos de Rede	55

6	AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO	59
6.1	Ambiente de Testes	59
6.2	Avaliação da Navegação no Mapa	60
6.3	Avaliação da Edição do Mapa	62
6.4	Avaliação da Criação de um Nodo no Mapa	64
6.5	Avaliação do Envio de Mensagem para Colaboradores	66
7	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3G	Terceira Geração
ADM	Active Distributed Management
API	Application Programming Interface
CS	Cliente-Servidor
CSCW	Computer Supported Cooperative Work
DAO	Data Access Object
Desk4J	Desktop Application Framework for Java
DNS	Domain Name System
FAX	Facsimile
HMVP	Hierarchical Model-View-Presenter
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICMP	Internet Control Message Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
Java ME	Java Micro Edition
Java SE	Java Standard Edition
JDK	Java Development Kit
JMX	Java Management Extensions
JXTA	Juxtapose
ManP2P	P2P-Based Management Tool
MbD	Management by Delegation
MIB	Management Information Base
MVC	Model-View-Controller
MVP	Model-View-Presenter
NAT	Network Address Translator

OSI	Open Systems Interconnection
OID	Object Identifier
P2P	Peer-to-Peer
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PoP	Point of Presence
RMON	Remote Monitoring
RNP	Rede Nacional de Ensino e Pesquisa
RPC	Remote Procedure Call
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SIP	Session Initiation Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
SOAP	Simple Object Access Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UI	User Interface
VoIP	Voice over IP
WDM	Wavelength Division Multiplexing

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1:	Estrutura de um sistema de gerenciamento cooperativo segundo Schönwälder	17
Figura 2.2:	Roteamento e distribuição dos recursos nos modelos (a) cliente-servidor e (b) P2P	19
Figura 2.3:	Cenário de gerenciamento baseado em P2P	22
Figura 3.1:	Sessão de <i>multicast</i> de vídeo digital através de diversos domínios . . .	24
Figura 3.2:	Topologia da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa na Região Sul	25
Figura 3.3:	Cenário típico da gerência de uma rede de telecomunicações	26
Figura 4.1:	Esboço da arquitetura de um TLM com suporte ao gerenciamento baseado na cooperação entre humanos: infra-estrutura P2P serve de base para funcionalidades de <i>groupware</i> e gerenciamento	31
Figura 4.2:	Relação entre as definições de grupos, times e times virtuais	32
Figura 4.3:	Visões compartilhadas entre colaboradores de um time de gerenciamento: acesso através de diferentes domínios	34
Figura 4.4:	Diagrama de classes para implementação de um sistema de gerenciamento cooperativo: suporte a times virtuais e visões compartilhadas . . .	34
Figura 4.5:	Ciclo de vida de uma associação colaborador-time	36
Figura 4.6:	Estrutura de um mapa: sub-redes, nodos e ligações	37
Figura 5.1:	Infra-estrutura de comunicação: dos protocolos Internet a chamadas remotas de procedimento passando por uma infra-estrutura P2P	39
Figura 5.2:	Exemplo de utilização da API de Serviços	40
Figura 5.3:	Padrão de projeto Modelo-Visão-Apresentador Hierárquico (HMVP)	41
Figura 5.4:	Arquitetura do sistema ManP2P	43
Figura 5.5:	Diagrama com as tabelas e relacionamentos da base de dados	44
Figura 5.6:	Visão de entrada	47
Figura 5.7:	Visão de criação de novo colaborador	47
Figura 5.8:	Visão de confirmação de saída	47
Figura 5.9:	Visão com informações sobre o ManP2P	48
Figura 5.10:	Visão principal	48
Figura 5.11:	Visão de busca por colaborador	49
Figura 5.12:	Visão de envio de mensagem para colaborador	49
Figura 5.13:	Visão de recebimento de mensagem	49
Figura 5.14:	Visão de busca por time	50
Figura 5.15:	Visão de criação de time	50
Figura 5.16:	Visão de seleção de time	50

Figura 5.17: Visão principal apresentando um mapa de rede contendo sete elementos e seis ligações	51
Figura 5.18: Visão de criação de mapa	52
Figura 5.19: Visão de envio de mensagem de mapa	53
Figura 5.20: Visão de criação de sub-rede	53
Figura 5.21: Visão de criação de nodo de sub-rede	53
Figura 5.22: Visão de criação de nodo de elemento	54
Figura 5.23: Visão de criação de ligação	54
Figura 5.24: Visão de seleção de cor de fundo de mapa	55
Figura 5.25: Visão de seleção de imagem de fundo de mapa	55
Figura 5.26: Interagindo com os elementos no mapa	56
Figura 5.27: Visão de gerenciamento IP: requisição	57
Figura 5.28: Visão de gerenciamento IP: resposta	57
Figura 5.29: Visão de gerenciamento SNMP: GET	57
Figura 5.30: Visão de gerenciamento SNMP: GET_NEXT	58
Figura 5.31: Visão de gerenciamento SNMP: SET	58
Figura 6.1: Ambiente de testes	60
Figura 6.2: Tempo de resposta para ação de navegar para sub-rede	61
Figura 6.3: Tráfego na rede para ação de navegar para sub-rede	61
Figura 6.4: Tempo de resposta para ação de salvar posições dos nodos	63
Figura 6.5: Tráfego na rede para ação de salvar posições dos nodos	63
Figura 6.6: Tempo de resposta para ação de criar nodo	65
Figura 6.7: Tráfego na rede para ação de criar nodo	65
Figura 6.8: Tempo de resposta para ação de envio de mensagem	66
Figura 6.9: Tráfego na rede para ação de envio de mensagem	67
Figura 6.10: Comparação entre tempos de criação de nodo e envio de mensagem	67
Figura 6.11: Comparação entre tráfego de criação de nodo e envio de mensagem	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1:	Taxonomia simplificada para paradigmas de gerenciamento segundo Martin-Flatin	17
Tabela 4.1:	Comparação entre os diferentes paradigmas de gerenciamento	29
Tabela 5.1:	Descrição dos pacotes relacionados à API de Serviços	40
Tabela 5.2:	Descrição dos pacotes relacionados à API Desk4J	42
Tabela 5.3:	Principais métodos implementados pelos serviços	45
Tabela 5.4:	Descrição dos principais pacotes do sistema ManP2P	46

RESUMO

O gerenciamento das redes de comunicações modernas frequentemente requer que operadores de diferentes domínios administrativos interajam uns com os outros de modo a realizar uma tarefa de gerenciamento de maneira cooperativa. Nesse contexto, pode-se observar que há distribuição tanto na execução das ações como na tomada das decisões pelos operadores participantes da sessão de gerenciamento. As soluções tradicionais de gerenciamento de redes praticamente não oferecem suporte algum ao gerenciamento baseado na cooperação entre humanos, pois foram concebidas levando em consideração um único domínio administrativo sendo gerenciado por um único operador ou por um grupo de operadores pertencentes a uma mesma organização. Visando solucionar esse problema, é introduzido nesse trabalho o uso de tecnologias peer-to-peer (P2P) em soluções de gerenciamento de redes de modo a permitir o gerenciamento baseado na cooperação entre humanos. Nessa abordagem, operadores de rede usam ferramentas híbridas que, ao mesmo tempo, gerenciam os seus domínios locais e fazem parte de um sistema P2P de gerenciamento. A proposta de gerenciamento apresentada foi implementada através de uma ferramenta chamada ManP2P, a qual combina funcionalidades de gerenciamento de redes e trabalho cooperativo.

Palavras-chave: Gerenciamento cooperativo de redes, colaboração, peer-to-peer, redes sobrepostas.

Cooperation Support in Network Management Systems Using Peer-to-Peer Technologies

ABSTRACT

Modern networks not rarely require human operators from different administrative domains to interact with one another in order to accomplish a management task in a cooperative fashion. In this scenario one observes that not only management actions are executed in a distributed way, but also the management decisions are cooperatively taken by all autonomous operators participating in a management session. Traditional management solutions fail to support human centered cooperative management because they were conceived considering a single administrative domain being managed by a single operator or by a group of operators belonging to the same organization. In order to address this issue, we introduce in this paper the use of peer-to-peer (P2P) technologies in network management solutions to enable human-centered cooperative management. In this approach, network operators use hybrid tools that both manage their local domains and are peers of an overlay management system. We have implemented the proposed management approach through a tool called ManP2P, which combines network management and groupware functionalities.

Keywords: cooperative network management, collaboration, peer-to-peer, overlay networks.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da década de 90, a comunidade de pesquisa em gerenciamento de redes investigou e propôs soluções para o gerenciamento distribuído na tentativa de resolver os problemas amplamente reconhecidos do gerenciamento centralizado de redes (GOLDSZMIDT; YEMINI, 1995; MARTIN-FLATIN, 1999). No gerenciamento centralizado, uma única estação de gerenciamento, ou *gerente*, gerencia todos os equipamentos de um domínio administrativo. O gerenciamento centralizado não escala com o tamanho da rede gerenciada e a estação central de gerenciamento representa um ponto único de falha. Soluções de gerenciamento distribuído, por outro lado, não usam um, mas vários gerentes para controlar os equipamentos. Tais gerentes se comunicam entre si para compartilhar informações de gerenciamento e podem ser organizados de várias maneiras diferentes: de estruturas hierárquicas a cooperativas. Além de não depender de uma única estação de gerenciamento, o gerenciamento distribuído apresenta uma maior escalabilidade que o centralizado, já que redes em crescimento podem ser gerenciadas através da inclusão de gerentes adicionais.

As tecnologias de gerenciamento distribuído evoluíram a tal ponto que a sua utilização no lugar de uma estação central de gerenciamento em um domínio administrativo já não representa um grande problema. Entretanto, mesmo que a estação central possa ser substituída com vantagens por uma solução distribuída, o sistema distribuído como um todo ainda estará sob controle de um único grupo de operadores ou mesmo de um único operador.

Devido à evolução dos serviços de comunicações, operadores de diferentes domínios administrativos frequentemente precisam interagir uns com os outros com o objetivo de efetuar uma tarefa de gerenciamento. Por exemplo, para realizar uma sessão de *multicast* de vídeo digital sobre a Internet na qual os clientes estejam em diferentes domínios, é necessário reservar banda em todos os equipamentos localizados entre o provedor do vídeo e os clientes. Diferentemente do gerenciamento tradicional, nesse ambiente de gerenciamento multi-domínios os operadores são independentes uns dos outros, já que nenhum operador tem o poder de exigir que qualquer outro operador participe da tarefa de gerenciamento. Nesse contexto, pode-se observar o surgimento da necessidade de um gerenciamento cooperativo no qual operadores, tipicamente localizados em domínios diferentes, concordam em se agruparem em times virtuais de cooperação com o objetivo de realizar uma tarefa de gerenciamento comum entre eles.

O termo *gerenciamento cooperativo* pode ser encontrado em outros trabalhos da área de gerenciamento de redes (MARTIN-FLATIN, 1999; SCHÖNWÄLDER, 2000; RAY; PARAMESH, 2002), nos quais tem sido utilizado para caracterizar um tipo especial de interação entre entidades de software de um sistema de gerenciamento distribuído. No contexto desse trabalho, no entanto, o termo gerenciamento cooperativo é utilizado para

representar a cooperação voluntária entre operadores de diferentes domínios. Embora existam algumas similaridades entre os dois usos do termo, esses aspectos de envolvimento humano de operadores localizados em domínios administrativos distintos diferenciam o gerenciamento cooperativo nesse trabalho das pesquisas anteriores.

Para projetar e implementar ferramentas que deem suporte ao paradigma de gerenciamento cooperativo proposto, faz-se necessária a escolha de uma infra-estrutura de comunicação eficiente. Requisitos tradicionais de sistemas de gerenciamento, tais como segurança na transmissão dos dados e tolerância a falhas, tornam-se ainda mais críticos em um ambiente multi-domínios. Além disso, um ambiente como esse tende a apresentar uma quantidade de usuários e elementos gerenciados bastante elevada, o que faz da escalabilidade um requisito igualmente importante. Nesse trabalho será estudado como uma infra-estrutura peer-to-peer (P2P) pode ser utilizada no projeto e implementação de uma ferramenta de gerenciamento com suporte a cooperação.

Alguns trabalhos investigando os aspectos de cooperação existentes nas atividades de gerenciamento de redes podem ser encontrados na literatura (WEERAKKODY; RAY, 1999; RAY; PARAMESH, 2002). Da mesma forma, trabalhos propondo a aplicação de tecnologias P2P em sistemas de gerenciamento também já são encontrados (STATE; FESTOR, 2003; BINZENHÖFER, 2005). Apesar disso, não foram encontrados trabalhos que analisam a utilização de tecnologias P2P visando promover a cooperação entre operadores de redes.

Os principais objetivos desse trabalho são a introdução de um modelo de gerenciamento cooperativo baseado em tecnologias P2P e a implementação de uma aplicação de gerenciamento de redes baseada nesse modelo. Através de uma análise do sistema ManP2P, uma aplicação de gerenciamento com funcionalidades de cooperação, serão analisados os principais aspectos da implementação de um sistema com essas características.

Este trabalho está dividido em 7 capítulos, incluindo esta introdução. No capítulo 2, são apresentados os conceitos básicos de P2P e gerenciamento cooperativo, bem como uma análise do estado da arte em aplicações envolvendo tecnologias P2P e gerenciamento de redes. O capítulo 3 apresenta os cenários nos quais o gerenciamento baseado na cooperação entre humanos poderia ser aplicado. No capítulo 4, será apresentado um modelo para o gerenciamento cooperativo baseado em tecnologias P2P. A implementação de uma aplicação de gerenciamento de redes com funcionalidades de cooperação é apresentada no capítulo 5 e uma avaliação dessa implementação é apresentada no capítulo 6. Por fim, conclusões e trabalhos futuros são apresentados no capítulo 7.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesse capítulo, serão apresentados os termos básicos relacionados a gerenciamento cooperativo (seção 2.1) e sistemas P2P (seção 2.2). Na seção 2.3 serão apresentados trabalhos envolvendo P2P aplicado ao gerenciamento de redes, enquanto a seção 2.4 apresenta um modelo simples para o gerenciamento baseado em P2P.

Seguindo a terminologia exposta em (MARTIN-FLATIN, 1999), uma aplicação de gerenciamento é composta por *gerentes*, executando nas estações de gerenciamento, e *agentes*, executando nos elementos gerenciados. O termo *gerente* pode ser utilizado também para designar a pessoa responsável pelo gerenciamento da rede. Para evitar problemas de interpretação, serão utilizados os termos *operador* e *administrador* nesses casos, ficando o termo *gerente* exclusivo para denominar as entidades de software. Já os termos *agentes inteligentes*, típico da área de inteligência artificial distribuída, e *agentes móveis*, típico da área de engenharia de software, serão utilizados por extenso para não serem confundidos com o termo *agente* do modelo gerente-agente.

2.1 Gerenciamento Cooperativo

O termo *gerenciamento cooperativo* (*cooperative management*) vem sendo utilizado por diversos autores no contexto do gerenciamento de redes e sistemas. Embora esse termo normalmente seja usado para denominar um tipo especial de gerenciamento distribuído, muitas vezes existem diferenças significativas entre uma definição e outra. Nesse trabalho, será utilizada uma definição mais geral para o termo, a qual convencionou-se chamar *gerenciamento baseado na cooperação entre humanos*. O propósito dessa seção é apresentar as definições existentes para esse termo e destacar suas diferenças em relação à definição proposta.

Um estudo tentando estabelecer uma taxonomia padrão para a área do gerenciamento distribuído pode ser encontrado em (MARTIN-FLATIN, 1999). Uma classificação simplificada presente nesse estudo divide primeiramente os paradigmas de gerenciamento distribuído em duas categorias: *fracamente distribuídos* e *fortemente distribuídos*. Nos paradigmas fracamente distribuídos, todo processamento ocorre nos poucos gerentes, enquanto numerosos agentes atuam como simples coletores de informações. Já nos paradigmas fortemente distribuídos, o processamento ocorre tanto nos gerentes quanto nos agentes. Os paradigmas de gerenciamento fortemente distribuído são divididos em duas sub-categorias: *hierárquicos* e *cooperativos*. Nos paradigmas hierárquicos, a delegação de tarefas ocorre de cima para baixo de maneira hierárquica (e.g., agentes móveis e objetos distribuídos). Já nos paradigmas cooperativos, a delegação de tarefas ocorre *horizontalmente* de maneira cooperativa entre gerentes e agentes (e.g., agentes inteligentes). A tabela 2.1 mostra um resumo da classificação simplificada de Martin-Flatlin. É interessante

notar que essa definição de gerenciamento cooperativo considera que a cooperação ocorre somente entre as entidades de software envolvidas nas atividades de gerenciamento, sem fazer referência à cooperação entre operadores. Ainda segundo esse estudo, o principal exemplo de paradigma de gerenciamento cooperativo seriam os agentes inteligentes.

Tabela 2.1: Taxonomia simplificada para paradigmas de gerenciamento segundo Martin-Flatin

	Paradigmas centralizados	Paradigmas hierárquicos	Paradigmas cooperativos
Não distribuídos	SNMPv1, SNMPv2c		
Fracamente distribuídos		RMON, OSI	
Fortemente distribuídos		Agentes móveis, objetos distribuídos	Agentes inteligentes

Uma classificação ainda mais simplificada para os sistemas de gerenciamento distribuído pode ser encontrada em (SCHÖNWÄLDER, 2000). Nesse trabalho, os sistemas são classificados de acordo com a relação entre o número de gerentes m e o número total de elementos no sistema de gerenciamento n , ou seja, a soma de m e o número de agentes. Segundo essa classificação, um sistema de gerenciamento cooperativo é um sistema no qual m é muito próximo de n . A figura 2.1 apresenta a estrutura de um sistema de gerenciamento cooperativo segundo Schönwälder *et al.*, na qual as elipses representam os gerentes e os círculos representam os elementos gerenciados. A linha divisória nas elipses representa a dualidade dos gerentes, que atuam ora como gerentes tradicionais (G), acessando os elementos gerenciados, ora como agentes (A), sendo acessados por outros gerentes para delegação de tarefas. Assim como na definição anterior, a cooperação entre operadores não é explicitamente citada.

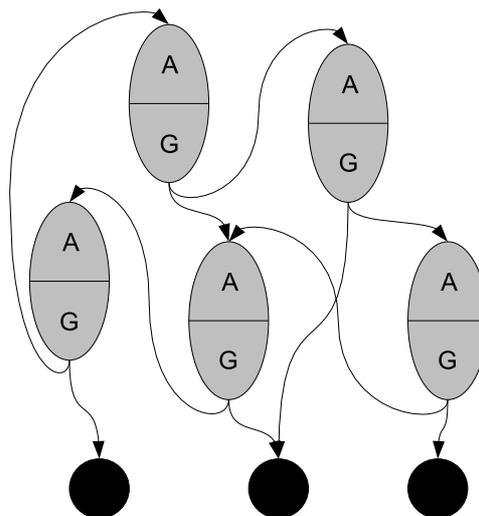


Figura 2.1: Estrutura de um sistema de gerenciamento cooperativo segundo Schönwälder

Em (RAY; PARAMESH, 2002), o termo gerenciamento cooperativo é utilizado em um contexto ligeiramente diferente do gerenciamento de redes. Segundo os autores, *o gerenciamento cooperativo se refere ao suporte à cooperação entre humanos e entidades*

de software no gerenciamento de um processo de negócio, particularmente em uma empresa virtual. Telecomunicações, instituições da área da saúde e bancos são algumas das áreas na qual essa forma de gerenciamento seria aplicável. Em um trabalho anterior (WE-ERAKKODY; RAY, 1999), os autores apresentam um estudo de caso baseado em uma rede interligando diversos hospitais e centros de saúde. Essa definição mais abrangente é uma das poucas a considerar a interação entre humanos no gerenciamento de redes.

Nesse trabalho, o termo *gerenciamento cooperativo de redes e sistemas*, ou simplesmente *gerenciamento cooperativo*, será utilizado para designar tanto o suporte à cooperação entre entidades de software quanto o suporte à cooperação entre humanos durante a realização de atividades de gerenciamento. Essa definição lembra a estrutura de um sistema cooperativo de Schönwälder já que cada entidade de software envolvida na atividade de gerenciamento desempenha um duplo papel enquanto interage com as outras entidades: pode atuar tanto como gerente quanto como agente (ou *cliente* e *servidor* se forem utilizados os termos do modelo cliente-servidor). Ao mesmo tempo, essa definição se assemelha à definição de Ray, visto que pressupõe também a existência de cooperação entre humanos.

2.2 Tecnologias P2P

As redes P2P são aplicações populares na Internet que permitem aos usuários compartilhar recursos computacionais (ANDROUTSELLIS-THEOTOKIS; SPINELLIS, 2004). Atualmente, P2P, navegação Web e correio eletrônico podem ser colocados juntos na mesma classe de importância. O Napster foi a ferramenta responsável pela popularização das redes P2P devido ao seu suporte ao compartilhamento de músicas, o qual levou a um controverso processo judicial em 1999. Desde então, diversas ferramentas semelhantes ao Napster e ferramentas de compartilhamento de arquivos em geral foram criadas, tais como KaZaA, BitTorrent e eMule. Outras redes P2P podem ser encontradas na Internet com outras finalidades, como processamento distribuído (e.g., SETI@home), trabalho colaborativo (e.g., Groove), troca de mensagens instantâneas (e.g., ICQ) e voz sobre IP (e.g., Skype).

Ao longo desse trabalho, os termos *peer* e *nodo* serão utilizados de forma intercambiável. Um nodo representa uma entidade de hardware ou software que está na mesma camada de comunicação que outra entidade. No contexto específico desse trabalho, um nodo representa uma unidade da rede P2P. Note-se ainda que uma mesma máquina física pode abrigar diversos nodos.

Redes P2P são compostas por vários nodos instalados nos limites da Internet frequentemente em estações de usuários não muito caras distribuídas ao longo de diferentes domínios administrativos. Cada nodo se comunica com outros nodos direta ou indiretamente para compartilhar recursos locais (e.g., memória, arquivos, processamento), formando sistemas distribuídos robustos sobre a Internet.

O modelo de comunicação P2P claramente se diferencia do modelo cliente-servidor. No modelo cliente-servidor, servidores armazenam recursos acessados por clientes (figura 2.2-a). No modelo P2P, ao contrário, cada nodo é ele próprio um repositório que compartilha os seus recursos com outros nodos (figura 2.2-b), formando ambientes nos quais os recursos estão distribuídos entre *peers* atuando tanto como servidores quanto como clientes.

