Uso de Inteligência Artificial na Implementação de um Sistema de Gerência Proativo para Redes ATM

Fernando Augusto da Silva Cruz[1] cruz@ lrg.ufsc.br
Mirela Sechi Moretti Annoni Notare[2] mirela@ lrg.ufsc.br
Marcelo Menezes Reis[3] menezes@inf.ufsc.br

Fernando Gauthier[4] gauthier@eps.ufsc.br
João Bosco Alves[5] jbosco@inf.ufsc.br
Bernardo Gonçalves Riso[6] riso@lrg.ufsc.br
Carlos B. Westphall[7] westphal@lrg.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/CTC) - Laboratório de Redes e Gerência
Caixa Postal 476 - 88040-970 Florianópolis - SC - Brasil - fone +55-48-2319739 r 235 - Fax +55-48-2319770

Resumo: Este trabalho apresenta o uso de técnicas de Inteligência Artificial (IA) no auxílio ao melhoramento do desempenho de um sistema de gerenciamento de redes de alta velocidade, mais especificamente, de redes ATM (*Assynchronous Transfer Mode*) que possibilitam as aplicações multimídia. O sistema de gerência é baseado no paradigma cliente-servidor, caracterizado pela troca de informações entre agentes e gerentes. Um agente inteligente é responsável pela coleta de informações provenientes de uma base de dados a fim de detectar fatos que identifiquem a possível existência de um problema. Tal detecção, que possibilita ações proativas, evitando que os problemas aconteçam, é realizada através de técnicas de IA, com o emprego de regras de produção e frames.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, ATM, Gerência Proativa de Redes, Paradigma Gerente-Agente.

1. Introdução

Atualmente, o alto crescimento das redes heterogêneas de telecomunicações, tanto em tamanho quanto em complexidade, requer a utilização de um gerenciamento mais eficiente e eficaz, tanto para os equipamentos quanto para os serviços oferecidos [1,2,3,4,5,6]. Este gerenciamento deve assegurar a qualidade da rede sem degradá-la. As técnicas usuais para gerência de redes, esperam que haja uma degradação na rede para então tomar uma atidude corretiva. Uma abordagem mais eficiente tem uma atitude proativa, ou seja, não espera pela degradação da rede, pois faz um diagnóstico antecipado e constante da situação da rede, tomando atitudes que evitam a degradação provocada pela ocorrência de problemas [7].

---

[1] Professor do Curso de C. da Computação (UFSC/CTC/INE). Doutorando (UFSC/CTC/EPS).
[2] Mestre em Ciência da Computação (UFSC, 1995). Doutoranda (UFSC/CTC/EPS).
[3] Professor do Curso de C. da Computação (UFSC/CTC/INE).
[4] Professor do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (UFSC/CTC/EPS).
[5] Professor do Curso de C. da Computação (UFSC/CTC/INE).
[6] Professor do Curso de C. da Computação (UFSC/CTC/INE). Dr. em Eng. Elétrica (UFPB, 1991).
[7] Professor do Curso de C. da Computação (UFSC/CTC/INE). Dr. em C. da Computação (U. Toulouse, 1991).

As pesquisas atuais mostram que o melhor modo de implementar a gerência proativa é através do emprego de técnicas de IA [8]. As técnicas utilizadas neste trabalho englobam tanto a representação do conhecimento, como a heurística para a busca eficiente destas informações. Para tanto, foram utilizadas regras de produção e frames.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira. Na seção dois são apresentados os tópicos relevantes sobre o paradigma cliente servidor, bem como das redes ATM. Na seção três são discutidas as técnicas de IA utizadas neste trabalho. Na seção quatro é apresentado o uso da ferramenta Kappa para a implementação do sistema de gerenciamento inteligente. Seguem-se as conclusões e perspectivas futuras (seção cinco) e as referências bibliográficas (seção seis).

2. Gerência de Redes ATM

A gerência de redes é uma aplicação distribuída que envolve trocas de informações de gerenciamento entre processos com a finalidade de monitorar e controlar os diversos recursos da rede. Os processos envolvidos em uma associação específica assumem dois papéis possíveis: gerentes ou agentes. O gerente é a parte da aplicação distribuída que controla operações de gerência e recebe notificações. O agente é a parte da aplicação distribuída que gere os objetos gerenciados a ele associados respondendo as operações solicitadas pelo gerente e emitindo notificações que refletem o comportamento do objetos.

A gerência de redes pode possuir dois comportamentos:

- um comportamento reativo, o qual avisa o gerente sobre os problemas ocorridos na rede para que este providencie sua solução;

- um comportamento proativo, que se caracteriza pela capacidade da gerência em detectar problemas que possam ocorrer e de determinar medidas para evitá-los.

