

**A Aplicação de Mecanismos de Inteligência Artificial no  
Centro de Gerência Integrada de Rede da TELESC**

**Marcello Thiry**

**Elizabeth Specialski**

**Universidade Federal de Santa Catarina  
Depto. de Ciências Estatísticas e da Computação  
Curso de Pós-Graduação em Ciências da Computação  
Caixa Postal 476  
88040-900 - Florianópolis - SC - Brasil**

**E-mail: LISHA@brUFSC.bitnet**

**Fax: 55 (0482) 319770**

**Resumo**

Uma das áreas funcionais apresentadas no conjunto de padrões gerenciais para a Rede de Gerência de Telecomunicações é a Gerência de Falhas. Dentre as atividades existentes nesta área, estão aquelas que dizem respeito ao diagnóstico de falhas dos recursos da rede. Este trabalho descreve como técnicas de Inteligência Artificial, em particular os Sistemas Especialistas, podem ser utilizadas para a automatização do processo de geração de diagnósticos e determinação de estratégias para a recuperação de falhas.

**Abstract**

One of the functional areas existing in the set of managing models to the Telecommunications Management Network is Fault Management. Among the activities belonging to this area are those that concerns the diagnosis of failures of network resources. This work describes how Artificial Intelligence techniques, especially Expert Systems, can be used to automatize the process of diagnosis generation, and to determine strategies for failure recovering.

**Palavras-Chave:** Gerência de Rede, Rede de Gerência de Telecomunicações, Gerência de Falhas, Sistemas Especialistas.

**Key-Words:** Network Management, Telecommunications Management Network, Fault Management, Expert Systems.

## 1. Introdução

A digitalização das redes e a diversificação dos serviços oferecidos transformaram as redes de telecomunicações em sistemas complexos, onde o controle e a monitoração tornaram-se necessários para a manutenção global. Esta supervisão é feita através da inclusão de funções de gerência que visam a manutenção da rede, garantindo sua operação e observando os requisitos de confiabilidade e desempenho pré-estabelecidos maximizando os recursos disponíveis.

O modelo de gerência para a Rede de Gerência de Telecomunicações (TMN), descrito na série M3000 do CCITT [CCITTM3010], estabelece um conjunto de padrões gerenciais que podem ser agrupados em cinco áreas funcionais:

- a) A **Gerência de Falhas** provê funções para a detecção, isolamento e a correção de operações anormais da rede de telecomunicações.
- b) A **Gerência de Desempenho** provê funções para a monitoração e coleta de informações sobre a operação normal de um sistema, bem como determina e avalia o desempenho do sistema sob condições normais ou não. A diferença básica desta área com a anterior (Gerência de Falhas) é o fato da primeira estar relacionada a falhas que afetam o serviço prestado, mesmo que elas tenham sido causadas como consequência de uma degradação do desempenho [BRISA92];
- c) A **Gerência de Configuração** permite obter e alterar a configuração dos equipamentos de telecomunicações, a fim de manter a operação contínua do sistema;
- d) A **Gerência de Segurança** fornece funções para controlar o uso de mecanismos de segurança, tais como controles de acesso, e a detecção e reportagem de violações de segurança;
- e) A **Gerência de Contabilização** provê funções para a medição do uso dos serviços disponíveis na rede de telecomunicações, identificando os custos envolvidos no consumo destes recursos.

Este trabalho atua sob o escopo da Gerência de Falhas, visando a automação dos processos de geração de diagnósticos e correção de falhas, quando estas não necessitarem de intervenção humana imediata. A ocorrência de uma falha em algum elemento da rede pode causar prejuízos para a organização, que tendem a crescer se a falha não for rapidamente detectada ou a volta do elemento ao estado operacional apresentar demora excessiva.

É proposto um sistema baseado em mecanismos de Inteligência Artificial (IA), mais especificamente nos formalismos de Frames e Regras de Produção. A união destes formalismos é feita através de um Sistema Especialista (SE) [THIRY92] que simula a habilidade humana de resolver problemas. A grande vantagem de utilizar Frames para a

representação do conhecimento é o mapeamento direto dos elementos de rede, vistos na TMN como objetos gerenciáveis.