O endereçamento no modelo cliente-servidor é baseado no sistema DNS (*Domain Name System*), enquanto as redes P2P utilizam esquemas de endereçamento independen-

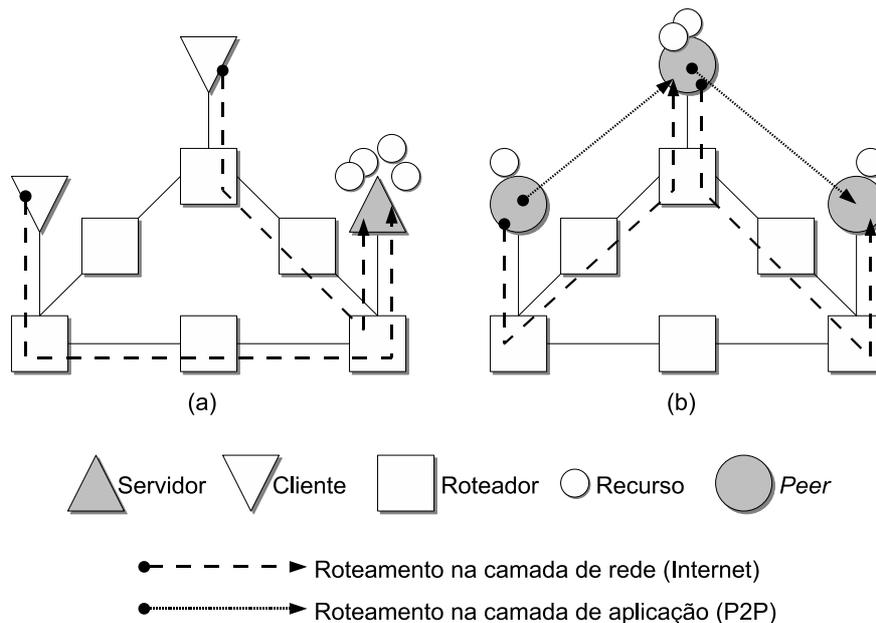


Figura 2.2: Roteamento e distribuição dos recursos nos modelos (a) cliente-servidor e (b) P2P

tes do DNS para indexar nodos, usuários e recursos. As mensagens no modelo cliente-servidor são roteadas na camada de rede por roteadores Internet (figura 2.2-a), enquanto mensagens P2P são roteadas na camada de aplicação por nodos roteadores. Por exemplo, na figura 2.2-b, caso o caminho de baixo entre o nodo mais à esquerda e o nodo mais à direita esteja congestionado, o caminho de cima pode ser utilizado caso o nodo mais acima seja apto a rotear mensagens.

Tendo roteamento e endereçamento implementados acima dos protocolos Internet, as redes P2P formam ambientes bastante dinâmicos, nos quais novos nodos podem se juntar à rede quando são inicializados nas estações dos usuários e deixá-la quando os usuários desligam suas estações. Essa natureza dinâmica faz das redes P2P ao mesmo tempo imprevisíveis e escaláveis: imprevisíveis porque os recursos podem ficar indisponíveis caso a estação que os hospeda esteja desligada; escalável porque a expansão da capacidade da rede requer apenas a adição de novos nodos.

2.3 Aplicações Envolvendo P2P e Gerenciamento de Redes

Diferentemente de outras áreas, as tecnologias P2P experimentaram grande popularidade e ampla utilização na Internet antes de chamar a atenção dos grupos de pesquisa. No final dos anos 90, quando as primeiras aplicações de compartilhamento de arquivos se tornaram populares, os pesquisadores se interessavam por P2P principalmente porque o aumento do tráfego gerado por essas aplicações podia impedir que os serviços tradicionais (e.g., navegação na Web e correio eletrônico) operassem normalmente. Mais recentemente, no entanto, características interessantes como escalabilidade e tolerância a falhas tornaram os sistemas P2P um tópico de pesquisa relevante em diversas áreas da computação (ORAM, 2001). Até mesmo pesquisadores de gerenciamento de redes, para quem P2P costumava significar problemas, começaram a demonstrar algum interesse nesse tópico e as primeiras investigações utilizando tecnologias P2P para melhorar soluções de

gerenciamento apareceram.

State e Fester (STATE; FESTOR, 2003) apresentaram em 2003 uma das primeiras propostas de utilização de P2P em sistemas de gerenciamento de redes. Esse trabalho propõe um mapeamento de serviços SNMP/SOAP em serviços JMX/JXTA e ilustra a aplicação desse novo sistema em uma rede sem fio de terceira geração (3G). Em um trabalho anterior, Kawamura e Stadler (KAWAMURA; STADLER, 2000) propuseram um middleware distribuído para suportar o *Active Distributed Management* (ADM), um novo paradigma baseado em redes ativas e agentes móveis. Esse trabalho evoluiu para o sistema *Weaver* (LIM; STADLER, 2003), no qual os equipamentos são acessados por nodos ativos que se comunicam através de uma rede sobreposta. Uma abordagem similar é proposta por Binzenhofer et al. (BINZENHÖFER, 2005), na qual uma rede P2P estruturada é utilizada para proporcionar um gerenciamento de falhas e performance com alta escalabilidade.

Monitoração distribuída usando redes sobrepostas é uma das aplicações do sistema *Weaver* citado anteriormente. Wuhib et al. (WUHIB, 2005) utilizam o *Weaver* para processar alarmes de maneira descentralizada. Em um outro trabalho, Lim e Stadler (LIM; STADLER, 2005) dissertam sobre como obter, utilizando o mesmo sistema, visões em tempo real do tráfego em redes.

Telefonia via Internet e serviço de presença (*presence service*) são outras áreas nas quais P2P pode ser utilizado para melhorar soluções de gerenciamento. No trabalho pioneiro de P2P-SIP (SINGH; SCHULZRINNE, 2005), Singh e Schulzrinne propuseram o uso de tecnologias P2P em arquiteturas de telefonia via Internet baseadas em SIP (*Session Initiation Protocol*) visando obter melhor escalabilidade, robustez, menores custos de manutenção e interoperabilidade. Em um outro trabalho, Kanamaru et al. (KANAMARU, 2004) propõem um serviço de presença baseado em P2P para redes ubíquas.

A partir dos trabalhos mencionados, pode-se perceber que algumas tentativas de utilização de tecnologias P2P para melhorar o gerenciamento de redes foram propostas de maneira concreta. Nenhuma delas, no entanto, aborda um aspecto específico do gerenciamento de redes: o aspecto da cooperação entre seres humanos. Trabalho cooperativo é uma área da computação que vem sendo pesquisada há bastante tempo e muitos trabalhos sobre esse assunto podem ser encontrados na literatura. *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) e *groupware*, por exemplo, são termos tipicamente utilizados para descrever a cooperação entre seres humanos baseada em sistemas computacionais (GRUDIN, 1994). Até o presente momento, alguns trabalhos foram publicados analisando a cooperação entre grupos aplicada ao gerenciamento de redes e sistemas (WEERAKKODY; RAY, 1999; RAY; PARAMESH, 2002). Entretanto, esses trabalhos prévios não estão focados no desenvolvimento e análise de uma aplicação de gerenciamento com funcionalidades de *groupware*. Além disso, eles não consideram a utilização de tecnologias P2P como infra-estrutura de comunicação.

2.4 Um Modelo Simples para o Gerenciamento Baseado em P2P

Tradicionalmente, o gerenciamento de redes é implementado através do modelo gerente-agente, no qual os gerentes acessam os agentes para requisitar os objetos gerenciados dos equipamentos. Os objetos gerenciados modelam os recursos dos equipamentos de modo que os detalhes de implementação sejam abstraídos. Os agentes, além de responderem às requisições dos gerentes, podem reportar de maneira assíncrona alguns eventos específicos relacionados ao estado dos equipamentos. A padronização do modelo gerente-agente tem sido amplamente suportada, por exemplo, pelo IETF (*Internet Engineering*

Task Force) através da infra-estrutura SNMP (HARRINGTON, 2002), e pelo ITU (*International Telecommunication Union*) através do *OSI System Management X.700 Series Recommendations* (ITU-T, 1992).

O modelo gerente-agente pode ser estendido para a definição de arquiteturas mais sofisticadas. Por exemplo, o gerenciamento por delegação (*management by delegation* ou MbD) (GOLDSZMIDT; YEMINI, 1995) estende o modelo gerente-agente introduzindo gerentes intermediários (*mid-level managers* ou MLMs) e aumentando flexibilidade e escalabilidade. No MbD, gerentes delegam a execução de tarefas para os MLMs localizados mais perto dos agentes (e.g., transferindo um *script* de gerenciamento), o que reduz a carga na rede e descentraliza a execução das tarefas de gerenciamento.

Em (GRANVILLE et al., 2005), é proposto um modelo simples para o gerenciamento baseado em P2P. O gerenciamento de redes baseado em P2P estende os modelos tradicionais de gerenciamento agregando a esses modelos os serviços introduzidos pelas redes P2P. Essa fusão de P2P e gerenciamento de redes permite a utilização das funcionalidades P2P para a melhoria de várias atividades de gerenciamento, incluindo o gerenciamento cooperativo citado anteriormente. A definição desse novo modelo é composta das seguintes entidades:

- **Gerente superior (*top-level manager* ou TLM):** um nodo que, em reação a ações dos operadores, se comunica com outras entidades de gerenciamento para realizar uma tarefa;
- **Gerente intermediário (*mid-level manager* ou MLM):** um nodo que responde apenas requisições de TLMs e outros MLMs;
- **Agente:** serviço que lê/atualiza (através de requisições) e reporta (espontaneamente) o estado dos elementos gerenciados.

Embora TLM, MLM e agente sejam entidades bastante conhecidas na área de gerenciamento de redes, esse modelo simples baseado em P2P define explicitamente que TLMs e MLMs são entidades duais: são gerentes comuns executando tarefas de gerenciamento e também nodos integrantes de uma rede de gerenciamento P2P. Essa dualidade permite que TLMs e MLMs gerenciem uma rede de computadores utilizando não apenas técnicas convencionais de gerenciamento, mas também os serviços introduzidos pelas redes P2P. Assume-se ainda que TLMs reagem a operadores, servindo como interface de gerenciamento, enquanto MLMs reagem apenas a TLMs e outros MLMs, sem um contato direto com humanos, mas complementando o processo de gerenciamento. Essa diferenciação entre TLM e MLM baseada na interação com humanos ajuda a descrever o comportamento dessas entidades em alguns exemplos de aplicações desse modelo, tais como:

- **Gerenciamento baseado na cooperação entre humanos:** operadores interagem uns com os outros através de TLMs visando a realização de maneira cooperativa de uma tarefa de gerenciamento;
- **Melhor conectividade para troca de mensagens:** entidades de gerenciamento (TLMs, MLMs e agentes) utilizam um serviço de roteamento de mensagens mais flexível e confiável que o oferecido pelas redes TCP/IP;
- **Balanceamento de carga na execução de tarefas de gerenciamento:** MLMs compartilham seu poder de processamento para suportar a execução de tarefas de gerenciamento.

A figura 2.3 apresenta um cenário no qual TLMs, MLMs e agentes são parte de uma rede de gerenciamento P2P projetada para suportar a lista anterior de exemplos. Os operadores na figura requisitam serviços de gerenciamento à rede de gerenciamento P2P acessando os TLMs. TLMs implementam o gerenciamento cooperativo, permitindo que os operadores compartilhem informações de gerenciamento, independentemente se os TLMs estão conectados direta ou indiretamente. TLMs também interagem com MLMs que realizam o roteamento de mensagens de gerenciamento até os agentes nos elementos gerenciados. MLMs podem também executar tarefas mais complexas quando requisitados e, como essas tarefas podem consumir uma grande quantidade de processamento, grupos de MLMs podem ser organizados visando compartilhar poder de processamento de maneira balanceada. Nesse caso, as tarefas de gerenciamento não são delegadas para um MLM específico, mas para um grupo de MLMs.

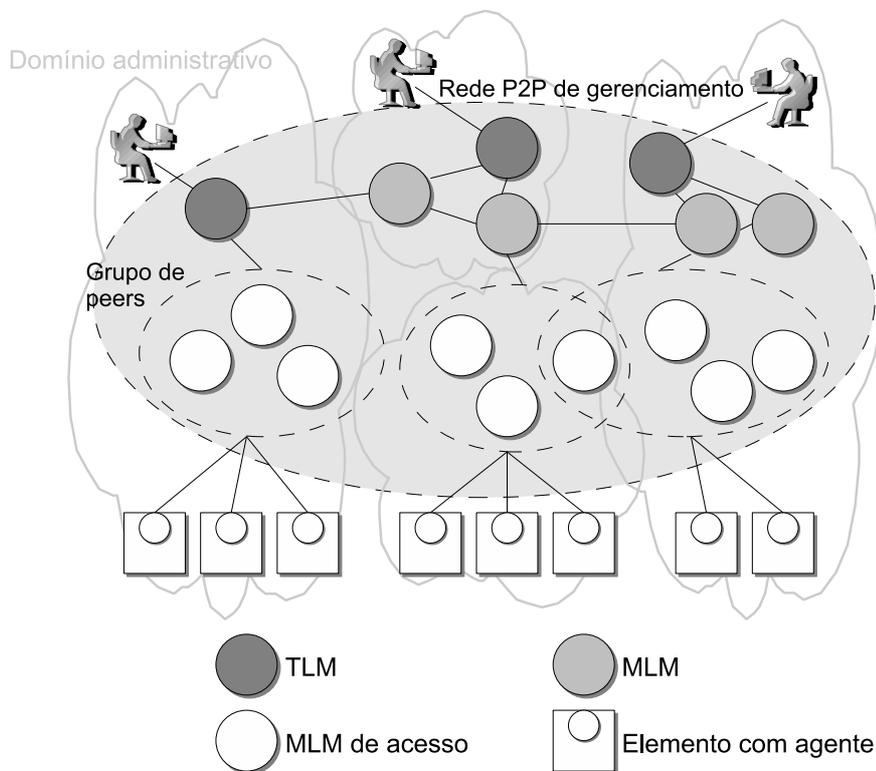


Figura 2.3: Cenário de gerenciamento baseado em P2P

O foco desse trabalho está no primeiro exemplo citado, ou seja, gerenciamento baseado na cooperação entre humanos. Os dois outros exemplos são analisados com maior profundidade em outros trabalhos (GRANVILLE et al., 2005; PANISSON et al., 2006) e estão fora do escopo desse trabalho.

3 CASOS DE INTERAÇÃO ENTRE OPERADORES DE REDES

Atualmente diversas atividades relacionadas ao gerenciamento de redes e sistemas demandam, de alguma forma, a cooperação entre operadores de redes. Essa cooperação pode significar desde uma simples troca de informações até a coordenação de uma tarefa complexa. Embora os casos mais comuns de cooperação ocorram em ambientes formados por um único domínio administrativo, existem diversas situações em que operadores de diferentes domínios precisam cooperar entre si para realizar uma tarefa de gerenciamento. Nesses casos, a dificuldade de comunicação pode ser ainda maior.

Apesar dessa necessidade de interação entre os operadores, as ferramentas de gerenciamento de redes têm oferecido pouco ou nenhum suporte ao trabalho cooperativo. Devido a essa carência, os operadores acabam utilizando ferramentas convencionais de cooperação, as quais podem ser classificadas, de acordo com o nível de cooperação, em três categorias principais (POLTROCK, 2002):

- **Comunicação:** telefone, fax, correio eletrônico, bate-papo eletrônico, mensagem instantânea, videoconferência, etc;
- **Compartilhamento de informações:** área de trabalho compartilhada, ambiente virtual colaborativo, etc;
- **Coordenação:** calendário/agenda eletrônica, gerenciamento de fluxo de trabalho, gerenciamento de projetos, etc.

Para compreender as necessidades de interação entre humanos durante as atividades de gerenciamento, é necessária uma análise de alguns cenários nos quais essa interação é ou poderia ser útil. Nessa seção, alguns desses cenários serão apresentados e analisados. Primeiramente, será analisada uma sessão de *multicast* de vídeo cruzando diversos domínios. Após, serão analisadas redes de pesquisa administradas por diferentes grupos de operadores. Por último, serão analisadas as redes de telecomunicações.

3.1 Reserva de Banda através de Diversos Domínios

A figura 3.1 apresenta um cenário em que uma sessão de *multicast* de vídeo digital cruza diversos domínios administrativos. O vídeo transmitido pode ser uma aula de um curso à distância ou uma palestra, por exemplo. Normalmente, para garantir uma boa qualidade do vídeo, é necessário reservar banda para a transmissão configurando os elementos entre o provedor do vídeo e os clientes. Caso a transmissão fosse ocorrer dentro de

um único domínio, a reserva de banda não representaria um problema crítico, já que todos os elementos que precisariam ser configurados estariam sendo gerenciados pelo mesmo operador ou equipe de operadores. Já nesse caso, no qual os elementos a serem configurados estão dispersos por diferentes domínios, a reserva de banda precisa ser agendada com todas as equipes de gerenciamento envolvidas.

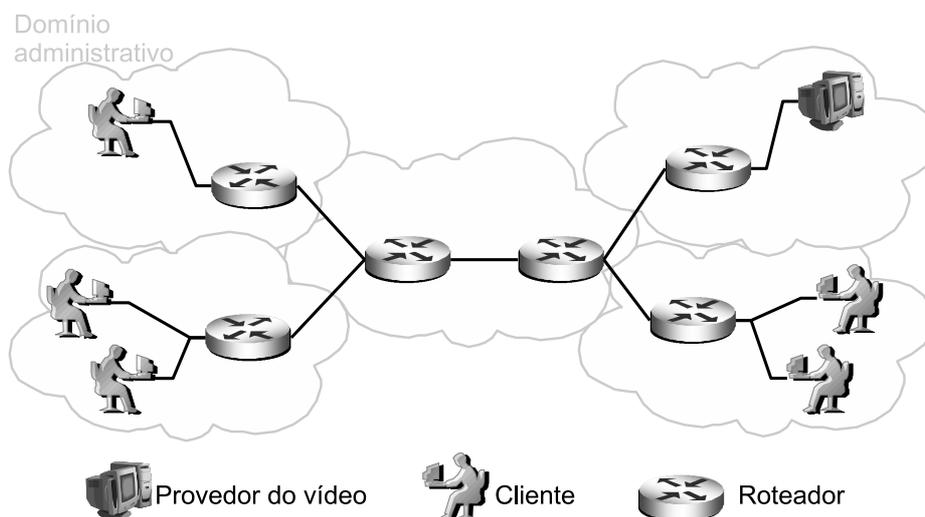


Figura 3.1: Sessão de *multicast* de vídeo digital através de diversos domínios

O agendamento da reserva de banda nos elementos pode ser solicitado por cada um dos clientes que irão participar da sessão, ou seja, cada cliente fica responsável pelo contato com o administrador da rede de seu domínio. Caso a transmissão trafegue por elementos de terceiros, ou seja, elementos pertencentes a domínios administrativos nos quais não há nenhum cliente interessado na transmissão do vídeo (por exemplo, o domínio do centro na figura 3.1), então algum cliente ou administrador fica responsável por realizar a solicitação da reserva junto ao administrador correspondente. Esse processo de solicitação dos agendamentos também pode ficar a cargo de um único cliente (normalmente o provedor do vídeo) ou ainda de um único administrador (normalmente o administrador do domínio provedor do vídeo). Em qualquer uma dessas situações, existe a necessidade de cooperação entre humanos para realizar a tarefa de gerenciamento, sendo que a tarefa nesse caso é o estabelecimento da seção de *multicast*. A solicitação do agendamento da reserva de banda pode ocorrer através de uma das ferramentas de comunicação citadas anteriormente, tipicamente telefone ou correio eletrônico.

O processo descrito anteriormente, no qual as equipes de gerenciamento recebem através de telefone e correio eletrônico solicitações para reserva de banda, apresenta algumas deficiências. Em primeiro lugar, existe a dificuldade de se definir por quais elementos de rede a transmissão irá trafegar. Caso esse levantamento não seja armazenado de forma segura e de fácil acesso, é possível que ele precise ser refeito caso uma nova sessão seja solicitada. Um segundo levantamento também será preciso para obter os contatos dos administradores. Por último, torna-se complicado para o responsável pela sessão de *multicast* verificar se todos os elementos estão configurados corretamente e se todos os clientes estão satisfeitos com o serviço oferecido. Ferramentas de cooperação como visões compartilhadas de redes e times virtuais poderiam amenizar ou eliminar essas deficiências.

3.2 Redes Administradas por Várias Equipes de Operadores

Outra situação na qual a cooperação entre operadores de redes é necessária pode ser observada em ambientes nos quais mais de uma equipe de operadores é responsável pelo gerenciamento de uma rede complexa. Mesmo fazendo parte de um mesmo domínio administrativo, cada um dos segmentos da rede é gerenciado por uma equipe específica, ficando as decisões mais importantes para a administração centralizada da rede. Obviamente, os diversos serviços de manutenção de uma rede como essa dependerão da cooperação entre os diversos grupos responsáveis pela sua administração. Ambientes desse tipo podem ser observados em redes voltadas para a pesquisa e/ou redes dispersas geograficamente, como é o caso da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), que interliga diversas instituições de ensino do Brasil. A figura 3.2 apresenta um esboço da topologia da RNP na região sul do Brasil.

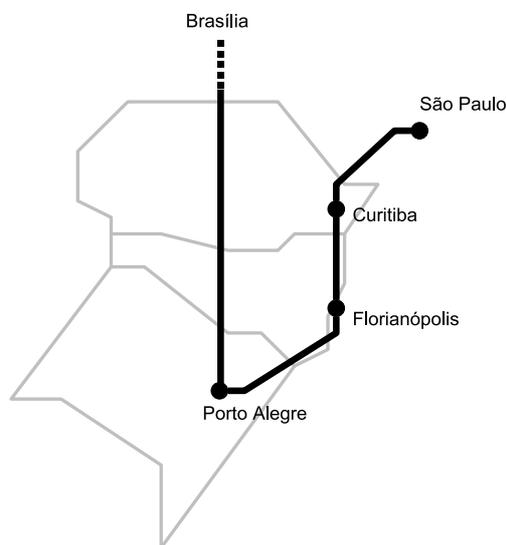


Figura 3.2: Topologia da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa na Região Sul

A RNP foi criada em 1989 e começou a ser montada em 1991 com o objetivo de construir uma infra-estrutura de rede Internet nacional para a comunidade acadêmica brasileira (RNP, 2007). Em 2000 e 2001 a rede foi modernizada e passou a contar com pontos de presença (PoPs) em todos os 27 estados brasileiros. Atualmente, a rede conta com uma diretoria geral, responsável pela definição dos serviços e atividades a serem desenvolvidas, e três núcleos, responsáveis por executar de forma distribuída essas atividades. Esses núcleos encontram-se nas cidades de Brasília, Campinas e Rio de Janeiro. Além disso, cada um dos PoPs da RNP possui uma equipe de pessoal administrativo e técnico para garantir a manutenção da rede. Na figura 3.2 podem ser vistos os três PoPs da região sul: PoP-RS (Porto Alegre), PoP-SC (Florianópolis) e PoP-PR (Paraná).

Pode-se perceber que existe uma divisão de tarefas na administração da RNP: a diretoria geral delega tarefas para os núcleos, que por sua vez delegam tarefas para as equipes nos PoPs. Essa divisão é natural dada a dimensão nacional da rede; no entanto, a administração continua a cargo de uma entidade centralizadora (a diretoria geral), o que caracteriza um único domínio administrativo. Mesmo dentro de um mesmo domínio, são evidentes as necessidades de cooperação entre as diversas equipes. Para a ativação de um novo serviço, por exemplo, é necessário que haja uma coordenação de tarefas entre os três

núcleos para que o serviço seja ativado com sucesso. Caso intervenções físicas nos PoPs sejam necessárias, então a coordenação passa a envolver ainda mais equipes.

É interessante destacar que a divisão das equipes de gerenciamento da RNP descrita anteriormente deve-se à dispersão geográfica da rede, mas outras divisões também são possíveis. É comum, por exemplo, que equipes de gerenciamento sejam divididas por função, ou seja, uma equipe pode ser responsável apenas pelo gerenciamento de configuração, enquanto que outra é responsável pelo gerenciamento de segurança. Também nesses casos, os operadores terão a necessidade de interagir entre si para realizar as atividades de gerenciamento. Por exemplo, para ativar uma determinada configuração em um elemento pode ser necessário que o operador da equipe de configuração solicite à equipe de segurança a liberação do acesso ao elemento em questão.

3.3 Gerenciamento de Redes de Telecomunicações

Divisão do gerenciamento em diversas equipes também é uma característica do gerenciamento de redes de telecomunicações. Como as empresas provedoras de serviços de telecomunicações costumam lidar com uma variedade grande de fabricantes e modelos de equipamentos, as equipes de gerenciamento costumam ser divididas conforme o tipo de equipamento que gerenciam. A principal divisão ocorre seguindo a hierarquia típica das redes de telecomunicações, segundo a qual redes com maior capacidade e equipamentos mais robustos dão suporte a redes de menor capacidade e equipamentos mais simples.

