

1 Introdução

1.1 Motivação

Os últimos anos foram marcados pelo crescimento da demanda por serviços de telecomunicações, tanto de voz quanto de dados, em todo o mundo, especialmente devido à popularização da Internet e ao fenômeno da globalização. Como resposta a esta crescente demanda, companhias do setor de telecomunicações e instituições governamentais vêm instalando a infra-estrutura necessária para o tráfego de voz, vídeo e dados, viabilizando a comunicação entre pontos remotos. Os principais componentes desta infra-estrutura são as redes de telecomunicações compostas por equipamentos como roteadores e transmissores e pelas conexões entre estes equipamentos como cabos de fibra ótica e enlaces de rádio, por exemplo.

Essas redes de equipamentos de telecomunicações têm se tornado cada vez maiores e mais complexas. As dimensões que elas têm tomado tornam cada vez mais difícil satisfazer os requisitos de confiabilidade, desempenho e segurança necessários para o seu bom funcionamento. Além disso, a operação e a manutenção destas redes ainda são dificultadas devido à necessidade da convivência de diferentes protocolos e tecnologias, da integração de redes legadas, da heterogeneidade de fabricantes, equipamentos e sistemas de gerência, e da ocasional não conformidade com os padrões existentes. Estes desafios já vêm sendo registrados há mais de dez anos, como pode ser observado em [Voruganti94], por exemplo, em que se apresentam esforços de organismos de normalização no sentido de amenizar problemas de interoperabilidade. No entanto, a experiência mostra que estas questões ainda hoje causam transtornos na operação de redes de telecomunicações.

1.2 Gerência de Redes

Diante deste cenário de aumento de dimensão e de complexidade das redes de telecomunicações, torna-se cada vez mais necessária a criação (ou adequação) de modelos e estratégias de gerência de redes que permitam a automatização dos processos de operação, administração, manutenção e provisionamento de redes.

Realizar tais atividades de forma manual é geralmente bastante custoso, pois exige pessoal técnico altamente qualificado e também pelo fato de que a operação manual é inerentemente ineficiente. Este problema é particularmente interessante na questão da identificação e correção de falhas, pois ela é comumente relegada a um segundo plano até que comece a causar impactos mais sérios na operação da rede. No acirrado mercado de telecomunicações existente hoje, a automatização de tais processos pode representar uma vantagem competitiva significativa, na medida em que os custos de operação de redes podem ser bastante reduzidos frente à concorrência.

No que diz respeito à automatização de processos de gerência de redes, existem pelo menos quatro níveis de atividades [Stevenson95]. Estes quatro níveis de atividades representam diferentes estratégias de gerência de equipamentos e serviços a serem adotadas em uma rede, e são descritos a seguir. No nível de atividades *inativo* (i) não há nenhum tipo de monitoramento e nenhuma ação é tomada mesmo quando um alarme é recebido. Por razões óbvias, este nível só deve ser aplicado a elementos pouco relevantes para a operação de uma rede. O nível de atividades *reativo* (ii) contempla as atividades de reação a uma falha que tenha sido identificada (através de um alarme, por exemplo), mas não prevê ações de monitoramento para a identificação de falhas. No nível de atividades *interativo* (iii), é feito um monitoramento dos elementos, mas ainda é necessário buscar a causa raiz de falhas de forma manual, possivelmente interagindo com diversos elementos e identificando e descartando os efeitos colaterais da falha. Por fim, o nível de atividades *pró-ativo* (iv) prevê tanto o monitoramento de elementos de rede, quanto mecanismos automatizados de identificação de causas raízes de falhas e correção das mesmas.

Sistemas com pouca ou nenhuma pró-atividade (nível ii) são mais simples e desempenham atividades de gerência, como testes e diagnósticos de problemas, apenas sob demanda, a partir de estímulos diretos de usuários ou de outros sistemas. Por outro lado, há sistemas mais pró-ativos (níveis iii e iv) que são mais complexos e agem de forma mais autônoma, não dependendo exclusivamente de estímulos diretos de usuários. Neste caso, políticas ou metas de alto nível definidas pelo usuário são interpretadas pelo sistema que busca alcançá-las executando as atividades de gerência cabíveis. Estes sistemas representam um importante passo no sentido de tornar as redes auto-gerenciáveis, o que é um objetivo perseguido tanto pela indústria quanto pela academia.