Na gerência proativa, ou o agente verifica tendências de problemas na rede e então notifica o gerente, ou então o gerente requisita ao agente que seja realizada alguma operação. O presente trabalho enfatiza o primeiro aspecto, pois é mais característico do comportamento proativo.

As tarefas básicas de gerência, simplificadamente, são obter informações da rede, tratar estas informações afim de que possibilitem um diagnóstico, e encaminhar as soluções dos problemas. Para cumprir estes objetivos, as funções de gerência devem ser embutidas nos diversos componentes de uma rede, possibilitando descobrir, prever e reagir a problemas. Para resolver os problemas associados à gerência em redes, a ISO através do OSI/NM (*Open System Interconnection/Network Management*) propôs três modelos:

- O Modelo Organizacional: que estabelece a hierarquia de sistemas de gerência em um domínio de gerência, dividindo o ambiente a ser gerenciado em vários domínios;

- O Modelo Informacional: que define os objetos gerenciados, as relações e as operações sobre estes objetos. Uma MIB é necessária para armazenar os objetos gerenciados;

- O Modelo Funcional: o qual descreve as funcionalidades de gerência como: gerência de falhas, de configuração, de desempenho, de contabilidade e de segurança.

Devido a exigência crescente dos serviços utilizarem grandes larguras de banda para a transmissão de dados, existe hoje uma forte tendência no uso de redes que dêem suporte a estas novas tecnologias. *Assyncronous Transfer Mode* (ATM) [9] é uma tecnologia digital em redes capaz de transportar todos os tipos de dados (texto, imagem, vídeo, voz) de forma integrada (RDSI - Redes Digitais de Serviços Integrados), possibilitando a multimídia, que necessita de redes capazes de trabalhar com altas taxas de transmissão.

As redes ATM são estruturadas em diversos planos, como por exemplo, plano do usuário e plano de gerência. No plano de gerência, os problemas de gerência são similares aos da arquitetura OSI. As funções de gerência são estruturadas em cinco níveis associados às camadas física e ATM. O escopo deste trabalho compreende principalmente a gerência relacionada a falhas e desempenho dentro do plano de gerência da camada ATM [10].

3. Emprego de Técnicas de Inteligência Artificial

A IA [11, 12] pode ser associada a gerência de redes com o intuito de contribuir na melhoria da qualidade dos serviços oferecidos, que tornam-se cada vez mais complexos. Dentre as contribuições da IA, pode-se salientar a possibilidade do raciocínio e da aquisição de conhecimento através do uso de uma máquina de inferência.

A aquisição de conhecimento envolve a extração e a formulação do conhecimento de um especialista para o uso em um sistema especialista. Assim como um especialista expressa seu conhecimento, um engenheiro de conhecimento o representa através de um conjunto de regras heurísticas, que quando codificadas tratam as informações com maior eficiência. Deste modo, a obtenção destas regras é um importante passo na aquisição de conhecimento.

A máquina de inferência seleciona e aplica uma regra apropriada durante cada passo do sistema especialista, manipulando a base de conhecimentos. A máquina de inferência pode basear-se em premissas ou itens elementares de informação, tentando alcançar um objetivo. Neste caso, a busca percorre um caminho para a frente, isto é, *forward.* A máquina pode também basear-se em um objetivo e verificar as premissas necessárias usando os fatos envolvidos para chegar a uma conclusão. Neste caso, a busca percorre um caminho para trás, isto é, *backward.* As máquinas de inferência que usam ambas abordagens são as que geralmente conseguem obter maior sucesso, onde na maioria dos casos, as escolhas realizadas no processos de inferência são reproduções do procedimento que um humano realizaria.

Em um sistema especialista, o conhecimento do domínio de um problema é estruturado separadamente dos procedimentos de solução do problema. Ou seja, de um lado, a base de conhecimento armazena o conhecimento especializado, e do outro lado, a máquina de inferência organiza os objetivos e os passos para obtê-los. Esta estruturação é chamada de Sistema Baseado em Conhecimento. A base contém fatos e regras, e a máquina de inferência decide como aplicar essas regras e em que ordem, e assim obter novos conhecimentos. Tal estruturação permite a utilização da mesma máquina de inferência sobre várias bases de conhecimento distintas.

4. Implementação do Sistema de Gerência Inteligente

Inicialmente o Agente Inteligente Proativo foi especificado formalmente com o uso da Técnica de Descrição Formal LOTOS [13] e validado com o uso de ferramentas LOTOS.

Para a validação das especificações foram gerados os autômatos (Label Transitions Systems - LTS) correspondes as duas especificações do agente: uma em um nível maior de abstração e a outra em um nível menor de abstração (especificação mais refinada). A verificação de equivalência entre estas duas especificações é uma prova formal de que o refinamento foi correto.