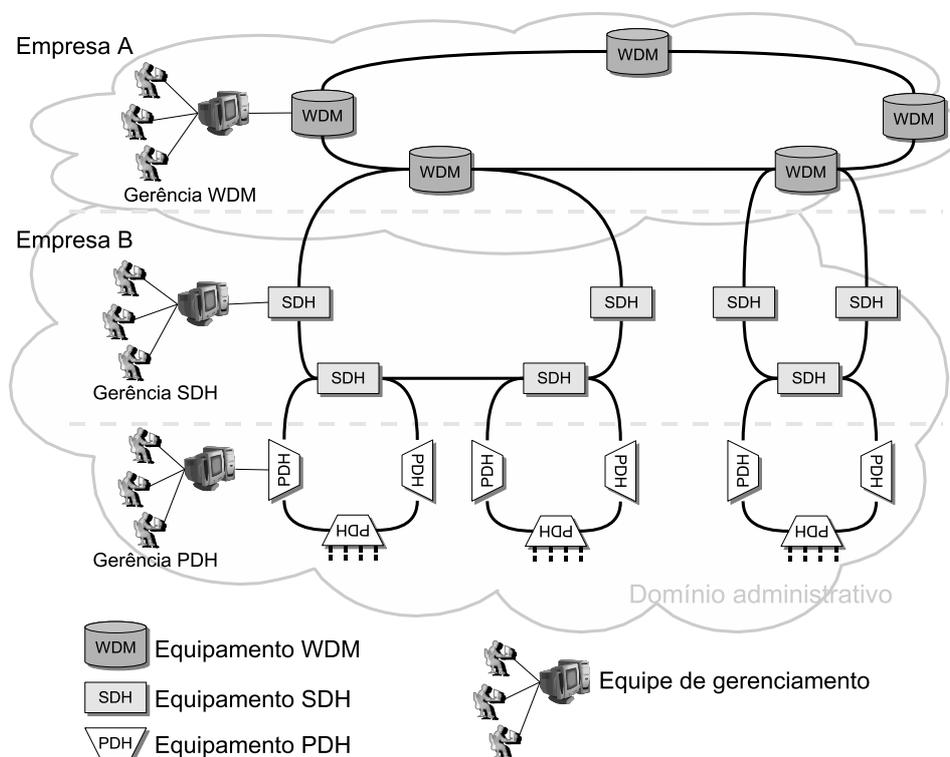


Figura 3.3: Cenário típico da gerência de uma rede de telecomunicações

A figura 3.3 apresenta uma possível hierarquia de uma rede de telecomunicações. Na parte superior, encontra-se uma rede WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), ou seja, uma rede ótica de grande porte. As ligações nessa rede costumam cobrir grandes distâncias dada sua grande capacidade de tráfego de dados. Em um nível intermediário,

encontra-se uma rede SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*). As redes SDH suportam uma variedade grande de taxas de transmissão e podem estar organizadas em uma hierarquia de diversos níveis (na figura, por questão de simplicidade, apenas um nível está representado). Por último, tem-se uma rede PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*), a qual suporta taxas de transmissão menores e de onde partem as ligações com os clientes. Essas tecnologias (WDM, SDH e PDH) bem como a hierarquia representada na figura são meramente ilustrativas, pois uma rede real costuma apresentar uma complexidade bem maior. Uma empresa de telecomunicações de grande porte costuma ter uma quantidade de equipamentos SDH de algumas dezenas até centenas, enquanto a quantidade de equipamentos PDH pode chegar facilmente aos milhares.

Ainda observando a figura, pode-se perceber que cada camada da hierarquia de uma rede de telecomunicações possui equipamentos diferentes dos equipamentos das outras camadas. No caso do exemplo, tem-se equipamentos WDM, SDH e PDH. Em uma situação real, a variedade de modelos de equipamentos costuma ser maior ainda, já que uma mesma empresa de telecomunicações pode possuir equipamentos de diversos fabricantes diferentes. Para facilitar o gerenciamento de sua rede, as empresas costumam dividir as equipes de gerenciamento de acordo com as camadas da hierarquia. Observando a figura, pode-se identificar uma equipe responsável pela gerência PDH e outra equipe responsável pela gerência SDH. Em uma empresa de grande porte, cada equipe de gerenciamento costuma ter algumas dezenas de operadores. Mesmo fazendo parte de um mesmo domínio administrativo, ou seja, de uma mesma empresa (empresa B), as duas equipes possuem certa autonomia para gerenciar as suas redes.

Na verdade, a rede PDH atua como cliente da rede SDH, já que a rede PDH utiliza os serviços da rede SDH para trafegar dados e voz a distâncias maiores. Essa característica tem um impacto direto no gerenciamento de falhas de uma rede como essa: uma falha na rede SDH provoca diversas falhas na rede PDH, enquanto que uma falha na rede PDH pode provocar uma ou mais falhas na rede SDH. É justamente esse um dos pontos em que se torna necessária a interação entre as equipes. Ao perceber uma falha sem causa aparente em uma ligação PDH, a equipe PDH deve notificar a equipe SDH para que essa verifique se não se trata de uma falha em um equipamento SDH. Já quando a falha é diagnosticada em um equipamento PDH, então a equipe SDH deve ser informada para ignorar falhas na interface com aquele equipamento. Uma demora na comunicação entre as equipes pode gerar uma série de transtornos e dificultar a solução do problema. Existem ainda outras situações nas quais a cooperação entre as equipes se torna necessária, como no gerenciamento de configurações, por exemplo. Em todas essas situações, ferramentas de auxílio à cooperação poderiam ser úteis para facilitar as tarefas de gerenciamento.

Até agora, as duas equipes envolvidas na cooperação (PDH e SDH) pertenciam à mesma empresa (empresa B) e portanto faziam parte do mesmo domínio administrativo. Voltando à figura 3.3, percebe-se que a rede SDH da empresa B atua como cliente da rede WDM da empresa A. Pode ser que a empresa B não possua tecnologia para trafegar dados a grandes distâncias e utilize a rede WDM da empresa A para isso. Nesse caso, as mesmas necessidades de cooperação descritas anteriormente para as equipes de gerenciamento PDH e SDH também valem para o relacionamento entre as equipes SDH e WDM. A diferença é que agora a interação entre as duas equipes de gerenciamento se tornou ainda mais complicada, já que as duas equipes se encontram em domínios administrativos distintos.

Nessa seção foram analisados alguns cenários nos quais a interação entre operadores de redes é necessária para a realização de tarefas de gerenciamento. Como visto, algumas

situações podem exigir a cooperação entre equipes de operadores pertencentes a diferentes domínios administrativos. O capítulo seguinte apresentará a definição de um novo modelo de gerenciamento cooperativo denominado gerenciamento baseado na cooperação entre humanos. Já os capítulos 5 e 6 apresentarão a implementação de uma ferramenta P2P de gerenciamento com suporte a cooperação.

4 GERENCIAMENTO BASEADO NA COOPERAÇÃO ENTRE HUMANOS

Como visto no capítulo anterior, diversos estudos analisando a utilização de tecnologias P2P no auxílio ao gerenciamento de redes já foram realizados; nenhum, porém, baseado na cooperação entre humanos. Foi visto ainda que diversas situações de gerenciamento atuais poderiam ser facilitadas por ferramentas de auxílio a cooperação. Este capítulo apresenta uma nova proposta de gerenciamento baseado na cooperação entre humanos, a qual utiliza as facilidades de comunicação das tecnologias P2P como base para a criação de um ambiente que une funcionalidades de cooperação e funcionalidades de gerenciamento.

No gerenciamento tradicional, ferramentas de gerenciamento de redes auxiliam o operador a realizar tarefas de gerenciamento no seu domínio local apenas. No entanto, segundo a definição mais geral de gerenciamento cooperativo apresentada na seção 2.1, as ferramentas de gerenciamento devem suportar não apenas as operações de gerenciamento tradicionais em domínios locais, mas também funcionalidades permitindo a comunicação eletrônica entre os operadores participando de uma sessão de gerenciamento cooperativo. Nesse ambiente, o tráfego de gerenciamento irá cruzar os domínios administrativos de modo a permitir a cooperação entre os operadores. Pode-se observar que a rede como um todo, composta pelos vários domínios, é gerenciada por vários operadores autônomos, cada um tendo suas próprias políticas de gerenciamento, requisitos e restrições. Nesse novo ambiente, percebe-se a descentralização das ações de gerenciamento (à semelhança de qualquer abordagem de gerenciamento distribuído) assim como das decisões de gerenciamento (conforme o modelo de gerenciamento baseado na cooperação entre humanos). A tabela 4.1 resume as principais diferenças entre o gerenciamento centralizado, distribuído e cooperativo em termos da descentralização das ações e decisões de gerenciamento.

Tabela 4.1: Comparação entre os diferentes paradigmas de gerenciamento

	Gerenciamento centralizado	Gerenciamento distribuído	Gerenciamento baseado na cooperação entre humanos
Ações	Centralizadas	Distribuídas	Distribuídas
Decisões	Centralizadas	Centralizadas	Distribuídas

Conforme descrito na seção 2.4, a utilização de uma infra-estrutura P2P torna possível a comunicação entre operadores de diferentes domínios. Dessa forma, tecnologias P2P servem de base para a implementação do gerenciamento cooperativo. Entre os motivos para a escolha do modelo P2P, destacam-se:

- Tecnologias P2P vêm sendo largamente utilizadas em diversos tipos de aplicações

envolvendo cooperação: compartilhamento de arquivos, mensagens instantâneas, voz sobre ip (VoIP);

- A maioria dos sistemas P2P apresenta uma maior tolerância a falhas em relação a outros sistemas devido à ausência de um ponto único de falha;
- Por serem altamente dinâmicos e auto-organizáveis, sistemas P2P também tendem a possuir maior escalabilidade que outros sistemas;
- A maturidade atingida por algumas implementações de infra-estruturas P2P nos últimos anos tem facilitado o desenvolvimento de aplicações (ZHAO, 2001; STOICA, 2001; GONG, 2001).

Ainda seguindo o modelo apresentado na seção 2.4, tem-se que a interface com o usuário ocorre através de gerentes superiores, ou TLMs, ou seja, nodos da rede P2P que oferecem funcionalidades de *groupware* e gerenciamento através de uma interface gráfica com os usuários. A figura 4.1 apresenta o esboço da arquitetura de um TLM com suporte ao gerenciamento baseado na cooperação entre humanos. Na figura, pode-se observar as tecnologias e funcionalidades envolvidas no gerenciamento. Imediatamente sobreposta aos protocolos Internet encontra-se a infra-estrutura P2P, com seus mecanismos de endereçamento e roteamento próprios. Utilizando os serviços dessa infra-estrutura e dos protocolos de gerenciamento (SNMP, Web Services, etc.) encontram-se as funcionalidades de *groupware* e de gerenciamento. Caso a rede P2P possua nodos específicos para o acesso aos equipamentos, então o TLM não terá a necessidade de acessar os protocolos de gerenciamento. Para oferecer suporte a essas funcionalidades nos TLMs, podem ser necessários alguns serviços ativos em outros nodos da rede P2P. Alguns exemplos que podem ser citados: serviço de presença, serviço de autenticação, serviço de armazenamento, etc. O conjunto de serviços necessários para suportar as funcionalidades de trabalho cooperativo serão chamados simplesmente de *serviço de registro*. O serviço de registro pode ser implementado por um ou mais MLMs ou ainda por um TLM especial. Além do serviço de registro, continuam sendo tarefas dos MLMs outras atividades de suporte a infra-estrutura da rede P2P (endereçamento, roteamento, etc.) bem como o acesso aos elementos gerenciados.

O suporte às funcionalidades de *groupware* representado na figura 4.1 introduz um importante aspecto do gerenciamento baseado na cooperação entre humanos: os operadores se organizam em times virtuais a fim de realizar as tarefas de gerenciamento. Dessa forma, um operador pode ser chamado de colaborador dentro desse ambiente. Além de funcionalidades típicas dos ambientes cooperativos, os colaboradores dispõem ainda de visões compartilhadas da rede. A seção 4.1 descreve em maiores detalhes as características dos times virtuais, enquanto a seção 4.2 apresenta aspectos das visões compartilhadas. Por fim, a seção 4.3 apresenta um modelo de dados para o ambiente proposto.

4.1 Times Virtuais

Em um sistema de gerenciamento de redes convencional, a execução de uma tarefa de gerenciamento é, em geral, realizada por um único operador. Normalmente a decisão de executar uma determinada tarefa é tomada pelo próprio operador, de maneira isolada. Caso o operador faça parte de uma equipe de gerenciamento, pode ser que a tomada de decisão seja feita de maneira cooperativa, com a equipe de gerenciamento interagindo

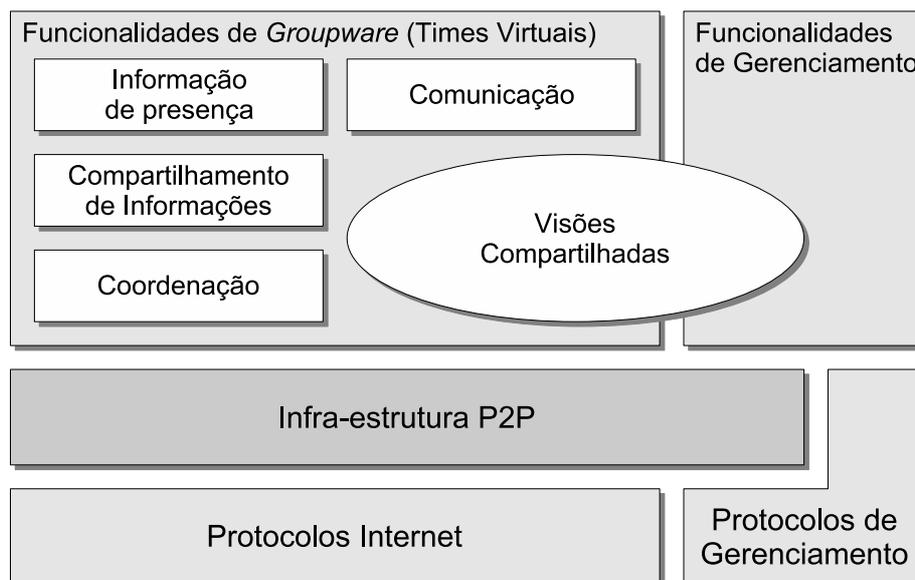


Figura 4.1: Esboço da arquitetura de um TLM com suporte ao gerenciamento baseado na cooperação entre humanos: infra-estrutura P2P serve de base para funcionalidades de *groupware* e gerenciamento

através de ferramentas convencionais de cooperação (numa reunião, por exemplo) ou através de ferramentas eletrônicas (como email ou videoconferência). Como visto no capítulo 3, situações envolvendo diferentes domínios administrativos tornam a tomada de decisão de maneira isolada inviável e dificultam reuniões convencionais entre os interessados na realização da tarefa. Apesar disso, os principais sistemas de gerenciamento utilizados atualmente não oferecem auxílio à tomada de decisão de forma cooperativa. Para resolver essas questões, é necessário que os operadores dos diferentes domínios se reúnam em times virtuais com o objetivo de realizar uma ou mais tarefas de gerenciamento. De acordo com o modelo de gerenciamento baseado na cooperação entre humanos, um sistema deve oferecer de maneira integrada tanto o suporte à formação dos times virtuais como o suporte às funcionalidades de gerenciamento.

O uso de computação no suporte ao trabalho em grupo tem sido objeto de estudo desde a metade da década de 80 (GRUDIN, 1994). Ambos os termos “grupo” e “time” têm sido utilizados para descrever grupos de pessoas trabalhando em conjunto, embora existam autores que preferem diferenciar os dois termos (FISHER, 1997). A seguinte definição restringe o significado do termo “time” (POWELL, 2004):

Um time é uma coleção de indivíduos que são interdependentes em suas tarefas, que dividem responsabilidades por resultados, que vêm a si mesmos como uma entidade social embutida em um ou mais sistemas sociais maiores e que gerenciam as suas relações através dos limites das organizações.

De uma maneira geral, um time é visto como um grupo de indivíduos com um objetivo em comum. Por sua vez, times virtuais são definidos como: “Grupos de indivíduos dispersos geograficamente, dispersos através de organizações e/ou dispersos no tempo unidos através de tecnologias da informação e de telecomunicações a fim de realizar uma ou mais tarefas.” (POWELL, 2004). A figura 4.2 apresenta a relação entre as definições de grupos, times e times virtuais.

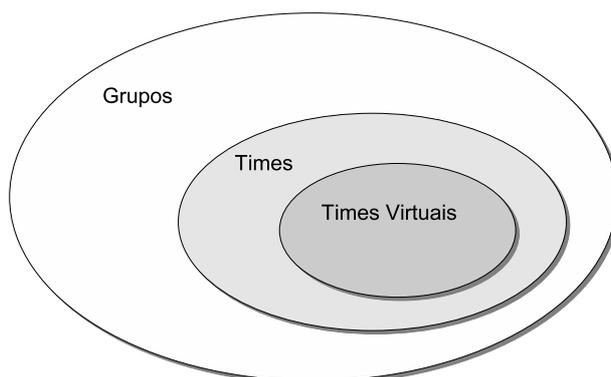


Figura 4.2: Relação entre as definições de grupos, times e times virtuais

Entre as funcionalidades típicas de suporte a times virtuais, pode-se destacar: informação de presença, comunicação, compartilhamento de informações e coordenação. Um sistema baseado no gerenciamento cooperativo, deve apresentar ao menos um subconjunto dessas funcionalidades. Tal sistema deve apresentar ainda o suporte a visões compartilhadas, que pode ser visto como um tipo de compartilhamento de informações.

Informação de presença é um indicador de estado que indica se um outro colaborador está disponível para comunicação. O exemplo mais comum de informação de presença está nas aplicações de troca de mensagens instantâneas, como ICQ e Skype. Nessas aplicações, é apresentada uma lista com os contatos do usuário e cada contato possui indicadores informando se o usuário está conectado à rede e disponível para a comunicação.

A comunicação está na base de qualquer processo relacionado a um time virtual. Devido ao fato de ter seus colaboradores dispersos, times virtuais dependem muito de tecnologias de comunicação. As ferramentas eletrônicas de comunicação podem ser classificadas em síncronas e assíncronas. Alguns exemplos de comunicação assíncrona são mensagens instantâneas e video-conferências. Um exemplo de comunicação assíncrona é o correio eletrônico.

Outra funcionalidade importante no suporte aos times virtuais é o compartilhamento de informações. Normalmente o compartilhamento de informações está associado a ferramentas como áreas de trabalho compartilhadas, sistemas de compartilhamento de arquivos, etc. No gerenciamento de redes, diversos tipos de informação podem ser compartilhados no contexto de um time virtual de gerenciamento, como, por exemplo, arquivos de configuração de equipamentos.

A última entre as funcionalidades citadas é a coordenação. As ferramentas de coordenação são um importante mecanismo no suporte aos times virtuais. Nessa categoria estão incluídas ferramentas de gerenciamento de fluxo de trabalho e ferramentas de agenda/calendário eletrônico. Ferramentas desse tipo podem ser fundamentais para um time virtual de gerenciamento realizar uma tarefa que exija coordenação, como, por exemplo, o estabelecimento de uma sessão de *multicast* de vídeo digital através de diversos domínios.

Além das funcionalidades citadas, outra característica dos times virtuais (e dos times em geral) é a diferenciação dos papéis que os colaboradores desempenham no time. O papel mais comum na organização de times virtuais é o do líder. Normalmente o líder de um time virtual possui atribuições administrativas que visam garantir que o time atinja o seu objetivo. Embora muitos times possuam apenas um líder, é possível que um time

seja administrado por um conjunto de colaboradores. Também é possível que os times se organizem seguindo uma estrutura hierárquica, a qual pode ser composta por diversas camadas ou papéis distintos, cada um com as suas atribuições. Em uma ferramenta com suporte ao gerenciamento cooperativo baseado em humanos, é importante que haja alguma forma de organização dos times.

4.2 Visões Compartilhadas

Entre as funcionalidades de comunicação e compartilhamento de informações que compõem o gerenciamento baseado na cooperação entre humanos, uma merece destaque especial: as visões compartilhadas. Ao mesmo tempo que está diretamente relacionada com as funcionalidades típicas do gerenciamento de redes, essa funcionalidade também pode ser vista como uma forma de cooperação entre os colaboradores. Quando um time virtual de colaboradores constrói e mantém de forma cooperativa a visão de uma rede, ele está ao mesmo tempo participando de uma atividade de cooperação e de uma atividade de gerenciamento. O suporte a essa funcionalidade é muito importante em ambientes multi-domínios, onde muitas vezes é impossível a construção de uma visão de maneira centralizada.

Uma visão é uma abstração que permite agregar e tornar visível a representação dos componentes gerenciados que pertencem a um contexto particular (PALMA; RODRIGUES, 2001). Frequentemente chamado de *mapa*, o conceito de visão está presente na maioria dos sistemas de gerenciamento, como, por exemplo, HP OpenView e CA Unicenter. A maioria dos sistemas de gerenciamento permite que a visão seja editada de forma colaborativa, mas apenas por usuários dentro do domínio administrativo no qual o sistema está instalado. Já no gerenciamento cooperativo baseado em humanos, as visões são compartilhadas entre os membros de um time de gerenciamento, os quais podem estar dispersos através de diversos domínios administrativos. A figura 4.3 apresenta a estrutura de um time virtual de gerenciamento no qual colaboradores de diversos domínios acessam um conjunto de visões compartilhadas.

A função principal de uma visão é a de apresentar visualmente os elementos gerenciados. Para facilitar a representação de grandes redes, é comum que as visões apresentem formas de agrupamento dos elementos, formando uma estrutura hierárquica. Além disso, também é comum a representação visual das ligações entre os elementos, proporcionando uma visão mais completa da rede gerenciada.

4.3 Modelo de Dados

Nas seções anteriores foram apresentadas as principais características de um sistema de gerenciamento baseado na cooperação entre humanos. Nessa seção será apresentada a proposta de um modelo de dados para a implementação de um sistema desse tipo. A figura 4.4 apresenta um diagrama de classes com suporte a times virtuais e visões compartilhadas.