1.3

Justificativa

O processo do crescimento da oferta de serviços de telecomunicações e do uso de sistemas específicos de gerência de redes tem ocorrido intensa e progressivamente há vários anos. Paralelamente a este processo de mercado, muitos esforços têm sido conduzidos no sentido da pesquisa e desenvolvimento de novos e mais eficientes modelos e técnicas para a gerência de redes de telecomunicações. Muitos destes esforços visam a viabilização de redes tão pró-ativas quanto possível, que possam se enquadrar nos níveis de automatização iii e iv discutidos na Seção 1.2.

Há uma conseqüência natural deste processo de evolução apresentado no parágrafo anterior. Muitos dos sistemas de gerência efetivamente utilizados em redes de produção não apresentam algumas das características e funcionalidades mais modernas desenvolvidas no contexto de gerência de redes. Obviamente, tal discrepância é mais pronunciada em redes legadas, que são baseadas em tecnologias de telecomunicação mais antigas. Geralmente por razões de ordem econômica, tais redes permanecem em operação por muitos anos mesmo depois de serem consideradas ultrapassadas.

Caracteriza-se então um interessante desafio. A permanência em operação de redes legadas é, freqüentemente, uma necessidade inegociável para algumas organizações. Por outro lado, tecnologias antigas usualmente contrastam com novos requisitos técnicos ou de mercado para os quais não foram inicialmente projetadas. Torna-se necessário, na medida do possível, adaptar-se tais redes legadas a esta nova realidade com vistas a satisfazer tais requisitos.

Naturalmente, existem algumas questões a serem consideradas e barreiras a se superar para que tal desafio possa ser superado com sucesso. Considerando-se aspectos econômicos e de negócios, uma das mais importantes questões é evitar ou reduzir ao máximo o impacto sobre as operações das operadoras de redes de telecomunicações causado pela introdução de tais processos de automatização. Este aspecto é fundamental uma vez que a principal motivação da automatização é a diminuição de custos. Outra importante questão é que os investimentos efetuados ao longo do tempo em sistemas para a gerência das redes devem ser considerados. É desejável ser capaz de se aproveitar ao máximo os recursos de gerência já existentes, como forma de se evitar maiores gastos com os novos sistemas. Tais fatores sugerem a adoção de soluções que possam ser introduzidas de forma gradativa ou ainda que sejam complementares aos sistemas já existentes.

Além dos aspectos comerciais, há também o aspecto dos desafios tecnológicos que este problema apresenta e que devem ser solucionados ou contornados. Qualquer problema que envolva redes é distribuído por natureza, o que por si

só já introduz diversas complicações. A isto se somam dificuldades advindas da heterogeneidade de tecnologias, protocolos e equipamentos existentes nas redes. Assim sendo, soluções para o problema de automatização devem ser preferencialmente distribuídas, o que lhes pode conferir maior escalabilidade frente às grandes redes em que vão atuar. Além disso, novas soluções devem ser bastante flexíveis, de forma a se adaptarem facilmente às diversas particularidades tipicamente encontradas em redes de telecomunicações.

1.4 Objetivo

Um dos novos requisitos que redes legadas devem atender é a automação de processos de gerência de redes discutida na Seção 1.2. Tendo em vista a meta de tornar tais redes auto-gerenciáveis e tão autônomas quanto possível, justifica-se a aplicação de técnicas modernas que confirmam mais pró-atividade a estas redes. Entretanto, qualquer solução proposta para este problema deve levar em consideração as condições e restrições de ordem tanto comercial quanto técnica discutidas na Seção 1.3.

É neste contexto que se enquadra o presente trabalho. Seu objetivo principal é a aplicação de modernas técnicas de Engenharia de Software (principalmente agentes de software) sobre sistemas legados de gerência de redes de telecomunicações, com o fim de conferir-lhes funcionalidades extras que não foram consideradas quando de sua concepção. Os esforços deste trabalho foram concentrados particularmente na área de gerência de falhas. Contudo, também seria possível aproveitar-se algumas de suas contribuições em outras áreas como, por exemplo, gerência de configuração.

Como discutido anteriormente, qualquer solução proposta para este problema deve ser gradual e levar em conta os sistemas de gerência já existentes e as funcionalidades que estes apresentam. A solução proposta neste trabalho atende estes requisitos, pois se vale de bases de gerência previamente instaladas, utilizando dados e recursos provenientes destes sistemas. Além disso, seu funcionamento causa pouco impacto nos sistemas de gerência e na rede, pois apresenta uma arquitetura distribuída que prevê mecanismos para evitar a sobrecarga dos elementos da rede, e em particular as estações de gerência.