## 2. Situação TELESC

A TELESC, Empresa de Telecomunicações de Santa Catarina, tem planejado a implantação de sua Rede de Gerência de Telecomunicações em quatro fases [TELESC92a]:

- 1) Criação do Centro de Gerência Integrada de Rede (CGIR) onde estão sendo centralizados os sistemas de monitoração e supervisão existentes. Início da definição dos objetos gerenciáveis a nível da Gerência de Falhas. Desenvolvimento e automação dos processos para a Gerência de Falhas;
- 2) Contratação de sistemas para a implantação de uma telesupervisão em tempo real nas centrais analógicas. Modelagem dos objetos gerenciáveis para a gerência de desempenho;
- 3) Implantação de uma Rede de Comutação de Pacotes, migrando o suporte da GIR, hoje montada sob o ambiente IBM (IBM 3090);
- 4) Integração dos sistemas de operação e base de dados compartilhadas, baseada em uma arquitetura TMN.

Atualmente os sistemas de monitoração e supervisão estão sendo concentrados na Administração Central (Florianópolis).

### 2.1 O Centro de Gerência Integrada de Rede da TELESC

O CGIR é composto por diversos equipamentos de monitoração e controle, onde alguns são Centralizados. Um Centralizado é um equipamento dedicado, com capacidade de processamento, que realiza uma monitoração constante sobre outros elementos da rede. A monitoração pode atuar sobre um ou mais elementos. Neste contexto, os elementos citados, não são necessariamente padrão TMN. Entretanto, na visão de um gerente da TMN, um centralizado pode ser o objeto gerenciável, abstraindo-se a sua composição física (ser representante de um conjunto de recursos).

Os centralizados estão agrupados fisicamente, ou seja, em um mesmo local, não havendo qualquer tipo de integração (interoperação) entre eles. As informações, recebidas sob a forma de um conjunto de alarmes e sensores, são apresentadas na forma de relatórios que devem ser analisados por especialistas que os estudam e interpretam para, em seguida, tomar alguma atitude. Esta informação pode ser desde dados de apoio, como a indicação de que uma porta está aberta no prédio de alguma localidade, até informações sobre a situação de congestionamento de uma determinada rota.

A análise das informações oriundas dos centralizados é feita hoje por um grupo de pessoas com conhecimento técnico suficiente para a tradução (interpretação) do significado de cada tipo de alarme e com capacidade para tomar decisões cabíveis.

Um dos principais problemas encontrados na situação atual é a falta de pessoal dedicado a cada centralizado realizando uma análise em tempo real. Os relatórios são emitidos em intervalos discretos de tempo, o que resolve o problema do monitoramento constante, mas permite que uma situação crítica não seja detectada imediatamente, como por exemplo a queda de uma central.

## 2.2 Sistema de Gerenciamento de Equipamentos

O Sistema de Gerenciamento de Equipamentos (SGE) foi desenvolvido pela TELESC [TELESC92b] para realizar a tarefa de controlar o processo de manipulação de Bilhetes de Atividade (BAs). O SGE desconsidera a origem da informação que dará entrada a abertura de um BA, ou seja, ela poderá ser desde uma reclamação direta de um assinante até a informação fornecida pelos centralizados. Uma visão simplificada do funcionamento do SGE, considerando o processo de aquisição de informações, é apresentada através do seguinte procedimento:

- 1) O centralizado recebe informações (situação de alarmes e sensores);
- 2) Um analista faz uma interpretação (1ª filtragem) off-line dos relatórios emitidos pelos centralizados;
- 3) O responsável pela informação analisada no passo anterior pode seguir dois caminhos de acordo com o nível de confiabilidade dos dados:
  - a) executar o processo de abertura de um BA, onde o próprio SGE encontrará o perfil mais compatível para o técnico que fará a atividade. O BA é colocado em sua caixa postal;
  - b) colocar a informação em uma fila para análise posterior;
- 4) A informação, quando na fila para análise, será novamente interpretada por um ou mais analistas (2ª filtragem). Após este processo será feito encaminhamento do BA (acionamento do técnico);
- 5) Por último o técnico deve consultar a sua caixa postal e verificar quais as atividades pendentes (BAs abertos). Após a escolha da atividade a ser feita, o técnico faz uma reavaliação da análise e executa o serviço. Um BA deve ser encerrado pelo técnico depois do término da atividade.