O diagrama da figura 4.4 apresenta nove classes e duas enumerações:

- **Collaborator (Colaborador)**: dados dos colaboradores que utilizam o sistema e integram os times;
- **Team (Time)**: times virtuais de gerenciamento;

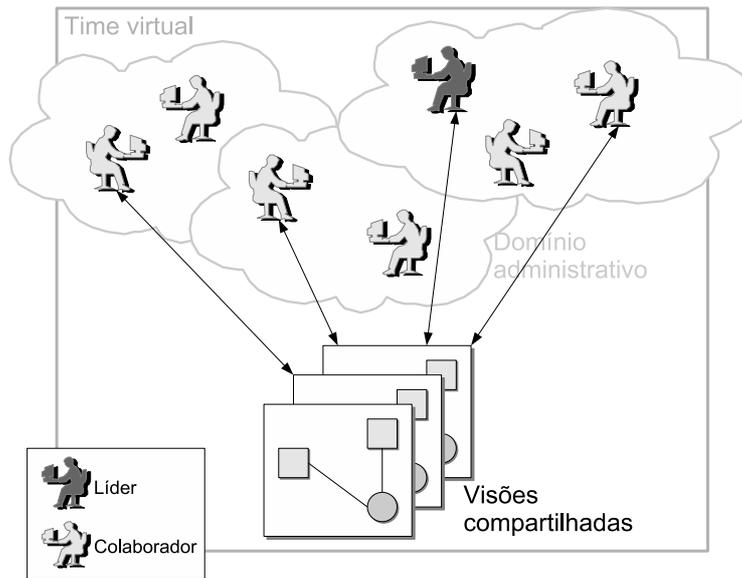


Figura 4.3: Visões compartilhadas entre colaboradores de um time de gerenciamento: acesso através de diferentes domínios

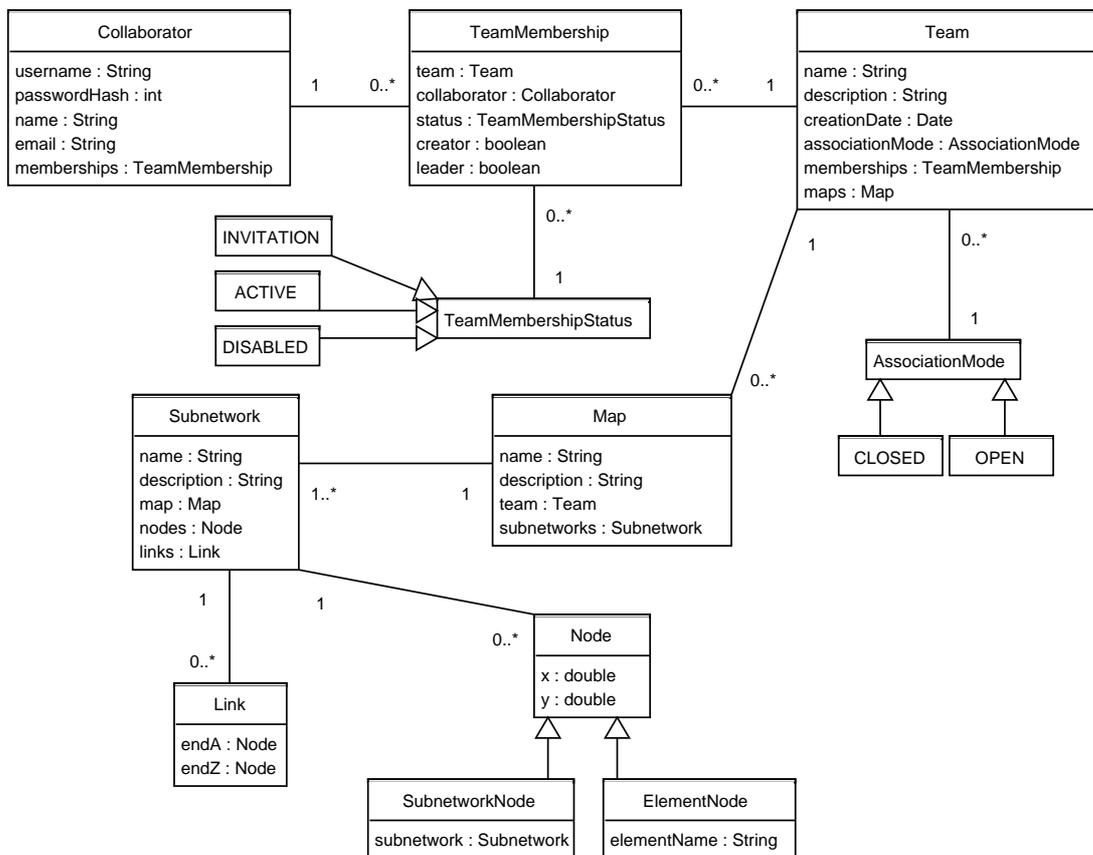


Figura 4.4: Diagrama de classes para implementação de um sistema de gerenciamento cooperativo: suporte a times virtuais e visões compartilhadas

- **TeamMembership (Associação):** associação de um colaborador a um time;
- **Map (Mapa):** visão compartilhada;
- **Subnetwork (Sub-rede):** uma sub-rede ou, de forma mais genérica, um agrupamento de elementos;
- **Node (Nodo):** um nodo em uma sub-rede;
- **SubnetworkNode (Nodo de Sub-rede):** nodo representando uma sub-rede;
- **ElementNode (Nodo de Elemento):** nodo representando um elemento gerenciado;
- **Link (Ligação):** ligação entre dois nodos;
- **TeamMembershipStatus (Estado de Associação):** enumeração dos possíveis estados de uma associação colaborador-time;
- **AssociationMode (Modo de Associação):** enumeração das formas de associação a um time.

A classe Colaborador apresenta dados de autenticação, informações pessoais e associações dos colaboradores. Os dados utilizados na autenticação são um nome de usuário (*username*) e a *hash* da senha do colaborador (*passwordHash*). As informações pessoais poderiam incluir diversas informações a respeito do colaborador. No modelo, são colocadas como exemplo o nome completo (*name*) e o endereço de correio eletrônico (*email*). Por fim, o campo *memberships* representa uma lista com todas as associações do colaborador.

Os times virtuais de gerenciamento são representados pela classe Time. Essa classe apresenta dados relativos aos times virtuais, tais como nome (*name*), descrição (*description*), data de criação (*creationDate*) e modo de associação (*associationMode*). Os modos de associação descrevem as formas existentes para os colaboradores se associarem aos times. No modelo, são apresentados dois modos: aberto (*OPEN*) e fechado (*CLOSED*). O modo aberto significa que qualquer colaborador com acesso ao sistema pode se associar ao time a qualquer momento. O modo fechado indica que um colaborador só pode se juntar ao time após convite e/ou aprovação do líder do time. A classe Time apresenta ainda uma lista com todas as associações (*memberships*) do time, ou seja, todos os membros. Por fim, a classe contém uma lista de mapas (*maps*), os quais representam as visões compartilhadas criadas no contexto desse time.

Relacionando times e colaboradores está a classe Associação (*TeamMembership*). É através das associações que se define quais colaboradores fazem parte de quais times. Além de referências para o time (*team*) e para o colaborador (*collaborator*), a classe Associação apresenta ainda dois campos: um indicando se o colaborador é o criador do time (*creator*) e outro indicando se o colaborador é líder do time (*leader*). Por fim, a classe apresenta um campo indicando o estado da associação. O modelo apresenta três estados básicos que uma associação pode assumir: convite (*INVITATION*), ativo (*ACTIVE*) e desabilitado (*DISABLED*). Quando um líder convida um colaborador para participar de um time, uma associação em estado *convite* é criada. Caso o colaborador aceite o convite, o estado da associação passa para *ativo* e o colaborador passa a fazer parte efetivamente do time. Caso o colaborador se desligue do time ou seja expulso pelo líder, a associação assume o estado *desabilitado*. A associação também pode passar diretamente do estado

convite para *desabilitado* caso o colaborador rejeite o convite. A figura 4.5 apresenta o ciclo de vida de uma associação segundo o modelo. Outras formas de associação mais complexas ou até mesmo mais simples podem ser implementadas de acordo com a necessidade da aplicação.

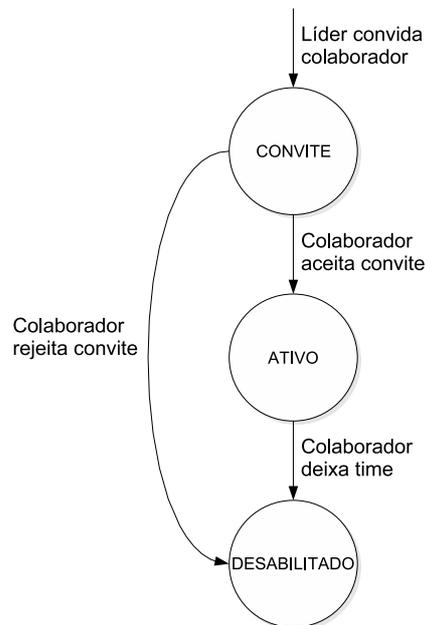


Figura 4.5: Ciclo de vida de uma associação colaborador-time

Seguindo com a análise do modelo da figura 4.4, chega-se a classe Mapa (*Map*). Essa classe representa uma visão da rede gerenciada. Um mapa possui um nome (*name*), uma descrição (*description*) e uma lista de sub-redes (*subnetworks*). Um mapa possui sempre uma sub-rede raiz, a qual será apresentada visualmente quando o mapa for aberto. O nome do mapa deve ser único dentro do time. Por fim, um mapa possui uma referência para o time ao qual pertence.

Uma sub-rede (*Subnetwork*) nada mais é do que uma coleção de nodos (*nodes*) e ligações (*links*). Assim como um mapa, uma sub-rede possui um nome (*name*) e uma descrição (*description*), sendo que o nome deve ser único dentro do mapa. Uma referência para o mapa que contém a sub-rede também está presente nessa classe (*map*).

Nodos (*Node*) e ligações (*Link*) completam o modelo proposto. Uma ligação representa uma conexão física ou lógica entre dois nodos (*endA* e *endZ*). Um nodo pode representar tanto uma sub-rede (*SubnetworkNode*) quanto um elemento gerenciado (*ElementNode*). Em qualquer um dos casos, o nodo é representado visualmente através de um ícone ou figura geométrica posicionada na sub-rede de acordo com um par de coordenadas (*x* e *y*). A representação visual de um nodo pode variar de aplicação para aplicação, mas normalmente deverá haver uma diferenciação entre nodos de sub-rede e de elemento. O acionamento de um nodo de sub-rede (através de um clique de *mouse*, por exemplo) provoca a navegação para a sub-rede correspondente. Já o acionamento de um nodo de elemento provoca a visualização das funções de gerenciamento relacionadas aquele elemento.

A figura 4.6 apresenta a estrutura de um mapa, incluindo suas sub-redes, nodos e ligações. Normalmente a visualização do mapa ocorre através da visualização de uma de

suas sub-redes, a qual é chamada simplesmente de sub-rede ativa. Inicialmente o mapa possui a sua sub-rede raiz ativa. A navegação entre as diversas sub-redes ocorre normalmente através dos nodos de sub-rede que funcionam como atalhos de maneira semelhante a hiperligações em uma página Web. Dessa forma, imaginando-se que um usuário esteja visualizando o mapa da figura com a sub-rede raiz ativa. Ele estará visualizando dois nodos de elemento (E1 e E2) e dois nodos de sub-rede (A e B). Poderá ver ainda quatro ligações interconectando esses nodos. Ao acionar o nodo da sub-rede A, essa sub-rede passa a ser a sub-rede ativa e a visualização deixa de mostrar a sub-rede raiz para mostrar a sub-rede A.

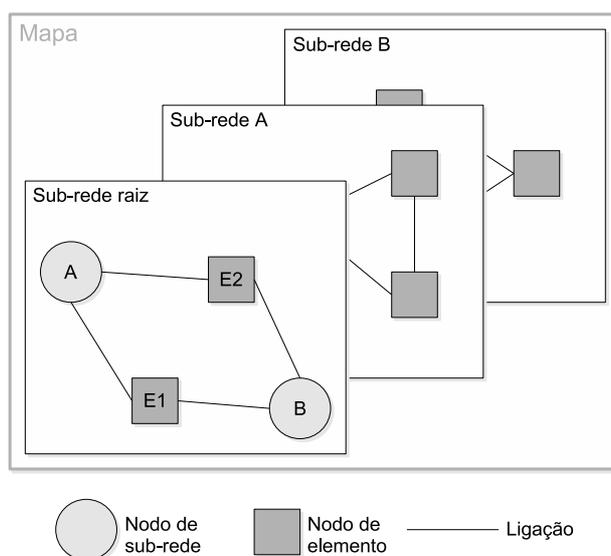


Figura 4.6: Estrutura de um mapa: sub-redes, nodos e ligações

O modelo de dados proposto nessa seção apresenta uma possível modelagem para as características do gerenciamento baseado na cooperação entre humanos apresentadas nas seções anteriores. Obviamente esse modelo pode apresentar variações de acordo com peculiaridades da implementação. O capítulo seguinte apresenta a implementação de uma ferramenta de gerenciamento cooperativo baseada no modelo proposto: a ManP2P.

5 IMPLEMENTAÇÃO: MANP2P

Nesse capítulo será apresentada a ferramenta ManP2P (*P2P-Based Management Tool*), a qual possui funcionalidades de cooperação e gerenciamento de redes utilizando uma infra-estrutura P2P. Através dessa implementação, busca-se validar o modelo proposto no capítulo 4. Aspectos da implementação bem como uma descrição das funcionalidades serão apresentados nas seções seguintes. Uma avaliação da implementação é apresentada no capítulo 6.

A infra-estrutura de comunicação utilizada na implementação será vista com detalhes na seção 5.1. Já na seção 5.2, serão apresentados aspectos da interface com o usuário. Uma visão geral do sistema é o tema da seção 5.3, enquanto uma descrição mais detalhada das funcionalidades ocorre nas seções 5.4 a 5.7.

5.1 Infraestrutura de Comunicação: JXTA, JXTA-SOAP e Serviços

A escolha da linguagem de programação a ser utilizada na implementação acabou sendo diretamente influenciada por outra escolha: o arcabouço P2P a ser utilizado. Decidiu-se utilizar a implementação Java do arcabouço JXTA (*Juxtapose*) e, portanto, a linguagem Java foi escolhida para o desenvolvimento da ferramenta.

O projeto JXTA começou como um projeto incubado na Sun Microsystems, Inc. e compreende um conjunto de protocolos *peer-to-peer* que permitem a comunicação e colaboração entre dispositivos conectados a uma rede. Os protocolos definidos pelo JXTA oferecem suporte aos serviços básicos de uma rede P2P, tais como roteamento, busca e comunicação. A arquitetura da rede JXTA define a presença de *peers* especiais com tarefas de indexação (*Rendez Vous Peers*) e redirecionamento (*Relay Peers*), facilitando a conexão de *peers* localizados nas bordas da rede. Além dessas características, os seguintes motivos também foram importantes para a escolha do JXTA:

- Esse arcabouço já vinha sendo utilizado pelo grupo de pesquisa (Grupo de Redes da UFRGS) em projetos semelhantes;
- Outros membros do grupo de pesquisa já possuíam conhecimento prévio a respeito do arcabouço;
- Trata-se de uma infra-estrutura P2P bastante utilizada e de código aberto.

Apesar de existirem implementações da especificação JXTA em outras linguagens, como C e Java ME (*Java Micro Edition*), a implementação em Java SE (*Java Standard Edition*) foi escolhida por ser a implementação de referência. Além dessa relação com o

arcabouço P2P, a linguagem Java apresenta outra vantagem: o suporte a múltiplas plataformas através do seu sistema de máquinas virtuais. A independência de plataforma é um fator particularmente importante em redes P2P, nas quais os dispositivos que participam da rede podem possuir *hardware* e sistema operacional bastante distintos.

O JXTA utiliza um mecanismo baseado em *pipes* para realizar a comunicação entre os *peers*. A programação utilizando os *pipes* do JXTA é semelhante à utilização de uma biblioteca de *sockets* e pode se tornar trabalhosa dependendo da aplicação. Visando facilitar a utilização dos serviços JXTA, decidiu-se utilizar o pacote JXTA-SOAP, que permite a troca de mensagens SOAP sobre a rede P2P do JXTA. SOAP é um protocolo que forma uma das implementações mais populares de *Web Services* e seu funcionamento se assemelha a um esquema RPC (*Remote Procedure Call*). No JXTA-SOAP, as mensagens SOAP trafegam sobre os *pipes* da rede JXTA, enquanto que, numa implementação convencional, as mensagens trafegariam sobre protocolos Web, como HTTP e SMTP. Uma última camada, chamada simplesmente de API de *Serviços*, foi implementada pelo colega André Panisson, integrante do Grupo de Redes. A camada de Serviços abstrai a utilização do JXTA-SOAP e facilita ainda mais a utilização dos serviços de comunicação JXTA. Além de ter implementado a API de Serviços o colega André Panisson também participa do projeto JXTA-SOAP. A figura 5.1 apresenta as tecnologias envolvidas na infra-estrutura de comunicação do ManP2P.

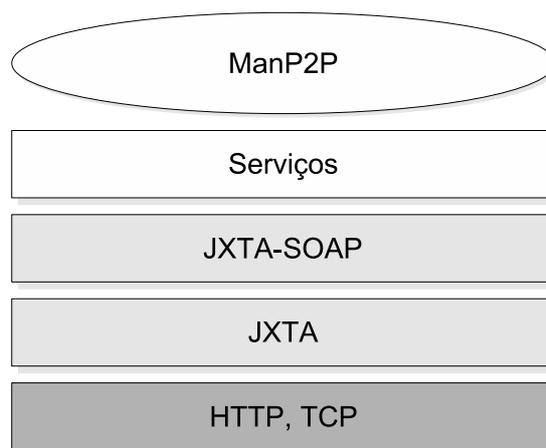


Figura 5.1: Infra-estrutura de comunicação: dos protocolos Internet a chamadas remotas de procedimento passando por uma infra-estrutura P2P

No camada inferior da figura 5.1 estão os protocolos utilizados pelo JXTA: HTTP e TCP. Na camada do JXTA são implementados os serviços básicos da rede P2P: roteamento, busca, etc. Acima desses serviços, o JXTA-SOAP oferece um ambiente de programação mais amigável através de chamadas remotas de procedimentos. Por fim, a API de Serviços abstrai as complexidades do JXTA-SOAP e é utilizada pela ferramenta ManP2P para a realização da comunicação entre os nodos que compõem a arquitetura do sistema. A implementação utilizou a versão 1.5.0_10 do JDK (*Java Development Kit*), a versão 2.4.1 da implementação Java SE do JXTA e uma versão do dia 26 de outubro de 2006 do JXTA-SOAP. Os principais pacotes da implementação relativos à API de Serviços são descritos na tabela 5.1.

A figura 5.2 apresenta um trecho de código Java no qual a API de Serviços é utilizada para invocação de um método remoto. O trecho demonstra como a comunicação entre os nodos foi facilitada pelo uso dessa API. Nas primeiras duas linhas, a infra-estrutura

Tabela 5.1: Descrição dos pacotes relacionados à API de Serviços

Nome do pacote	Descrição
<code>edu.ufrgs.manp2p</code>	Nesse pacote fica a interface <code>Manp2pPeer</code> , que define as principais funções P2P utilizadas pela aplicação.
<code>edu.ufrgs.manp2p.component</code>	Interfaces utilizadas na API de serviços (por exemplo, <code>Service</code> , <code>Operation</code> e <code>Parameter</code>).
<code>edu.ufrgs.manp2p.impl</code>	Implementações para as interfaces em <code>edu.ufrgs.manp2p.component</code> .
<code>edu.ufrgs.manp2p.impl.component</code>	Mais implementações relativas aos serviços.
<code>edu.ufrgs.manp2p.impl.event</code>	Guarda a classe <code>MessageEvent</code> , utilizada no balanceamento de carga.
<code>edu.ufrgs.manp2p.impl.loader</code>	Classes para carregar descritores de serviços estaticamente a partir de um arquivo XML.
<code>edu.ufrgs.manp2p.loaddistribution</code>	Mecanismos de grupos e balanceamento de carga.
<code>edu.ufrgs.manp2p.util</code>	Contém a classe <code>JxtaBootstrap</code> com funções essenciais do JXTA.

JXTA é criada e inicializada. Após, o serviço de registro (*RegistryService*) é encontrado através do método `peer.getService("RegistryService")`. Um objeto do tipo `Operation` é retornado pelo método `getService()` da classe `Service` (nesse caso, a operação a ser executada é a operação *login*). Por último, os parâmetros são armazenados em um arranjo e passados para o método `invoke()` da classe `Operation`. Resumindo, a operação *login* será executada remotamente no nodo que registrou o serviço *RegistryService*.

```

...
Manp2pPeer peer = new Manp2pPeerImpl();
peer.start();
Service service = peer.getService("RegistryService");
Operation op = service.getOperation("login");
Object[] params = {"diego", Integer.valueOf("123456")};

op.invoke(params);
...

```

Figura 5.2: Exemplo de utilização da API de Serviços

5.2 Infraestrutura para Interface com o Usuário

A interface com o usuário foi implementada utilizando-se a API Swing do Java. Essa API se caracteriza como a melhor opção para desenvolver interfaces gráficas para aplicações Java independentes de plataforma. Apesar de oferecer classes para os principais componentes gráficos necessários para a construção da interface (janelas, botões, caixas de texto, etc.), o Swing não possui um conjunto de classes que auxilie a separação da aplicação em camadas. Para superar essa dificuldade, foi implementada uma API baseada no padrão de projeto Modelo-Visão-Apresentador (*Model-View-Presenter* - MVP) que por sua vez pode ser considerado uma variação do padrão Modelo-Visão-Controlador (*Model-View-Controller* - MVC) (POTEL, 1996; FOWLER, 2006).

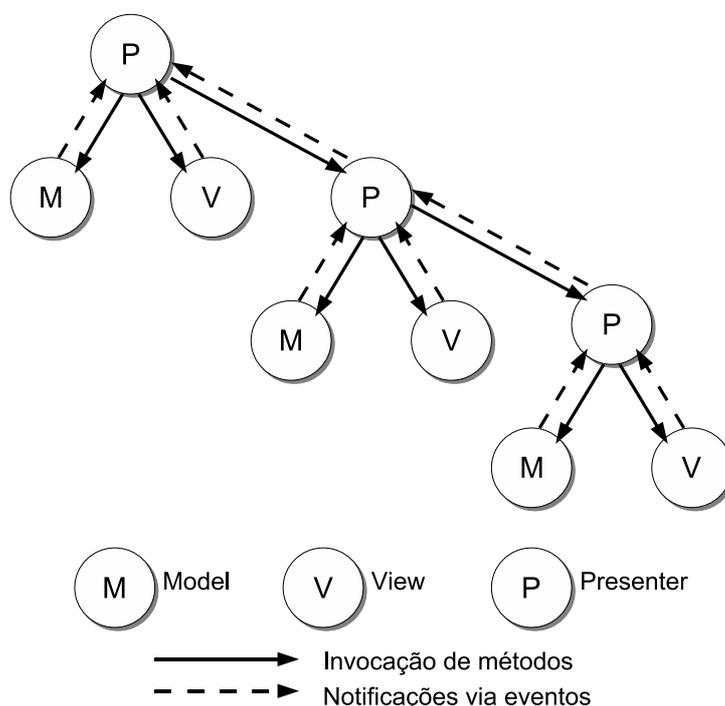


Figura 5.3: Padrão de projeto Modelo-Visão-Apresentador Hierárquico (HMVP)

O padrão MVP define uma divisão das classes da aplicação em três camadas: modelo, visão e controle (apresentador). O modelo compreende as classes de dados e as regras de negócio da aplicação. Também é tarefa das classes de modelo realizar a persistência dos dados (em uma base de dados relacional, por exemplo). A visão é a camada responsável pela apresentação dos dados ao usuário. Normalmente a visão é composta pelo conjunto de componentes que compõem a interface gráfica e é através dela que o usuário interage com o sistema. De acordo com o padrão MVP, a camada de visão percebe as ações do usuário e as passa imediatamente para o apresentador, responsável por fazer a intermediação entre o modelo e a visão. É papel do apresentador interpretar as ações de usuário passadas pela visão e efetuar as alterações correspondentes no modelo. Da mesma forma, o apresentador monitora alterações no modelo e atualiza a interface gráfica caso necessário. Tríades MVP podem ainda ser combinadas de forma hierárquica visando controlar interfaces gráficas mais complexas (ver figura 5.3). Nesse caso, notificações são trocadas entre os apresentadores e o padrão passa a ser chamado de Modelo-Visão-Apresentador Hierárquico (*Hierarchical Model-View-Presenter* - HMVP). Estruturar a aplicação seguindo

um padrão como esse ajuda a diminuir o acoplamento, aumentar a coesão e consequentemente facilitar a manutenção do código.