A solução proposta neste trabalho é baseada em uma arquitetura distribuída composta por agentes de software dispersos pela rede. Cada agente desempenha papéis específicos, cooperando uns com os outros com o fim comum de automatizar processos de detecção e diagnóstico de falhas ou más configurações de equipamentos na rede. A arquitetura proposta neste trabalho foi especificamente moldada de acordo com a realidade tipicamente encontrada em redes legadas de

telecomunicações. Tal realidade diz respeito principalmente ao tipo de sistema centralizado de gerência comumente utilizado em redes baseadas em tecnologias como ATM e Frame Relay.

Diante do problema apresentado, este trabalho propõe algumas contribuições. A primeira é a adaptação de redes legadas aos requisitos de automação de processos de gerência de redes. Tal adaptação pode ser efetivamente considerada como uma agregação de novas funcionalidades à antiga plataforma. Isto ajuda a diminuir os efeitos do distanciamento tecnológico de tal plataforma em relação a gerações mais modernas de sistemas de gerência. Outra contribuição é a estratégia utilizada para que tal agregação de funcionalidade ocorra de forma a causar o menor impacto possível sobre o sistema de gerência pré-existente. Como será discutido no decorrer do trabalho, a solução conta com uma estratégia de distribuição de informações de topologia de rede através de agentes de software que minimiza as exigências adicionais de carga sobre o sistema de gerência legado. Tal estratégia visa evitar um potencial comprometimento da performance do sistema legado. Uma outra contribuição é a modelagem de testes de forma independente dos agentes que de fato os executam sobre os elementos de rede. Esta modelagem confere uma maior flexibilidade à solução, uma vez que os artefatos que definem os testes podem ser reutilizados com mais facilidade devido à sua modularidade. Uma última contribuição é a aplicação prática de agentes de software no domínio de gerência de redes. A decisão pelo uso de agentes de software se deve ao fato de que eles representam uma abstração de alto nível bastante apropriada para o projeto de sistemas distribuídos, o que pode tornar mais facilmente administráveis os desafios impostos pelo problema de gerência de redes.

1.5 Organização

Este documento está organizado da seguinte forma. O Capítulo 2 apresenta toda a fundamentação teórica necessária para uma melhor compreensão deste trabalho. Há duas importantes seções neste capítulo. A Seção 2.1 trata de gerência de redes de forma geral. Nela são abordados os principais modelos de gerência de rede criados por organizações de padronização como a ISO, a ITU e a IETF. Há ainda nesta seção uma discussão sobre os diversos paradigmas de gerência de redes utilizados pela indústria ou sugeridos pela academia. A Seção 2.2 trata de conceitos relacionados a agentes de software. São apresentadas as principais características que diferenciam um agente de software de outras abstrações existentes na área de engenharia de software. Também são discutidos aspectos relacionados a Sistemas Multi-Agentes e possíveis arquiteturas para implementação dos mesmos. Por fim, alguns dos principais padrões na área de agentes de software são apresentados.

O Capítulo 3 apresenta a arquitetura NeMaSA. É apresentado o contexto em que esta arquitetura foi concebida assim como o problema principal que serviu de motivação para a mesma. A solução é descrita com detalhes, o que inclui a listagem dos principais tipos de agentes de software e a descrição dos mesmos. Também são abordados aspectos relacionados às interações entre os agentes da arquitetura. Por fim, são discutidas questões sobre a implementação deste projeto.

O Capítulo 4 apresenta em breve estudo de caso em que dois exemplos de testes comumente utilizados para diagnóstico de falhas em redes reais são apresentados. Neste capítulo se discute como tais testes podem ser implementados através da arquitetura proposta. O primeiro teste é bem simples, mas representa um dos tipos de testes mais importante para diagnóstico de falhas. O segundo é mais complexo e ilustra como um teste que necessita de informações de topologia de rede pode ser implementado com a arquitetura proposta.

O Capítulo 5 trata especificamente da aplicação de agentes de software na área de telecomunicações. São levantadas as principais razões e vantagens do uso de agentes de software neste domínio. São apresentados ainda diversos exemplos de trabalhos acadêmicos em que há o emprego de agentes de software para solucionar problemas em redes de telecomunicações. Destes, três trabalhos na área de gerência de redes e que apresentam características comuns à solução proposta neste trabalho são discutidos com mais detalhamento.

O Capítulo 6 encerra este trabalho com as considerações finais e indicações de futuros trabalhos no domínio de agentes de software aplicados à gerência de redes.