- LTS correspondente a especificação em um maior nível de abstração (**proa.aut**)

```
des (0, 10, 7)                  (2, BASELINE_DATA, 4)           (4, i, 6)
(0, OPERAT, 1)                  (3, i, 0)                       (5, NOTIF, 0)
(0, MO_NOTIF, 2)                (3, i, 5)                       (6, NOTIF, 0)
(1, BASELINE_DATA, 3)           (4, i, 0)
```

- LTS correspondente a especificação em um menor nível de abstração (**proagent.aut**)

```
des (0, 22, 18)                 (4, i, 6)                       (8, i, 12)
(0, MO_NOTIF, 1)                (5, BASELINE_DATA, 7)           (9, i, 13)
(0, OPERAT, 2)                  (6, BASELINE_DATA, 8)           (10, NOTIF, 14)
(1, i, 3)                       (7, i, 9)                       (11, i, 15)
(2, i, 4)                       (7, i, 10)                      (12, NOTIF, 16)
(3, i, 5)                       (8, i, 11)                      (13, i, 17)
```

- Resultado da verificação de equivalência (quanto a observação) dos dois LTSs:

```
aldebaran –oequ proa proagent
```

TRUE

Após a especificação e validação formal deste sistema de gerência proativo para redes ATM, foi utilizado o *software* Kappa para sua implementação. O Kappa é uma *shell* para o desenvolvimento de sistemas especialistas, cujo funcionamento é baseado em regras de produção e *frames*. Deste modo, não foi necessário a implementação da máquina de inferência, uma vez que esta já está embutida na própria *shell*.

Para a implementação do sistema de gerência proativo para redes ATM, além das classes que o Kappa oferece quando um novo sistema é iniciado, duas novas classes foram criadas: Gerente e Agente Inteligente. O Agente1 é uma instância da classe Agente. Ressalta-se que neste trabalho apenas três objetos gerenciados foram implementados para demonstrar a funcionalidade do sistema (Agente Inteligente). Adicionar novos objetos torna-se uma tarefa trivial, pois basta que novos *slots* sejam acrescidos à Classe Agente. Veja a Figura 4.1.