O conjunto de classes que oferece suporte ao modelo HMVP foi chamado Desk4J (*Desktop Application Framework for Java*). Além do suporte ao HMVP, foram colocadas nesse pacote outras classes básicas que auxiliaram na construção da aplicação. Uma API de DAOs (*Data Access Object*) foi utilizada em conjunto com uma API para conversão de dados para realizar a persistência dos objetos. Um pacote oferece suporte a internacionalização, enquanto outro auxilia no carregamento de imagens. A tabela 5.2 apresenta os principais pacotes relacionados a essa API.

Tabela 5.2: Descrição dos pacotes relacionados à API Desk4J

Nome do pacote	Descrição
<code>org.desk4j.dao</code>	Nesse pacote ficam as classes que dão suporte ao padrão DAO utilizado para persistência dos dados.
<code>org.desk4j.dataconversion</code>	Classes para conversão automática de dados. Utilizadas em conjunto com os DAOs para realizar a persistência dos dados.
<code>org.desk4j.i18n</code>	Suporte a internacionalização.
<code>org.desk4j.image</code>	Pacote da classe <code>ImageManager</code> , que auxilia na carga de imagens. Utilizada principalmente na carga dos ícones utilizados pela aplicação.
<code>org.desk4j.mvp</code>	Pacote raiz das classes MVP. Guarda interfaces básicas, como <code>Displayable</code> e <code>Destructible</code> .
<code>org.desk4j.mvp.event</code>	Suporte a notificações através de eventos.
<code>org.desk4j.mvp.model</code>	Classes utilizadas na implementação do modelo.
<code>org.desk4j.mvp.presenter</code>	Classes utilizadas na implementação do apresentador. Utiliza o padrão de projeto Comando (<i>Command</i>) para tratar as notificações da visão e do modelo.
<code>org.desk4j.mvp.view</code>	Classes utilizadas na implementação da visão.
<code>org.desk4j.mvp.view.swing</code>	Classes para utilização específica com Swing.
<code>org.desk4jx.dbutils</code>	Classes auxiliares na utilização do pacote Commons DbUtils da Apache.

5.3 Arquitetura do Sistema ManP2P

Nessa seção será apresentada uma visão geral sobre os componentes do sistema. O sistema pode ser considerado uma implementação dos modelos apresentados na seção 2.4 e no capítulo 4. A implementação JXTA para Java SE foi utilizada como infra-estrutura P2P conforme descrito na seção 5.1 e a API Swing, em conjunto com o padrão de projeto MVP, foi utilizada na implementação da interface gráfica com o usuário (seção 5.2). A figura 5.4 apresenta um cenário de utilização do sistema ManP2P incluindo os seus principais componentes.

Os operadores, ou colaboradores no contexto do gerenciamento cooperativo, são apresentados no topo da figura 5.4. Na parte de baixo, são apresentados os elementos gerenciados e seus agentes. Entre os colaboradores e os elementos, encontra-se a rede P2P

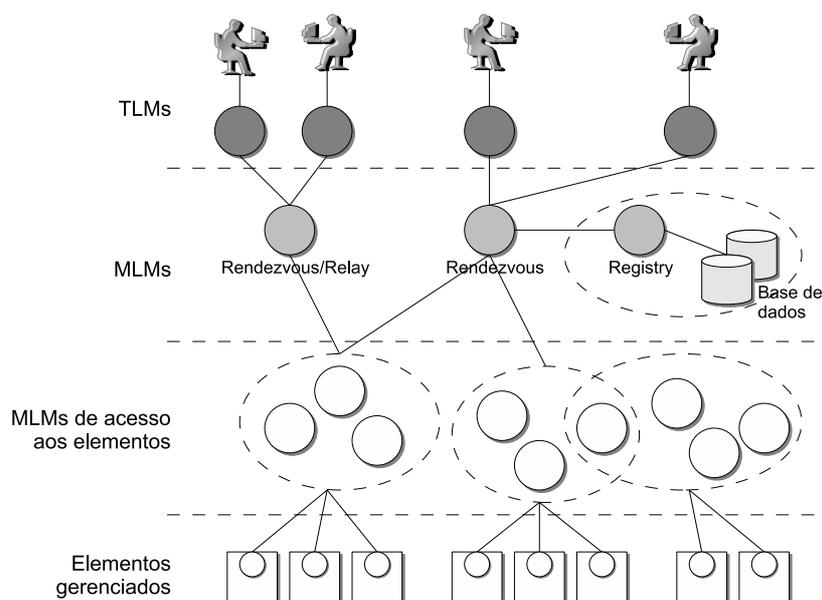


Figura 5.4: Arquitetura do sistema ManP2P

de gerenciamento do ManP2P. Através da sua infra-estrutura P2P, o sistema interconecta colaboradores e elementos potencialmente dispersos através de diferentes domínios administrativos, além de implementar duas funções principais. A primeira funcionalidade do sistema é a de oferecer um ambiente de trabalho cooperativo para os seus usuários permitindo que os colaboradores possam formar times virtuais com o objetivo de realizar uma ou mais tarefas de gerenciamento. A segunda funcionalidade corresponde a disponibilizar aos colaboradores funções típicas de gerenciamento como requisições SNMP, permitindo assim a composição de um ambiente de gerenciamento baseado na cooperação entre humanos. A seguir, os componentes da figura são descritos com mais detalhes:

- **Colaboradores:** são, na verdade, os usuários do sistema;
- **TLMs:** apresentam uma interface gráfica para o acesso dos colaboradores e apresentam suporte à infra-estrutura JXTA para acesso aos MLMs;
- **Nodo *Rendezvous/Relay*:** nodos especiais responsáveis pela indexação, redirecionamento e outras funções da rede JXTA;
- **Nodo de Registro:** nodo que implementa o serviço de registro;
- **MLMs de acesso aos elementos:** recebem requisições dos TLMs e acessam os equipamentos;
- **Elementos gerenciados:** os elementos gerenciados respondem às requisições dos MLMs permitindo o seu gerenciamento através da ferramenta.

Os colaboradores acessam o sistema através das interfaces gráficas dos TLMs e gerenciam os elementos eventualmente formando times virtuais de gerenciamento. A conectividade propiciada pela rede JXTA permite que os colaboradores estejam dispersos geograficamente e/ou dispersos através de diferentes organizações. Em qualquer um dos

casos, os colaboradores poderão se organizar através de times virtuais e com a possibilidade de construírem visões compartilhadas da rede.

Os TLMs servem de ponto de entrada para os colaboradores acessarem a ferramenta. Normalmente, os TLMs estão instalados nas estações de trabalho dos colaboradores, ou seja, estações de pequeno porte e possivelmente sem acesso direto a Internet. Os TLMs também se caracterizam por serem nodos intermitentes, ou seja, estão em execução apenas enquanto o usuário acessa o sistema. Assim como os outros nodos da rede ManP2P, os TLMs se conectam acessando um dos nodos *Rendezvous* conhecidos e podem precisar de um nodo *Relay* caso o seu acesso à Internet seja através de um NAT (*Network Address Translator*). Os dados apresentados pelos TLMs são lidos junto ao serviço de registro, enquanto o acesso aos equipamentos é feito através dos serviços de gerenciamento (MLMs de acesso). Os TLMs também implementam um serviço de interface gráfica para que o serviço de registro possa enviar notificações sobre alterações nos dados.

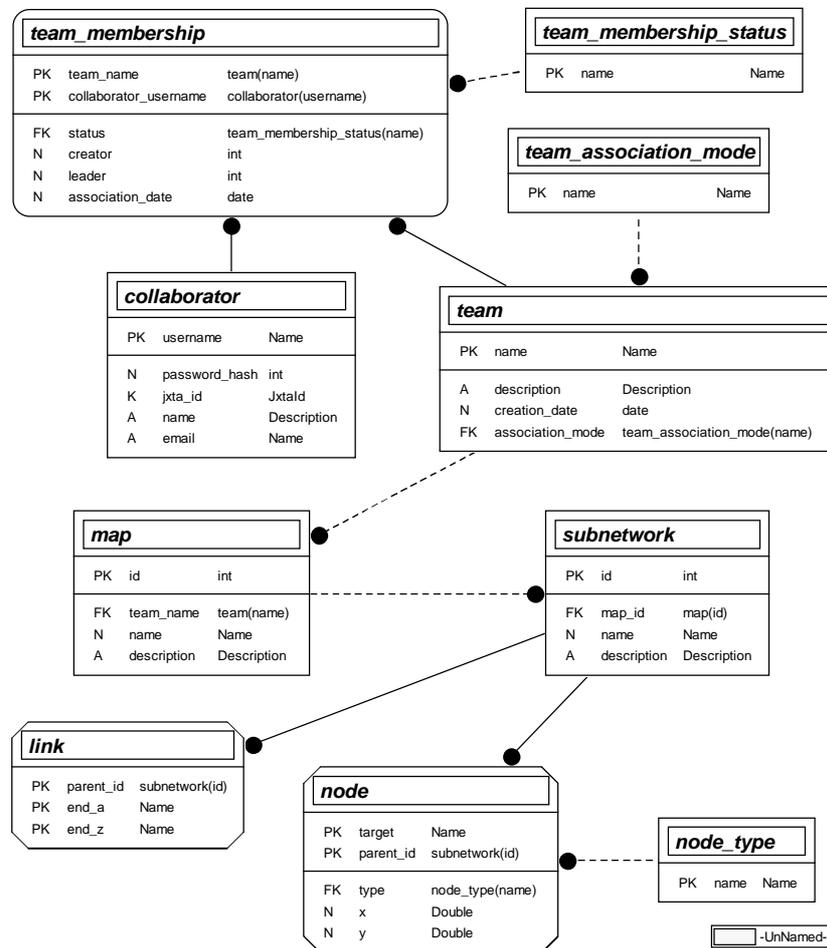


Figura 5.5: Diagrama com as tabelas e relacionamentos da base de dados

Os nodos *Rendezvous/Relay* implementam serviços básicos da rede JXTA. Na verdade, trata-se apenas de uma configuração específica do JXTA, ou seja, nenhum código precisou ser desenvolvido para esses componentes. Qualquer TLM, nodo de Registro ou MLM de acesso pode ser configurado para operar também como *Rendezvous/Relay*. Uma rede JXTA deve possuir ao menos um *Rendezvous*.

O nodo de Registro implementa o serviço de registro, ou seja, é o responsável por armazenar e gerenciar as informações dos colaboradores e dos times. Uma solução com

mais de um nodo implementando o serviço de registro é possível e poderia trazer vantagens como maior escalabilidade e tolerância a falhas; no entanto, sua implementação seria bem mais complexa e está fora do escopo desse trabalho. O nodo de registro utiliza uma base de dados relacional para persistir os dados. A base de dados escolhida foi o Apache Derby na sua versão embutida, ou seja, acessando os arquivos diretamente sem a necessidade de um sistema de gerenciamento de bases de dados. O diagrama da figura 5.5 apresenta as tabelas da base de dados e seus relacionamentos.

Os MLMs de acesso aos equipamentos podem se organizar em grupos e utilizar as funcionalidades de distribuição de carga da API de Serviços para atender às requisições dos TLMs. Dois serviços de gerenciamento foram criados para serem implementados nesses nodos: os serviços de gerenciamento IP (*ping*) e SNMP. O suporte a outros protocolos de gerenciamento poderia ter sido implementado, mas o SNMP foi escolhido devido à sua ampla popularidade. Normalmente, os MLMs de acesso estão localizados próximos aos elementos gerenciados, muitas vezes, na mesma rede local.

Os elementos gerenciados podem ser dispositivos de rede, equipamentos de telecom ou qualquer outro equipamento que possua um agente embutido. Os agentes desses dispositivos são responsáveis por responder às requisições dos MLMs de acesso e tornar possível o gerenciamento.

Tabela 5.3: Principais métodos implementados pelos serviços

Nome do método	Descrição
edu.ufrgs.manp2p.registry.RegistryService	
login()	Efetua autenticação do colaborador.
logout()	Finaliza sessão do colaborador.
createCollaborator()	Cria colaborador.
createTeam()	Cria time.
createMap()	Cria mapa.
searchCollaborator()	Realiza busca por colaborador.
openSubnetwork()	Navega para sub-rede.
edu.ufrgs.manp2p.ui.UiService	
collaboratorLoggedOut()	Um dos contatos encerrou sua sessão.
collaboratorJoinedTeam()	Colaborador se juntou ao time.
receiveMessage()	Mensagem instantânea recebida.
nodeCreated()	Nodo criado no mapa.
linkCreated()	Ligação criada no mapa.
edu.ufrgs.manp2p.access.IpService	
isReachable()	Informa se o elemento está respondendo requisições ICMP.
edu.ufrgs.manp2p.access.SnmpService	
get()	Envia requisição SNMP GET para o elemento.
getNext()	Envia requisição SNMP GETNEXT.
set()	Envia requisição SNMP SET.

A comunicação entre os nodos acontece através de chamadas dos métodos definidos pelos serviços. Cada um dos três componentes principais da arquitetura possui um serviço associado. Um nodo entra em contato com outro nodo invocando remotamente um método do serviço. O serviço de registro, ou *RegistryService*, é implementado pelo nodo

de Registro e possui métodos para leitura e escrita de informações sobre os usuários, times e mapas. Os métodos do nodo de registro são invocados pelos TLMs, os quais por sua vez implementam o serviço de interface gráfica, ou *UiService*, utilizado pelo nodo de registro para realizar notificações. Os TLMs podem possuir métodos que são invocados por outros TLM, como é o caso do método `receiveMessage()`, utilizado para enviar uma mensagem instantânea. Por fim, os TLMs acessam os serviços de gerenciamento, *IpService* e *SnmpService*, implementados pelos MLMs de acesso. Esses serviços permitem a execução das requisições de gerenciamento junto aos elementos. A tabela 5.3 apresenta os principais métodos de cada um dos serviços definidos pela aplicação.

Além dos pacotes descritos nas seções 5.1 e 5.2, uma série de outros pacotes completam a aplicação. Entre esses pacotes, destacam-se `edu.ufrgs.manp2p.access` (serviços de acesso aos elementos), `edu.ufrgs.manp2p.model` (classes de dados e DAOs), `edu.ufrgs.manp2p.registry` (serviço de registro) e `edu.ufrgs.manp2p.ui` (interface gráfica). A tabela 5.4 apresenta uma relação dos principais pacotes do sistema.

Tabela 5.4: Descrição dos principais pacotes do sistema ManP2P

Nome do pacote	Descrição
<code>edu.ufrgs.manp2p</code>	Nesse pacote fica, além da interface <code>Manp2pPeer</code> da API de Serviços, a classe <code>Main</code> responsável por iniciar os módulos do sistema.
<code>edu.ufrgs.manp2p.access</code>	Nesse pacote ficam os serviços de acesso aos elementos: classes <code>IpService</code> e <code>SnmpService</code> .
<code>edu.ufrgs.manp2p.model</code>	Classes que compõem o modelo: classes de dados e DAOs.
<code>edu.ufrgs.manp2p.registry</code>	Classes que implementam o serviço de registro.
<code>edu.ufrgs.manp2p.ui</code>	Classe que implementa o serviço de interface gráfica: <code>UiService</code> . Também se encontram nesse pacote e nos seus sub-pacotes as diversas classes que compõem a interface gráfica da aplicação.
<code>edu.ufrgs.manp2p.util</code>	Pacote com classes auxiliares.

Nessa seção procurou-se apresentar uma visão geral sobre o sistema. As seções seguintes apresentam mais detalhes em relação à utilização do sistema e principalmente da sua interface gráfica.

5.4 Gerenciando Colaboradores

Conforme explicado na seção 5.3, o sistema ManP2P precisa de pelo menos um nodo de registro, um nodo *rendezvous* e um nodo de acesso capaz de acessar os elementos. Também é possível que um mesmo nodo implemente os três serviços, oferecendo assim a infra-estrutura necessária para que TLMs possam se conectar. Quando um colaborador dispara um nodo TLM em sua estação local, o TLM se conecta imediatamente ao nodo *rendezvous* e a visão de entrada da aplicação é apresentada (ver figura 5.6).

Caso queira cancelar a operação e fechar a aplicação, o colaborador deve clicar no botão *Cancelar* que aparece na figura 5.6. Para criar um colaborador e começar a utilizar a ferramenta, o usuário deve clicar no botão *Novo*. Após clicar nesse botão, será apresentada a visão de criação de colaborador que pode ser vista na figura 5.7. Essa visão permite que o usuário entre com dados de identificação (nome de usuário e senha) e dados pessoais

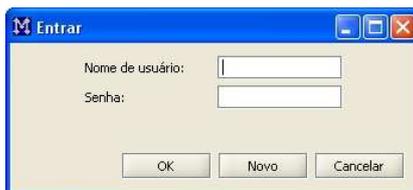


Figura 5.6: Visão de entrada

(nome completo e endereço de correio eletrônico). Após preencher seus dados, o usuário deve clicar no botão *OK* para criar o novo colaborador. Nesse momento o TLM envia as informações para o nodo de registro, que salva os dados na base. Logo após, a visão de criação se fecha e o foco volta para a visão de entrada.



Figura 5.7: Visão de criação de novo colaborador

De volta à visão de entrada (figura 5.6), o usuário deve digitar o nome de usuário e a senha recém criados e clicar no botão *OK*. O TLM irá novamente contatar o serviço de registro, dessa vez para certificar-se que o usuário realmente existe e que a senha está correta. Caso a autenticação seja bem sucedida, a visão de entrada se fecha e a visão principal será apresentada (ver figura 5.10).

A visão principal é composta por uma barra de menus, uma barra de ferramentas, um painel central e uma barra de estado. O painel central, por sua vez, é composto por um painel informativo e um conjunto de três painéis redimensionáveis. O painel informativo contém o nome do time, nome do mapa e nome da sub-rede na qual o usuário está navegando. Os três painéis redimensionáveis correspondem ao mapa (centro), ao painel de contatos (direita) e ao painel de registros (embaixo). O termo *registro* é utilizado aqui no sentido de linhas de texto descrevendo eventos ocorridos no sistema e não deve ser confundido com o serviço de registro descrito anteriormente.

O menu *Arquivo* possui um único item chamado *Fechar*, que pode ser utilizado como alternativa para fechar a aplicação. Caso o usuário clique sobre essa opção, uma visão de confirmação igual a da figura 5.8 será apresentada. Essa visão impede que o usuário feche a aplicação por engano.

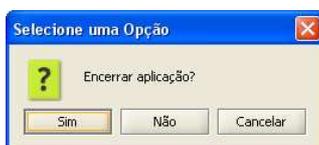


Figura 5.8: Visão de confirmação de saída

O menu *Ajuda* também contém um único item, dessa vez chamado *Sobre*. Ao clicar

sobre esse item, será apresentada a visão da figura 5.9 contendo informações sobre o sistema ManP2P.

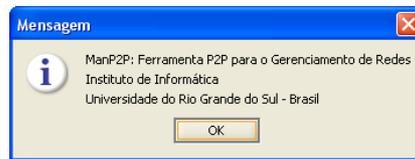


Figura 5.9: Visão com informações sobre o ManP2P

Ao lado do menu *Arquivo*, encontra-se o menu *Colaborador*. Nesse menu encontram-se três itens: *Procurar colaborador*, *Criar colaborador* e *Enviar mensagem*.

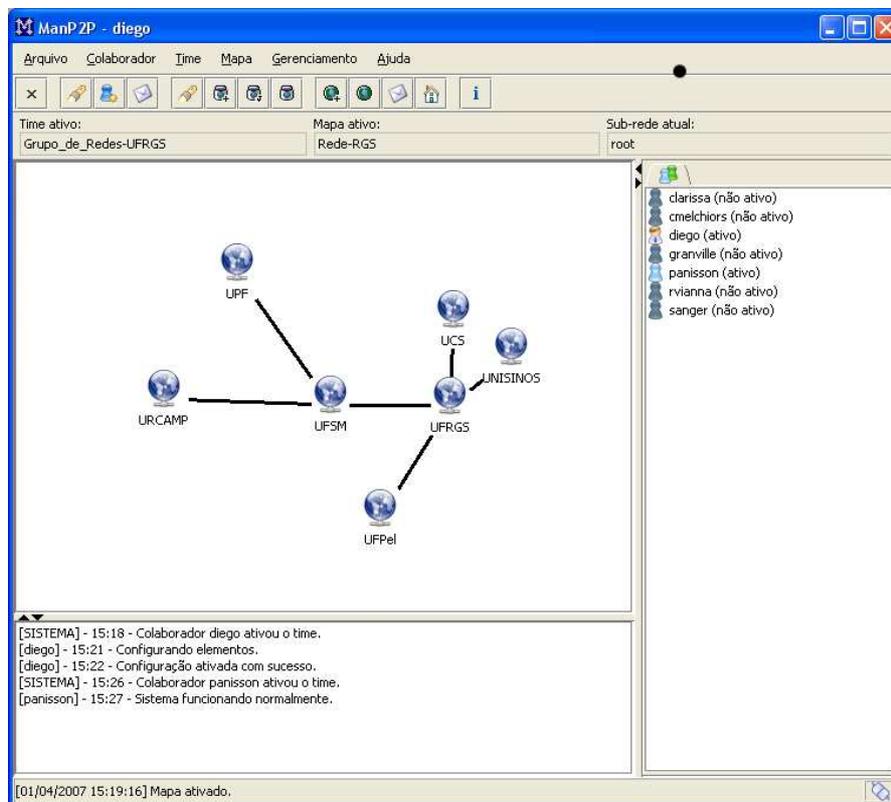


Figura 5.10: Visão principal

O item *Criar colaborador* irá abrir a visão da figura 5.7. Já o item *Procurar colaborador* leva à visão de busca apresentada na figura 5.11. Essa visão possui duas abas, podendo ser utilizada tanto para procura de colaboradores quanto para procura de times. Para realizar uma busca, o usuário deve preencher os campos com partes das palavras que deseja pesquisar e clicar no botão *Procurar*. Uma lista com os colaboradores encontrados será apresentada na tabela da visão. No caso da figura, foi realizada uma busca por todos os colaboradores cujo nome de usuário possui a letra “a”.

O item *Enviar mensagem* do menu *Colaborador* é utilizado para o envio de uma mensagem instantânea para um outro colaborador. Ao clicar nesse item, será apresentada a visão da figura 5.12. Nessa visão, devem ser preenchidos os campos *Para*, com o nome do usuário que deve receber a mensagem, e *Mensagem*, com o corpo da mensagem propriamente dita. Caso um colaborador esteja selecionado na lista de contatos, então o nome

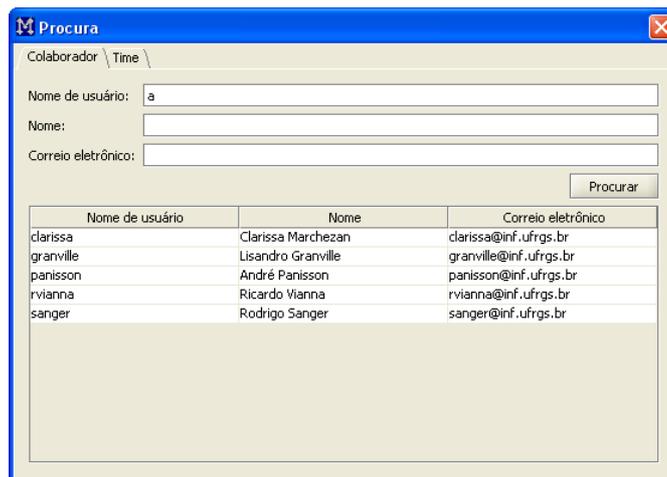


Figura 5.11: Visão de busca por colaborador

do usuário já aparecerá preenchido. Ao clicar em *OK*, o TLM entra em contato com o serviço de interface gráfico do TLM do outro usuário e entrega a mensagem.