Verifica-se um problema sério na situação atual do CGIR que é a falta de uma maior integração entre os dados fornecidos pelos centralizados e o SGE. Atualmente esta conexão é feita por grupos de pessoas que realizam mais de um processo de análise da mesma informação. Além disso, cada centralizado agrupa dados sobre determinados equipamentos ou conjuntos destes, criando a necessidade

de um conhecimento específico dos alarmes para aquele equipamento.

### 3. Contexto do Trabalho

A situação do CGIR, descrita anteriormente, mostra claramente a necessidade de mecanismos que permitam a automação dos processos. Para a configuração atual, propõe-se um modelo que compreende a inclusão de um **Sistema Mediador**, responsável pela automação da comunicação entre os centralizados e o Sistema de Gerenciamento de Equipamentos (veja fig. 1).

O Mediador reúne as características de um concentrador (recebendo informações dos centralizados) e de um analista (interpretando e filtrando a informação recebida).

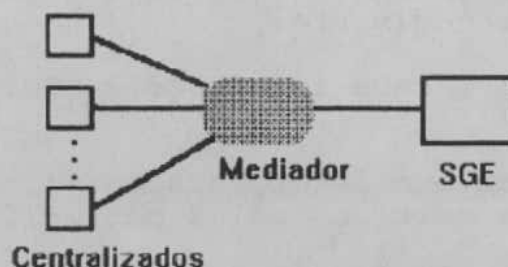


Fig. 1 - Visão do Mediador interligando os centralizados ao SGE

A evolução do Mediador, permitirá a eliminação gradativa do processo de análise feita pelo SGE (2ª filtragem), completando a automação da Gerência de Falhas do ambiente TEDESC.

Dentro do escopo da Gerência de Falhas, visa-se a automação dos processos de geração de diagnósticos e correção de falhas, quando estas não necessitarem de intervenção humana imediata (visita do técnico à estação), como por exemplo, a execução de um telecomando. A ocorrência de uma falha em algum elemento da rede pode causar sérios prejuízos para a organização, tanto em termos financeiros como em termos morais (perda da qualidade de serviço). Este prejuízo tende a crescer quando a falha não é rapidamente detectada ou quando a volta do elemento ao estado operacional apresenta demora excessiva.

Este tipo de problema não apresenta, entretanto, uma solução determinística, sendo necessária a introdução de técnicas de Inteligência Artificial (IA), em particular os Sistemas Especialistas (SEs) [THIRY92], para simular a habilidade que um especialista humano (analista) tem de resolver problemas a partir de um conjunto de fatos, que representam a situação momentânea do sistema.

O modelo de gerência TMN considera os elementos de rede como objetos, os quais possuem características próprias que determinam, por exemplo, seu estado operacional. Seguindo esta filosofia, todo o conhecimento a respeito do diagnóstico de falhas é modelado na Base de Conhecimento (BC) do SE. Este conhecimento constitui-se, basicamente, na descrição dos objetos existentes na rede, seus interrelacionamentos e um conjunto de informações heurísticas que conduzem o processo de diagnose.

## 4. A Gerência de Falhas

Um Sistema de Gerência de Falhas deve ser capaz de identificar os comportamentos anômalos dos recursos existentes na rede de telecomunicações, bem como isolar e corrigir operações anormais do ambiente. Para isto, deve apresentar facilidades para realizar sequência de testes sobre os objetos gerenciáveis, identificar, diagnosticar e corrigir as falhas ocorridas.

A atividade da gerência de falhas pressupõe o conhecimento prévio das formas normais de operação de cada objeto gerenciável e também dos mecanismos existentes para medir o grau de operacionalidade do recurso. Este é um dos problemas mais antigos na gerência de redes, pois ele trata diretamente com um conjunto de elementos heterogêneos que devem ser monitorados e controlados.

Monitorar é a atividade de recuperar informações referentes ao comportamento de um sistema, e controlar é a atividade de trocar o modo como o sistema se comporta.

A questão principal da monitoração e controle é estabelecer uma arquitetura que permita acesso ao elemento de rede de forma independente do equipamento. Para tal, o sistema a ser gerenciado é modelado sob a forma de um conjunto de objetos gerenciáveis que são armazenados em uma Base de Informação Gerencial (MIB).

Através dos protocolos de gerência, as informações contidas na MIB podem ser manipuladas. Por manipulação entende-se a criação, remoção, modificação, exame ou até mesmo transferência de objetos.

O contexto TMN define as principais funções da gerência de falhas como sendo [BRISA92]:

- a) Supervisão de Alarmes: manipulação da informação relacionada à gerência da informação sobre as degradações de desempenho que afetam o serviço. Neste trabalho, esta função será realizada pelos centralizados em conjunto com o Mediador;
- b) Teste: o usuário pode solicitar que um teste específico seja executado, podendo também estabelecer os parâmetros do teste solicitado. Em alguns casos, o tipo e os parâmetros de teste podem ser automaticamente designados. Um técnico pode pelo sistema solicitar a uma central CPA (Controle por Programa Armazenado) que esta realize um autoteste;

- c) Relatório de Problemas: o relatório de problemas é utilizado para rastrear e controlar as ações tomadas para liberar alarmes e outros problemas. Os relatórios são as notificações trocadas entre objetos, processos agentes e gerentes.

Para que a Gerência de Falhas possa alcançar seus objetivos, ela deve possuir a capacidade de fazer diagnósticos a partir das informações obtidas com a supervisão de alarmes e ter capacidade de análise dos relatórios de problemas.

Após o problema ter sido diagnosticado, o sistema deverá, quando possível resolvê-lo de forma a seguir a seguinte ordem [BALL92]: a detecção da falha deve ser feita antes de sua ocorrência; caso não seja possível, deve-se procurar contornar os problemas ocorridos tentando manter uma transparência aos usuários e finalmente se o problema chegar ao conhecimento dos usuários, corrigi-lo rapidamente.

O uso de Sistemas Especialistas para a automação da Gerência de Falhas necessita de uma definição quanto a forma de modelagem da informação gerencial. A representação do conhecimento será fator determinante na flexibilidade de modificação e tratamento dos dados.

## 5. O Sistema Especialista

O processo de construção de um Sistema Especialista é geralmente chamado de Engenharia do Conhecimento. Tipicamente envolve uma forma especial de interação entre o construtor do Sistema Especialista, chamado Engenheiro do Conhecimento, e um ou mais especialistas em alguma área. O Engenheiro do Conhecimento extrai dos especialistas seus procedimentos, estratégias e regras práticas para solução de problemas e constrói este conhecimento em um Sistema Especialista. O resultado é um programa que soluciona problemas a maneira dos especialistas humanos.

O centro de um Sistema Especialista é um poderoso Corpo de Conhecimento acumulado durante a construção do sistema. O conhecimento é explícito e organizado de forma a simplificar a tomada de decisões. A modelagem e a codificação do conhecimento são os aspectos mais importantes de um Sistema Especialista [CUNHA92].

Os principais componentes do esquema de um Sistema Especialista são o Sistema Especialista propriamente dito, o domínio especialista, o Engenheiro do Conhecimento, a ferramenta para construção do Sistema Especialista e o usuário.

O conhecimento em um Sistema Especialista é organizado de forma a separar o conhecimento sobre o problema do conhecimento do sistema. Esta coleção de conhecimentos sobre o domínio do problema é chamada Base de Conhecimento (BC), enquanto que o conhecimento geral para solução do problema é chamado Motor de Inferência (MI). Um programa com o conhecimento organizado desta forma é chamado de Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) [WATERMAN86]. A estrutura de

um Sistema Especialista pode ser visualizada na Figura 7.1.

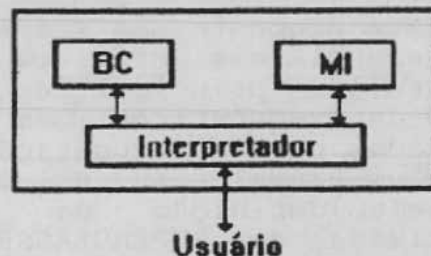


Fig. 7.1 - A estrutura de um Sistema Especialista.

A Base de Conhecimento em um Sistema Especialista contém fatos (dados) e regras (ou outras representações), que usam aqueles fatos como base para tomada de decisão.

O Motor de Inferência contém um interpretador que decide como aplicar as regras para inferir novo conhecimento e uma lista de prioridade de aplicação destas regras.