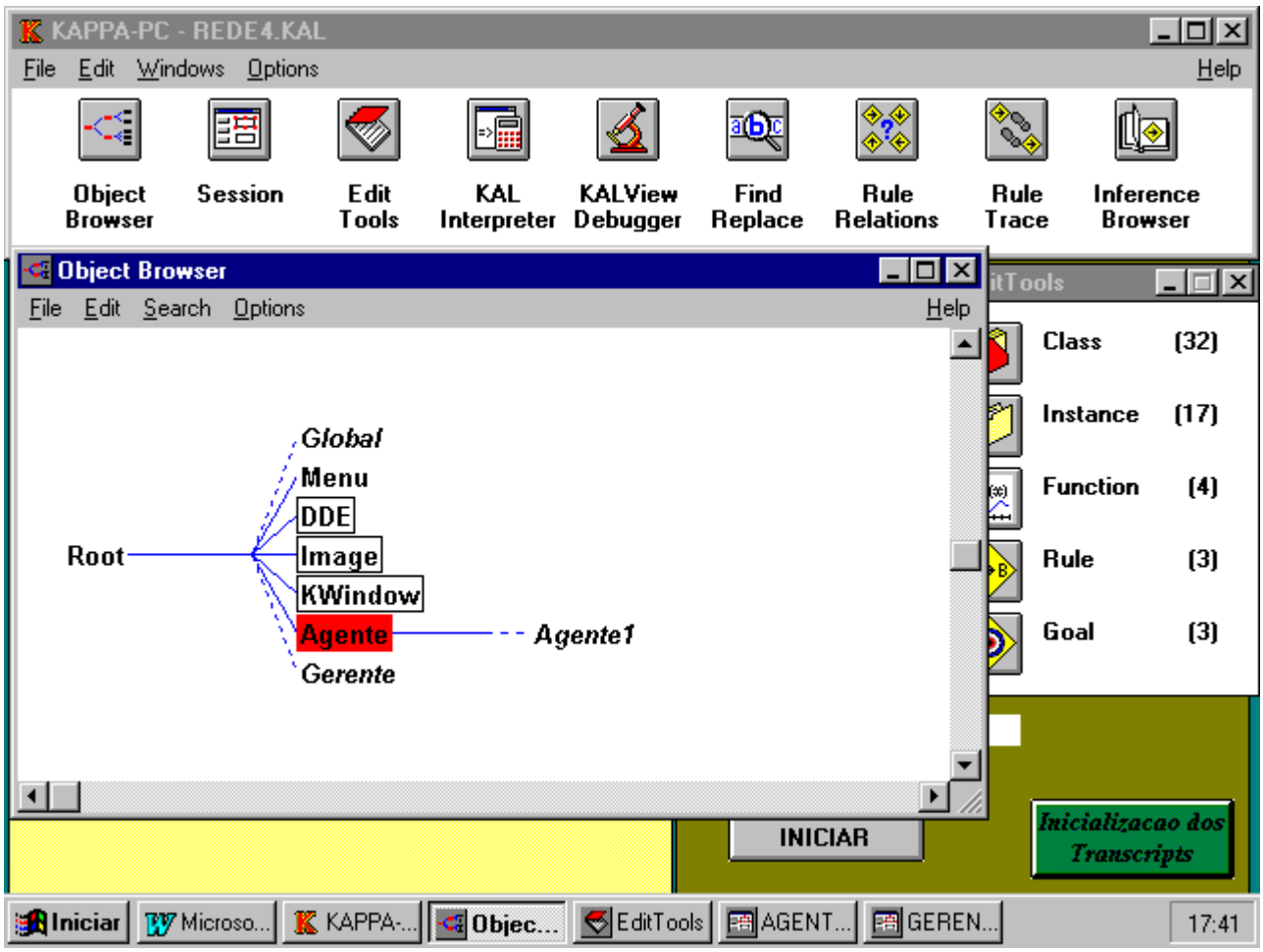

Figura 4.1 - Estruturação das classes do sistema de gerenciamento.

O sistema de gerência apresentado neste trabalho é um sistema híbrido, no qual utilizou-se

- *frames* para a representação do conhecimento na forma de *slots*;
- regras de produção para suportar o raciocínio do conhecimento.

O uso de *frames* e *slots* pelo Kappa é adequado devido sua similaridade a orientação por objetos [14]. Veja um exemplo desta utilização no sistema de gerenciamento na Figura 4.2.

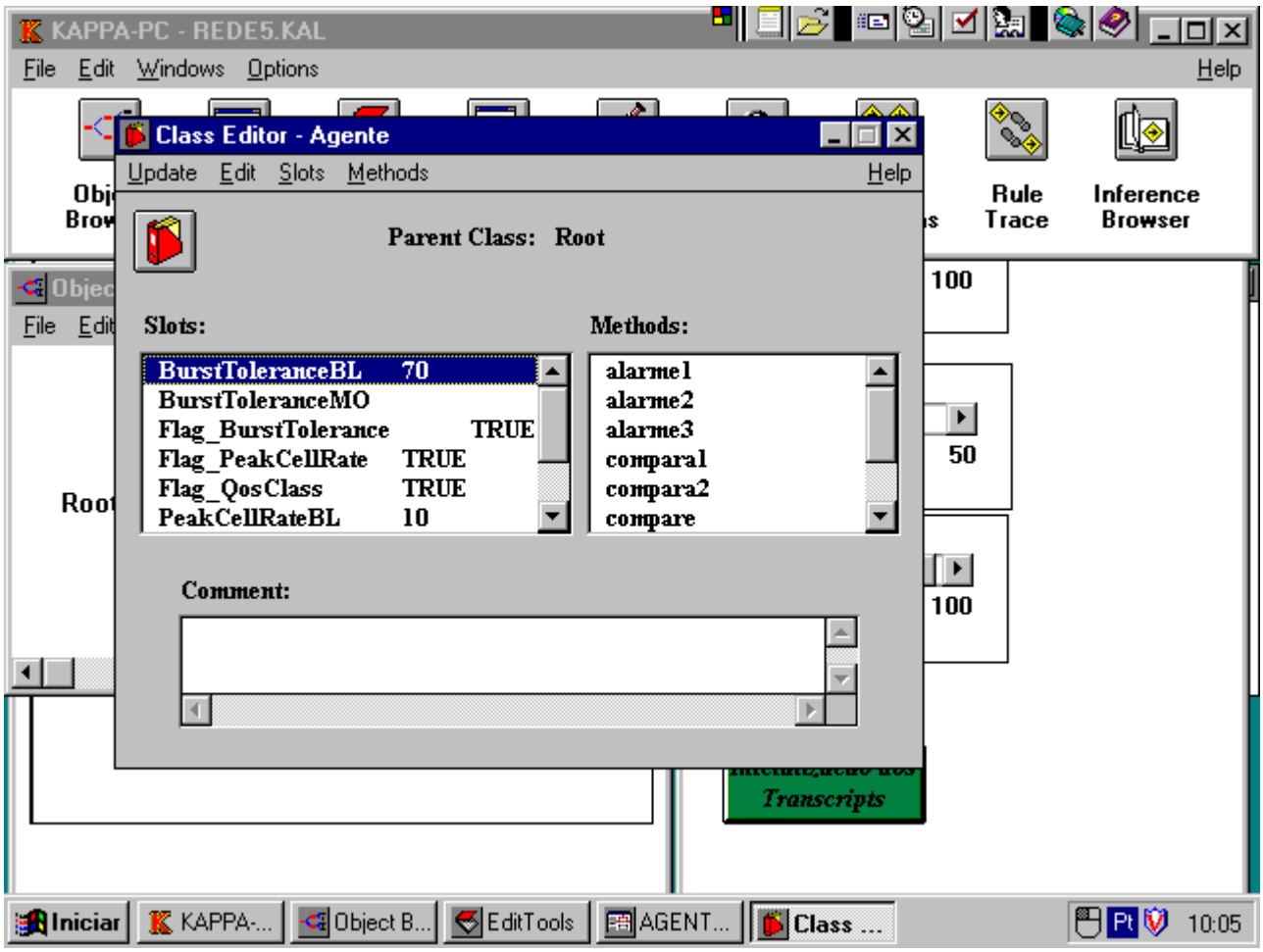

Figura 4.2 - Uso de *frames* e *slots*.

Já o uso de regras de produção é adequado devido a possibilidade de implementação tanto do raciocínio *forward*, bem como, do raciocínio *backward*.

Geralmente o raciocínio *forward* é mais adequado no emprego na solução de problemas associados com simulação, enquanto o raciocínio *backward* é mais adequado no emprego na solução de problemas associados com diagnóstico. Veja a Figura 4.3.

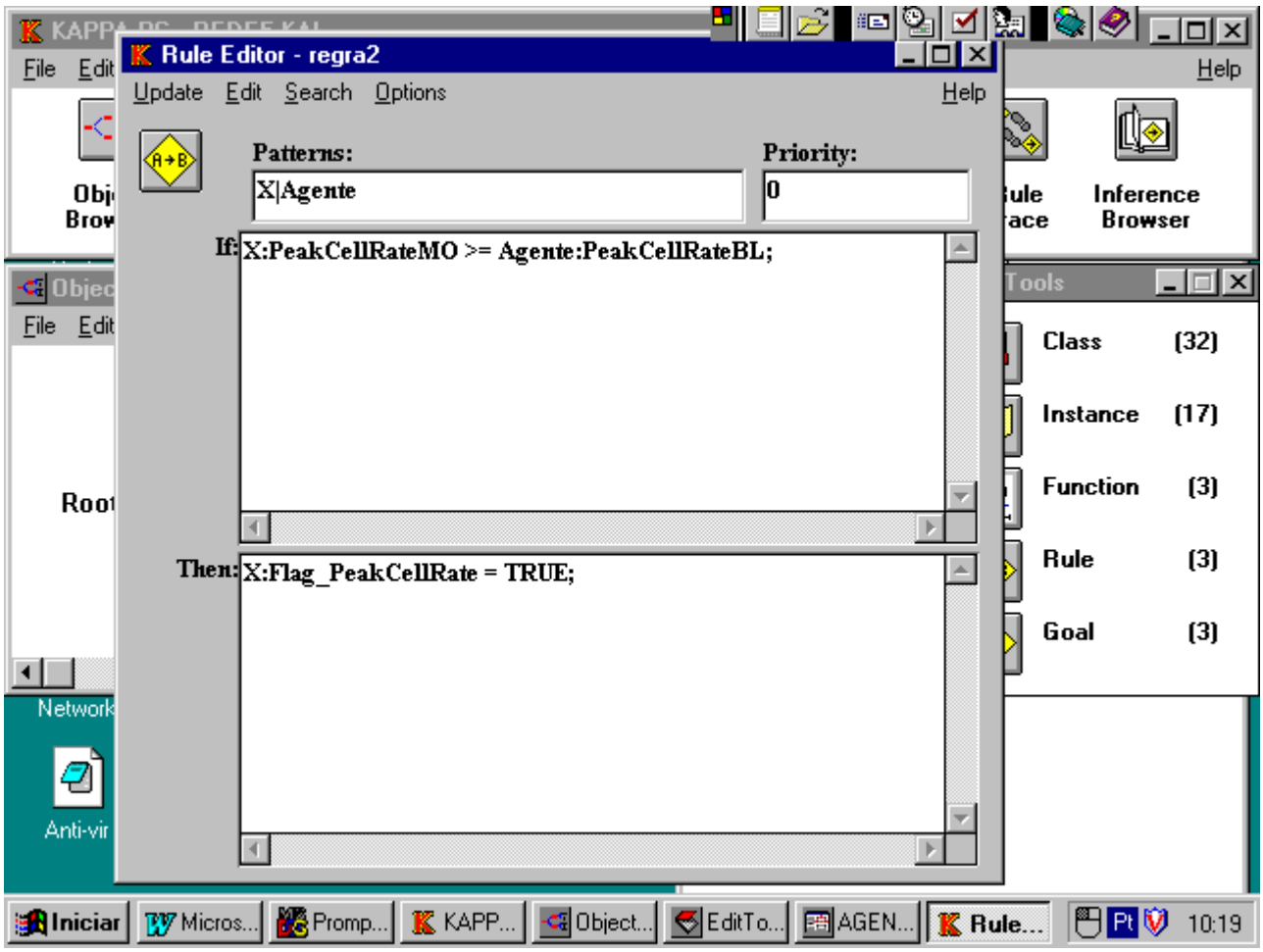

Figura 4.3 - Uso de regras para implementar o raciocínio *forward*.

Os objetos [15,16] contidos nos *slots* e acessados através das regras de produção podem ser classificados segundo os critérios apresentados a seguir:

- Critério comportamental (cc): um objeto pode representar informações estáticas (e) ou dinâmicas (d). Objetos estáticos representam informações que não variam freqüentemente com otempo. Tais informações caracterizam a configuração da rede gerenciada (o tipo do computador gerenciado - computador, hospedeiro, ponte, roteador - o número de interfaces/portas em um roteador, o endereço físico de um componente da rede). Os objetos dinâmicos representam as informações que variam com o tempo, relacionadas geralmente com mudanças de estados ou com informações estatísticas da rede (média de pacotes transmitidos por unidade de tempo, taxa de erros de transmissão e recepção em uma interface);

- Critério de modificação (cm): um objeto gerenciado pode permitir - alterável (a) - ou não alteração - nao alterável (na) - de seu conteúdo;

- Critério funcional (cf): um objeto pode ser classificado a uma ou mais áreas funcionais de gerenciamento. Um objeto pode ser associado ao gerenciamento de configuração (cf), falhas (f), desempenho (d), contabilização (c) e/ou segurança (s).

Este trabalho enfatiza a gerência de falhas associada à gerência de performance.

Os objetos apresentados como exemplo neste trabalho estão em conformidade com o modelo TMN definido pelo ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunications) [M3.100].

Veja na Figura 4.4 o Sistema em funcionamento. Esta Figura apresenta o Agente Inteligente monitorando os valores de Rajadas, Pico de Células e Qualidade do Serviço, verificando a tendência a degradar a rede.

Desta forma, o Gerente recebe os respectivos alarmes (Alerta Tolerância a Rajadas, Alerta Pico Máximo de Células em uma Conexão, Alerta Qualidade do Seviço) e apresenta o alarme de "Alerta de Existência de Problemas na Rede" com a informação "Rede com Problemas" para o gerente da rede.

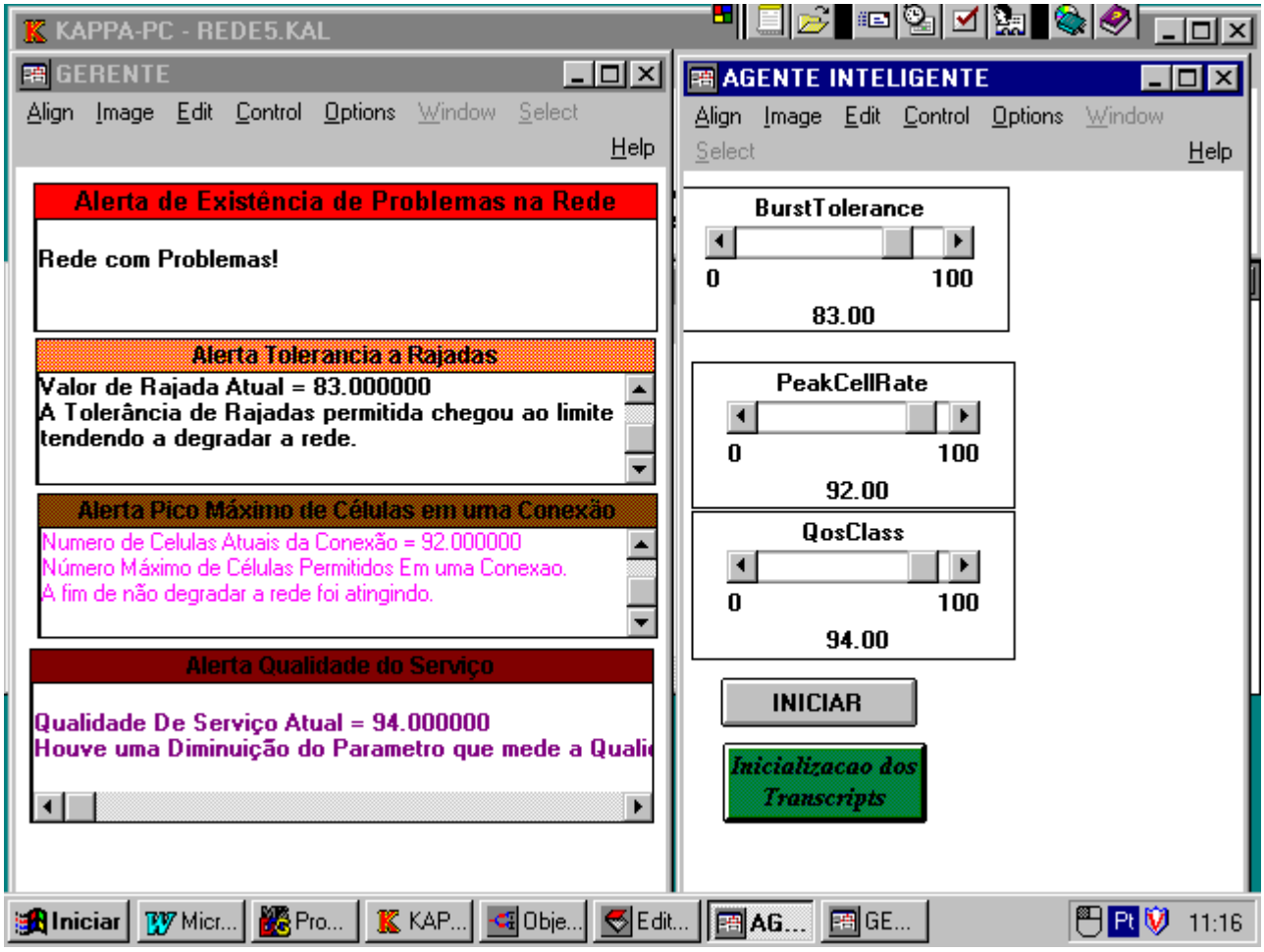

Figura 4.4 - Sistema de gerenciamento com o agente inteligente e o gerente.

Mais especificamente, o funcionamento do sistema é como segue:

- O Agente Inteligente é um agente remoto que apresenta um comportamento proativo monitorando os três objetos gerenciados, os quais estão representados na Figura 4.4 através dos três *slides* Espaço (existe uma quota que quando ultrapassada dispara um alarme pois tende a degradar a rede), Velocidade (existe um valor de números de pacotes por segundo que quando atingido dispara o alarme correspondente pois existe uma tendência de degradar a rede) e Usuários (existe um número de usuários que quando atingido dispara o alarme correspondente);

- Toda vez que um dos valores dos objetos for modificado as regras são disparadas. Caso a regra verifica a existência da tendência de degradação (um valor foi atingido), um *flag* é setado. De acordo com os *flags* (F*lag_BurstTolerance, Flag_PeakCellRate, Flag_QosClass*), um procedimento é executado a fim de que os alarmes sejam disparados;

- O Gerente recebendo os alarmes, com seus respectivos valores dos objetos, apresenta o alarme com a informação de que a Rede está com Problemas. Isto corresponde a uma sugestão para que o administrador da rede tome as devidas providências, evitando assim, que a rede sofra um processo de degradação;

- O botão INICIAR serve para setar os valores das variáveis correspondentes aos objetos gerenciados;

- O botão de Inicializar os *Scripts* serve para limpar as áreas onde as mensagens são apresentadas na tela, indicando o início de uma nova monitoração.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho propõe uma solução para melhorar a performance na gerência de redes de telecomunicações de alta velocidade (ATM), dentro da filosofia de gerência proativa (reação quando observa-se uma tendência de degradação na rede, não esperando por uma solução apenas reativa de um dado problema). Inicialmente a experiência prática vai ser realizada no Laboratório de Redes e Gerência da UFSC, que adquiriu recentemente uma placa ATM.

Deve-se salientar que este trabalho ganha relevância por agregar os benefícios da simulação às técnicas de IA dentro do Kappa, já que assim, obtém-se informações de maneira fácil (*shells* prontas) e eficiente (portável). As informações obtidas no Kappa por módulo inteligente são posteriormente portáveis para uma plataforma de gerência que tenha sido desenvolvida em C/C++. Convém colocar que desconhece-se outros sistemas de gerenciamento proativo relacionado com esta abordagem que utiliza o software Kappa.

É importante salientar também, que este trabalho demonstra a importância não só da gerência proativa, mas da sua correta implementação, já que de acordo com a aplicação (das diversas áreas de gerenciamento) existe uma técnica de raciocínio mais adequada (por exemplo, *forward*, *backward*). Pode-se adiantar que o raciocínio *forward* é adequado para sistemas com simulação e o raciocínio *backward* é adequado para sistemas que envolvem diagnóstico.

Como o presente trabalho envolve tanto simulação como diagnóstico, ambos os raciocínios podem ser utilizados. Neste trabalho optou-se pelo raciocínio *forward*, porém o raciocínio *backward* pode ser futuramente implementado, dando continuidade a este trabalho. Isto possibilitaria uma comparação da performance de cada método de raciocínio para esta aplicação.

Em acréscimo, dando continuidade a este trabalho, serão implementadas DLLs que posteriormente poderão ser incorporadas à Plataforma OSIMIS para a construção do elemento de rede inteligente a ser utilizado na rede em implantação na UFSC. Tal rede é composta por dois switches IBM 8620 e um Bay Network Centillion 100.

6. Referências

[1] MELLO, B.A.; RISO, B. G.; NOTARE, M. S. M. A; Utilização de LOTOS no projeto de agentes portáveis para gerência de redes. III Semana da Pesquisa - Painel n.300, UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianóplis, SC, 06-10/11/95, p. 62 (resumo).

[2] NOTARE, M. S. M. A; RISO, B. G.; LORENA, P. S.; PENNA, M. C. de O.; WESTPHALL, C. B. Formal Design of a Management System for Heterogeneous Networks. Faculdad de Ingenieria de Montevideo. IIIas Jornadas de Informática e Iinvestigación Operativa, VI Encuentro del Laboratorio de Ciencia de la Computación. Montevideo, Uruguai, 12-14/12/96.

[3] WESTPHALL, C. B.; RISO, B. G.; NOTARE, M. S. M. A; PENNA, M.C.P.; LORENA, P.S.; MARTINS, J.S.B. Alternativas e Visão de uma abordagem para uma plataforma de Gerência de Redes. UFC, UECE e CEFET-CE. XIV SBRC, 14º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, I WGRC - Workshop de Gerência de Redes de Computadores, Fortaleza, 20-23/05/1996.

[4] NOTARE, M. S. M. A; RISO, B. G.; LORENA, P. S.; PENNA, M. C. de O.; WESTPHALL, C. B. Projecto Formal de una Plataforma para Gerenciamiento de Redes de Telecomunicaciones. Computer Science Department of the School of Engineering of the University of Buenos Aires. III International Congress on Information Engineering, Buenos Aires, Argentina, 16-17/04/1997.

[5] NOTARE, M. S. M. A; RISO, B. G.; LORENA, P. S.; PENNA, M. C. de O.; WESTPHALL, C. B. Formal Design of a Telecommunications Networks Management System. AT&T, IEEE ISCC'97 - International Symposium on Computers and Communications, Alexandria, Egito, 07/1997. (Trabalho aceito).

[6] NOTARE, M. S. M. A; RISO, B. G.; LORENA, P. S.; PENNA, M. C. de O.; WESTPHALL, C. B. Formal Design of a Platform for Telecommunication Heterogeneous Networks Management. University of Western Sydney - Department of Computing, Nepean, Austrália, DSOM'97 - 8th IFIP/IEEE International Workshop for Distributed Systems Operations and Management, Sydney, Austrália, 10/1997. (Trabalho aceito).

[7] DE FRANCESCHI, A. S. M.; NOTARE, M. S. M. A; RISO, B. G. Uso de ferramentas LOTOS no desenvolvimento de um agente remoto. II CIT - Congresso de Informática e Telecomunicações, Cuiabá, MT, 04-08/09/95.

[8] ROCHA, M.A. "Proactive Management to Computer Networks Using Agents and Artificial Intelligence Techniques", in Proceedings of the *Fifth IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management*, San Diego, California, USA, 05, 1997.

[9] PRYCKER, M. DE. Asynchronous Transfer Mode. Series Editor. Ellis Horwood Limited, 1991.

[10] ASSOUL, M. S.; WESTPHALL, C. B. "Broadband Network Management Issues: ATM Network Management". IBCN&S, Copenhagen, 1993.

[11] RICH, E.; KNIGHT, K. Inteligência Artificial. Ed. Makron Books, 2ª edição. Pp. 506.

[12] VAN LE, T. Techniques of Prolog Programming - with Implementation of Logical Negation and Quantified Goals. John Wiley & Sons, Inc, 1993.

[13] ISO: Information processing systems - Open Systems Interconnection - LOTOS - A formal description technique based on the temporal ordering of observational behaviour, 1988.

[14] ROGERIO, K. O.; MACIEL, C.; NOTARE, M. S. M. A.; RISO, B.G.; WESTPHALL, C.B. Especificação LOTOS de Objetos Gerenciados. III INFTEL - Congresso Petrobrás de Informática e Telecomunicações. Rio de Janeiro, RJ, 02-06/12/96.

[15] DOMINGOS, M. Desenvolvimento de uma MIB para a Tecnologia ATM & SDH. CGCC, Florianóplis, 1995.

[16] CRUZ, F. A. da S. Development of a MIB ATM & SDH. Computer Science Department of the School of Engineering of the University of Buenos Aires. III International Congress on Information Engineering, Buenos Aires, Argentina, 16-17/04/1997.