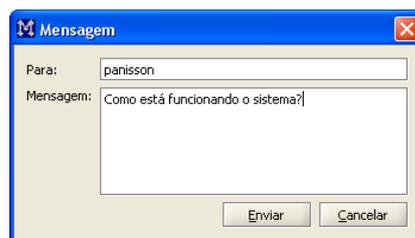


Figura 5.12: Visão de envio de mensagem para colaborador

Quando o TLM recebe uma mensagem instantânea proveniente de um outro TLM, a mensagem é apresentada através da visão da figura 5.13. Essa visão apresenta o nome do autor e o corpo da mensagem. Ao clicar em *OK*, a visão é fechada.

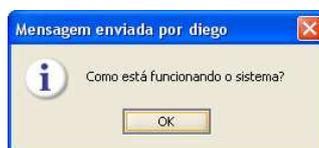


Figura 5.13: Visão de recebimento de mensagem

Nessa seção foram apresentadas algumas funcionalidades básicas do sistema. As próximas seções apresentam as demais funcionalidades, como times virtuais, visões compartilhadas e gerenciamento de elementos.

5.5 Gerenciando Times

Na visão principal, ao lado do menu *Colaborador*, encontra-se o menu *Time*. Através desse menu, os colaboradores gerenciam os times virtuais de gerenciamento. As ações presentes nesse menu são: *Procurar time*, *Criar time*, *Associar-se a time* e *Ativar time*.

O item *Procurar time* abre a mesma visão de busca apresentada na figura 5.11 só que dessa vez com a aba *Time* selecionada (ver figura 5.14). Através dessa visão, podem ser feitas buscas por times da mesma forma que as buscas por colaborador.

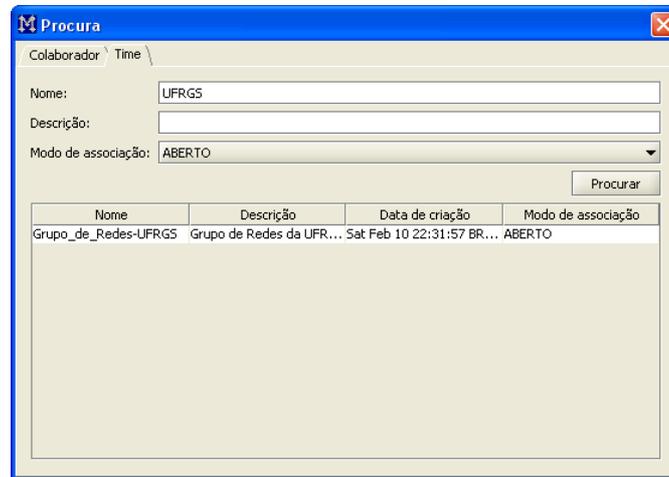


Figura 5.14: Visão de busca por time

Os times virtuais são criados através do item seguinte, ou seja, *Criar time*. Ao acionar esse item será aberta a visão de criação de time apresentada na figura 5.15. Nessa visão devem ser preenchidas as informações relativas ao time (nome, descrição e modo de associação) e em seguida deve-se acionar o botão *OK*. O colaborador que realiza a ação é automaticamente associado ao time e recebe o estado de criador e líder do time recém criado.

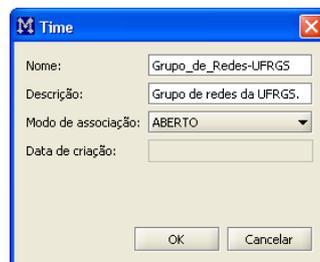


Figura 5.15: Visão de criação de time

A ação *Associar-se a time* permite que outros colaboradores se juntem ao time virtual. Ao acionar esse item, será apresentada a visão de seleção de time da figura 5.16. O usuário escolhe o time a que deseja associar-se e aciona o botão *OK*.

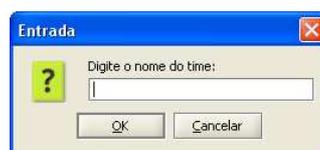


Figura 5.16: Visão de seleção de time

O último item do menu *Time* é o *Ativar time*. No sistema ManP2P, um colaborador pode pertencer a vários times virtuais ao mesmo tempo. No entanto, o colaborador só

pode estar com um dos times ativos. O time ativo representa o time com o qual o colaborador interage em determinado momento. Ao acionar esse item, a visão de seleção de time da figura 5.16 é apresentada e o colaborador especifica o time que deseja ativar.

Caso o time seja ativado com sucesso, uma lista com os colaboradores associados ao time é exibida no painel de contatos da visão principal. A cor do ícone de cada contato indica se o contato está com o mesmo time ativo ou não. Caso o colaborador esteja com o time ativo, o ícone assume uma cor mais clara e a expressão *ativo* é adicionada à direita do seu nome (ver colaboradores *diego* e *panisson* na figura 5.10). Caso o colaborador não esteja com o time ativo, o ícone assume uma cor mais escura e a expressão *não ativo* é adicionada após o nome. Também na visão principal, a caixa de texto *Time ativo* do painel informativo passa a indicar o nome do time que foi ativado. Por fim, o ícone da barra de estado no canto inferior direito da visão principal também se modifica para indicar que agora o colaborador está com um time ativo.

Após ativar um time, o colaborador pode começar a interagir com esse time enviando mensagens para os outros colaboradores, criando visões compartilhadas, etc. A criação e navegação das visões compartilhadas é descrita com detalhes na próxima seção.

5.6 Gerenciando Mapas

No sistema ManP2P, os mapas são exibidos no painel central da visão principal e correspondem às visões compartilhadas do modelo apresentado no capítulo 4. A figura 5.17 apresenta o exemplo de um mapa de rede contendo sete elementos e seis ligações entre eles. Os próximos parágrafos descrevem os comandos para criar e visualizar um mapa.

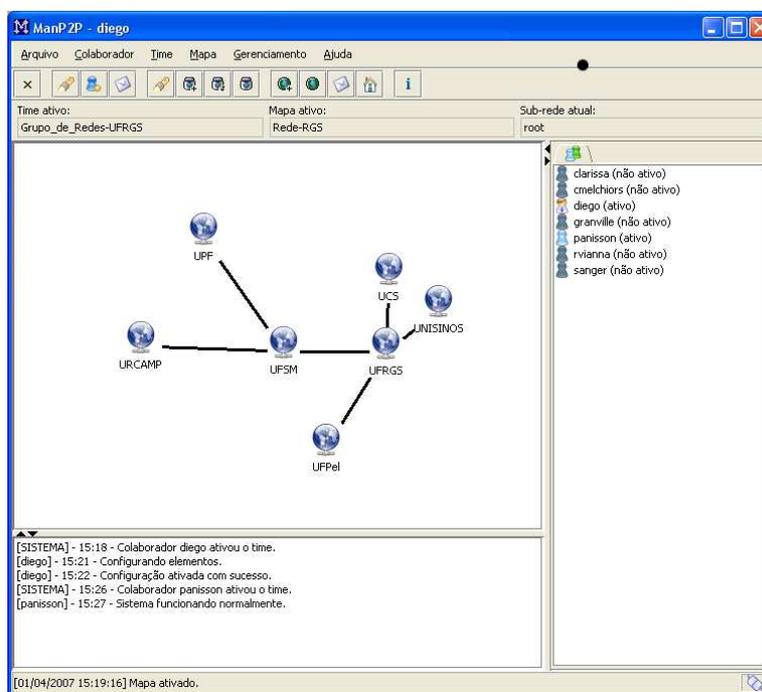


Figura 5.17: Visão principal apresentando um mapa de rede contendo sete elementos e seis ligações

As ações relativas aos mapas são acessadas através do menu *Mapa* na visão principal. Esse menu apresenta os seguintes itens:

- Dois itens habilitados quando o colaborador ativa o time: *Criar mapa* e *Ativar mapa*;
- Seis itens relacionados com a edição e interação com o mapa (habilitados apenas quando o colaborador ativa o mapa): *Enviar mensagem*, *Criar sub-rede*, *Criar nodo de sub-rede*, *Criar nodo de elemento*, *Criar ligação* e *Salvar posições dos nodos*;
- Um item relacionado à navegação (também habilitado apenas quando o colaborador ativa o mapa): *Sub-rede inicial*;
- E dois itens relacionados à apresentação do painel do mapa (sempre habilitados): *Alterar cor de fundo* e *Alterar imagem de fundo*.

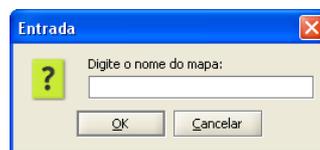


Figura 5.18: Visão de criação de mapa

O primeiro item do menu *Mapa* corresponde ao item *Criar mapa*. Como a maioria dos itens desse menu, o item *Criar mapa* só é habilitado quando o colaborador ativa um time. Ao acionar esse item, a visão de criação de mapa da figura 5.18 é exibida. Nessa visão, o colaborador preenche o nome do mapa e aciona o botão *OK*. O mapa é automaticamente associado ao time que estiver ativo no momento da criação. Uma sub-rede raiz identificada através do nome *root* também é automaticamente criada. Todo mapa possui ao menos essa sub-rede raiz, a qual é a sub-rede que será exibida no momento da ativação do mapa.

Um time pode possuir diversos mapas, mas somente um pode ser visualizado em um determinado instante no tempo. O mapa que está sendo visualizado pelo colaborador em um determinado instante é chamado de mapa ativo. Um mapa é ativado através do item *Ativar mapa*, segundo item do menu *Mapa*. Ao acionar esse item de menu, uma visão semelhante a visão da figura 5.18 é exibida para que o colaborador indique o nome do mapa que deseja ativar. Apenas mapas do time ativo podem ser ativados. Caso o mapa seja ativado com sucesso, a topologia de nodos e ligações da sub-rede raiz (*root*) é imediatamente exibida no painel do mapa da visão principal. No painel informativo da mesma visão, o campo *Mapa ativo* passa a exibir o nome do mapa recém ativado e o campo *Sub-rede atual* passa a exibir o nome da sub-rede raiz, ou seja, *root*. A ativação do mapa também é responsável pela habilitação da maioria dos itens restantes do menu *Mapa*.

O item *Enviar mensagem* permite que o colaborador envie uma mensagem instantânea para todos os colaboradores que estejam com o mesmo mapa ativado. Ao acionar esse item, a visão de envio de mensagem de mapa da figura 5.19 é apresentada. Após o envio da mensagem, o texto aparecerá como uma linha no painel de registros de todos os colaboradores com o mapa ativado. Dessa forma, o painel de registros acaba servindo como uma sala de bate-papo e os colaboradores com o mapa ativado podem ser vistos como participantes de uma sessão de gerenciamento.

Uma sub-rede nada mais é do que um conjunto de nodos e ligações que será exibido no painel do mapa. Um mapa pode possuir diversas sub-redes e a navegação entre elas

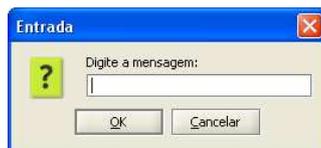


Figura 5.19: Visão de envio de mensagem de mapa

ocorre através dos nodos de sub-rede. Para criar uma sub-rede, o colaborador deve acionar o item *Criar sub-rede* do menu *Mapa*. Ao acionar esse item, a visão de criação de sub-rede da figura 5.20 é exibida. O colaborador deve preencher o nome da sub-rede e acionar o botão *OK*. A sub-rede é automaticamente associada ao mapa ativo.

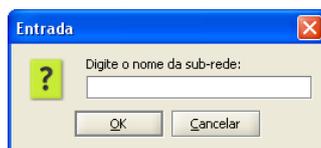


Figura 5.20: Visão de criação de sub-rede

Para que uma sub-rede de um mapa possa ser visualizada, é necessária a criação de um nodo de sub-rede. Através de um clique duplo sobre um nodo de sub-rede o colaborador muda a visualização da sub-rede atual para a sub-rede associada ao nodo. Para criar um nodo de sub-rede, o colaborador deve utilizar o item de menu *Criar nodo de sub-rede*. A visão de criação de nodo é apresentada com o tipo *SUB_REDE* pré-selecionado (ver figura 5.21). O colaborador deve preencher então o campo *Nome* com o nome da sub-rede e os campos *X* e *Y* com as coordenadas do nodo no mapa. As coordenadas são especificadas em *pixels* sendo que o *pixel* com a contagem iniciando no canto superior esquerdo do mapa. O nodo é automaticamente associado à sub-rede atual e imediatamente exibido no painel do mapa. Outros colaboradores que estejam com a mesma sub-rede aberta também irão visualizar o nodo recém criado.

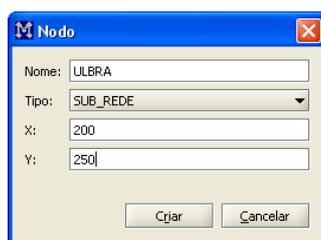


Figura 5.21: Visão de criação de nodo de sub-rede

A criação de nodo de elemento segue passos semelhantes aos da criação de nodo de sub-rede e é acionada através do item *Criar nodo de elemento*. A figura 5.22 apresenta a visão de criação de nodo com o tipo *EQUIPAMENTO_GENÉRICO* selecionado. No caso da criação de nodo de sub-rede, o nome significava o nome da sub-rede correspondente. Já no caso da criação de nodo de elemento, o nome do nodo deve corresponder ao identificador do elemento na rede ManP2P. Esse identificador será o mesmo utilizado para nomear os serviços de acesso aos elementos (IP e SNMP) nos *peers* de acesso. Dessa forma, os TLMs conseguem localizar os serviços e efetuar as ações de gerenciamento.

Além de nodos de sub-rede e de elementos, também podem ser criadas ligações entre os nodos. As ligações nada mais são do que linhas unindo dois nodos e representam

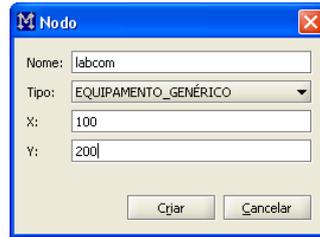


Figura 5.22: Visão de criação de nodo de elemento

ligações físicas ou lógicas entre os nodos. Para criar uma ligação, o colaborador deve acionar o item *Criar ligação* do menu *Mapa*. Ao acionar esse item, será exibida a visão da figura 5.23. Os dois campos dessa visão devem ser preenchidos com os nomes dos nodos que serão unidos pela ligação. Após o colaborador acionar o botão *Criar*, uma solicitação é enviada ao serviço de registro e, assim que a ligação é criada, todos os TLMs com o mapa ativo são notificados.

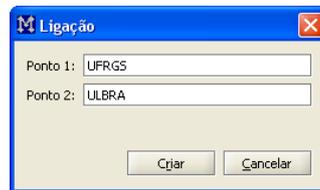


Figura 5.23: Visão de criação de ligação

A criação de nodos e ligações é apenas uma das formas de edição do mapa. Quando um colaborador edita o mapa dessa maneira, os objetos adicionados são imediatamente visualizados por todos os colaboradores que estejam visualizando a mesma sub-rede. Uma segunda forma de edição é a mudança das posições dos nodos. Arrastando um nodo de uma posição para outra no painel do mapa, o colaborador pode alterar essa propriedade dos nodos. Basta clicar com o mouse sobre o nodo, manter o botão pressionado, mover o cursor até a posição desejada e soltar o botão. No entanto, a nova posição do nodo é apenas local, ou seja, não é imediatamente divulgada para os outros TLMs. Para salvar as posições atuais dos nodos, o colaborador deve acionar o item *Salvar posições dos nodos*. O TLM envia uma mensagem para o serviço de registro, o qual persiste as novas posições e notifica os demais colaboradores. Os TLMs que recebem a notificação do registro atualizam as posições dos nodos no painel do mapa tornando a ação visível para os demais colaboradores. Utilizando essa estratégia, foi possível evitar uma alta carga na rede caso as posições dos nodos fossem atualizadas a cada movimentação feita pelos colaboradores.

Dois itens completam o menu *Mapa*: *Alterar cor de fundo* e *Alterar imagem de fundo*. Esses itens também promovem alterações visuais sobre o painel do mapa, mas essas alterações não são enviadas para o serviço de registro e, portanto, não são persistidas nem divulgadas para outros TLMs. A cor e a imagem de fundo do painel do mapa são consideradas preferências do usuário e são armazenadas localmente por cada TLM. Como consequência disso, dentro de um mesmo time é possível existirem colaboradores com imagens de fundo diferentes para um mesmo mapa.

O item *Alterar cor de fundo* permite que o colaborador altere a cor de fundo do painel do mapa. Quando esse item é acionado, a visão de seleção de cor da figura 5.24 é apresentada. Essa visão faz parte da API Swing de componentes visuais e não foi preciso

implementá-la. O colaborador deve escolher a cor desejada e acionar o botão *OK* para que o painel assuma a nova cor de fundo.

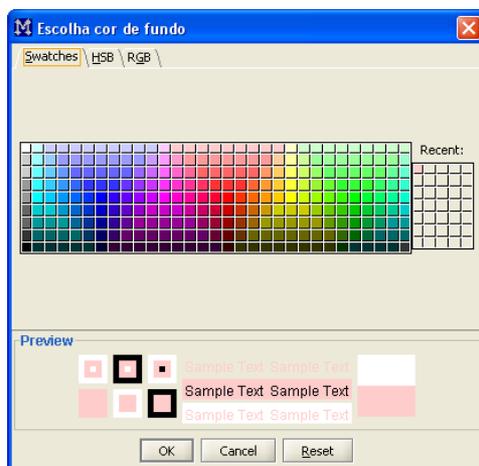


Figura 5.24: Visão de seleção de cor de fundo de mapa

Além de trocar a cor, também é possível inserir uma imagem de fundo no painel. Para inserir uma imagem de fundo no painel do mapa, o colaborador deve acionar o item *Alterar imagem de fundo*. Será apresentada a visão de seleção de imagem da figura 5.25 (essa visão também faz parte da API Swing). Após escolher o arquivo, o painel do mapa passa a exibir a imagem como pano de fundo.

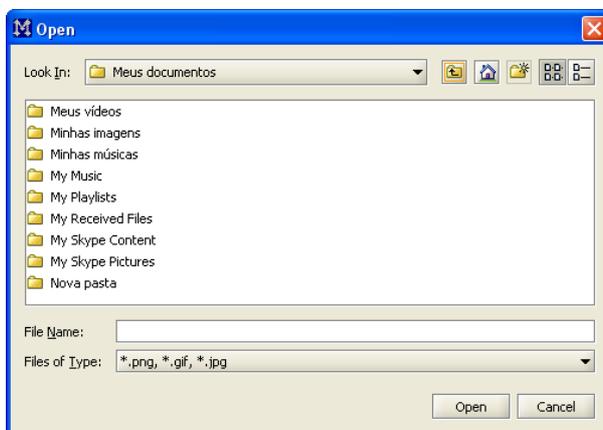


Figura 5.25: Visão de seleção de imagem de fundo de mapa

5.7 Interagindo com Elementos de Rede

Nas seções anteriores, foram apresentados os passos para formação de times virtuais e construção de visões compartilhadas. Nessa seção, serão apresentadas as ações de gerenciamento que podem ser realizadas sobre os elementos inseridos no mapa.

A figura 5.26 apresenta a topologia de uma sub-rede incluindo quatro nodos de elemento, um nodo de sub-rede (*BrasilTelecom*) e quatro ligações entre os nodos. Os nodos de elemento podem estar associados a diferentes tipos, sendo que cada tipo apresenta um ícone diferente. No mapa da figura, pode ser visto um elemento do tipo *EQUIPAMENTO_GENÉRICO (10.1.1.1)*, um elemento do tipo *LAPTOP (sheena)* e dois elemen-

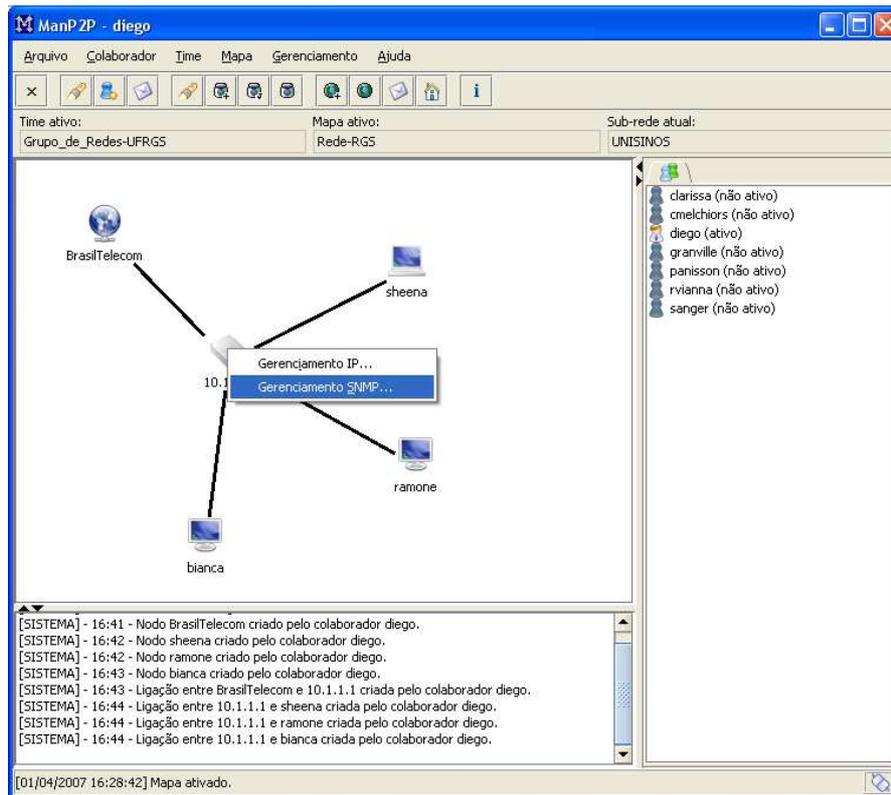


Figura 5.26: Interagindo com os elementos no mapa

tos do tipo *DESKTOP* (*ramone* e *bianca*). As ações de gerenciamento podem ser acionadas de duas formas: através do menu *Gerenciamento* na barra de menus ou através do menu de contexto que é apresentado quando o colaborador clica com o botão secundário do mouse sobre o nodo do elemento (ver figura 5.26).

O menu *Gerenciamento* apresenta dois itens: *Gerenciamento IP* e *Gerenciamento SNMP*. O primeiro possibilita o acesso aos elementos através do protocolo ICMP e o segundo possibilita a execução de requisições SNMP. Esses dois protocolos foram escolhidos devido a sua popularidade e facilidade de implementação, mas outros poderiam ter sido implementados. As ações de gerenciamento implementadas servem apenas como exemplo das potencialidades do sistema.

Ao ser acionado, o item *Gerenciamento IP* abre a visão de gerenciamento IP apresentada na figura 5.27. Essa visão permite que o colaborador verifique se um elemento está conectado na rede e respondendo a requisições. Para isso, o colaborador deve digitar o nome do elemento que deseja testar e um limite de tempo de espera pela resposta (em milissegundos). Caso a visão tenha sido aberta através do menu de contexto ou com algum elemento selecionado, então o campo *Nome do elemento* já estará preenchido. O estado inicial do elemento é apresentado como *DESCONHECIDO*, já ainda não foi realizada nenhuma requisição.

Ao acionar o botão *Enviar* da visão de gerenciamento IP, uma mensagem será enviada para o serviço de gerenciamento IP responsável pelo elemento em questão. Normalmente, o serviço IP estará sendo implementado por um *peer* ou um grupo de *peers* de acesso aos elementos. Ao receber a mensagem, o serviço invoca o método *isReachable()* da classe *java.net.InetAddress* para enviar a requisição. Essa classe faz parte da API padrão do Java SE, mas a forma como o método é implementado não é especificada. Segundo a docu-

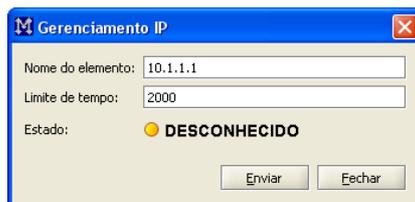


Figura 5.27: Visão de gerenciamento IP: requisição

mentação, uma implementação típica irá tentar inicialmente o envio de uma mensagem *ICMP Echo Request*. Caso não seja possível o envio dessa requisição, é tentada a abertura de uma conexão TCP na porta 7 (*Echo*). Após a tentativa de acesso ao elemento, o serviço retorna ao TLM o estado verificado. Na figura 5.28, é apresentada a visão após uma resposta bem sucedida: o estado do elemento agora é apresentado como *OK*.



Figura 5.28: Visão de gerenciamento IP: resposta

O segundo item do menu *Gerenciamento* é o *Gerenciamento SNMP*. Como o próprio nome indica, esse item possibilita o envio de comandos SNMP através da visão de gerenciamento SNMP apresentada na figura 5.29. Por questões de praticidade, apenas os três principais comandos da versão 2c do protocolo SNMP foram implementados: *GET*, *GET_NEXT* e *SET*. Na imagem da figura é apresentada a visão após uma requisição *GET* bem sucedida do objeto *sysDescr* do grupo *System* da MIB-II (OID 1.3.6.1.2.1.1.1). Para efetuar o comando *GET*, o colaborador marca a opção *GET* na seção *Requisição* e preenche o campo *OID* com o identificador do objeto que deseja recuperar. O resultado da requisição é apresentado na seção *Resposta*. O campo *Erro* apresenta o estado da requisição: *Success* em caso de sucesso e uma mensagem de erro em caso de falha. Os campos *OID* e *Valor* apresentam o identificador do objeto e o valor retornado respectivamente.

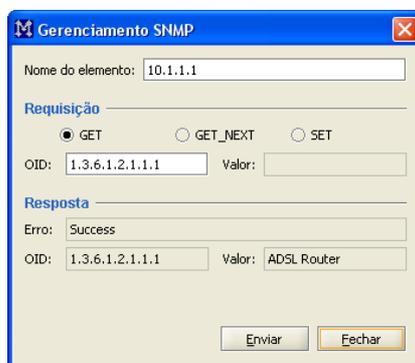


Figura 5.29: Visão de gerenciamento SNMP: GET

A figura 5.30 apresenta o resultado de uma requisição *GET_NEXT*. O OID solicitado dessa vez corresponde ao objeto *sysUpTime* da MIB-II (1.3.6.1.2.1.1.3.0). O comando

GET_NEXT retorna o OID e valor do próximo objeto na MIB e é utilizado para recuperar listas de objetos ou tabelas. A seção *Resposta* apresenta o resultado da consulta, ou seja, o OID do objeto *sysContact* (1.3.6.1.2.1.1.4.0) e o seu valor atual no elemento (*D-Link Corp.*).

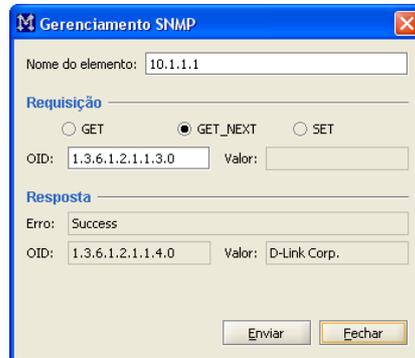


Figura 5.30: Visão de gerenciamento SNMP: GET_NEXT

A última ação de gerenciamento implementada corresponde ao comando *SET* do protocolo SNMP. A figura 5.31 apresenta a visão de gerenciamento SNMP após uma requisição *SET*. Quando a opção *SET* é selecionada na visão, automaticamente o campo *Valor* da seção *Requisição* é habilitado. Na figura, o comando está sendo utilizado para escrever o valor *diegoro@inf.ufrgs.br* no objeto *sysContact* (1.3.6.1.2.1.1.4.0). Os campos da seção *Resposta* demonstram que a requisição foi executada com sucesso.



Figura 5.31: Visão de gerenciamento SNMP: SET

Com a apresentação das ações de gerenciamento implementadas, encerra-se a apresentação do sistema ManP2P. Ao longo desse capítulo foram apresentadas as funcionalidades de cooperação e gerenciamento do sistema. O capítulo seguinte apresenta uma avaliação do desempenho da implementação.

6 AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO

Nesse capítulo serão descritos os procedimentos utilizados para avaliar a implementação. Ao longo dos testes, dois parâmetros foram avaliados: tempo de resposta da aplicação e tráfego de dados na rede.

O código fonte foi instrumentado para que registrasse timestamps em pontos estratégicos da aplicação. Através desses registros, foi possível calcular o tempo decorrido entre a requisição de uma ação por um usuário e a visualização do resultado dessa ação pelo mesmo usuário (*tempo de resposta*). O impacto dessa instrumentação nos tempos de execução foi considerado irrelevante e foi ignorado.

Os pacotes enviados entre os nodos do sistema foram capturados através da ferramenta Ethernet versão 0.99.0. Posteriormente, a ferramenta Wireshark 0.99.5 foi utilizada para ler e exportar os dados, enquanto que os pacotes OpenOffice.org 2.1 e Microsoft Office 2007 foram utilizados para a análise e geração dos gráficos. Tanto a captura quanto a análise dos dados ocorreu no sistema operacional Windows XP SP2. Em particular, deu-se atenção especial para a quantidade de bytes trafegados na rede durante as solicitações de ações pelos usuários (*tráfego na rede*). Foram realizadas capturas tanto nas estações utilizadas como TLMs como na estação onde era executado o serviço de registro. Apesar de as aplicações JXTA trocarem uma série de mensagens de controle, essas mensagens foram desconsideradas no cálculo do tráfego. Apenas os pacotes gerados pela ação sendo testada foram considerados.

A seção 6.1 descreve o ambiente de testes. As seções seguintes descrevem os testes realizados e os resultados obtidos. Uma série de funcionalidades foram avaliadas, incluindo ações de navegação nos mapas, ações de edição dos mapas e ações envolvendo múltiplos usuários.

6.1 Ambiente de Testes

Os testes foram realizados em um dos laboratórios de graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Durante a execução dos testes, o laboratório foi utilizado exclusivamente para esse fim, ou seja, não havia outras aplicações fazendo uso significativo da rede. Assim, procurou-se obter um ambiente razoavelmente estável e previsível.

Ao todo foram utilizadas 18 estações Dell Optiplex GX270 existentes no laboratório. Cada estação estava equipada com um processador Intel Pentium 4 2.80GHz e 512MB de memória RAM. O sistema operacional nas estações era o Windows XP SP2. As estações estavam interligadas através de switches 3Com SuperStack 3 Switch 3300 a uma velocidade de 100Mbps.

A figura 6.1 apresenta a topologia utilizada para a realização dos testes. Em destaque

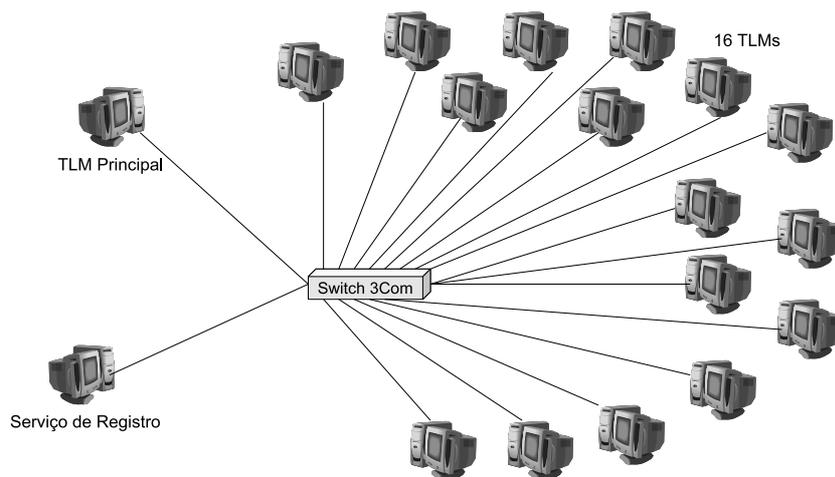


Figura 6.1: Ambiente de testes

na figura aparecem a estação utilizada para executar o serviço de registro e o TLM principal utilizado para realizar as ações de usuário. Como o segmento de rede do serviço de registro tende a ser um dos pontos mais congestionados do sistema, a maioria dos testes utilizou medições baseadas nesse segmento. À direita, estão as demais 16 estações nas quais estavam executando TLMs com o objetivo de gerar carga sobre o serviço de registro. Nesse ambiente, cada TLM simula um usuário do sistema.

6.2 Avaliação da Navegação no Mapa

A primeira funcionalidade avaliada foi a ação de navegação no mapa. A situação testada foi a de um colaborador navegando para dentro de uma sub-rede contendo um determinado número de nodos. Foram realizados testes nos quais o número de nodos de elemento dentro da sub-rede variou entre zero (nenhum nodo na sub-rede) até 16. Para cada caso, foram realizadas 30 repetições. O procedimento adotado foi o seguinte:

1. Iniciar o serviço de registro e o TLM principal (nenhum outro TLM estava conectado ao serviço de registro);
2. Criar uma sub-rede de teste e criar um nodo para essa sub-rede na sub-rede raiz;
3. Repetir os seguintes passos considerando 0, 1, 2, 4, 8 e 16 nodos:
 - (a) Criar o número correspondente de nodos dentro da sub-rede de teste;
 - (b) Repetir os seguintes passos até obter 30 medições:
 - i. Navegar para dentro da sub-rede de teste realizando as medições;
 - ii. Navegar da sub-rede de teste novamente para a sub-rede raiz;

As medições incluíram o tempo de resposta e o tráfego na rede. O tempo de resposta foi medido do momento em que o colaborador executava o clique duplo sobre o nodo da sub-rede até o momento em que a sub-rede era renderizada. O tráfego na rede foi medido através da análise dos pacotes JXTA enviados entre as estações. Apenas os pacotes diretamente decorrentes da ação foram considerados, ou seja, pacotes de controle do JXTA e

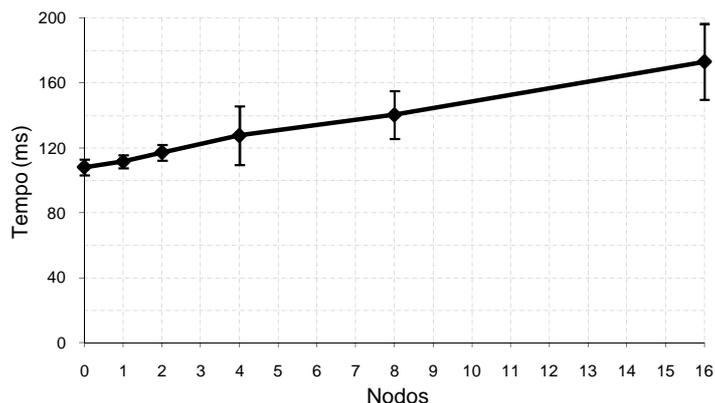


Figura 6.2: Tempo de resposta para ação de navegar para sub-rede

outros pacotes não foram considerados. Através desse teste, foi possível avaliar a variação no desempenho do sistema em relação ao número de nós no mapa.

A figura 6.2 apresenta a variação no tempo de resposta para a ação de navegar para uma sub-rede. Percebe-se uma elevação moderada no tempo de resposta com o aumento do número de nós na sub-rede. Essa elevação se deve a um maior tempo de processamento em todas as etapas da ação, desde o processamento da infra-estrutura JXTA até o processamento necessário para a renderização da sub-rede. Para zero, 1 e 2 nós, o tempo se mantém relativamente estável atingindo 117 ms para 2 nós. O intervalo de confiança também se mantém semelhante nesses três primeiros casos, atingindo 4,87 ms para mais ou para menos no caso de 2 nós, com um nível de confiança de 95%. A partir de 4 nós, o tempo começa a aumentar suavemente até atingir o máximo de 173 ms para 16 nós. Nos casos com 4, 8 e 16 nós, o intervalo de confiança aumenta consideravelmente, chegando a 23,38 ms para mais ou para menos no caso de 16 nós, novamente com um nível de confiança de 95%.

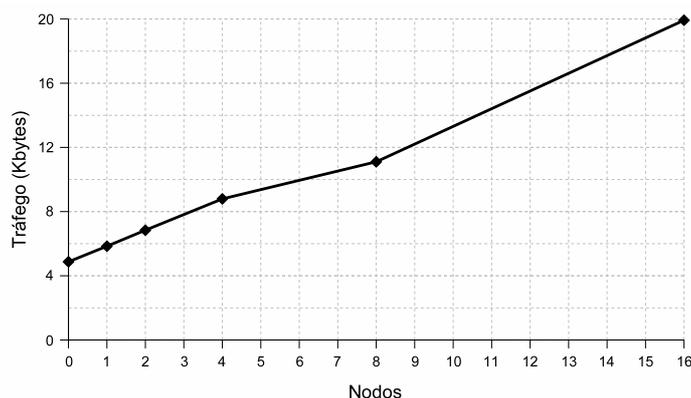


Figura 6.3: Tráfego na rede para ação de navegar para sub-rede

A variação no tráfego gerado pela ação de navegação no mapa pode ser visualizada na figura 6.3. Esse gráfico mostra um crescimento aproximadamente linear do tráfego em relação ao número de nós. Esse crescimento já era esperado, visto que o TLM recebe do registro as informações dos nós presentes na sub-rede recém aberta. Quanto maior o número de nós na sub-rede, maior a quantidade de informações que precisa trafegar entre o TLM e o serviço de registro. Para zero nós, o tráfego gerado atinge 4,87 KB.

Com o aumento do número de nodos, o tráfego aumenta linearmente até atingir 11,1 KB para 8 nodos e 19,92 KB para 16 nodos.

Pode-se perceber através da análise dos resultados que o sistema escala razoavelmente bem com o aumento do número de nodos nos mapas. O tempo de resposta para navegar para uma sub-rede aumentou suavemente em relação ao número de nodos dentro da sub-rede. Já o tráfego gerado pela mesma ação aumentou de forma linear com o número de nodos. Em cenários típicos, o número de nodos em uma sub-rede deve variar entre várias unidades até algumas dezenas, com o desempenho do sistema se aproximando dos casos com 8 e 16 nodos.

6.3 Avaliação da Edição do Mapa

A segunda funcionalidade avaliada refere-se a uma das formas de edição do mapa: a alteração das posições dos nodos. Essa funcionalidade foi implementada de forma que as posições dos nodos de uma sub-rede são alteradas e divulgadas para os outros colaboradores apenas sob demanda do usuário, ou seja, o colaborador precisa solicitar explicitamente o armazenamento das posições. Essa abordagem difere de outras abordagens nas quais o armazenamento e a notificação das posições dos nodos são efetuadas com mais frequência (a cada movimento do nodo no mapa, por exemplo). A escolha dessa abordagem visou diminuir o tráfego na rede em troca de um pouco menos de interatividade entre os colaboradores.

Para alterar as posições de um determinado conjunto de nodos, o colaborador deve arrastar os nodos no mapa da respectiva sub-rede até que todos se encontrem nas posições desejadas. Após, o usuário deve acionar o item *Salvar posições dos nodos* do menu *Mapa*. Nesse momento, uma solicitação é enviada ao serviço de registro que persiste as alterações e notifica o restante dos TLMs interessados (apenas TLMs que estejam visualizando a mesma sub-rede são notificados). O comportamento do sistema foi avaliado através da execução dessa ação para alterar a posição de 0 (nenhum nodo), 1, 2, 4, 8 e 16 nodos. Para cada caso, foram realizadas 30 medições. O procedimento adotado foi o seguinte:

1. Iniciar o serviço de registro e o TLM principal (nenhum outro TLM estava conectado ao serviço de registro);
2. Criar uma sub-rede de teste e criar um nodo para essa sub-rede na sub-rede raiz;
3. Repetir os seguintes passos considerando 0, 1, 2, 4, 8 e 16 nodos:
 - (a) Criar o número correspondente de nodos dentro da sub-rede de teste;
 - (b) Repetir os seguintes passos até obter 30 medições:
 - i. Mover o número correspondente de nodos dentro da sub-rede de teste;
 - ii. Acionar o item *Salvar posições dos nodos* do menu *Mapa* realizando as medições;

O tempo de resposta foi medido do momento em que o colaborador executava o clique sobre o item de menu até o momento em que a notificação do registro era recebida. O tráfego na rede foi medido através da análise dos pacotes JXTA enviados entre as estações. Através desse teste, foi possível avaliar a variação no desempenho do sistema em relação ao número de posições de nodos sendo alteradas no mapa.

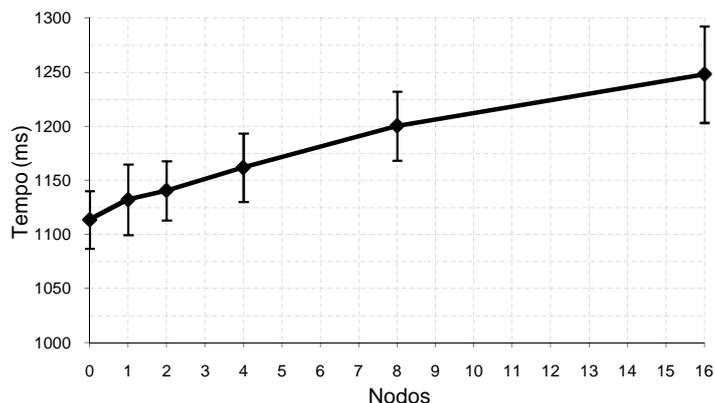


Figura 6.4: Tempo de resposta para ação de salvar posições dos nodos

Devido a uma questão de implementação do serviço de registro, foi identificado um atraso de aproximadamente um segundo em todos os casos de testes em que as ações do usuário precisavam ser divulgadas para outros colaboradores, incluindo esse caso. Nesse e nos outros casos, os gráficos de tempo de resposta tiveram o eixo Y deslocado para aumentar a precisão da escala. A figura 6.4 apresenta a variação do tempo de resposta para a ação de salvar as posições dos nodos. Da mesma forma que no caso da ação de navegação para sub-rede, nota-se um crescimento suave no tempo de resposta devido ao aumento no número de posições salvas. O tempo de resposta aumenta suavemente até atingir, no pior caso, 1248 ms para 16 nodos, com um intervalo de confiança de 44 ms para mais ou para menos considerando um nível de confiança de 95%. No caso envolvendo 1 nodo, o tempo de resposta medido foi de 1132 ms e, no caso envolvendo 2 nodos, o tempo foi de 1141 ms. Nesses casos, o intervalo de confiança foi de 32,62 ms e 27,34 ms respectivamente, novamente com um nível de confiança de 95%.

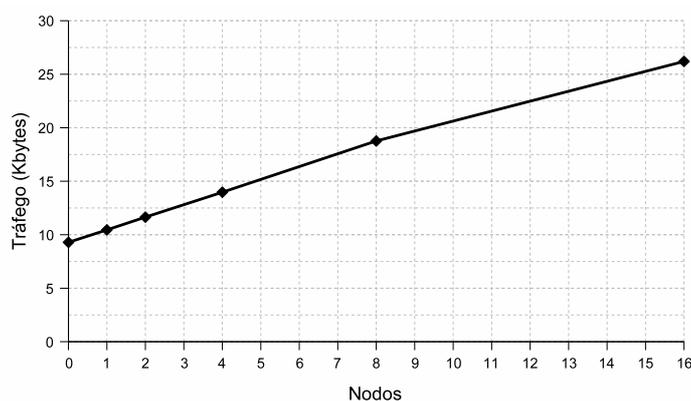


Figura 6.5: Tráfego na rede para ação de salvar posições dos nodos

O tráfego na rede para a ação de salvar as posições dos nodos é apresentado na figura 6.5. Nota-se um crescimento linear do tráfego com o aumento do número de nodos. O tráfego atinge 10,45 KB para 1 nodo, 11,65 KB para 2 nodos e atinge o seu máximo com 26,2 KB para 16 nodos. Esse aumento é normal e está relacionado ao envio das novas posições dos nodos do TLM principal para o serviço de registro e do serviço de registro para o restante dos TLMs interessados.

Da mesma forma que a avaliação da navegação no mapa, a avaliação da edição do mapa mostrou que o sistema escala razoavelmente bem com o aumento do número de

nodos editados. O tempo de resposta aumentou apenas suavemente com o aumento do número de nodos, enquanto o tráfego aumentou de forma linear. Em um cenário típico, a movimentação de algumas poucas unidades de nodos deve ser mais frequente que a movimentação de 16 nodos, por exemplo. Grandes quantidades de nodos serão movimentadas apenas quando os mapas das sub-redes estiverem sendo construídos. Nas outras situações, o desempenho do sistema deve se aproximar do desempenho observado nos casos envolvendo 1 e 2 nodos.

6.4 Avaliação da Criação de um Nodo no Mapa

Algumas ações de usuários produzem efeitos que são propagados para um grupo de outros colaboradores. A análise do comportamento do sistema nessas situações é de particular importância já que o aumento do número de colaboradores impacta diretamente no desempenho da aplicação. As duas ações analisadas foram a criação de um nodo no mapa e o envio de uma mensagem para usuários de um mapa.

A primeira ação analisada foi a de criação de um nodo no mapa. Quando um nodo é criado, todos os usuários que estão visualizando a mesma sub-rede são notificados da criação do nodo. Um nodo de elemento é criado através da visão de criação de nodo, a qual é exibida quando o colaborador aciona o item *Criar nodo de elemento* do menu *Mapa*. Para avaliar o desempenho do sistema, foram realizados testes com 1 (apenas o TLM principal), 2, 3, 5, 9 e 17 (TLM principal mais 16 TLMs) TLMs conectados. Para cada uma das situações, foram realizadas 30 medições e então calculados os tempos de resposta e o tráfego gerado no segmento do serviço de registro. Os passos para realização do teste foram os seguintes:

1. Iniciar o serviço de registro e o TLM principal;
2. Criar uma sub-rede de teste e criar um nodo para essa sub-rede na sub-rede raiz;
3. Repetir os seguintes passos considerando 0, 1, 2, 4, 8 e 16 TLMs:
 - (a) Iniciar o número correspondente de TLMs e navegar com cada um deles para dentro da sub-rede de teste;
 - (b) Repetir os seguintes passos até obter 30 medições:
 - i. Criar um nodo de elemento dentro da sub-rede de teste realizando as medições;

O tempo de resposta foi medido entre o momento em que o colaborador clica no botão *Criar* da visão de criação de elemento e o momento em que o TLM principal recebe a notificação do registro. Os pacotes JXTA gerados em decorrência da ação foram analisados e o tráfego calculado. Através desse teste, foi possível avaliar o impacto do número de colaboradores no desempenho do sistema.

A figura 6.6 apresenta a variação dos tempos de resposta da aplicação para cada uma das situações. Na situação com um TLM (apenas o TLM principal), o tempo de resposta foi de 1123 ms, com um intervalo de confiança de 21,72 ms para mais ou para menos. O tempo de resposta apresenta um aumento suave até atingir 1153 ms no caso com 9 TLMs, com intervalo de confiança de 48,25 ms para mais ou para menos. Na situação com 17 TLMs, nota-se um aumento acentuado do tempo de resposta que atinge 1774 ms. Também

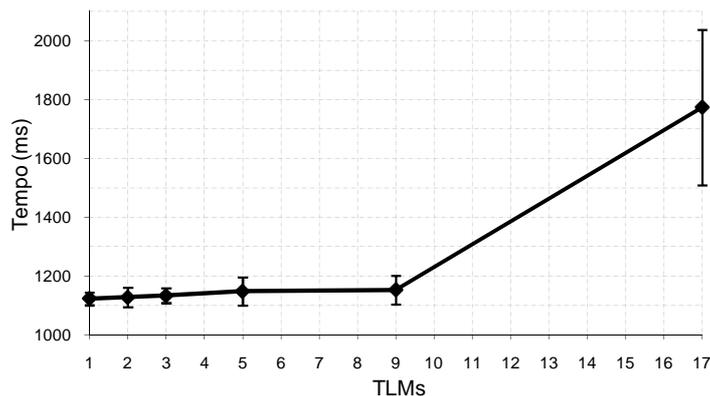


Figura 6.6: Tempo de resposta para ação de criar nodo

nesse caso, o intervalo de confiança aumenta consideravelmente, alcançando 265 ms para mais ou para menos. Novamente o nível de confiança utilizado foi de 95%.

A figura 6.7 apresenta a variação do tráfego na rede para cada uma das situações. Nota-se um crescimento linear do tráfego em relação ao crescimento do número de TLMs. Na situação com um TLM, o tráfego ficou em 10,35 KB. O tráfego aumenta até atingir 30,01 KB na situação com 5 TLMs e se aproxima de 88,98 KB na situação com 17 TLMs.

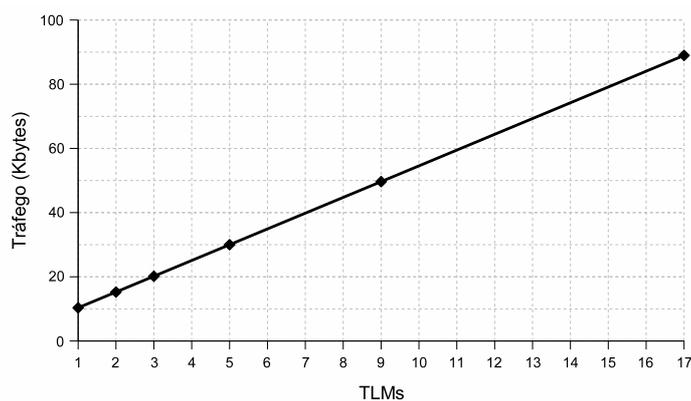


Figura 6.7: Tráfego na rede para ação de criar nodo

O sistema apresentou um comportamento razoavelmente estável nas situações envolvendo até 9 TLMs conectados. Na situação em que, além do TLM principal, 16 TLMs estavam conectados ao serviço de registro, o tempo de resposta apresentou um crescimento mais acentuado. A variação entre os tempos medidos também aumentou nessa situação, mostrando que o sistema se tornou mais imprevisível. Por outro lado, o tráfego se manteve sob controle, crescendo linearmente com o aumento do número de TLMs. Em situações reais, o número de TLMs visualizando um mesmo mapa pode variar bastante dependendo do cenário. Um time de operadores configurando um caminho para uma sessão de multicast de vídeo digital irá ocasionar em apenas alguns poucos TLMs conectados no mesmo mapa de sub-rede. Já em redes administradas por diversos times de colaboradores distribuídos geograficamente, o número de TLMs em um mesmo mapa pode alcançar uma dezena. Por fim, em cenários envolvendo a gerência de redes de telecomunicações, esse número pode chegar a várias dezenas de TLMs conectados. Nesse último caso, os resultados indicam que o sistema pode apresentar problemas de escalabilidade, com um aumento demasiadamente elevado dos tempos de resposta.

6.5 Avaliação do Envio de Mensagem para Colaboradores

Outra ação que envolve a notificação de um grupo de usuários é a ação de envio de mensagem para usuários conectados a um mapa. Um colaborador pode enviar uma mensagem instantânea para todos os colaboradores que estejam com o mesmo mapa ativo. Para tanto, basta utilizar a visão de envio de mensagem de mapa que é exibida após o acionamento do item *Enviar mensagem* do menu *Mapa*. Novamente foram realizados testes com 1, 2, 3, 5, 9 e 17 TLMs conectados. Para cada uma das situações, foram realizadas 30 repetições. Um resumo do procedimento é apresentado a seguir:

1. Iniciar o serviço de registro e o TLM principal;
2. Criar e ativar um mapa de teste;
3. Repetir os seguintes passos considerando 0, 1, 2, 4, 8 e 16 TLMs:
 - (a) Iniciar o número correspondente de TLMs e ativar o mapa de teste em cada um deles;
 - (b) Repetir os seguintes passos até obter 30 medições:
 - i. Enviar uma mensagem de mapa realizando as medições;

Novamente foram analisados o tempo de resposta e o tráfego na rede. O tempo de resposta foi medido entre o momento em que o colaborador clica no botão *OK* da visão de envio de mensagem de mapa e o momento em que o TLM principal recebe a notificação do registro. O tráfego na rede foi calculado com base nos pacotes JXTA gerados em decorrência da ação.

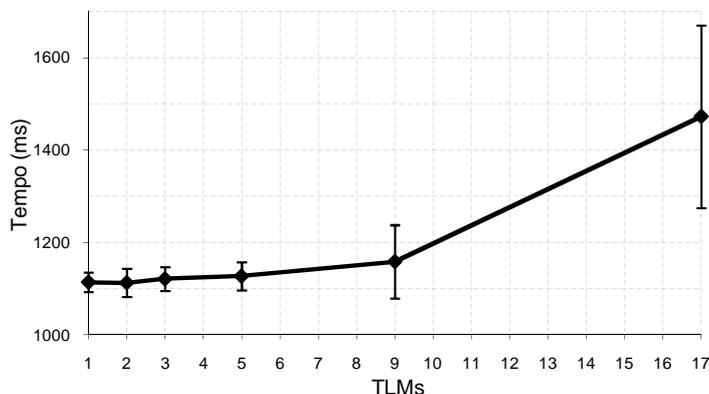


Figura 6.8: Tempo de resposta para ação de envio de mensagem

A variação do tempo de resposta para a ação de envio de mensagem é apresentada na figura 6.8. Nota-se um comportamento semelhante ao da ação de criação de nodo. O tempo de resposta se mantém estável até a situação com 9 TLMs, quando atinge 1158 ms. Nessa situação, já nota-se um aumento do intervalo de confiança que fica em 79,69 ms para mais ou para menos. Na situação com 17 TLMs, nota-se um crescimento abrupto do tempo de resposta atingindo 1473 ms, com um intervalo de confiança novamente elevado de 197,56 ms para mais ou para menos. O nível de confiança utilizado foi novamente de 95%.

A figura 6.9 apresenta o comportamento do tráfego na rede para a ação de envio de mensagem de mapa. Novamente o comportamento é semelhante ao da ação de criação de

nodo. O tráfego é de 13,34 KB na situação com 2 TLMs, 26,56 KB com 5 TLMs e 44,18 KB com 9 TLMs. No pior caso, com 17 TLMs, o tráfego atinge 79,43 KB.

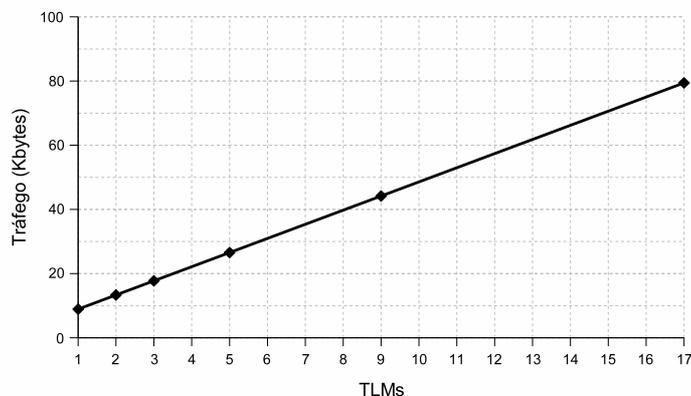


Figura 6.9: Tráfego na rede para ação de envio de mensagem

Os resultados obtidos indicam uma semelhança entre o comportamento do sistema para as ações de criação de nodo e envio de mensagem de mapa. Novamente observa-se um crescimento elevado do tempo de resposta na situação em que as notificações precisam ser enviadas a 17 TLMs. Uma comparação entre os tempos de resposta das duas ações é apresentada na figura 6.10. À exceção dos casos com um e 9 TLMs, nota-se que o tempo de criação de nodo fica sempre acima do tempo de envio de mensagem. Essa diferença se deve principalmente a um maior tempo de processamento no serviço de registro, o qual realiza uma atualização na base de dados no caso da criação do nodo. Essa atualização persiste os dados do nodo recém criado e consome tempo no serviço de registro, o mesmo não ocorrendo para o envio da mensagem.

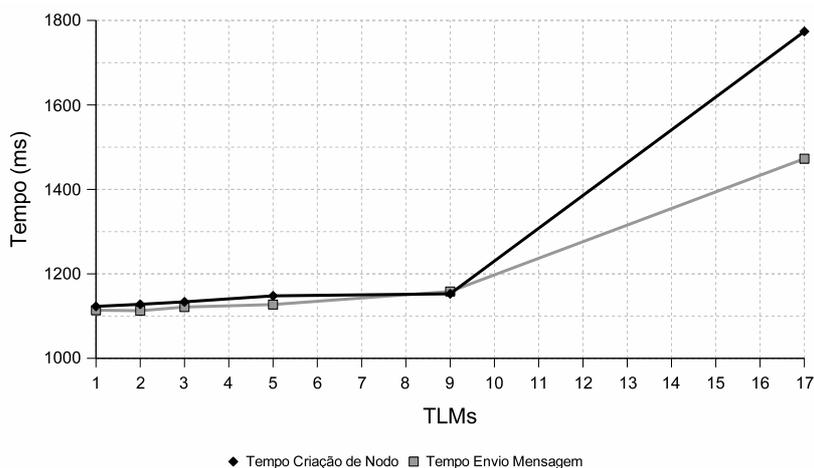


Figura 6.10: Comparação entre tempos de criação de nodo e envio de mensagem

A figura 6.11 apresenta uma comparação entre o tráfego gerado por cada uma das ações. Novamente o comportamento é semelhante. Nessa comparação, o tráfego da criação de nodos é sempre superior ao do envio de mensagem. Como os dados de cadastro do nodo que está sendo criado geram pacotes JXTA maiores, o tráfego acaba sendo maior para a essa ação.

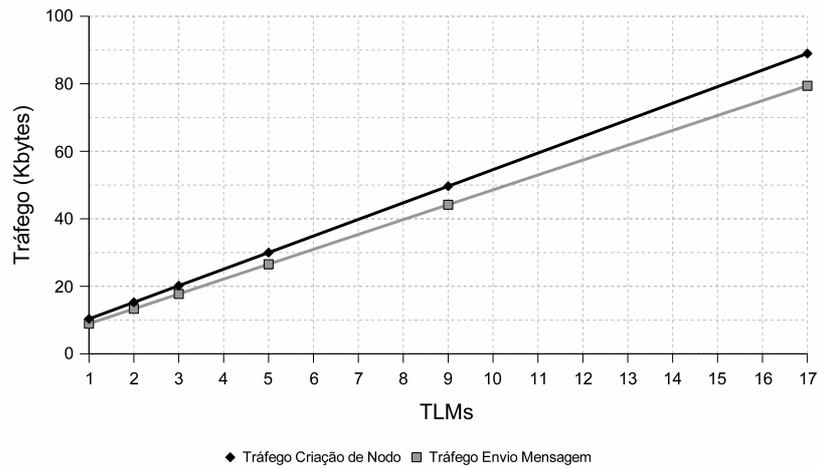


Figura 6.11: Comparação entre tráfego de criação de nó e envio de mensagem

O crescimento acentuado do tempo de resposta observado na ação de criação de nó foi reforçado pelos resultados obtidos para a ação de envio de mensagem de mapa. Também é possível afirmar que a ação de envio de mensagem teve um desempenho levemente superior tanto em relação ao tempo de resposta quanto em relação ao tráfego na rede. Por fim, conforme dito anteriormente, vale ressaltar que o número de TLMS conectados ao sistema pode variar bastante de situação para situação e uma medição mais detalhada pode ser necessária nos casos em que mais de uma dezena de TLMS estejam conectados.

7 CONCLUSÃO

O avanço da computação e das redes de comunicações tem aumentado cada vez mais a interação virtual entre as pessoas nas mais diversas áreas. No gerenciamento de redes, não tem sido diferente: cada vez mais situações demandam a cooperação entre operadores geograficamente dispersos. Apesar disso, as atuais ferramentas de gerenciamento têm oferecido pouco ou nenhum suporte ao gerenciamento cooperativo de redes. Esse trabalho apresentou um estudo sobre essa situação e uma ferramenta voltada para o gerenciamento de redes baseado na cooperação entre operadores.

Ao longo da dissertação, foram apresentados detalhes da implementação do sistema ManP2P, uma ferramenta de gerenciamento de redes com funcionalidades de trabalho cooperativo. Também foi apresentada uma avaliação desse sistema incluindo testes realizados em laboratório. Nos capítulos iniciais, foram apresentadas ainda uma revisão sobre tecnologias relacionadas, um estudo sobre casos de interação entre operadores de redes e um modelo para o gerenciamento baseado na cooperação entre humanos.

Vários estudos relacionados foram analisados servindo de fundamentação para o restante do trabalho. Inicialmente foram analisadas as diferentes definições atribuídas ao termo *gerenciamento cooperativo* na área do gerenciamento de redes e sistemas. Uma definição mais ampla para o termo foi proposta e utilizada ao longo do trabalho para designar tanto o suporte à cooperação entre entidades de software quanto o suporte à cooperação entre humanos durante a realização de atividades de gerenciamento. Uma visão geral sobre as tecnologias P2P também foi apresentada, focando nas vantagens atribuídas aos sistemas baseados nessas tecnologias. Também foi realizada uma revisão bibliográfica sobre aplicações envolvendo P2P e gerenciamento de redes. Por fim, foram apresentados resultados iniciais da pesquisa que resultou nessa dissertação na forma de um modelo simples para o gerenciamento baseado em P2P. A cooperação entre operadores foi apresentada como uma das formas de utilização dos sistemas P2P no auxílio ao gerenciamento. Essa forma de utilização de P2P foi então aprofundada no restante do trabalho.

Visando justificar a motivação para a realização da pesquisa, foi apresentada uma relação de casos nos quais a interação entre operadores de rede se faz necessária. Basicamente três situações foram analisadas: a reserva de banda através de diferentes domínios administrativos, as redes administradas por várias equipes de operadores e o gerenciamento de redes de telecomunicações. Através da análise desses ambientes de gerenciamento, procurou-se demonstrar a necessidade de ferramentas adequadas para a cooperação entre operadores de diferentes domínios.

Em seguida, foram apresentados aspectos básicos de um ambiente de gerenciamento baseado na cooperação entre humanos. Através de uma análise dos conceitos de times virtuais e visões compartilhadas, técnicas de cooperação foram inseridas no universo do gerenciamento de redes. Além disso, um modelo de dados com suporte a times e visões

compartilhadas foi proposto, servindo de base e ao mesmo tempo sendo validado pela implementação do ManP2P.

O sistema ManP2P foi implementado visando validar a idéia de promover a interação entre operadores através de uma ferramenta de gerenciamento de redes. Aspectos básicos da implementação do sistema foram expostos, tais como a infraestrutura de comunicação, a infraestrutura de interface com o usuário e a arquitetura. As funcionalidades do sistema também foram apresentadas em detalhes, incluindo ações de gerenciamento de colaboradores, times e mapas. Também foram explicadas as funcionalidades típicas de gerenciamento de redes, incluindo o acesso aos elementos de rede através dos protocolos SNMP e ICMP.

Uma avaliação do sistema ManP2P foi realizada através da análise de dois aspectos principais: tempo de resposta e tráfego na rede. Testes foram realizados em laboratório tentando simular diferentes situações de utilização do sistema. O ambiente de testes incluiu 18 estações interligadas em uma rede local e utilizadas para simular a carga gerada pelo elevado número de usuários típico de sistemas P2P. Através da análise dos resultados obtidos, foi possível identificar uma escalabilidade razoável do sistema em relação ao número de elementos gerenciados. Quando o número de elementos foi aumentado, tanto o tempo de resposta quanto o tráfego na rede cresceram moderadamente para as ações de navegação no mapa e alteração das posições dos nodos. Por outro lado, também foi possível identificar uma possível degradação no desempenho do sistema em ambientes com mais de 17 colaboradores interagindo simultaneamente. Os gráficos do tempo de resposta para as ações de criação de nodo e envio de mensagem de mapa apresentaram crescimentos acentuados nas situações em que 17 colaboradores interagem simultaneamente. Nesses casos de interações entre diversos usuários, o sistema também se mostrou mais instável, apresentando uma variação maior entre os valores das diversas medições. As causas dessa possível degradação não chegaram a ser diagnosticadas.

Entre os trabalhos futuros, destaca-se uma análise mais aprofundada do sistema em situações envolvendo a interação de dezenas e até centenas de colaboradores. Também seria interessante a modificação dos algoritmos de comunicação utilizados, permitindo uma comparação entre diferentes abordagens. Podem ser testadas também alternativas ao arcabouço JXTA, avaliando qual o impacto dessa escolha de projeto no desempenho final do sistema. Por fim, já existem planos para tornar o sistema mais modularizado, funcionando à base de *plugins*. Dessa forma, o ManP2P poderá ser utilizado mais facilmente como base para outros trabalhos a serem desenvolvidos pelo grupo de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDROUTSELLIS-THEOTOKIS, S.; SPINELLIS, D. A survey of peer-to-peer content distribution technologies. **ACM Computing Surveys**, New York, v.36, n.4, p.335–371, Dec. 2004.

BINZENHÖFER, A. et al. **A P2P**:based Framework for Distributed Network Management. Berlin: Springer-Verlag, 2006. p.198–210. (Lecture Notes in Computer Science, n. 3883).

FISHER, S. G. et al. Team or group? Managers' perceptions of the differences. **Journal of Managerial Psychology**, [S.l.], v.12, n.4, p.232–242, June 1997.

FOWLER, M. **GUI Architectures**. Disponível em:
<<http://martinfowler.com/eaaDev/uiArchs.html>>. Acesso em: mar. 2007.

GOLDSZMIDT, G.; YEMINI, Y. Distributed Management by Delegation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS, ICDCS, 15., 1995. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE Computer Society, 1995. p.333–340.

GONG, L. JXTA: a network programming environment. **IEEE Internet Computing**, [S.l.], v.5, n.3, p.88–95, May 2001.

GRANVILLE, L. Z.; ROSA, D. M.; PANISSON, A.; MELCHIORS, C.; ALMEIDA, M. J.; TAROUCO, L. R. Managing Computer Networks Using Peer-to-Peer Technologies. **IEEE Communications Magazine**, [S.l.], v.43, n.10, p.62–68, Oct. 2005.

GRUDIN, J. Computer-supported cooperative work: history and focus. **IEEE Computer**, [S.l.], v.27, n.5, p.19–26, May 1994.

HARRINGTON, D. et al. **An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol (SNMP) Management Frameworks**: rfc 3411. [S.l.: s.n.], 2002.

ITU-T. **Recommendation X.700 - Management Framework for Open Systems Interconnection**. [S.l.: s.n.], 1992.

KANAMARU, A. et al. Fieldcast2: flexible P2P architecture for presence information sharing. In: IEEE ANNUAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS, PERCOMW, 2004. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2004. p.98–103.

KAWAMURA, R.; STADLER, R. Active distributed management for IP networks. **IEEE Communications Magazine**, [S.l.], v.38, n.4, p.114–120, Apr. 2000.

LIM, K. S.; STADLER, R. Weaver: realizing a scalable management paradigm on commodity routers. In: IFIP/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED NETWORK MANAGEMENT, IM, 2003, Colorado Springs. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2003. p.409–424.

LIM, K. S.; STADLER, R. Real-time views of network traffic using decentralized management. In: IFIP/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED NETWORK MANAGEMENT, IM, 2005, Nice. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2005. p.119–132.

MARTIN-FLATIN, J. P. et al. A Survey of Distributed Enterprise Network and Systems Management Paradigms. **Journal of Network and Systems Management**, [S.l.], v.7, n.1, p.9–26, July 1999.

ORAM, A. **Peer-to-Peer for Academia**. Disponível em: <http://www.openp2p.com/pub/a/p2p/2001/10/29/oram_speech.html>. Acesso em: fev. 2007.

PALMA, C.; RODRIGUES, L. Supporting views in network management systems. In: IFIP/IEEE DISTRIBUTED SYSTEMS: OPERATIONS AND MANAGEMENT, DSOM, 12., 2001, Nancy. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2001.

PANISSON, A.; ROSA, D. M.; MELCHORS, C.; GRANVILLE, L. Z.; ALMEIDA, M. J.; TAROUÇO, L. R. Designing the Architecture of P2P-Based Network Management Systems. In: IEEE SYMPOSIUM ON COMPUTERS AND COMMUNICATIONS, ISCC, 2006, Pula-Cagliari. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2006.

POLTROCK, S. Mapping collaboration technology requirements to human social structure. In: ANNUAL ISR RESEARCH FORUM, 2002, Irvine. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2002. Panel The Challenge for Complex Organizations: Making Sense of Organizational Requirements.

POTEL, M. **MVP: model-view-presenter the taligent programming model for c++ and java**. Disponível em: <<http://www.wildcrest.com/Potel/Portfolio/mvp.pdf>>. Acesso em: mar. 2007.

POWELL, A. et al. Virtual teams: a review of current literature and directions for future research. **The DATA BASE for Advances in Information Systems**, [S.l.], v.35, n.1, p.6–36, Feb. 2004.

RAY, P.; PARAMESH, N. Multi-Agent Service Infrastructure for Cooperative Management. In: IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, GLOBECOM, 2002, Taipei. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2002. v.3, p.2999–3003.

RNP. **Página da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP)**. Disponível em: <<http://www.rnp.br>>. Acesso em: fev. 2007.

SCHÖNWÄLDER, J. et al. Building Distributed Management Applications with the IETF Script MIB. **IEEE Journal on Selected Areas in Communications**, [S.l.], v.18, n.5, p.702–714, May 2000.

SINGH, K.; SCHULZRINNE, H. Peer-to-Peer Internet Telephony using SIP. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON NETWORK AND OPERATING SYSTEMS SUPPORT FOR DIGITAL AUDIO AND VIDEO, NOSSDAV, 2005, Skamania. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2005. p.63–68.

STATE, R.; FESTOR, O. A management platform over a peer to peer service infrastructure. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TELECOMMUNICATIONS, ICT, 2003, Papeete. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2003. v.1, p.124–131.

STOICA, I. et al. Chord: a scalable peer-to-peer lookup service for internet applications. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, New York, v.34, n.4, p.149–160, 2001.

WEERAKKODY, G.; RAY, P. Cooperative service management over enterprise networks: a case study in health care environments. In: IEEE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE, GLOBECOM, 1999, Rio de Janeiro. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 1999. v.3, p.1979–1983.

WUHIB, F. et al. Decentralized Computation of Threshold Crossing Alerts. In: IFIP/IEEE DISTRIBUTED SYSTEMS: OPERATIONS AND MANAGEMENT, DSOM, 2005, Barcelona. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2005. p.220–232.

ZHAO, B. Y. **Tapestry**: an infrastructure for fault-tolerant wide-area location and routing. [S.l.]: UC Berkeley, 2001. (UCB/CSD-01-1141).