Para modelar adequadamente uma informação é necessário, antes de tudo, que se conheça o que deve ser modelado. O próximo passo é escolher a forma de codificar o conhecimento em uma estrutura de dados e como ela pode ser acessada pelo sistema. A representação de conhecimento deve ser completa, concisa, transparente e computacionalmente eficiente para ser tratada [CUNHA92].

Conforme [PASSOS89] as formas de representação de conhecimento mais comumente usados em IA são a Lógica, as Redes Semânticas, as Regras de Produção, os Frames e os Scripts.

## 6. Modelagem do Conhecimento

O modelo escolhido para a Representação do Conhecimento (RC) no Sistema Especialista que auxiliará a Gerência de Falhas do CGIR, será uma união dos formalismos Regras de Produção e Frames. Esta escolha associa as vantagens da manipulação de um conhecimento declarativo através das RPs com o poder fornecido pelos Frames para a modelagem da informação.

O formalismo de Frames utilizado baseia-se nos conceitos de classe de objetos, instâncias e herança de características. Tais conceitos são idênticos àqueles existentes no paradigma de Orientação a Objetos. O que torna os frames diferentes dos objetos são os princípios que regem o seu comportamento. Nos objetos os procedimentos (chamados métodos), que estão associados ao objeto, são executados e, como efeito, modificam ou recuperam os valores dos atributos. Já nos frames, os procedimentos (chamados demons), que estão associados aos slots (equivalentes aos atributos) são



executados como efeito colateral ao fato do sistema desejar acessar ou modificar os valores dos slots.

No Sistema Especialista proposto, os frames são utilizados para a modelagem dos objetos gerenciáveis definidos pelo padrão TMN. As RPs atuarão como o mecanismo principal de inferência e serão responsáveis pela emissão de diagnósticos, bem como pela sugestão de ações que deverão ser tomadas para a recuperação de uma situação de erro. A exemplificação de um Frame como um objeto gerenciável é apresentada a seguir pela definição da CLASSE CPA (visão simplificada) que é derivada da SUPERCLASSE CENTRAL. Todos os atributos e valores são herdados da superclasse, exceto aqueles particulares (característicos das CPAs).

#### Frame CPA

Especialização de: CENTRAL

##### SLOTS

Identificação: (TRÓPICO-R, TRÓPICO-RA, EWSD, AXE, ...)

ErroParidade: (VERDADEIRO, FALSO)

O próximo exemplo apresenta uma instância (objeto) da classe CPA, instanciada com a identificação TRÓPICO-R. Repare que os SLOTS Área, Prefixo, Capacidade e QtdeTroncos não foram especificados na CLASSE CPA, uma vez que foram herdados da SUPERCLASSE CENTRAL, não sendo necessário a repetição da definição dos mesmos.

#### Frame CPA

Especialização de: CENTRAL

##### SLOTS

Identificação: TRÓPICO-R

Área: 482

Prefixo: 24

Capacidade: 10000

QtdeTroncos: 230

ErroParidade: FALSO

As regras de produção podem testar os valores dos SLOTS com os fatos válidos no momento do teste, podendo fazer conclusões sobre a situação do sistema. Um exemplo para uma RP que faz alguns testes sobre os SLOTS de um Frame CENTRAL CPA é mostrado abaixo.

#### REGRA 1: TestaErroParidade

SE X é uma CPA,

X.Identificação é igual a TRÓPICO-R,

X.Área é igual a 482,

X.Prefixo é igual a 24,

X.ErroParidade é VERDADE

##### ENTÃO

Abrir um BA

Escrever no BA "Problemas de Paridade com a Central ", X.Identificaç

Encaminhar BA para técnico responsável

Modifica X.Situação para REPAROS

FIM REGRA

No contexto da Gerência de Falhas, os slots que estão definidos para cada Frame justificam-se pela necessidade de conhecer tais informações para fins de gerência. Isto significa que a medida que outros serviços de gerência forem sendo definidos, novos slots serão criados para cada Frame.

## 7. Considerações Finais

A implementação de um sistema de Gerência Integrada para a Rede de Telecomunicações tem como objetivo melhorar a qualidade dos serviços, minimizando os custos operacionais e maximizando os recursos disponíveis.

No sentido de adotar os modelos e conceitos estabelecidos pelo CCITT, a TELESC criou um Centro Integrado que reúne diversos equipamentos de monitoração e controle, denominados genericamente de centralizados. Entretanto, o tratamento da informação de cada centralizado é feito atualmente por uma equipe de técnicos com conhecimento específico (especialistas). A utilização de SE como auxílio no processo de Gerência de Falhas possibilita uma agilização dos procedimentos de tomada de decisão na resolução de problemas. Esta agilização é alcançada, principalmente, pela automatização da geração de diagnósticos e das ações realizadas na recuperação do sistema após a ocorrência de falhas.

O tratamento da informação gerada pelos centralizados somada à automatização do processo de tratamento feito pelo grupo de analistas do SGE, tornará o escalonamento de serviços mais eficiente e eficaz, além de preparar o ambiente TELESC para a adequação ao modelo TMN.

Outro aspecto que influencia no sucesso de um sistema para a GF é a possibilidade de prever problemas, diagnosticando-se, com antecedência, que o estado atual do sistema pode levar à ocorrência de alguma falha como, por exemplo, a elevação do nível de congestionamento. Pode-se então executar ações que eliminem a falha antes dela ocorrer. Desta forma, assegura-se a estabilidade da rede de telecomunicações, ou seja, sua operação contínua.

O trabalho está em fase de modelagem da informação, a qual compreende a identificação dos objetos, procurando estabelecer quais os aspectos relevantes à gerência e quais as formas de tratá-los. A aquisição dos dados será feita através de questionários e entrevistas diretas com os técnicos e analistas, atualmente responsáveis pela tomada de decisão.

A metodologia de desenvolvimento adotada será a prototipagem, uma vez que esta permite um crescimento ordenado do sistema, garantindo a flexibilidade (inerente às RPs) e permitindo a validação do sistema a cada etapa do desenvolvimento.

## 8. Referências Bibliográficas

- [BALL92] Ball, Larry L., *Cost-Efficient Network Management*, McGraw-Hill Series on Computer Communications, 1992.
- [BRISA92] BRISA, *Gerenciamento de Redes: Uma Abordagem de Sistemas Abertos*, Makron Books, São Paulo, 1992.
- [CCITT92] CCITT Recommendation M.301, *Principles for Telecommunications Management Network*, Consultative Committee for International Telegraph and Telephone, 1992.
- [CUNHA92] Cunha, F., Mueller, A., Komosinski, L. J., *Um Módulo de Resolução de Problemas para Sistemas Baseados em Conhecimento*, Anais da XVIII Conferência Latino-americana de Informática, Las Palmas de Gran Canaria, Espanha, 1992.
- [ISO7498-4] ISO/IEC, *Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model - Part 4: Management Framework*, 1<sup>a</sup> edição, Novembro, 1989.
- [ISO9595] ISO/IEC, *Information Technology - Open Systems Interconnection - Common Management Information Service Specification*, 1990.
- [ISO9596] ISO/IEC, *Information Technology - Open Systems Interconnection - Common Management Information Protocol Specification*, 1990.
- [KOMOSINSKI90] Komosinski, L.J., *Uma Linguagem Centrada em Frames para Desenvolvimento de Sistemas Baseados no Conhecimento*, Março, 1990.
- [PASSOS89] Passos, E.L., *Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas ao alcance de todos*, LTC, 1989.
- [STB501-100-104] *Prática TELEBRÁS, Conceitos de Gerência Integrada de Rede e Rede de Gerência de Telecomunicações*, Junho, 1992.
- [TELESC92a] Telesc, Depto. De Operação e Manutenção, *Rede de Gerência de Telecomunicações: Recomendações Gerais para Contratação*, Florianópolis, Novembro, 1992.
- [TELESC92b] Telesc, Depto. De Operação e Manutenção, *SGE: Sistema de Gerência de Equipamentos*, Florianópolis, 1992.

- [THIRY92] Thiry, M., Specialski, E., Komosinski, L. J., *Um Sistema Especialista para Auxiliar a Gerência de Falhas*, Anais da XVIII Conferência Latinoamericana de Informática, Las Palmas de Gran Canaria, Espanha, 1992.
- [WATERMAN86] Waterman, D., *A Guide to Expert Systems*, Addison-Wesley, 1986.