

**Aplicações de Técnicas da Inteligência Artificial
nos Hipertextos**

Claudia Lage Rebello da Motta
NCE - COPPE / UFRJ
Antônio de Almeida Pinho
IM / UFRJ

1996

RESUMO

Neste artigo procuramos fazer uma revisão histórico da utilização das técnicas da inteligencia artificial nos hipertextos, (hipertextos ativos), desde sua idealização e concepção, até os dias de hoje. Apresentamos algumas aplicações em áreas distintas para exemplificar. Por fim, analisamos as tendências da área.

Palavras-Chaves: inteligencia artificial, hipertextos, hipertextos ativos.

Roteiro

- 1. Introdução**
- 2. Evolução Histórica**
- 3. Exemplos de Sistemas de Hipertexto Ativos**
- 4. Conclusões**
- 5. Referências**

1. Introdução

Os hipertextos e a inteligência artificial tiveram suas origens mais ou menos na mesma época. Entretanto foi preciso esperar um bom tempo até que se tentasse fazer um casamento entre os dois. As duas áreas evoluíram separadamente, mas juntas aparecem com um potencial muito maior.

Neste trabalho apresentamos a evolução histórica da utilização de técnicas da Inteligência Artificial nos Hipertextos, desde a sua idealização até sua concepção. A fim de facilitar a compreensão do leitor sobre as citações relacionadas com a inteligência artificial, fazemos uma retrospectiva, citando eventos-chaves da IA, paralelamente aos comentários. Embora a utilização dos Hipertextos em aplicações da Inteligência Artificial seja uma área rica e promissora, não à abordaremos aqui.

No próximo capítulo apresentamos um histórico dos hipertextos, mostrando sua evolução, destacando-se os principais autores e incluindo citações dos pioneiros da área que previram os hipertextos dotados com alguma inteligência. No capítulo três, relacionamos algumas aplicações de técnicas da inteligência artificial nos hipertextos, i.e., os hipertextos ativos. Por último, concluímos analisando a situação atual dos hipertextos ativos e as tendências da área .

2. Histórico

O histórico apresentado a seguir procura mostrar a utilização de técnicas da inteligência artificial nos hipertextos, através de pesquisadores que contribuíram de forma marcante com suas idéias até chegarmos na sua forma atual. A exemplo do famoso survey de Conklin [CONK87], verificamos, através dos relatos de Bush [BUSH45, BUSH67], passando por Engelbart [ENGE62, ENGE63], Ted Nelson [NELS72,NELS87] entre outros, onde cada um deu sua contribuição e explicitou de alguma maneira suas idéias sobre como "aquele ferramenta voltada para as idéias e pensamentos" poderia ser útil aos homens, principalmente se pudesse proceder de forma dinâmica e ativa. Todos eles tinham a mesma visão dos hipertextos como um caminho para a interação definitiva homem-computador, uma visão que permanece viva entre os pesquisadores de hipertextos até os dias de hoje.

Vannevar Bush, que ocupou um cargo equivalente ao de Ministro da Ciência e Tecnologia na administração do presidente Roosevelt, foi pioneiro ao descrever em seu inspirado artigo "As We May Think", em 1945 [BUSH45], uma máquina, a qual chamou de "Memex", que funcionaria como extensão do nosso cérebro. Tal artigo foi de tal forma revolucionário e visionário que além de muito citado posteriormente, marcou a vida de outro importante cientista, Douglas Engelbart, o mesmo que deu prosseguimento a este trabalho 18 anos depois, como veremos adiante.

Bush convocou os cientistas para um grande esforço pós-guerra para mecanizar um sistema de literatura científica [CONK87], pois desejava que o vasto conhecimento adquirido pelos mesmos durante a guerra fosse registrado, dissimulado e utilizado em prol da humanidade. Sua preocupação foi ainda mais longe, já que percebeu que a associação das idéias e descobertas poderia trazer um retorno imensamente maior do que trabalhá-las em separado. "É assim que o homem raciocina e lida com seus problemas, associando as informações", pensava ele. Além disso, dizia que o homem não podia ter esperanças de duplicar artificialmente, de forma completa, esse processo mental, mas certamente poderia

ser capaz de aprender através dele [BUSH45]. Dizia também que apesar de não podermos esperar que uma máquina que trabalhe por associação para recuperar as informações tenha a mesma rapidez e flexibilidade de nossa mente que segue uma trilha de associações, é possível "ganhar" da mente quando se analisa a permanencia e clareza dos itens recuperados do armazenamento.

Com todas essas preocupações em mente, Bush introduz em seu artigo, uma máquina para folhear ("navegar") e fazer notas num extenso sistema "on-line" de textos e gráficos, o Memex. Nele seria armazenado uma enorme biblioteca, assim como notas pessoais, fotografias e croquis. Tal máquina teria também diversas telas e a facilidade de estabelecer uma ligação legendada entre quaisquer dois pontos da biblioteca inteira. Seu Memex, na época, foi idealizado usando microfilmes e fotocélulas [BUSH45, CONK87].

Paralelo a esses eventos, por volta de 1950, deu-se início a Pré-IA, com o artigo influente de Alan Turing, "Computing Machinery and Intelligence", onde ele ressalta que "o atual interesse pelas 'máquinas pensantes' foi despertado por um tipo especial de máquina, usualmente chamada de 'computador eletrônico' ou 'computador digital'. Suscita, neste artigo, a questão: 'podem (tais) máquinas pensar?' e propõe um teste que ficou conhecido como "Teste de Turing" [DREY75]. Em seu artigo, Turing esboçou sugestões que acabaram sendo seguidas pelos pesquisadores da época, nas áreas de xadrez e das línguas, como veremos a seguir:

"Podem ter a esperança de que as máquinas, em alguma época, competirão com os homens em todos os campos puramente intelectuais. Mas, quais os melhores meios pelos quais iniciarmos? Até isto é uma decisão difícil. Muitos pensam que uma atividade bem abstrata, como o jogo de xadrez, seria melhor. Pode-se asseverar, também, que o melhor é prover a máquina dos melhores órgãos sensoriais que o dinheiro possa comprar e, a seguir, ensiná-la a compreender e a falar a língua inglesa. Este processo poderia ser o mesmo pelo qual se adestra uma criança. Mostrar-se-iam as coisas e seus nomes, etc. Aqui, também, não sei qual a resposta certa, mas creio que ambos os métodos deveriam ser tentados" [DREY75].

Em 1956, durante o Seminário de Verão de Dartmouth, John McCarthy mencionou pela primeira vez o termo "inteligência artificial". O objetivo desse seminário foi "estudar as bases da conjectura de que cada aspecto do aprendizado e da inteligência pode, em princípio, ser tão precisamente descrito que torne passível de ser assimilada por uma máquina" [DREY75].

Os anos de 1955-1960 foram de formação da Inteligência Artificial, onde houve uma crescente disponibilidade dos computadores. O tempo estava propício para produzir o simbolismo adequado e as instruções detalhadas por meio das quais as regras da razão podiam incorporar-se num programa de computador [HARM85]. Allan Newell e Herbert Simon (1957) procuraram abstrair a heurística utilizada na máquina lógica e aplicá-la a uma gama de problemas semelhantes. Isto deu surgimento, mais tarde (1963), a um programa chamado "GPS" ("General Problem Solver") [DREY75].

Prosseguindo com seu raciocínio, Bush procura verificar como a mente humana identifica, processa e resolve os problemas, utilizando a mesma base da inteligência artificial. Tendo a mente humana como modelo para processar e solucionar os problemas, seja por duplicação do processo mental ou seja por associação com os mesmos, ele estava motivado a desenvolver suas idéias pela necessidade de suportar de uma forma mais natural a indexação e recuperação da informação. Tanto Bush como os pesquisadores da inteligência artificial procuravam identificar como se processa a informação no cérebro humano e, além de utilizar

tais processos, buscavam estender a capacidade de raciocínio humano, tanto em matéria de quantidade quanto, principalmente, de qualidade.

Em seu artigo "Memex Revisited", 1967, Bush reavalia o Memex, estende suas idéias e faz uma série de advertências sobre a utilização incorreta da tecnologia. Nesse artigo ele já fala de computadores e máquinas pessoais do futuro e imagina o Memex fazendo tarefas de grandes computadores. Contudo, mais uma vez, não se contenta com isso e prevê seu sistema fazendo coisas inteligentes, como por exemplo, manipular uma massa de dados nele inserida. Particularmente, espera que ele aprenda com suas próprias experiências e refine suas próprias trilhas.

Levando-se em conta o fato de Bush estar sempre atento às tecnologias emergentes e fazendo um paralelo aos acontecimentos da época, verificamos que quando Bush fala na máquina que aprende através de suas próprias experiências, ele estava pensando nas máquinas digitais que jogavam damas e xadrez, desenvolvidas pelos ¹pesquisadores da IA, nessa mesma época. Ele comenta que o xadrez é muito complexo para as máquinas digitais, pois requer muito espaço para armazenagem e tempo devido à sua dificuldade. Mas, é possível aprender com o jogo de damas dando pesos a suas possíveis posições e movimentos e a cada jogada, ajustar tais pesos [BUSH67].

Elaborando essa idéia, ele dá exemplo de como tal característica poderia funcionar no Memex. Sua máquina poderia criar trilhas alternativas para encurtar um caminho constantemente percorrido pelo seu mestre (usuário), avaliando os "nós" que são realmente visitados e aqueles que apenas estão no caminho, colocando-os numa trilha alternativa e eliminando-os, assim, da trilha principal. Desta forma, o próprio Memex otimizaria a trilha principal. Além disso, poderia fazer buscas para seu mestre procurando possíveis ligações interessantes, através de palavras-chaves previamente informadas, explorando melhor as informações armazenadas.

Bush também comentou as pesquisas sobre os tradutores, as quais, anos depois, vieram a ser chamadas de processamento em linguagem natural: "Nossa linguagem atual não é muito bem adequada a mecanização" [BUSH67]. Na época estavam tentando fazer tradutores do russo para o inglês, mas os resultados não eram satisfatórios de modo que se descartou a utilização desta tecnologia. Entretanto, não considerava ser um desperdício de tempo este estudo, visto que poderia se tirar proveito em relação ao conhecimento da própria linguagem. E diz: "É estranho que os inventores de linguagens universais, não tenham percebido e produzido uma linguagem que se adeque melhor as técnicas de transmissão, gravação e modificação da fala" [BUSH67].

Analizando ainda o artigo "Memex Revisited", nos chama a atenção as sugestões de aplicações de Bush. Uma delas, a química orgânica, onde ele especula que "o químico poderia virar-se para máquina entrando com a especificação de um componente, em termos, tanto de suas formas quanto suas propriedades, e ter de volta todas as informações sabidas sobre este componente, imediatamente. Mais ainda, se ele então propusesse uma manipulação química deste componente, a máquina deveria responder-lhe, dentro dos limites do conhecimento da época, exatamente o que iria acontecer. Ele poderia fazê-lo utilizando as leis conhecidas da química e o químico poderia fazer experiências no laboratório apenas para confirmação ou quando entrasse num terreno inexplorado". E completa: "estamos hoje, longe desta situação. Mas máquinas poderão certamente fazê-lo, se as construirmos de maneira inteligente e dissermos a elas o que fazer" [BUSH67].

¹ Em 1963, Arthur L. Samuel escreveu um programa de jogo de damas com oponentes e usava a experiência para melhorar posteriormente seu desempenho [HARM85].

É curioso notar que embora este artigo tivesse sido publicado em 1967, ele já estava pronto em 1965, mesmo ano em que Joshua Lederberg, Edward Feigenbaum e Bruce Buchanan construíram o "primeiro sistema especialista" chamado ² DENDRAL, baseando-se no algoritmo DENDRAL desenvolvido por Lederberg. Este, aliás, rendeu ao seu autor o Prêmio Nobel de química em 1964 [HARM85]. Tal evento, provavelmente, despertou interesse de Bush que inspirou-se para escrever a sugestão acima.

Anos se passaram sem que as idéias de Bush descritas em 1945 fossem concretizadas. Até que em 1962, Douglas Engelbart, do Stanford Research Institute (SRI), escreve à Bush pedindo licença para utilizar idéias extraídas de "As We May Think" em seu projeto. No final desta carta, Engelbart escreve, emocionado, como encontrou tal artigo, no final da II Guerra Mundial: "Eu acrescentaria que este seu artigo provavelmente influenciou-me muito profundamente. Eu recordo-me achando-o e lendo-o avidamente na biblioteca da Cruz Vermelha à beira da floresta de Leyte, uma das ilhas das Filipinas, no outono de 1945" [ENGE63]. Engelbart, em 1963, então, influenciado pelas idéias de Bush, escreveu: "A Conceptual Framework for Augmentation of Man's Intellect" dizendo ser o objetivo principal do projeto trazer uma significativa melhoria à eficiência dos indivíduos na solução dos problemas da vida real.

A hipótese fundamental da proposta apresentada é que a habilidade de um dado ser humano em controlar a manipulação externa de símbolos em tempo real, em resposta às necessidades do seu processamento mental de minuto-a-minuto, tem um profundo efeito sobre toda a estrutura de conceitos e métodos utilizados em sua atividade mental. A abordagem pode ser suscintamente descrita dizendo que seu objetivo principal é usar o melhor que a tecnologia tem a oferecer para prover um aumento no potencial humano na manipulação simbólica, e então explorar as possibilidades resultantes para reprojetar sua estrutura de conceitos e métodos a fim de torná-los significativamente mais eficientes na solução de problemas da vida real [CONK85, ENGE63]. O principal equipamento do projeto era um computador digital capaz de fazer os testes em tempo real de modo que o usuário e computador trocassem componentes dinamicamente numa simbiose que teria como efeito "ampliar" a inteligência nativa do usuário [CONK85, ENGE63].

Engelbart esclareceu que apesar de existirem vários trabalhos altamente relacionados com o tipo de cooperação homem-computador vislumbrado pelo projeto, nenhum deles tinha a abordagem proposta neste trabalho. "Talvez o trabalho mais útil para guiar nossas atividades iniciadas seja o da Inteligência Artificial e programação heurística, onde o processo de resolução de problemas e os métodos de abordagem tem sido desenvolvidos para totalidade de sistemas feitos pelos homens" [ENGE63]. Em seu relatório, Engelbart refere-se a trabalhos de ³Newell, Shaw, e Simon, ⁴McCarthy e ⁵Marvin Misky, todos eles considerados

² DENDRAL é um sistema especialista para área de química projetado para examinar a análise espectroscópica de uma molécula desconhecida e predizer a estrutura molecular que poderia ser considerada para aquela análise particular [HARM85].

³ Newell, A. Shaw, J. & Simon, H.

"A Variety of Intelligent Learning in a General Problem Solver"

RAND report P-1742, Mathematics Division, the RAND Corporation (July 6, 1959)

⁴ McCarthy, J.

"Programs with common Sense"

Mechanisation of Thought Processes, vol.I,

National Physical Laboratory Symposium No.10

November, 1958

⁵ Minsky, M.

"Steps Toward Artificial Intelligence"

pais da IA. Logo, na previsão dos profissionais requisitados para o projeto, considerava os pesquisadores de IA, necessários. Outro fator importante, que possivelmente influenciou Engelbart, consistia no fato do SRI contar com uma equipe de pesquisadores forte em inteligência artificial, na qual trabalhava Edward Feigenbaum, realizando importantes pesquisas na época.

Engelbart propôs, inicialmente, o sistema H-LAM/T (*Human using Language, Artifacts, and Methodology, in which he is Trained*), cinco anos mais tarde (1968), ele se tornou mais específico e implementou o NLS (*oNLine System*) através do "Augmented Human Intellect Research Center at SRI".

Os anos de 1971 a 1980 foram de especialização e sucesso da IA, sistemas especialistas famosos foram desenvolvidos neste período, tais como: ⁶MYCIN (Stanford), ⁷HEARSAY II (Carnegie-Mellon) e ⁸MACSYMA (MIT). Nos anos seguintes houve a descoberta dos sistemas baseados em conhecimento (ambientes para desenvolvimento de sistemas especialistas) e com eles surgiu o engenheiro do conhecimento. Nos anos 80 houve a corrida para as aplicações de sistemas especialistas e o ⁹Projeto Japonês de Quinta Geração que revolucionou a IA, provocando uma acirrada competição internacional e gerando as "ventures" comerciais. Já em meados dos anos 80 houve também a retomada das pesquisas em redes neurais e suas aplicações. As aplicações das técnicas de IA foram amplamente utilizadas em áreas como Banco de Dados, Sistemas Operacionais, Sistemas Inteligentes, Tutoriais Inteligentes e, entre outros, nos hipertextos inteligentes ou ativos.

Concomitantemente ao desenvolvimento do "Augment" de Engelbart, outro visionário em matéria de hipertexto, também estava desenvolvendo suas próprias idéias, Ted Nelson. Sendo o primeiro a empregar o termo "hipertexto" para falar de estruturas de textos associadas, seu trabalho dava enfase a criação de um ambiente de literatura unificada na escala global, o qual chamou de ¹⁰XANADU - XANADU PARALLEL TEXTFACE [CONK87, NELS72, NELS87].

Em sua edição revisada de 1987 do Projeto Xanadu, Ted Nelson faz uma dedicatória: " a Douglas Engelbart, visionário do que ele chamou de O Aumento do Intelecto Humano através do Computador; e , como parte disso, o inventor do que agora chamamos de 'processador de texto', 'processador de OUTLINE', 'janelas', o 'mouse'; e (o que este livro fala amplamente) as ligações de textos; um homem do qual o entusiasmo e gentil determinação são uma inspiração para todo aquele que o conhece. Talvez sua simples, honesta e pura devoção para elevar e capacitar a mente humana viva para sempre". É impressionante notar a paixão que há por traz do desenvolvimento das idéias e realizações de homens como Bush, Engelbart e Ted Nelson. É clara a admiração que existe entre eles, todos procurando dar o melhor de si para construir um mundo melhor.

Proceedings of the IRE

vol. 49, No.1, January, 1961

⁶ MYCIN auxilia o médico na seleção da terapia antimicrobrial apropriada em pacientes hospitalizados com bacteremia, meningites e cistites infecciosas e, recomenda o tratamento. [WATE85, HARM85]

⁷ HEARSAY II foi desenvolvido para demonstrar a possibilidade de um sistema de entendimento da fala.[HARM85]

⁸ MACSYMA projetado para auxiliar matemáticos, cientistas e engenheiros na solução de complexos problemas de matemática.[WATE85, HARM85]

⁹ Projeto Japonês de Quinta Geração - Projeto que prometia revolucionar a IA em 10 anos. Seu projeto principal era construir um computador utilizando a linguagem de quinta geração, o prolog paralelo, no seu sistema operacional.

¹⁰ Xanadu - do poema "Kubla Khan" de Samuel Taylor Coleridge, "lugar mágico da memória literária".

Ted Nelson divulgou suas idéias durante anos até notar que repentinamente as coisas aconteram, vários sistemas de hipertextos surgiram e pesquisadores das mais diversas localidades começaram a falar em hipertextos. Em 1987, vários sistemas de hipertextos estavam aparecendo [CONK87], mas, apesar da riqueza de idéias e implementações, Nelson alertou sobre o lado obscuro de se ter tantos sistemas distintos, a incompatibilidade entre eles. Xanadu veio para permitir que todos troquem informações sem problemas. Além disso, em Xanadu, economiza-se espaço de armazenagem através do pesado uso de ligações. Somente o documento original e as modificações feitas são salvas. O sistema facilmente reconstrói versões prévias do documento [CONK87, NELS87].

Ted Nelson, extravagante visionário, com seu ambicioso projeto abriu as portas para diversas aplicações dos hipertextos. Como efeito, pesquisadores de várias áreas acompanharam também suas idéias, entre eles, os da inteligência artificial utilizando suas técnicas na autoria (geração automática), recuperação inteligente das informações, navegação, etc.

Nelson, em seu projeto, fala numa rede de transmissão genérica a qual levaria documentos requisitados de bibliotecas para usuários, novos documentos de usuários para as bibliotecas, e comunicações e documentos entre usuários. Parte do projeto, indiretamente, já se tornou realidade através dos serviços oferecidos pela INTERNET (redes de conexão internacional) pois, através dela, usuários trocam mensagens e documentos entre si, usuários tem acesso a diversas bibliotecas espalhadas pelo globo, solicitando artigos, relatórios ou livros e, artigos recém acabados podem ser recebidos via rede.

As redes de comunicação estão em plena expansão e amplo desenvolvimento, ganhando a cada dia mais popularidade e respeito. Grande parte dessa popularidade se deve ao "World Wide Web" (WWW) nascida de um projeto de hipertexto no CERN, Laboratório Europeu para Partículas Físicas, na Suíça. O WWW baseia-se na hipermedia e utiliza interfaces gráficas de uso intuitivo, possibilitando uma navegação mais fácil pela rede.

Para Conklin, em seu famoso survey em 1987 [CONK87], a melhor descrição de hipertexto seria um meio baseado em computador para o pensamento e comunicação. Ele diz que o processo de pensamento inicia-se em várias frentes de uma vez, desenvolvendo e rejeitando idéias em diferentes níveis e em diferentes pontos em paralelo, cada idéia dependendo e contribuindo com outras.

Do ponto de vista da ciência da computação, diz ele, "a essência do hipertexto está no fato dele ser um híbrido que atravessa fronteiras tradicionais. Hipertexto é um método de banco de dados, provendo uma nova maneira de acessar dados diretamente, diferentemente da consulta tradicional. Ao mesmo tempo, hipertexto é um tipo de rede semântica que mistura material textual informal com operações mais formais, mecanizadas e processadas. Finalmente, hipertexto é uma modalidade de interface que caracteriza-se pelos 'botões controle' (ícones ligação) que podem ser arbitrariamente preenchidos com material à vontade do usuário. Essas não são aplicações separadas de hipertexto: elas são metáforas para uma funcionalidade que é a união de todos os três" [CONK87].

Conklin faz uma analogia com as redes semânticas. "A idéia de construir um grafo direcionado de elementos textuais informais é similar ao conceito de redes semânticas da IA. A rede semântica é um esquema de representação do conhecimento consistido de um grafo direcionado no qual conceitos são representados como nós, e o relacionamento entre os conceitos são representados pelas ligações entre eles. O que distingue a rede semântica como um esquema de representação da IA é que conceitos na representação são indexados pela

semântica do conteúdo ao invés de alguma ordem arbitrária (por exemplo, alfabética). Um benefício da rede semântica é que elas são de uso natural, já que os conceitos relacionados tendem a ficar agrupados na rede. Similarmente, conceitos incompletos ou inconsistentes são fáceis de serem localizados já que um contexto significativo é provido pelos conceitos da vizinhança para os quais ele já está ligado" [CONK87].

E completa: "A analogia com hipertexto é direta: nós de hipertexto podem ser pensados representando simples conceitos ou idéias, ligações representando a interdependência semântica entre essas idéias, e o processo de construir uma rede de hipertexto como um tipo de engenharia do conhecimento informal. A diferença é que os engenheiros do conhecimento da IA estão usualmente empenhados em construir representações as quais possam ser mecanicamente interpretadas, enquanto que o objetivo de um escritor de hipertexto frequentemente é capturar uma coleção entrelaçada de idéias sem olhar para sua interpretabilidade na máquina. O trabalho em redes semânticas também sugere alguma extensão natural do hipertexto, tais como nós tipados, nós semi-estruturados (frames), e herança hierárquica de nós e tipos de nós".

Passando para outro nome importante na área de hipertexto, vamos para Randall Trigg, o primeiro a desenvolver uma tese de doutorado na área de hipertextos. Ele conta que despertou seu interesse na área de hipertexto após ler um artigo de Ted Nelson (Computer Lib/Dream Machine), onde o mesmo mencionava o Memex de Bush e o sistema NLS de Engelbart como ponto de partida para discutir sobre o projeto Xanadu. Trigg então desenvolveu seu trabalho de tese num hipertexto, o Textnet, tentando combinar o estilo de rede baseada em ligações do Xanadu com as estruturas hierárquicas "outline" do NLS. O principal objetivo do sistema era suportar a comunicação e colaboração numa visão futura comunidade científica online. Desta maneira, Textnet remontou a versão baseada em computador do Memex. Contudo, o Textnet diferia do Memex no seu foco de uso colaborativo e distribuído, e no suporte explícito de tipos de ligações e estruturas hierárquicas [TRIG92, CONK87]. Após terminar sua tese, Randall foi para Xerox PARC onde trabalhou ao lado de Frank Halasz e Thomas Moran no desenvolvimento do sistema de hipertexto NoteCards.

Segundo Conklin, o NoteCards da Xerox PARC era, pelo menos até 1987, provavelmente, a melhor versão conhecida de um hipertexto completo [CONK87]. Um ambiente genérico hipermedia para estações de trabalho, projetado para ajudar autores, pesquisadores, projetistas, etc, a trabalharem com idéias [HALA88], i.e., uma ferramenta de suporte ao analista da informação [CONK87]. Implementado em um ambiente de programação¹¹Lisp da Xerox e projetado em torno de 2 noções primitivas: "notecards" e ligações, sua interface de programação faz do NoteCards uma arquitetura aberta que permite ao usuário criar novos tipos de cartões, desenvolver programas que monitoram ou processam a rede de hipermedia, integrar outros programas Lisp (ex: editor de animação) num ambiente NoteCards, e/ou integrar o NoteCards em outro ambiente baseado em Lisp (ex: sistemas especialistas) [HALA88, CONK87].

Em 1988, Frank Halasz escreveu "Reflections on NoteCards: seven issues for the next generation of hypermedia systems" [HALA88], onde ele aponta sete importantes problemas não-resolvidos, limitações do NoteCards e outros sistemas existentes, que deveriam ser endereçados pelos projetistas e implementadores da próxima geração de sistemas de hipermedia. As sete questões sugerem que os modelos correntes necessitavam ser estendidos além de simples nós e ligações para incluírem composições, séries, versões,

¹¹ O Lisp é uma linguagem de processamento em listas de proposição geral (linguagem de 5a geração da IA).

computação e muitas outras características. Em meio a sua exposição, Halasz fala explicitamente: "A integração da hipermedia com a tecnologia da Inteligência Artificial é uma interessante direção a ser explorada" e acrescenta que a escolha entre um hipermedia ativo ou passivo irá ser determinada, em grande parte, pela aplicação pretendida e a performance necessária para essa aplicação [HALA88].

Em algumas questões Halasz aponta possíveis caminhos relacionados com a IA a serem tomados. Logo na primeira questão "**Busca e Consulta na Rede de Hipermedia**", comenta que o acesso via navegação por si só não é suficiente. "Eficiência no acesso a informação armazenada na rede de hipermedia requer acesso baseado em consultas para complementar a navegação". Aqui ele dá exemplos que podem ser seguidos: esquemas de recuperação baseados em regras (ex. ¹²RUBRIC) e uma ¹³proposta conexionista. Na questão (3) **Estruturas Virtuais para lidar com as mudanças das informações**, ele afirma que os sistemas hipermedia tendem a ter dificuldades em lidar com informações que se modificam rapidamente. "O modelo hipermedia necessita ser aumentado com noções de estruturas virtuais ou determinadas dinamicamente para superar o problema de sua natureza estática", diz ele. E dá um possível caminho dizendo que a noção de ligações virtuais já foi explorada por ¹⁴ZOG.

Na questão (4) **Computação dentro (sobre) a rede hipermedia**, Halasz comenta que "os sistemas de hipermedia não dirigem ativamente a criação ou modificação das redes ou informações nela contidas. Diferentemente dos sistemas especialistas, por exemplo, os sistemas hipermedia não incluem máquinas de inferência que derivem ativamente novas informações e entrem na rede". E acrescenta que embora projetado como um sistema de hipermedia passivo, o NoteCards é frequentemente aumentado por máquinas computacionais mais ativas para aplicações particulares (ex: ¹⁵instrução assistida por computador, que utiliza cartões script e sistemas baseados em regras). Complementando o raciocínio, ele diz: "Poder-se-ia projetar sistemas hipermedia incorporando mais componentes computacionais ativos que automaticamente fizessem inferências sobre a informação armazenada na rede. Neste caso, o sistema hipermedia poderia funcionar semelhante a um sistema baseado em conhecimento, ambos armazenando e ativamente processando a informação" [HALA88].

Voltando a Trigg, em 1992, ele escreveu seu artigo intitulado "The Legacy of Vannevar Bush's Vision of Hypertext Use" onde comenta as contribuições deixadas por BUSH, avalia seu Textnet e o NoteCards levando em conta as idéias de Bush. Os caminhos do Textnet são na maioria reminiscentes do modo de mover-se através das redes por uma trilha do Memex, mudando-a conforme o usuário caminha. No NoteCards, cartões documentos endereçam especificamente a questão de gerar uma cópia-fria (*hardcopy*) e começa a sugerir algo como trilhas automáticas sugeridas por Bush no Memex II. Cartões

¹² RUBRIC: A system for rule-based information retrieval
McCune, B.P., Tong, R.M., Dean, J.S. and Shapiro, D.C.
IEEE Trans. Softw. Eng. SE-11,9 (1985), 939-945

¹³ Inductive Information Retrieval Using Parallel Distributed Computation
Mozer, M.C.
Tech. Rep. C-015. Institute for Cognitive Science, University of California, San Diego, Calif., 1984

¹⁴ The ZOG approach to man-machine communication
Robertson, G., McCracken, D. and Newell, A.
Int. J. Man-Machine Studies 14 (1981), 461-488

¹⁵ The instructional design environment.
Russell, D.M., Moran, T.P. and Jordan, D.S.
In Intelligent Tutoring Systems: Lessons Learned,
J. Psotka, L.D. Massey, & S.A. Muter, Eds Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J., 1987

histórico estão relacionados com a colaboração entre pesquisadores e escritores e captura a idéia do intercambio de trilhas, registros de trabalhos na rede, entre colaboradores. Finalmente, cartões de excursão guiada são um meio de navegar nas apresentações "online" de uma parte da rede de hipertexto na forma de uma ramificação da excursão [TRIG92].

Trigg analisa também as duas maneiras, a seu ver, de se construir um hipertexto: (1) transportando o documento existente para o hipertexto e (2) gerando ligações em material armazenado em meio magnético. No primeiro caso, como os documentos são homogêneos, isto é, são criados por uma única pessoa ou por uma organização para uma dada área de aplicação, seria possível fazer ligações automaticamente através do uso de regras [TRIG92]. Esta é uma outra aplicação muito promissora para utilizar as técnicas da IA.

Segundo Randall Trigg, o legado mais importante de Bush: "o processo mais importante relacionado com Memex de Bush foi a idéia do pioneirismo. Uma idéia complexa envolvendo a criação de trilhas e seu percurso e, além de tudo, um evidente esforço em elaborar um modelo de processo mental humano. Existe um consenso de que a área de hipertexto tem suas raízes exatamente nesta noção de pioneirismo, e poderíamos argumentar que o recente trabalho casando hipertextos com a IA e modelagem (*user modeling*) foi amplamente antecipado pelas extensões do pioneirismo descrito por Bush nos anos 60" [TRIG92].

Um dos mais antigos e maiores grupos de pesquisa em hipertextos estão localizados na Brown University, no Institute for Research in Information and Scholarship (IRIS). Seu projeto Intermedia foi construído sobre 2 décadas de trabalho e três gerações de sistemas de hipertexto. Norman Meyrowitz [MEYR89], um dos desenvolvedores do Intermedia, na sua palestra de abertura intitulada "Hypertext - Does it reduce cholesterol, too?", num dos maiores congressos da área, o Hypertext'89, fez uma análise dos progressos alcançados até então, em relação a visão de Bush, sugeriu características que os hipertextos deveriam conter num futuro próximo e, por último, lançou 14 desafios para que a área continuasse se desenvolvendo e tivesse um futuro próspero.

Norman lembra que Bush falou sobre ligações automáticas no seu artigo "Memex Revisited". Ele disse que "nós podemos esperar que [Memex] faça coisas inteligentes para nós, manipulando uma massa de dados que lhe inserimos. Nós particularmente esperamos que ele aprenda através de suas próprias experiências e refine suas próprias trilhas". Meyrowitz, então, informa que tem sido feito algum trabalho nesta sentido, mas não existem muitos sistemas de hipertexto que as pessoas possam realmente utilizar para fazer ligações automáticas. Existe algum trabalho em similaridade de medidas na Universidade de Strathclyde.¹⁶ Jim Coombs na IRIS tem feito algum trabalho na utilização de padrões de texto para fazer ligações entre vários artigos. Existe um trabalho em inferências Bayesianas na Universidade de Washington feito por¹⁷ Mark Frisse e na Universidade de Massachusetts feito por¹⁸ Croft e outro trabalho em "clustering" na Universidade de Minnesota por

¹⁶ Hypertext, Full Text, and Automatic Linking

Coombs, J.H. (1990)

International Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR'90)
Brussels, Belgium

¹⁷ Information Retrieval from Hypertext: Update on Dynamic MedicalHandbook Project

Frisse, M.E. and Cousins, S.B. (1989)

Hypertext'89 Proceedings (pp.199-212)

New York: ACM

¹⁸ A Retrieval Model Incorporating Hypertext Links

Croft, W. B. and Turtle, H. (1989)

Hypertext'89 Proceedings (pp.213-224)

¹⁹Crouch". Norman então sugere que se dê uma olhada nestes trabalhos e se verifique como eles podem ser utilizado para se colocar ligações automáticas nos sistemas [NORM89].

Norman, em certo momento, fala da importância de se construir uma infraestrutura nos hipertextos antes de começar a otimizá-los. Talvez aí esteja a resposta de porque tão pouco tenha sido investido, até então, em hipertextos ativos.

Antes de lançar seus desafios, Norman fala do futuro próximo. "O que as pessoas querem fazer, em relação ao que Bush estava falando e em termos de hipermedia? Elas querem criar conteúdos - gráficos, textos, e assim por diante. Elas querem referenciar as coisas. Elas querem associar o conteúdo. Elas querem ter referências não somente da *media* estática mas, da *media* dinâmica. Elas querem ter ferramentas que lhes digam onde se encontram, no vasto espaço da informação. Elas querem fazer alguma filtragem e consulta e busca sobre a informação. Elas querem a informação processada automaticamente. Elas querem trabalhar em grupos. Elas gostariam de ter alguma semântica nas suas informações de forma que elas tenham alguma inteligibilidade. Elas gostariam de ter algum serviço de informação padrão" [NORM89]. Em seguida ele fala de cada tópico separadamente, procurando dar as diretrizes para as próximas pesquisas.

Norman, analisando a semântica dos hipertexto, diz que há muito a ser investido, visto que ainda existe muito trabalho manual nesta parte. "Gostaríamos de ter 'templates' de hipermedia como classes. Isto é similar a noção de composição que Frank Halasz discutiu em 1987 [HALA88]. Você pode ter ligações feitas automaticamente entre diferentes documentos, de modo que você possa criar classes de documentos, e quando você instanciar a classe você receberia uma 'teia' (web) inteira de um 'template' vazio de documentos, mas com todas as ligações pré-realizadas. Uma vez que pudermos começar a fazer isso, não teremos que fazer manualmente todas as ligações que criarmos, mas ao invés disso, ligações próprias entre documentos" [NORM89].

Em 1994, W. Boyd Rayward [RAYW94] escreveu sobre o trabalho do internacionalista e documentalista belga, Paul Otlet (1868-1944), e seus colegas de Bruxelas, que formam, segundo ele, um importante e negligenciada parte da história da ciência da informação. Eles desenvolveram um complexo de organizações que são, funcionalmente, de similar importância e tão contemporâneos quanto dos sistemas hipertexto/hipermedia.

Otlet defendia a necessidade de um sistema internacional para manipulação da informação, através da criação de uma rede interrelacionada de informações, para o desenvolvimento colaborativo de uma encyclopédia universal, codificando todo o conhecimento humano não manipulável. Central a tudo isso estava a Classificação Decimal Universal, um novo tipo de agência de informação para gerenciamento de informação chamada Escritório de Documentação, um novo princípio de indexação e armazenagem da informação, o "princípio monográfico" e microfilme. Finalmente, ele previu a criação de uma rede Universal para Informação e Documentação. Embora suas idéias tenham sido de fato conceitualmente distintas do que foi desenvolvido em hipertextos hoje, ele antecipou muitas das características do Memex de Bush, do Xanadu de Ted Nelson e do hypertextos em geral [RAYW94].

New York: ACM

¹⁹ The Use of Cluster Hierarchies in Hypertext Information Retrieval

Crouch, D.B., Crouch, C.J., And Andreas, G. (1989)

Hypertext'89 Proceedings (pp.225-238)

New York: ACM

Esses são alguns dos muitos nomes importantes, em matéria de hipertextos, que podemos citar, todos tendo como base o artigo de Bush de 1945. Sem dúvida, mesmo que Bush tenha se inspirado em outros trabalhos de outrora, sua contribuição é inegável.

3. Aplicações

Realizamos uma busca intensa, embora não tenha sido exaustiva, e encontramos sistemas de hipertexto que utilizam técnicas de Inteligência Artificial (i.e., sistemas de hipertexto ativo) nas mais variadas áreas de aplicação. A área onde encontramos o maior número de sistemas foi da educação. Outras áreas como a engenharia de software, suporte à decisão, planejamento de transporte militar, etc, também realizam pesquisas neste campo. Notamos, contudo, que em quase todas as áreas, a maioria dos sistemas se encontram no estado de protótipo. Selecionamos dez entre as aplicações encontradas, com intuito de apresentar um leque variado de aplicações, tomando o cuidado de diversificar também as fontes de referência.

Além de sistemas de hipertexto ativos, encontramos aplicações muito interessantes das técnicas de inteligência artificial, como a recuperação de informação através da utilização de redes neurais [LELU92, HU93], um modelo teórico de uma "linguagem-jogo abstrata" (LGA - language-game abstractions) para representar casos de projetos de arquitetura [HERZ93], uma arquitetura para construção de agentes com propósito específico para solucionar problemas de captura e acesso em grandes ambientes com dados multimedia (por exemplo, INTERNET) com incerteza na representação e interpretação dos dados [ALLA93a], verificação de similaridades entre documentos baseando-se no modelo de vetor espacial [ALLAN93b], entre outros.

Os sistemas de hipertextos ativos aos quais nos fixaremos, a seguir, são:

- ¤ DIF/ISHYS [GARG87, GARG89];
- ¤ SINS [FUJI92];
- ¤ SPRINT [CARL90];
- ¤ HYPERFLEX [KAPL93];
- ¤ LAND USE Tutor [KUSH94];
- ¤ MUCH/RICH [WANG93];
- ¤ PLINTH [CASS93];
- ¤ Projeto Geolab [GILL95];
- ¤ ASK/Trans-ASK [BARE93];
- ¤ M-Assiste [PINT95a, PINT95b].

3.1. DIF/ISHYS

Desenvolvido na *University of Southern California*, EUA, o **DIF** (Document Integration Facility) é um sistema de hipertexto de Engenharia de Software que auxilia na integração e gerenciamento dos documentos produzidos e usados durante o ciclo de vida de projetos de software. O DIF é um sistema prático, porém passivo, pois contém pouco conhecimento explícito sobre seu ambiente. Ele permite ao usuário entrar com a descrição do software dentro de suas rede de nós. Contudo, é incapaz de interagir com o usuário a fim de auxiliá-lo a elevar as descrições emergentes do software ou representá-las explicitamente, e

utilizar o conhecimento de quais papéis o usuário deverá desempenhar quando executa diferentes tarefas no processo de desenvolvimento do software [GARG87].

O DIF provê uma série de características que permitem ao usuário ver as informações relacionadas com o sistema de uma maneira integrada dentro e através dos projetos. Os nós documentos são internamente organizados como árvores de diretórios e arquivos UNIX. Os usuários DIF entram com as informações sobre os processos em nós pré-definidos do hipertexto que são internamente tratados como arquivos. Subsequentemente, todo gerenciamento de rotinas de arquivos são manipulados pelo DIF.

As capacidades do DIF permitem ao engenheiro de software documentar seus processos de software de maneira a suportar: (a) análise da consistência e completude de nós documentos formalizados; (b) rastreamento dos documentos; (c) formatação e apresentação; (d) navegação indexada e direcionada por perguntas; (e) padronização dos documentos; (f) documentos multi-versões com e sem anotações compartilhadas; (g) catálogos de componentes de software reutilizáveis, e (h) inspeções e *walkthroughs* do software *on line*.

A estrutura de informação do hipertexto é mantida num banco de dados relacional. Os dados armazenados são [SANT94]:

- .nome dos projetos e os membros de projetos;
- .tipo diferentes de nós no hipertexto e organização hierárquica;
- .ligações globais pré-definidas entre diferentes tipos de nós;
- .palavras-chaves associadas com diferentes nós que são mantidos em um banco de dados relacional.

ISHYS - Intelligent Hypertext Systems

O ISHYS é uma extensão do DIF que não apenas inclue as funcionalidades do mesmo, ele o faz de tal maneira que se torna um agente ativo suportando papéis de outros agentes e participando no ciclo de vida do software. O comportamento inteligente do ISHYS vem da sua habilidade de (1) automaticamente derivar relações entre nós do hypertexto; (2) automaticamente determinar atributos dos nós do hypertexto; e (3) coordenar e planejar as tarefas dos agentes no ciclo de vida do software [GARG89].

Arquitetura do ISHYS

O ISHYS é visto como um sistema de base do conhecimento distribuído, composto por quatro principais itens:

- . um sistema de manipulação do conhecimento (*KMS - Knowledge Manipulation System*) com diferentes pontos de acesso para cada agente do ISHYS;
- .um sistema de hipertexto o qual mantém produtos tangíveis ao ciclo de vida do software.
- .ferramentas de engenharia de software que são usadas por um engenheiro e gerente da informação contida no hipertexto;
- . um Sistema de Controle de Interação (*ICS - Interaction Control System*), o qual interage com os usuários e controla o acesso ao sistema de manipulação (KMS), aos sistemas de hipertexto e as ferramentas de engenharia de software .

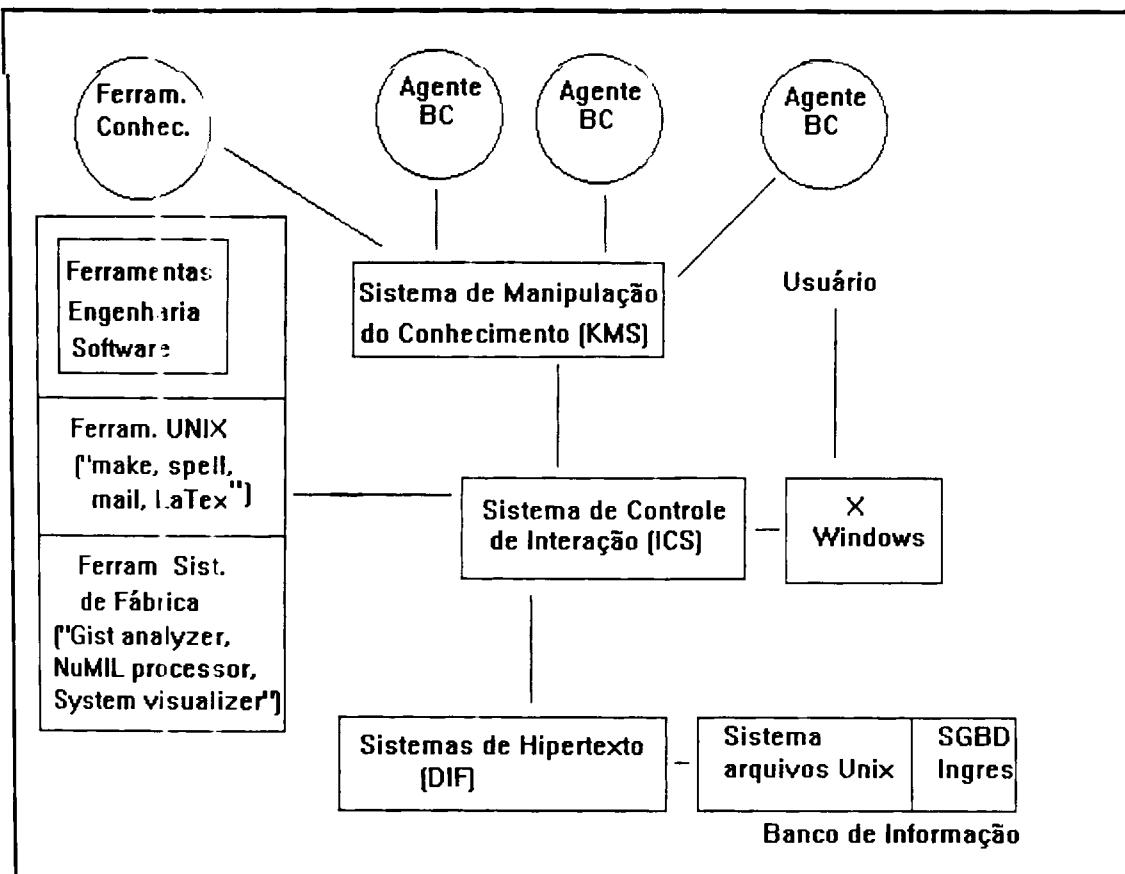


figura 3.1.1. Arquitetura do ISHYS

Base de Conhecimento do ISHYS

Abaixo, um esquema de como a Base de Conhecimento é modelado no ISHYS.

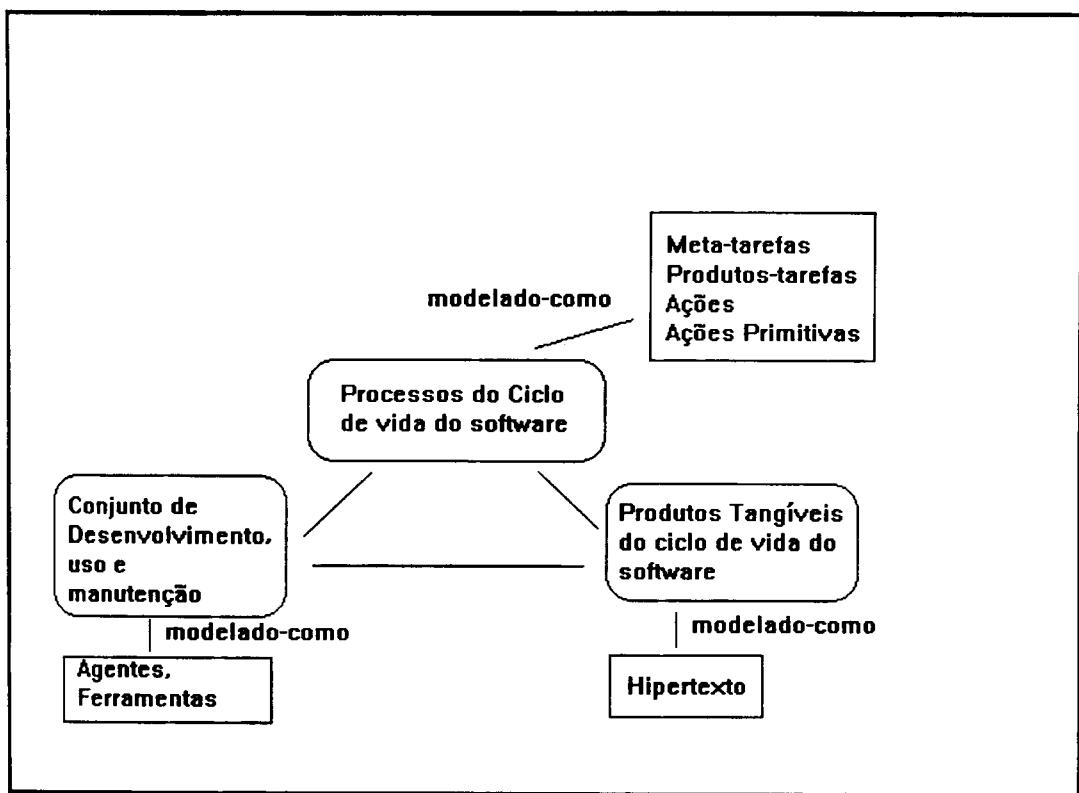


Figura 3.1.2. A Base de Conhecimento do ISHYS

Os Produtos são modelados no ISHYS como hypertextos, uma rede de descrições de objetos de software semi-estruturados. Um conjunto de desenvolvimento, uso e manutenção é capturado primariamente através da representação taxonómica de vários papéis que participam agentes no ciclo de vida do software, e conhecimento sobre várias ferramentas de software disponíveis no conjunto. Agentes com diferentes papéis executam tarefas específicas em diferentes tipos de objetos de software. Cada agente tem um conjunto de características mantidas na base de conhecimento para o agente. Conhecimento sobre várias ferramentas de software disponíveis no conjunto capacita o ISHYS a sugerir ferramentas apropriadas para tarefas específicas [GARG89].

No processo de produção de software, diversas tarefas podem ser modeladas no ISHYS como um conjunto de relacionamentos de vários agentes do sistema. Em [GARG89] são consideradas dois tipos de tarefas: meta-tarefas e produto-tarefas. Meta-tarefas constroem produto-tarefas e relações entre eles. Produto-tarefas modificam o conteúdo de pelo menos um nó do hiperdocumento. Cada tipo de tarefa pode exigir uma pesquisa ou uma navegação através do software de hipertexto. As tarefas são compostas de ações primitivas que denotam os passos do processo de desenvolvimento de um agente para produzir ou alterar a informação do produto de software. As ações primitivas são comandos do ISHYS invocados por agentes para desenvolver cada passo de uma ação.

Atualmente, um protótipo do ISHYS está disponível para estação de trabalho SUN, para rodar no sistema operacional Unix, usando um sistema de banco de dados relacional INGRES e o sistema Xwindows. Extensões do ISHYS estão em estudo para usar a linguagem PROLOG [SANT94].

3.2. SINS

Desenvolvido na *Texas A&M University*, EUA, pelo Departamento de Ciência da Computação em conjunto com o Departamento de Saúde Pública Veterinária, o **SINS - "Semistructured Navigation System"** [FUJI92] foi desenvolvido em Hypercard e permite ao usuário construir regras baseadas na informação, em *slots* estruturados para assistir à navegação em uma rede de hipermedia. SINS permite o uso de hipermedia para notas de aulas, representação de nós em um hipertexto semi-estruturado, busca baseada em conhecimento em uma rede hipermedia e busca guiada por um algoritmo *ripple*, usando uma rede semântica. O Sistema possui um editor de regras que funciona como um filtro na base de nós, e este processo pode ser repetido a qualquer momento. Após esta entrada de dados, o algoritmo *ripple* é utilizado como forma de otimizar a seleção dos nós a serem vistos. É dependente do domínio do conhecimento a que se propõe assistir. A liberdade de navegação não é preservada, desconsiderando o interesse do leitor, seu nível de conhecimento sobre o assunto armazenado no documento hipermedia, sua motivação e estilo cognitivo [PINT95a].

O algoritmo *ripple* corresponde a uma busca em largura que pesquisa inicialmente os nós que se encontram a menor distância do nó-origem, movendo-se para o próximo nível somente depois que todos os nós daquele nível tiverem sido visitados. O algoritmo pesquisa a distância mínima para atingir o nó desejado, através dos círculos concêntricos. Todos os nós interligados ao nó-origem são examinados [SANT94]. Para um melhor entendimento da estrutura do algoritmo *ripple*, observe a figura abaixo:

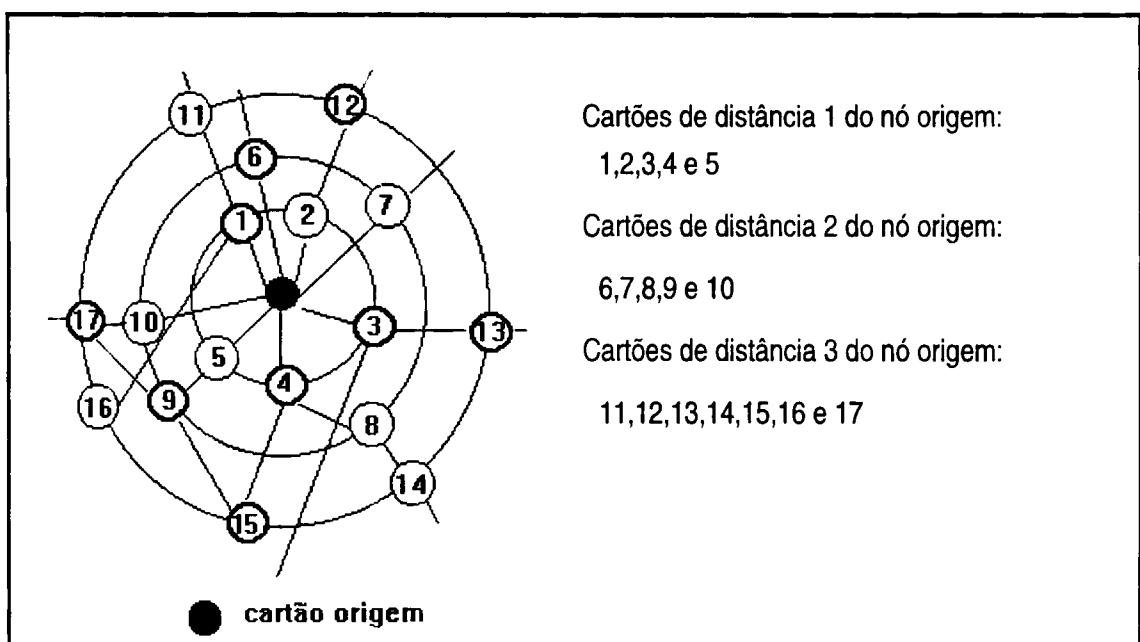


figura 3.2.1: algoritmo *ripple* [FUJI92]

Extensibilidade, disponibilidade e interfaces amigáveis, segundo [FUJI92], foram determinantes para a escolha do sistema de hipertexto a ser utilizado na implementação do SINS. Muitos sistemas de hipertexto oferecem características básicas de navegação, entretanto HyperCard mostrou-se o mais completo. A principal vantagem encontrada para utilização deste sistema hipermedia foi sua linguagem de programação HyperTalk. O editor script permite rever, modificar e criar scripts que controlam o que acontece quando botões são selecionados. A capacidade de escrever scripts e modificar ações oferece recursos para implementar regras de produção em HyperCard o qual possui a característica de fazer chamadas externas a rotinas escritas em linguagem PASCAL ou C [PINT95b].

O SINS foi implementado em três fases [FUJI92, SANT94, PINT95b]:

- . a primeira foi a conversão de um conjunto de notas de classes já existente sobre dermatologia veterinária para um formato de hipertexto;
- . a segunda foi a adição do SINS a este hipertexto;
- . a terceira e última, foi a comparação de uma navegação em HyperCard com a navegação utilizando-se SINS.

3.3. SPRINT

Desenvolvido pela *University of Arizona*, EUA, o objetivo deste projeto é auxiliar um gerente a representar importantes elementos de seu modelo mental para um plano estratégico. Para que isso aconteça, é necessário que este sistema seja flexível, já que cada gerente constrói seu próprio modelo mental dependendo de sua formação e experiências. Além disso, planos de longo-termo são geralmente definidos por um amplo conjunto de conceitos os quais estão vagamente relacionados. O gerente deverá aplicar um conjunto de heurísticas a esses conceitos que o ajudarão a identificar problemas e oportunidades com seu negócio. Finalmente, o gerente não trabalha sozinho, ele forma uma rede de colegas, subordinados, superiores, clientes, competidores, e outros com os quais ele troca estratégias e opiniões, sendo que cada um desses indivíduos mantém seu próprio modelo mental refletindo suas responsabilidades e conhecimentos [CARL90].

O sistema **SPRINT** (*Strategic Plan and Resource INtegration*), pode ser usado por um gerente para tornar implícito modelos de planejamentos mais explícitos, através da criação de nós e ligações conceitos, os quais descrevem seus entendimentos do impacto de seu plano estratégico no seu negócio. Além disso, o usuário pode especificar a fonte que é requerida para alcançar o plano e a relação que essa fonte tem com a estratégia. Esses elementos de planejamento podem ser descritos utilizando qualquer sistema de hipertexto disponível no mercado, contudo, esse projeto também incorpora duas significativas extensões: regras heurísticas integradas e comunicação entre modelos de gerentes distintos.

Este sistema protótipo que utiliza a linguagem orientado a objeto Smalltalk/V, rodando no IBM AT, permite que a rede seja criada onde os nós não são apenas registros de notas, mas comportamentos ativos encapsulados dentro da rede. Então, criações e modificações de um nó ou ligação poderão causar uma reação em cadeia de novas modificações através da rede, de maneira a manter a coerência do modelo mental. Isto é realizado através do envio de mensagens entre os objetos no sistema.

3.4. HYPERFLEX

Desenvolvido pela *The I.Q. Company, Havard Business School e University of California at San Diego*, EUA, o **HYPERFLEX** (sistema de hipertexto maximalmente flexível), um protótipo de sistema hipermedia adaptativo, utiliza matrizes de associação [KAPL93]. Estudos informais com o mesmo mostram as circunstâncias segundo as quais sistemas adaptativos são comumente usados. Além disso, tais estudos mostram que HYPERFLEX pode reduzir o tempo gasto na procura de informações na proporção de 40%, benefício este, obtido com pouco esforço, tanto de autores como de leitores. HYPERFLEX procura modelar as preferências do usuário através de matrizes usando uma lista de prioridades [KAPL93].

A abordagem utilizada pelo HYPERFLEX é relativamente simples, levando em conta duas observações:

.como a hipermedia assemelha-se a rede semântica, é possível utilizar a semântica já existente na rede hipermedia, sem que seja necessário criar um modelo de domínio externo;

.a complexidade do modelo do usuário tende a ser proporcional à complexidade das interações entre usuários e o sistema.

Um sistema hipermedia não necessita representar explicitamente o conteúdo semântico da lista de prioridades, porque as semânticas são informações contidas nos próprios tópicos. O sistema necessita somente representar as preferências do usuário de um item sobre outro em um contexto particular. Teoricamente, o contexto deve conter a hora e o local de interação do usuário com o sistema. No HYPERFLEX, somente dois tipos de contexto são utilizados: objetivos do usuário e preferências por tópicos específicos. Neste sentido, inicialmente é feito um desenho de rede de nós, que serve para a representação do conhecimento pelas seguintes razões:

.os elementos do contexto podem ser representados simplesmente como nós em uma rede;
.as preferências podem ser facilmente representadas através de pesos nas ligações da rede. Como num modelo de rede semântica da memória humana, a idéia inicial é capturar a força das associações entre dois nós.

O contexto pode também ser modelado através de matrizes de associações que capturam os objetivos que o usuário julga prioritários. Um sistema inteligente de hipermedia deve usar a informação contida nestas matrizes de associação para recomendar que seja feita uma leitura sobre tópicos fortemente relacionados. A força dos relacionamentos entre tópicos deve ser uma função do contexto.

Quando um objetivo não é estabelecido, o sistema recomenda que um dado tópico deva estar junto com outro tópico com forte associação. Enquanto as matrizes de associação permitem a um sistema de hipermedia fazer recomendações inteligentes, o sistema deve aprender a ajustar as estruturas e pesos da rede para marcar objetivos e preferências dos diversos usuários. A modelagem do usuário segue o mesmo padrão de modelagem de preferências por um tópico específico, ou seja, utilizando-se matrizes de associação [KAPL93, PINT95b].

Dentro das características do HYPERFLEX, suas capacidades incluem:

- .modelar os objetivos e informações preferenciais dos usuários dinamicamente utilizando matrizes associativas (perfis);
- .permitir ao usuário trocar os perfis diretamente, ou atualizar os perfis automaticamente via características de auto-aprendizado;
- .arquivar os perfis do usuário, individual ou em grupos;
- .poder convergir dois ou mais perfis existentes de usuários para criar novos perfis;
- .recomendar tópicos numa lista de classificação ordenada ("rank") baseada no perfil do usuário;
- .permitir ao usuário ligar diretamente a um tópico recomendado ou a outro tópico qualquer no documento.

3.5. LAND USE Tutor

Desenvolvido pelo *Center for Medical Education* da *McGILL University* em Montreal, Quebec e pelo *Department of Computer Science* da *University of Toronto*, ambas no Canadá, o **LAND USE Tutor** é um sistema educacional que integra hipermedia com tecnologias baseadas em conhecimento. O sistema contém um componente de hipermedia que permite ao aluno navegar através da informação contida em um domínio de uma base de conhecimento de planejamento urbano e aterrramento [KUSH94].

O sistema hipermedia é acoplado a um componente tutorial inteligente que permite a alunos fazerem exercícios. Visões da rede hipermedia são automaticamente geradas dependendo da análise das respostas do aluno [PINT95b].

O sistema consiste de diferentes componentes, entre eles, os principais são:

- .Base de Conhecimento (BC-DOMÍNIO): contém informações específicas, por exemplo informações sobre o desenvolvimento do plano de urbanização de uma cidade selecionada. Esta informação é acessada durante a navegação do aluno através do sistema e consiste de nós de informação (é usado um esquema de representação do conhecimento baseado em orientação a objetos) em uma rede hipermedia.
- .Base de Conhecimento do Usuário (BC-USUÁRIO): contém informações sobre a interação do usuário com o sistema e consiste de um modelo de usuário, que é construído pelo sistema, como resultado do seu histórico de navegação e desempenho nos exercícios.
- .Base de Conhecimento para Controle da apresentação hipermedia (BC-Controle): é responsável por oferecer uma orientação inteligente selecionando um conjunto de caminhos gerados dinamicamente na rede de nós para que o aluno possa acessar. Após algumas ações do usuário (como o clicar do mouse, seleção de uma ligação, etc), um ou mais objetos representando as ações do usuário são criados e declarados dentro da memória de trabalho onde a máquina de inferência habilita um conjunto de caminhos ao aluno.

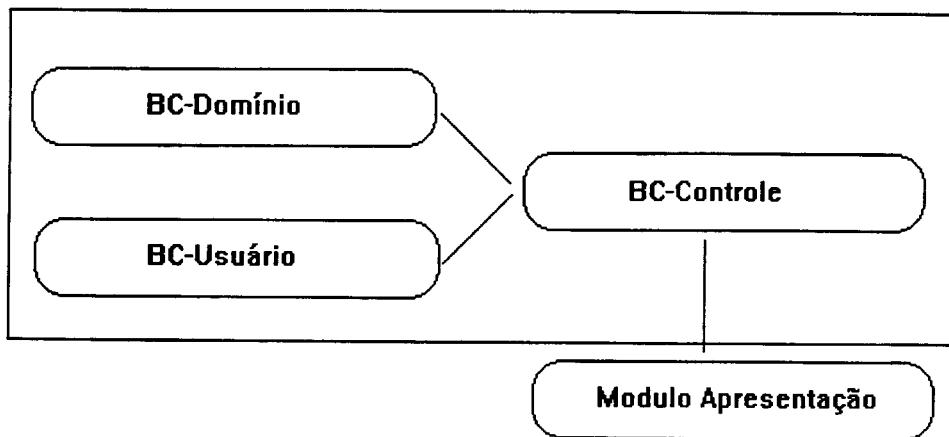


figura 3.5.1. Arquitetura do LAND USER Tutor

O motor de inferência pode aplicar o conhecimento contido no BC-Domínio ou BC-Usuário em conjunto com informações sobre a ação mais recente do usuário. Como resultado, certas partes da rede hipermedia contida no BC-Domínio pode ser recuperada e salientada (através da criação de ligações geradas dinamicamente).

O BC-Controle também interage com Módulo-Apresentação enviando a parte selecionada, ou visões da rede hipermedia a ser mostrada.

O conhecimento contido no LAND USER Tutor é representado utilizando o paradigma orientado a objetos, em classe, subclasse e suas instâncias, as quais são organizadas em instâncias hierárquicas.

A Interação do Aluno com LAND USE Tutor

Quando o aluno usa o LAND USE Tutor, são carregadas informações sobre suas interações anteriores. Uma janela contendo uma lista de fatores a serem considerados pelo aluno é inicialmente mostrada. Por exemplo, se o aluno seleciona informações sobre topologia, é apresentada uma nova janela contendo informações sobre regras de topologia para construção de uma cidade previamente selecionada.

O LAND USE Tutor permite, em qualquer ponto durante a navegação do aluno na rede hipermedia, que o tutor teste seu conhecimento, selecionando um botão de exercícios disponíveis. Com base na resposta do aluno o tutor dispara uma regra genérica e realiza uma ligação dinâmica, caso tenha sido identificado um conceito errôneo, que é entendido como o ato de responder errado a uma pergunta.

O componente tutorial inteligente do tutor é capaz de detectar conceitos errôneos na resolução de problemas do aluno, baseado na análise das respostas dos exercícios dos alunos.

3.6. MUCH/RICH

Desenvolvido pelo *Department of Computer Science* em Liverpool na Inglaterra o projeto baseia-se na utilização de redes semânticas para recuperação da informação. A idéia central é formar uma estrutura básica (esqueleto) das informações e ligar o restante a esta estrutura. A chave para isso é criar um conjunto de regras para direcionar a criação e manipulação de uma rede semântica de domínio-específico.

Dois protótipos, um chamado MUCH (*Many Using and Creating Hypermedia*, versão 6.0), e outro chamado RICH (*Reusable Intelligent Collaborative Hypermedia*, ou MUCH, versão 7.0) foram implementados com similares modelos de redes semânticas que usam o mesmo conjunto de tipos default de ligações. Nos dois sistemas, as redes semânticas estão representadas para os usuário como uma visão hierárquica edição/navegação e uma visão navegação rede semântica. A visão hierárquica edição/navegação tem janela *outline folding/unfolding* na esquerda e a janela conteúdo na direita. MUCH não tem restrições nas ligações. Ele usa o algoritmo transversal de busca em profundidade para gerar hierarquias da rede em questão. O transversal default vai com ligações de qualquer tipo. As hierarquias alternadas são derivadas através do corte manual de algumas ligações, ou selecionando diferentes pontos de início para apresentar visões diferentes hierarquias, uma por vez. Nenhuma função cópia é oferecida. RICH baseia-se no modelo rede semântica de domínio específico e usa o esquema nó-teia para gerar várias composições [WANG93].

3.7. PLINTH

Desenvolvido pelo *Artificial Intelligence Applications Institute* da *University of Edinburgh* na Inglaterra, o sistema **PLINTH** procura integra hipertextos, redes semânticas e sistemas baseados em regras de forma a auxiliar autores e leitores na manipulação de documentos sobre regulamentações, através de um ambiente "expertext" [CASSO93].

PLINTH (the Platform for INtelligence Hypertext) suporta autores e leitores de documentos técnicos. Ele permite ao autor:

- . construir redes de hipertexto semanticamente aumentada para documentos e seus projetos de análise racional;
- . escrever navegação inteligente baseada em regras e funções consultas de maneira a assistir o leitor na utilização de documentos efetivos e corretos.

Ele permite ao leitor:

- . mostrar diferentes visões estruturais, lógicas e retóricas do documento e manualmente selecionar nós para leitura;
- . explorar o projeto racional por detrás do documento para melhor entender seus propósitos; e
- . navegar e consultar documentos ajudado pelas funções de navegação inteligente, fornecida pelos autores.

Embora tenha sido projetado inicialmente para trabalhar com documentos de regulamentação, PLINTH tem um grande potencial em muitas áreas de documentação técnica, também, por exemplo:

.outros tipos de regulamentações e textos legais, por exemplo, o "BRITISH" e padrões ISO, contratos, etc;

.manuais de instruções ou guias de problemas que leva o leitor a um processo passo-a-passo onde cada ação depende do retorno de ações prévias.

.material de aprendizado assistido por computadore (CAI), onde a informação a ser coberta é basicamente textual mas o sistema tem que apresentar a resposta intelegráveis ao entendimento e progresso do leitor

3.8. Projeto GEOLAB

Este projeto resulta da convergência entre os interesses científicos do TECFA - *TEChnologies de Formation et Apprentissage* (Genebra, Suíça), através dos softwares por eles desenvolvidos, e pelo interesse comercial, através das habilidades ensinadas pelo FSS Consultants SA, um membro da FSS Internacional [GILL95].

A questão central deste projeto é desenvolver um ambiente inteligente para o aprendizado relacionado a caracterização de reservatórios, em particular a questão da determinação da incerteza volumétrica. Essa dificuldade de domínio geostatístico constitue o ponto central dos cursos oferecidos as principais companias de petróleo, mas o mesmo conceito e técnicas também podem ser utilizadas a reservatório de água e determinação dos riscos do lixo tóxico.

Resumidamente, a caracterização de um reservatório de petróleo requer um conjunto de práticas complexas as quais a aquisição recaí pesadamente na experiência. Portanto, um ambiente de aprendizado simula situações nas quais os estagiários terão passar, realizando o mesmo processo cognitivo de seu trabalho futuro. O melhor exemplo de ambiente para aprendizado é o simulador de vôo. Um ambiente para o aprendizado é dito inteligente quando inclue um agente que possa guiar e aconselhar sobre o assunto. Esse agente geralmente é implementado utilizando técnicas da inteligência artificial.

Através deste projeto a FSS pretende oferecer um treinamento atualizado tanto em relação ao conteúdo quanto ao método. O ambiente inteligente para o aprendizado -chamado GEOLAB- não irá substituir os cursos, mas enriquecê-los e extender o treinamento através de curtas sessões. Essas horas de extensão são especialmente relevantes porque tais habilidades complexas não podem ser aprendidas em uma semana. Contudo, a questão chave endereçada neste projeto é a integração do ambiente com as conferências oferecidas pelo FSS. Endereçou-se essa questão de duas maneiras. Por um lado, GEOLAB conterá e referenciará ao material multimídia apresentado durante essas conferências. Por exemplo, quando o usuário comete algum erro, o sistema poderá mostrar partes relevantes da teoria ou casos análogos. Por outro lado, GEOLAB será articulado com softwares estatísticos "FSS TOOLS" usado pelo FSS em seus cursos de treinamento.

Este projeto pertence a uma área de pesquisa multidisciplinar referida como "inteligência artificial e educação". P. Dillenbourg tem conduzido a pesquisa na área há 10 anos nas universidades de Mons (Bélgica), Lancaster (Inglaterra) e Genebra (Suíça). São aplicadas as técnicas de Inteligência Artificial em softwares de educação com intuito de capacitar a condução de ricas interações com o aprendiz. Essas interações são necessárias para a aquisição da habilidade de resolver complexos problemas. Nestes sistemas a simulação computa os resultados de experimentações criadas através da extração de dados obtidos

em experimentos similares publicados (usando técnicas de resolução baseada em casos). O aprendiz constroi o experimento nas interações com o especialista computadorizado. Esses dois agentes trabalham juntos passo-a-passo. O especialista pode discordar do aprendiz, desfazer sua última ação, solicitar um esclarecimento, reparar um erro, e assim por diante. O aprendiz pode remover da tela o objeto criado pelo especialista, pedir uma explicação, pedir para prosseguir, e assim por diante. Em outras palavras, a interação é mais flexível e mais simétrica do que os sistemas especialistas tradicionais. O GEOLAB reflete as tendências correntes das pesquisas: uma proposta colaborativa para o ensino, uma arquitetura descentralizada para o sistema e a integração de técnicas da Inteligência Artificial com hipertexto e componentes multimídia.

3.9. ASK/Trans-ASK

Os sistemas ASK e Trans-ASK, abaixo descritos, foram desenvolvido pelo *Institute for the Learning Sciences (ILS)* da *Northwestern University*, Illinois nos EUA [BARE93].

Sistemas hipermedia oferecem uma promessa grande na captura especializada e subsequentemente provendo acessos multifaces no suporte aos usuários engajados com tarefas complexas. A primeira questão em construir tais sistemas é como estruturar o conhecimento contido neles de tal maneira que o usuário com um problema possa encontrar o conhecimento mais apropriado facilmente e naturalmente. Nesta pesquisa baseada na IA, produziu-se duas aproximações para estruturar o conhecimento que mostra-se promissor para organizar as bases de conhecimento hipermedia. A primeira é o uso de modelos abstratos das tarefas de solucionar problemas dos usuários para prover uma estrutura global para a base de conhecimento e refletir a estrutura em uma interface humana com significado para o sistema. O segundo é o uso de um modelo conversacional para prover coerência local das ligações entre pedaços de informação da base de conhecimento.

Esse dois tipos de modelos foram aplicados na construção do Trans-ASK, um grande sistema hipermedia no domínio de planejamento de transporte militar.

Neste projeto existe uma preocupação com dois modelos baseados em aproximação complementares para organizar sistemas hipermedia que foram desenvolvidos e estão em uso no *Institute for the Learning Sciences (ILS)*. O primeiro é sobre o uso de modelos abstratos sobre tarefas do usuário na solução de problemas, para fornecer uma estrutura global para a base de conhecimento e refletir a estrutura de uma interface humana significativa para o sistema. A segunda aproximação é usar um modelo conversacional para promover coerência local das ligações entre os pedaços de informações, na base de conhecimento.

Como resultado da aplicação da aproximação do ILS, foi produzido uma classe de sistemas hipermedia chamados sistemas ASK. A metáfora deste sistema é a conversação com um especialista. Um sistema ASK promove acesso flexível a um banco de dados de vídeos (curta metragem) sobre casos extraídos de entrevistas com especialistas, assim como o material textual. O objetivo é construir sistemas que permitam ao usuário a ganhar acesso a informação que responda a suas perguntas e estruture suas interações com o sistema de maneira que traga importantes benefícios da conversão com especialistas humanos. Em particular, o sistema ASK provê navegação da informação direcionada para usuários dentro de um "framework" o qual provê um modelo natural coerente com o domínio sobre investigação. Esse modelo capacita-os a assimilar respostas a suas perguntas de tal maneira que eles possam então usar suas respostas para solucionar problemas.

O maior sistema ASK produzido, Trans-ASK, opera no domínio de planejamento de transporte militar. Trans-ASK foi projetado para servir com um auxílio no trabalho,

ferramenta de treinamento, e referência para oficiais do comando de transportes do USA (TRANSCOM).

A base de conhecimento do Trans-ASK e sua interface humana está organizada em torno de um modelo de tarefas de trabalhos, na equipe de ação em crises (CAT) do TRANSCOM, a tarefa levada por pessoa nestes papéis, e problemas típicos na realização, com sucesso destes. Isto reflete a situação na qual um oficial em ação provavelmente consultará o Trans-ASK: ele está num papel particular, conduzindo uma certa tarefa, e tendo que resolver um certo problema.

Resumindo: identificando o papel, a tarefa e o problema, o usuário seleciona a área especializada no banco de dados do Trans-ASK. Ele, então, está livre para explorar a área via sua estrutura conversacional.

3.10. M-Assiste

O M-Assiste [PINT95a, PINT95b] desenvolvido na COPPE/SISTEMAS da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), BRASIL, está sendo implementado como um *kernel* do *Asymetrix ToolBook 3.0* com o objetivo de ajudar professores a definirem uma navegação assistida para seus alunos. Preservando as características da hipermedia e acrescentando alguns elementos dos assistentes inteligentes, o M-Assiste acompanha a navegação em documentos hipermedia criados em *ToolBook*. O ambiente de desenvolvimento *ToolBook* foi escolhido devido ao acesso fácil e seguro e sua poderosa linguagem de programação, OpenScript. O *Kernel* é composto por uma base de regras que permite a identificação, através de uma série de perguntas, do nível atual dos conhecimentos de cada aluno sobre um determinado assunto ou conteúdo curricular, armazenado previamente como documento *ToolBook*. Em função do nível de conhecimentos dos alunos. M-Assiste está capacitado a sugerir um ponto de entrada individualizado no documento *ToolBook*.

Interação do Usuários com M-Assiste

M-Assiste possui uma interface principal, com a qual o professor interage da seguinte forma: ao incorporar um determinado documento hipermedia *ToolBook*, o professor seleciona as páginas deste documento, cujos conteúdos estão relacionados com o assunto que ele deseja que os alunos aprendam. As páginas selecionadas são tratadas como o contexto da aplicação e posteriormente mostradas ao aluno como as páginas a serem visitadas. O professor, a seguir, constrói uma série de perguntas sobre o conteúdo das páginas selecionadas. Estas perguntas, no formato de múltipla escolha e as respectivas respostas são também armazenadas como arquivos dBase. M-Assiste disponibiliza para o professor uma Base de Regras, segundo um modelo de regras de produção. A Base de Regras é criada por uma aplicação Fox-Pro e suas regras, escrita em OpenScript. As cláusulas destas regras são definidas de acordo com cada documento hipermedia. Quando o aluno inicia a navegação do documento hipermedia, é realizado um diagnóstico do nível de seus conhecimentos sobre os tópicos contidos no documentos hipermedia, através de perguntas formuladas pelo professor. Analisadas as respostas e a partir das regras armazenadas, o sistema apresenta para o aluno um ponto de entrada personalizado e opcional no documento hipermedia. Sendo fundamental a liberdade de navegação, o aluno pode ou não acessar o documento do ponto sugerido.

Outra característica interessante de M-Assiste, que não está presente em sistemas análogos, é permitir que o professor verifique o nível de conhecimentos adquiridos pelo aluno durante a navegação. Com este propósito, o sistema permite que o professor apresente ao aluno, em determinados pontos do documentos hipermedia, perguntas, cujas respostas serão armazenadas para posterior análise do professor. Mas, a partir das respostas fornecidas pelo aluno, são oferecidas remediações (i.e., retorno a páginas já examinadas), através da sugestão de caminhos, compostos de páginas com as informações que conduzem às respostas corretas. A critério do professor, o sistema está capacitado a gerar páginas de visita obrigatória. Ou seja, se o aluno demonstra que não adquiriu uma determinada informação, por não ter respondido corretamente a perguntas formuladas sobre o mesmo tópico em diferentes pontos do documento hipermedia, o sistema pode fornecer remediação obrigatória.

Estrutura e Módulos de M-Assiste

M-Assiste é composto de seis módulos: Controle, Modelo do Professor, Modelo do Aluno, Base de Regras, Base de Perguntas e Respostas e Contexto da Aplicação (figura 3.10.1).

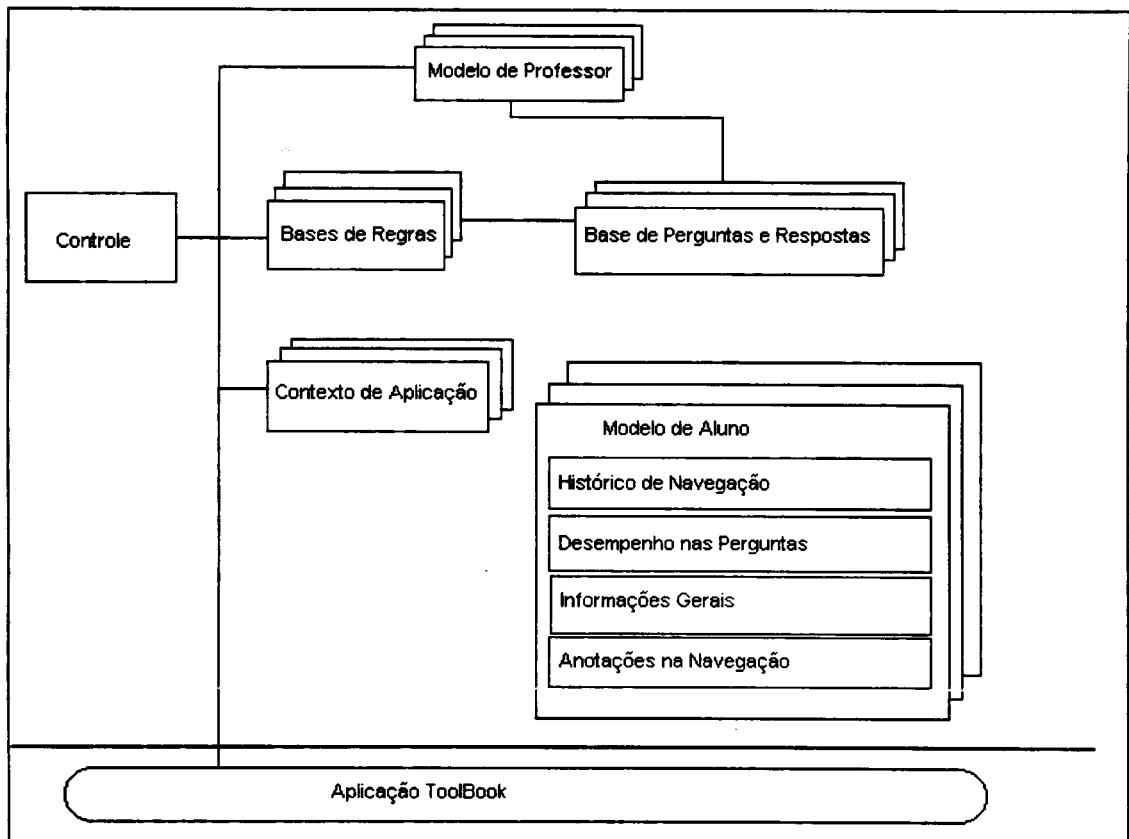


figura 3.10.1.- Arquitetura de M-Assiste

Abaixo a descrição suscinta de cada módulo:

. Controle é o módulo responsável por acompanhar o leitor durante a sua interação com um documento hipermedia qualquer. Ele interage com os demais componentes indicado se o leitor está fora de um contexto definido anteriormente.

O controle avalia o conhecimento do estudante quando este não possuir modelo de aluno. Através de perguntas, o aluno é remetido para um ponto específico do documento hipermedia, ocorrendo uma otimização no seu processo de navegação [PINT95a].

. Modelo do Professor é o modelo onde se encontram as informações de como o controle deve atuar quando o estudante não responde corretamente as perguntas propostas durante a navegação. Para cada documento hipermedia *ToolBook* é gerado um novo modelo de professor.

. Modelo de Aluno é o módulo onde se encontram as informações a respeito da interação do professor leitor com um documento hipermedia. Este modelo permite guardar a história de navegação do estudante, o tempo de permanência em cada página e o desempenho do estudante, além de permitir que o aluno faça suas próprias anotações.

. Base de Perguntas e Respostas: esta base é alimentada pelo professor e é diferente para cada documento hipermedia *ToolBook*. O professor define perguntas e respostas sobre um determinado contexto dentro de um grande hiperdocumento.

.Base de Regras: Contém regras de produção que fazem com que o controle possa disparar uma pergunta ao aluno em determinado momento. Esta base muda de aplicação para aplicação. Formato *IF <cond.> [[oper.lóg] [cond.]...]* *Then <função>*. As regras podem ser compartilhadas, existindo assim, um conjunto de nós para cada aplicação multímidia.

.Contexto da Aplicação é o módulo que contém o nome das páginas que são um subconjunto de todas as páginas de um determinado documento hipermedia *ToolBook* e a seleção das páginas é realizada pelo professor. A possibilidade de se determinar diferentes subconjuntos de um grande conjunto de nós permite que sejam representados e manipulados diversos enfoques de um dado conhecimento armazenado.

4. Conclusões

Neste trabalho, fizemos um levantamento histórico procurando mostrar onde e como, os pioneiros dos sistemas de hipertextos previram a utilização das técnicas da inteligência artificial nos mesmos, a fim de solucionar diversos problemas relacionados a navegação, consulta, entre outros e ampliar seu potencial.

Através das 10 aplicações selecionadas, tentamos dar uma noção de como estão caminhando as pesquisas neste sentido. Notamos ter havido um investimento maior relacionado à recuperação da informação, tal como foi sugerido por Halasz [HALA88], Trigg [TRIG92] e Meyrowitz [MEYR89] em seus respectivos artigos.

Neste momento, observa-se uma tendência através destas pesquisas para a convergência aos chamados **Sistemas Hipertexto Adaptativos**. Um sistema hipertexto adaptativo pode superar as desvantagens do hipertexto tradicional, tais como o usuário se perder durante a navegação ou a sobrecarga cognitiva, perdendo tempo para tomar a decisão por onde navegar, recomendando ao usuário, uma navegação "personalizada", baseada nas

informações de suas necessidades e preferências. Nestes sistemas, uma nova abordagem de modelagem de usuário é utilizada: *modelagem de esteriótipo*, onde usuários são definidos e modelados por classes. Em [KUSH94], o LAND Use Tutor utiliza matrizes associativas para prover um caminho efetivo das preferências dos usuários. Por serem estas matrizes, facilmente atualizáveis, elas suportam um tipo de aprendizado dinâmico necessário aos sistemas adaptativos.

Trigg apontou em [TRIG92] uma outra área promissora na utilização da IA, a conversão automática de textos lineares em hipertextos. Em [VILL93] procura-se atacar este problema usando a metodologia KADS (KADS - knowledge analysis) e em [WANG93] se fala na organização e reutilização dos hipertextos através do uso de redes semânticas e da aplicação de um conjunto de regras para gerenciar a criação e manipulação dessa rede semântica de domínio específico.

Halasz [HALA88] aponta a questão da computação sobre a rede, dizendo que os sistemas de hipermedia não dirigem ativamente a criação ou modificação das redes ou informações nela contidas, e completa seu raciocínio sugerindo o desenvolvimento de sistemas de hipermedia que incorporem mais componentes computacionais ativos que automaticamente façam inferências sobre a informação armazenada na rede hipermedia. Em [KUSH93] fala-se exatamente nesta conjugação, como citado abaixo.

"A necessidade de guias inteligentes para usuários de sistemas hipermídia tem sido atacada por vários autores. Possibilidades incluem meios inteligentes de aliviar a sobrecarga de informação e reduzir a complexidade das informações hipermedia apresentadas aos usuários para "visões" mais gerenciáveis e significativas. Isto pode ser extendido para prover tal apresentação inteligente da informação de maneira que sejam modelados para as informações necessárias e ao nível de especialidade de um usuário em particular. A chave do sucesso de tais sistemas será a integração da hipermedia com tecnologias baseadas em conhecimento, tais como os sistemas especialistas. Uma continuidade de possíveis arquiteturas que integram hipermedia com sistemas baseados em conhecimento podem ser conceitualizados variando de acoplamento fraco, onde a arquitetura do sistema consiste em modelos separados da base de conhecimento e da hipermedia, e arquiteturas com acoplamentos fortes, consistindo da integração de elementos da base de conhecimento e da hipermedia que trabalham em uníssono, compartilhando dados, representações do conhecimento e permitindo resoluções cooperativas".

Tudo indica que a integração da hipermedia com a tecnologia baseada em conhecimento irá se tornar cada vez mais importante no desenvolvimento de aplicações hipermedia e será a chave para o desenvolvimento de sistemas educacionais avançados [KRUSH93].

Por último, não podemos deixar de falar nas aplicações e problemas que surgiram com a INTERNET. Há poucos anos atrás, pesquisadores iniciavam seus projetos procurando referências bibliográficas, contactando colegas pesquisadores, levantando anais de conferências e listas de relatórios técnicos de universidades. Hoje, através da Internet, pode-se realizar todas essas tarefas, mas, às vezes, é preciso "garimpar muito" para localizar os dados desejados neste mar de informações. Para auxiliar os usuários neste sentido a Internet conta com diversos serviços que visam localizar e recuperar as informações. Entre todos os serviços oferecidos pela Internet, sem dúvida o que a popularizou foi o World Wide Web (WWW) que tem sua interface baseada em hipertexto. