

PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE TOPOLOGIAS DE REDES DE COMPUTADORES DE LONGA DISTÂNCIA, AUXILIADOS POR COMPUTADOR

Éder Manoel de Abreu

Departamento de Informática - EMBRAPA
Caixa Postal 04.0315 - CEP 70.770 - Brasília - DF
ema@di.ufpe.br

Paulo Xavier Ramos

Departamento de Informática - UFPE
Caixa Postal 7851 - 50732 Recife - PE
xavier@npd1.ufpe.br

Sumário

A ferramenta TOPWAN, para o projeto e otimização topológica de redes de computadores de longa distância é proposta, em termos de sua abrangência, metas, requisitos, interfaces e arquiteturas.

A ferramenta, que se encontra em estágio de desenvolvimento, apóia-se na potencialidade de sistemas especialistas para lidar com tarefas de diagnóstico e projeto.

Finalmente, são examinados alguns trabalhos correlatos e apresentados resultados preliminares.

Abstract

The TOPWAN tool, for topological design and optimization of wide area computer networks is proposed, in terms of its application scope, goals, requirements, interfaces and architectures.

The tool, which is in its development phase, rely on expert systems' ability to deal with diagnostic and design tasks.

Finally, related work are examined and preliminary results presented.

1 Introdução

A otimização de topologias de redes de computadores é um problema que, desde o advento da ARPANET até hoje, vem sendo abordado através de métodos heurísticos que levam a soluções comumente 5% abaixo da ótima, e cujos benefícios econômicos, conseguidos através de métodos que, mais eficientemente, chegam a resultados mais próximos ao ótimo, continua motivando pesquisas que visem melhores soluções. Existem vários trabalhos visando a modelagem do problema de forma a chegar à solução ótima através de métodos de programação matemática, mas dadas às dimensões assumidas por problemas reais, as heurísticas muitas vezes aparecem como a única alternativa viável.

Neste texto, descrevemos a proposta da ferramenta TOPWAN para o projeto de topologias de redes de computadores de longa distância, a ser pilotada por um sistema especialista, e a ser implementada em ambiente que suporte orientação para objetos.

Nesta proposta serão abordados vários pontos significativos, relativamente à concepção e implementação de TOPWAN, quais sejam:

1. Motivação e interesse;
2. Delimitação do problema / Abrangência da ferramenta;
3. Diretrizes de projeto e Metas a serem alcançadas;
4. Sistemas especialistas x Orientação a objetos;
5. Interface com usuário;
6. Prototipação/ Ambientes de implementação;
7. Especificação dos componentes do sistema;
8. Conclusão, considerações sobre trabalhos correlatos e resultados já obtidos;

A título de observação, a sigla "TOPWAN" provém da aglomeração de iniciais de "Topological Optimization and Design of Wide Area Computer Networks".

2 Motivação

Países do chamado primeiro mundo fazem uso intenso de redes de computadores. Algumas redes são gigantescas, assim como: USENET e ARPANET, chegando à casa dos milhões de usuários.

Uma vez que o Brasil ainda está passando por fases que em outros países já fazem parte da história, e de uma utilização crescente de redes de computadores ter sido uma tendência em vários países onde estas primeiro foram instaladas, esperamos que esta ferramenta venha a contribuir para um uso eficiente de redes de computadores neste país, aproveitando os acertos e evitando os erros do passado, através da fixação dos conhecimentos da área em uma base de conhecimentos de um sistema especialista, uma vez que este poderá apresentar, como a experiência tem demonstrado, um nível de competência comparado ao de experientes peritos humanos.

Em termos mais específicos, nosso interesse e motivação maior está em produzir uma ferramenta que efetivamente otimize o desempenho de redes de computadores de longa distância, em relação a critérios de desempenho pré-especificados, através da (re)configuração otimizada da topologia da mesma, superando os desafios de:

- Aproveitar a potencialidade dos sistemas especialistas (SEs) para fixação e recuperação de conhecimentos de peritos humanos, cujo trabalho é, em geral [19]: caro, perecível, difícil de transferir, difícil de documentar e de qualidade imprevisível;
- Fazer um melhor aproveitamento dos recursos computacionais modernos, assim como a capacidade gráfica, a capacidade de armazenamento e as opções em termos dos ambientes de implementação, que quando aplicados no auxílio de tarefas de projeto, permite que estes sejam gerados com melhor qualidade, em menor tempo, com menor custo e com maior flexibilidade.

3 Delimitação do Problema/ Abrangência da Ferramenta

Os problemas de projeto de topologia de redes de computadores que pretendemos abordar através da versão inicial da ferramenta TOPWAN estão associados a redes de **longa distância, distribuídas, com comutação de pacotes.**

O problema do projeto topológico de tal tipo de rede tem sido tradicionalmente considerado e resolvido através de sua decomposição em problemas menos complexos que o problema global, os quais são resolvidos isoladamente e em seguida novamente considerados em conjunto ("relaxation"), através de processos geralmente iterativos, que podem ter de ser repetidos muitas (centenas, milhares de) vezes até que as soluções isoladas das partes levem a uma solução também para o todo .

Existem muitos tipos de problemas relacionados ao tema que estamos tratando e cada um pode, ainda, apresentar-se sob várias circunstâncias, sujeitos ao atendimento de um conjunto particular de requisitos para cada caso real a ser considerado, de tal forma que a formulação exata de um problema é, em si mesmo, um problema não muito simples.

Por exemplo, o projeto da subrede de comunicação ("backbone") pode se dar com uma orientação para a minimização dos custos para um certo nível de desempenho, ou para uma maximização do desempenho a um custo fixo; o desempenho poderá ser medido através de vários tipos de critérios, assim como o tempo de resposta ou a vazão do sistema configurado; caso a escolha do critério recaia sobre o tempo de resposta, este ainda pode ser definido de várias maneiras, podendo resultar em uma restrição relacionada ao tempo médio de resposta, ou outra relacionada ao maior tempo de resposta que pode ser tolerado pelas aplicações que farão uso da rede, entre outros.

Pode acontecer, também de que a topologia a ser gerada tenha que obedecer a uma restrição de confiabilidade, assim como a exigência de que haja pelo menos duas rotas entre dois nós quaisquer (conectividade-dois).

A combinação entre todas as características que possam compor um modelo teórico do problema global, pode ser bem representada através de uma árvore de subproblemas, cujas folhas serviriam para a instanciação de problemas reais.

Considerando-se o que já foi exposto, sobre a dificuldade em se formular e solucionar um modelo completo do problema total de projeto de topologias de redes de computadores de longa distância, e reconhecido que a melhor tática para que se resolva o problema global é através de sua decomposição em problemas mais gerenciáveis, dadas a sua complexidade e dimensão, buscou-se formar um conjunto inicial de subproblemas a serem resolvidos através da ferramenta, com aqueles mais tipicamente relacionados a projetos de topologias de **novas** redes de computadores. A bibliografia básica consultada para a escolha do referido conjunto inicial foi: [1,17,11]. A estratégia adotada de selecionar apenas problemas que ocorrem no contexto de formação de novas redes, levou-nos à escolha dos seguintes problemas:

- Projeto da subrede de acesso, - por sua vez formado pelos subproblemas:

- Localizar concentradores (ou LC);
- Conexão multiponto de terminais a concentradores (ou LT, de "layout" de terminais);
- Projeto da subrede de comunicação ("backbone") - de maneira conjunta: Fixar as linhas de comunicação entre os IMPs ("Interface Message Processors"), suas capacidades e o fluxo de dados na rede;

O problema definido desta forma é também conhecido como um problema TCFA, de "Topology, Capacity and Flow Assignment", em razão de sua descrição e análise em [11], juntamente com as classes de subproblemas CFA, CA e FA, diferindo entre si no que diz respeito às variáveis que devem ser fixadas, quais sejam: os nós a serem interligados, as linhas a serem criadas, a capacidade das linhas, e a rota a ser seguida pelos dados;

Uma classificação abrangendo problemas menos freqüentemente tratados na bibliografia consultada, sua modelagem matemática e informações relativas a métodos de resolução existentes para cada classe encontra-se condensada em [13].

4 Metas / Diretrizes de projeto

As principais metas a serem atingidas com a ferramenta sendo proposta são:

- Solucionar, através de uma ferramenta dirigida por um SE, com eficiência próxima à de um perito humano, problemas de projeto topológico de redes de computadores previamente caracterizados, abrangendo as classes básicas de problemas listadas quando da delimitação do problema;
- Diminuir custos de projeto;
- Diminuir o tempo de projeto;
- Aumentar a flexibilidade da elaboração e alteração de projetos;
- Aproveitar as vantagens que os SEs oferecem quando comparados com especialistas humanos, quais sejam [19]: menor custo, não perecimento, consistência (lógica sem interferência de sentimentos), maior facilidade de duplicação e documentação.
- Aproveitar a potencialidade e flexibilidade dos ambientes e técnicas atuais de implementação de aplicações do porte e da complexidade da que estamos propondo, na produção de uma ferramenta cujo desempenho atenda aos seguintes requisitos:

- Extensibilidade - a ferramenta deve prover mecanismos flexíveis principalmente no que diz respeito à inclusão de novos módulos e alteração dos já existentes.

A razão desta necessidade é que, em não existindo um método prático de resolução para o problema completo do projeto topológico de redes de computadores de longa distância, envolvendo todos os subproblemas possíveis, e em todos os contextos possíveis, a implementação deve ter uma arquitetura tal que permita que a aplicação evolua incremental e disciplinadamente, de modo a produzir soluções, de maneira gradual, para um número cada vez maior de problemas;

- Eficiência - O problema em referência é de natureza complexa, pelo número de variáveis a serem consideradas no processo de projeto. A verificação exaustiva das soluções potenciais é, na maioria das vezes, inviável, exigindo que as soluções sejam buscadas de maneira eficiente. A eficiência da ferramenta poderá ser avaliada, principalmente, através da diminuição do tempo e custo dos projetos quando for utilizada como auxílio;
 - Amigabilidade - Redes de computadores são comumente apresentadas através de desenhos, de grafos. Uma vez que recursos gráficos para microcomputadores modernos são conseguidos a custos adicionais baixos, relativamente ao preço total do equipamento, quando já não são incorporados à configuração básica comercializada pelos fabricantes, tal tipo de recurso deverá ser utilizado na apresentação dos resultados obtidos no processo de projeto, facilitando a interação entre o projetista, os requisitantes do projeto e a máquina;
- Equipar o projetista para o processo do projeto, facilitando-o de várias maneiras:
 - gerando soluções automaticamente;
 - fornecendo um conjunto de programas individualmente ativáveis, de modo a comprovar se hipóteses levantadas por observação são verdadeiras;
 - facilitando a apresentação de resultados;
 - liberando-o para que concentre seus esforços em tarefas mais nobres, assim como a supervisão do processo, o controle da qualidade, a análise de custos/benefícios, etc.

5 Sistemas Especialistas X Orientação a Objetos

Para atingirmos todas as metas estabelecidas para a ferramenta, foram tomadas duas decisões que em muito influenciaram a estruturação da ferramenta tal como será descrita no decorrer deste texto:

- Diagnosticar o problema e mapeá-lo, subseqüentemente, a um método de resolução, através de SEs;
- Implementação com abordagem de orientação para objetos.

Tais decisões se deram em conclusão a uma análise de adequabilidade para o tratamento do problema por SEs, e a ponderações sobre a possibilidade da utilização conjunta do paradigma de orientação a objetos, na consecução de um melhor nível de extensibilidade e de reaproveitamento de código, que possibilitem o crescimento gradual do sistema em referência.

Uma análise de adequabilidade do uso de SEs no desenvolvimento de aplicações é geralmente orientada no sentido da verificação de alguns requisitos cujo atendimento, pela aplicação em análise, dá bons indícios da adequação.

Os requisitos levados em consideração foram tomados de [19,3,12], e são os que seguem:

1. A tarefa deve ser cognitiva;
2. Métodos de resolução compostos de controle complexo e fracamente estruturado;
3. A quantidade de tempo que um perito humano leva para resolvê-lo está entre uns poucos minutos ou uns poucos dias;

4. Requer soluções heurísticas;
5. Exija raciocínio dedutivo e processamento simbólico;

Observações relacionando tais requisitos à atual proposta não foram incluídas por falta de espaço, mas julgamos que o perfil da aplicação atende, plenamente, os requisitos listados.

Em relação à decisão de utilização de uma linguagem para desenvolvimento que permita orientação para objetos, ainda que esta seja praticamente dirigida por um SE - como deixaremos claro oportunamente, justifica-se em função do melhor nível de reaproveitamento de código que se consegue através da utilização dos mecanismos de herança, encapsulamento e polimorfismo, que caracterizam linguagens pertencentes a este paradigma.

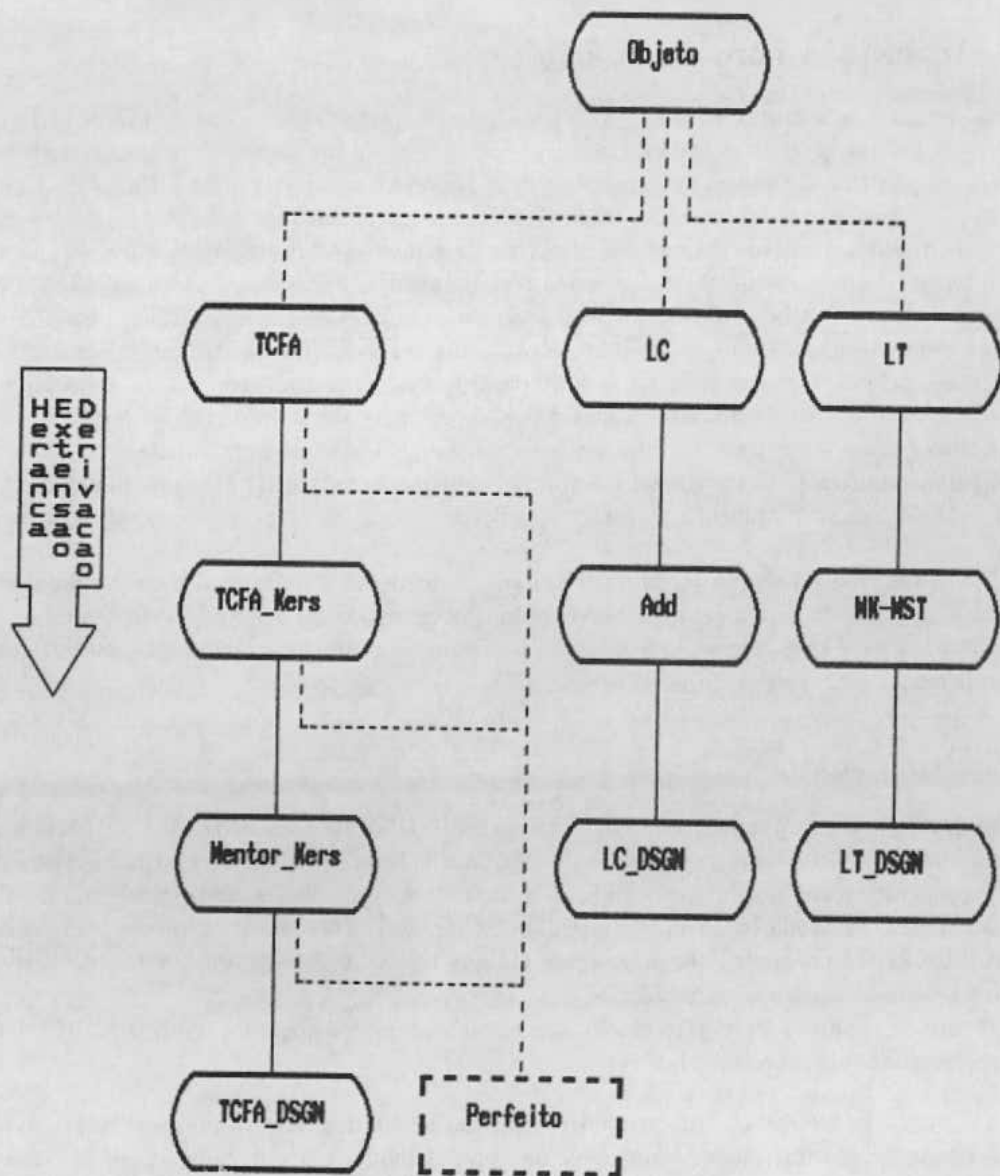
O encapsulamento das estruturas de dados e das operações úteis sobre estas estruturas em um objeto é um mecanismo efetivo de modularização e (também) de abstração, e por isso colabora na geração de código mais facilmente reaproveitável. Iremos exemplificar a estratégia de utilização do mecanismo de herança acima citado, através de considerações sobre a implementação do algoritmo Mentor [10], a ser utilizado na resolução de problemas do tipo TCFA. O mecanismo de polimorfismo exigiria que se entrasse em um nível maior de detalhes sobre a implementação, e por isso não será exemplificado. Não haverá muito investimento na implementação de tipos abstratos de dados, que são mecanismos que permitem que se consiga desvincular parte do código fonte da representação física das estruturas de dados que processam, uma vez que o ganho que se tem com o nível de reaproveitabilidade do código não se considera mais importante do que a rapidez que se espera imbuir à ferramenta, principalmente em se tratando dos métodos de resolução.

Considere-se a figura 1, em anexo, a ser descrita em seguida, representando uma estratégia de utilização do mecanismo de herança para geração de código mais facilmente reaproveitável, levando-se em conta a necessidade de se prover uma estrutura para a ferramenta que facilite sua extensão gradual. Esta técnica de implementação permite, por exemplo, que a incrementação da ferramenta, através da adição do método de resolução fictício "Perfeito" para problemas do tipo TCFA poderia ser facilitada pelo aproveitamento, no mínimo, dos elementos componentes do objeto TCFA, embora a possibilidade de aproveitamento dos objetos TCFA_Kers ou mesmo do Mentor resultariam em uma diminuição do esforço necessário para a implementação do novo módulo.

Na sequência da implementação, o objeto TCFA é inicialmente implementado, representando a classe dos problemas TCFA, tal como considerado originalmente em [11]. O objeto TCFA_Kers é criado a partir do TCFA, através de um mecanismo denominado derivação - a ser explicado em seguida, herdando todas as estruturas e métodos da "classe base" (terminologia de ambiente C++ para significar o módulo que está sendo usado na geração de um outro). O novo objeto TCFA_Kers, estende o primeiro, com estruturas de dados e métodos novos, a atuarem sobre o problema a partir da presunção da validade de certas premissas e princípios, tal como definidos em [10], de tal modo que se um problema real apresenta um contexto que combine com o definido neste objeto, poderá vir a ser considerado como uma instância deste objeto, correspondendo a um modelo de problema, para o qual haverá um método de resolução adequado: o Mentor.

A utilização do mecanismo de derivação, o qual permite que a classe derivada herde parcial ou totalmente a classe base, justifica-se em função da necessidade de um rápido acesso (quanto mais rápido melhor, uma vez ser geralmente muito grande o número de operações que a maioria das heurísticas conhecidas efetua sobre dados de problemas deste tipo) aos dados do problema. Caso as duas entidades fossem criadas como objetos separados, a maneira padronizada de acesso aos dados referidos seria através do envio de uma mensagem à classe

Figura 1 - Utilização do mecanismo de herança na extensão gradual do aplicativo



base, requisitando o(s) dado(s), o que corresponde a ativação de um método, com, no mínimo, todos os "overheads" que uma chamada de subrotina em uma linguagem procedural causa.

Finalmente, o objeto Mentor (da classe dos solucionadores) é derivado da classe base TCFA-Kers, herdando, portanto, a definição do problema a ser resolvido, enquanto incorpora estruturas de dados e métodos que, atuando sobre os elementos herdados, são capazes de produzir uma topologia potencial para a rede.

A extensão da aplicação poderia continuar, agora usando-se como base o objeto Mentor, gerando um objeto (TCFA_DSGN - "DSGN" de "DeSiGner") que correspondesse a um método de resolução mais rigoroso na topologia final produzida, e capaz de lidar com restrições.

Esta mesma estratégia de encapsulamento de dados e métodos em classes, que representem um problema específico, a serem posteriormente herdadas pelos algoritmos a produzirem a solução desejada, serão usadas para os problemas LC e LT.

6 Interação com o usuário

Considerando-se a arquitetura de TOPWAN tal como graficamente representada na figura 2, o processo de projeto através da ferramenta pode ser resumido da seguinte forma: o projetista inicia uma sessão de projeto, ativando o SE - representado por Piloto e Bases de Conhecimento; o SE requisita informações do projetista a respeito das variáveis de projeto, requisitos de desempenho, recursos disponíveis e outros; os dados são armazenados para uso posterior pelo motor de inferência e pelos métodos de resolução; o SE passa a executar o processo de inferência para concluir sobre o melhor processo de modelagem e estimação de parâmetros, o que resulta na definição da melhor estratégia a ser adotada na resolução (um mixto de diagnose, seleção e mapeamento); o controle é passado, então, para um ou uma sequência de algoritmos de resolução, conforme o mais apropriado, de acordo com os dados até então captados - estes algoritmos estão agregados sob uma "Caixa de Ferramentas"; o SE verifica se a solução encontrada já está em um formato adequado para o GEMS, providenciando para que esteja - isto possibilitará que alterações possam ser feitas no grafo gerado, através do editor.

Uma vez que a solução já tenha sido dada, o projetista ainda terá a opção de alterar a topologia, segundo hipóteses que lhe venham a ocorrer por observação, e em seguida ativar, de maneira estanque, algoritmos que lhe forneçam alguma informação útil, assim como o tempo médio de resposta da rede, após a última alteração feita.

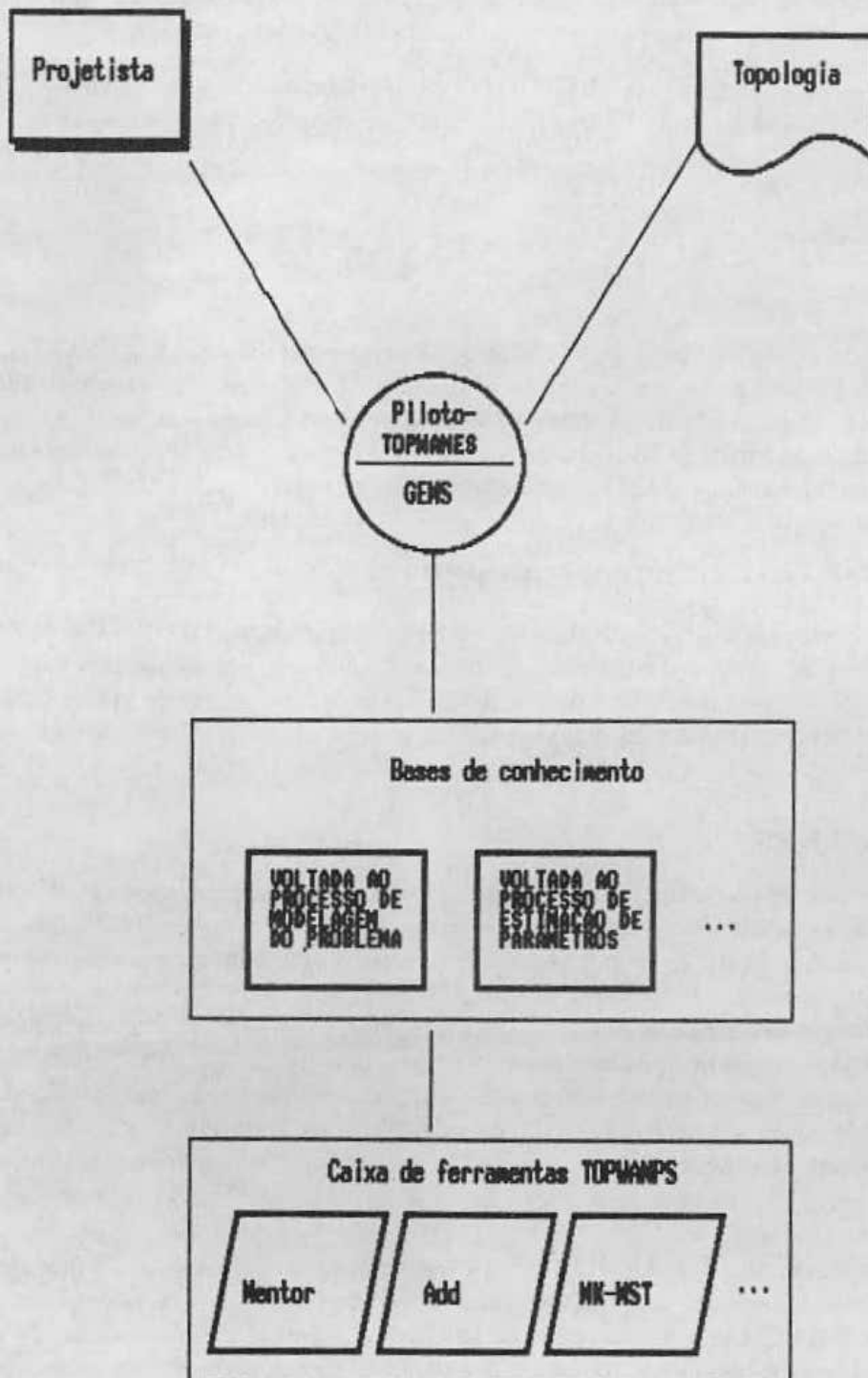
7 Prototipação

A necessidade da implementação em paralelo do TOPWAN com o HELP.EXPERT, e dado que o último será um dos componentes do TOPWAN, levaram-nos a adoção de uma estratégia de prototipação que permitisse a implementação e teste de todos os objetos do TOPWAN. Desta forma, em relação ao motor de inferências, será utilizada uma versão preliminar do HELP.EXPERT em lógica de proposição, até que seja completada uma versão definitiva em lógica de predicados, não-monotônica.

Todos os módulos serão implementados em micocomputadores da linha IBM PC, devido, principalmente aos seguintes fatores:

- Tempo de resposta: Em primeiro lugar as heurísticas serão desenvolvidas em C++, o que já garantiria um bom nível de compatibilidade, caso viesse a ser necessária a migração total ou parcial do subsistema TOPWANPS para, por exemplo, uma estação

Figura 2 - Modelo da ferramenta TOPWAN



de trabalho mais veloz, com ambiente UNIX. Além disto, uma heurística eficiente em uma máquina lenta, relativamente às opções de mercado, pode-se conseguir resultados muito mais rapidamente que através de uma máquina muito potente, rodando uma heurística ineficiente.

Considerando-se ainda o contínuo progresso (e investimento) em termos do aumento da velocidade de processamento sendo incorporada a microcomputadores, julga-se estas máquinas como boa opção para servir à implementação da ferramenta.

- Variedade de linguagens (ex. PROLOG, LISP, C++), ambientes de desenvolvimento e "shells" (OPS-5, EXPERT, PLUS, EXSYS, etc.) disponíveis para o equipamento [7];
- Resolução gráfica suficiente;
- Disponibilidade;
- Familiaridade;

A linguagem Prolog também será utilizada na implementação do TOPWANES, dado que esta linguagem trabalha em lógica de predicados, - mecanismo a ser suportado pelo HELP.EXPERT, enquanto todos os demais módulos serão implementados em C++.

Este tipo de integração de técnicas de projeto de SE com outras técnicas baseadas em computador são, não apenas saudáveis como recomendadas [12].

8 TOPWAN: Principais componentes

Os principais componentes do protótipo em implementação para o TOPWAN se interconectam conforme o arcabouço mostrado na figura 2, quais sejam: o sistema especialista TOPWANES (Motor de Inferências e Bases de Conhecimento), o editor de grafos GEMS e a caixa de ferramentas TOPWANPS. Uma especificação mais detalhada destes módulos é dada a seguir.

8.1 TOPWANES

Sistemas Especialistas são tradicionalmente definidos como programas aos quais foi incorporado uma grande quantidade de conhecimento a respeito de um campo específico do saber e cujo desempenho, na resolução de problemas pertinentes a este campo, possa ser comparado ao de um perito humano.

É necessário que se considere, ainda, que está implícita, à idéia de SE, uma certa facilidade para que o sistema possa evoluir de maneira gradual, pela adição de novos conhecimentos, sem que isto seja considerado um transtorno pela implementação das mudanças [3], uma vez que o conhecimento em um SE é organizado de tal modo que o conhecimento sobre o domínio do problema (base de conhecimentos), é mantido em separado de outros conhecimentos do sistema, como o conhecimento geral sobre como solucionar problemas, representado pelo motor de inferências [19].

Entre os motivos sugeridos em [19,12], que justificam o investimento na implementação de um SE, certamente o que mais se adequa é o retorno financeiro que poderá ser obtido com a sua utilização. Dado o alto custo da utilização de linhas de transmissão de dados, mesmo um pequeno ganho percentual sobre o desempenho de uma rede, que possa vir a ser obtido através do uso da ferramenta, pode significar um grande montante em dinheiro sendo economizado.

A análise do sucesso de vários sistemas especialistas já construídos, mostra que existem classes de problemas que são mais adequadamente resolvidos através de SE. Conhecer estas classes é importante, uma vez que o não enquadramento em uma das categorias pode ser um indício de que o problema seria melhor resolvido através de métodos tradicionais [3].

Pela análise das classificações dadas em [3,19], pode-se concluir que problemas de projeto, alocação de recursos e diagnose têm uma certa propensão a serem adequadamente resolvidos através de SE (além de problemas relacionados a planejamento, monitoração, reparo, instrução, etc.). As primeiras classes foram destacadas para frisar as atividades previstas para exercício do TOPWANES, e que se enquadram nas classes de problemas mais propícias ao enfoque, quais sejam: projeto otimizado da topologia, atribuição de capacidades às linhas de transmissão estabelecidas e mapeamento do problema às soluções possíveis.

8.2 GEMS

A necessidade de uma ferramenta que se prestasse à aquisição de conhecimentos melhor representados através de grafos e, em especial, a aquisição e apresentação de informações relativas a topologias de redes de computadores de maneira integrada ao projeto TOPWAN, e aquisição de redes semânticas, foi a motivação básica para o projeto e implementação do GEMS (Obs.: o nome foi formado com as letras iniciais de "Graph Edition Management System").

GEMS é um editor de grafos configurável, que permite que se adeque o ambiente de edição às convenções adotadas por diversos segmentos da ciência, na representação de seus sistemas específicos com formas de grafos.

A adaptabilidade do GEMS a ambientes de edição diversos, e as facilidades que oferece ao usuário em um processo de edição de grafos, tornam o GEMS uma ferramenta potente e apropriada para um processo de projeto topológico de redes de computadores, principalmente na apresentação gráfica das soluções encontradas, mas também pela possibilidade de se alterar esta apresentação gráfica e verificar, através da própria ferramenta, as conseqüências da alteração.

8.3 TOPWANPS

O módulo "TOPWANPS" ("PS" de "Problem Solver") consistirá de uma coleção de programas implementando diferentes algoritmos de resolução e rotinas de cálculo comuns ao processo de projeto.

A escolha dos algoritmos a serem implementados se dará na etapa de aquisição de conhecimentos para o sistema especialista, pelos peritos da área, através da análise do desempenho dos métodos aplicáveis a cada problema, onde os principais critérios de avaliação deverão ser a eficiência e completude.

Os principais problemas esperados na tarefa de aquisição do conhecimento são a escassez e dificuldade de acesso a estudos comparativos do desempenho entre os vários métodos existentes, e a provável necessidade de implementação das heurísticas conhecidas, e sua subsequente aplicação a casos - o que nos dará a oportunidade de medir e avaliar o seu desempenho.

Inicialmente, serão implementadas as heurísticas Mentor, Add e MK-MST ("Modified Kruskal's Minimum Spanning Tree"), tal como definidas em [10,17], a serem inicialmente implementadas para as classes de problemas TCFA, LC e LT, citadas anteriormente.

9 Conclusões

Propomos a abrangência, metas, arquitetura geral e ambiente de implementação da ferramenta TOPWAN - para auxílio em tarefas de projeto de redes de computadores de longa distância, baseados nas principais características de tal tipo de problema, em uma análise de adequabilidade para o tratamento do problema por SEs, e a ponderações sobre a possibilidade da utilização conjunta do paradigma de orientação a objetos, na consecução de um melhor nível de extensibilidade e de reaproveitabilidade dos programas que compõem o sistema.

Um SE para projeto de redes locais também está sendo desenvolvido dentro desta mesma filosofia, como parte do projeto global HELP, que integrará todas estas ferramentas, iniciado no laboratório MASI - Universidade Pierre et Marie Curie -Paris, desde então coordenado pelo professor Paulo Xavier Ramos [15].

Uma experiência bem sucedida, também para redes locais é o ELAND, descrito em [5], que inclui uma indicação dos produtos disponíveis no mercado como parte do projeto. Consideramos que, para redes de longa distância, apenas o projeto topológico já é um problema de dimensões tal que mereça a dedicação de um SE, embora a adição de um módulo desta natureza à ferramenta TOPWAN seja bastante provável, no futuro.

Em [18], o mesmo tipo de necessidade de aproveitamento das vantagens da programação em lógica e orientada a objetos, levou a uma busca de solução, basicamente, no sentido inverso : a linguagem Prolog foi estendida para permitir orientação para objetos.

A base de conhecimentos do SE será futuramente processada através do HELP.EXPERT - em um ambiente para criação e processamento de redes semânticas, em lógica não monotônica.

Um protótipo do editor de grafos GEMS foi desenvolvido, e encontra-se incorporado ao sistema na sua versão preliminar.

Em relação ao problema TCFA, soluções exatas para este problema serão obtidas através da resolução de um modelo matemático de programação mixta não-linear, através do "software" GAMS, para modelagem e resolução de sistemas algébricos [4]. Isto ocorrerá somente no caso da necessidade de alta precisão dos resultados (fase final do projeto) devido a consumir muito tempo de CPU. As regras que ativarão este modelo contêm na premissa fatos relativos à alta precisão desejada.

Um pequeno protótipo referente ao dimensionamento de redes de computadores de longa distância foi implementado inicialmente para testar todos os componentes do sistema especialista.

10 Referências

- [1] - Ahuja, Vijay; Design and Analysis of Computer Communication Networks; McGraw-Hill Book Company; 1982.
- [2] - Benchimol, Guy; Levine, Pierre & Pomerol, Jean-Charles; Systèmes experts dans l'entreprise; Ed. Hermes. - Paris: 1986.
- [3] - Bonnet, Alain; Expert Systems: Principles and Practice; Prentice Hall International (UK) Ltd; 1988.
- [4] - Brooke, A.; Kendrick, D. & Meeraus, A.; The Scientific Press; 1988.
- [5] - Ceri, Stefano e Tanca, Letizia; "Expert Design of Local Area Networks"; Networks; Outubro de 1990.
- [6] - Dewhurst, Stephen C. e Stark, Kathy T.; Programando em C++; tradução de Fernando Cabral - Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- [7] - Harmon, Paul; Expert Systems Tools and Applications; John Wiley & Sons, Inc.; 1988.
- [8] - Gavish, Bezalel, "A General Model for the Topological Design of Computer Networks"; GLOBECOM; Houston; 1986.
- [9] - Grout, V. M.; Sanders, P.W. e Stockel, C.T.; "Practical approach to the optimization of large-scale switching networks"; Networks, 1987.
- [10] - Kershenbaum, Aaron; Parviz, Kermani, e Grover, George A.; "Mentor: An Algorithm for Mesh Network Topological Optimization and Routing"; IEEE Transactions on Communications, Vol.39, no.4, April,1991.
- [11] - Kleinrock, Leonard; Queueing Systems; John Wiley and Sons; 1976.
- [12] - Martin, James; Building Expert Systems; Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey; 1988.
- [13] - Minoux, M.; Network Synthesis and Optimum Network Design Problems: Models, Solution Methods and Applications; John Wiley & Sons, Inc.; Network, vol. 19, 1989.
- [14] - Passos, Emmanuel Lopes. Inteligência artificial e sistemas especialistas ao alcance de todos. - Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1989.
- [15] - Ramos, Paulo Xavier. Un modele de systeme expert pour l'evaluation de performance. Tese de doutorado. - Paris : 1989.
- [16] - Rich, Elaine. Inteligência artificial; tradução Newton Vasconcelos; - São Paulo: McGraw - Hill, 1988.
- [17] - Tanenbaum, Andrew S.; "Computer Networks"; Prentice-Hall; 1a. ed.; 1981.
- [18] - Thomas W. Page, Jr.; Steven Berson ; William Cheng; Richard R. Muntz. Computer science department technical report. University of California. Los Angeles, CA 900 24-1596. March 1989.
- [19] - Waterman, D.A.; A guide to expert systems; Ed. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.; 1986.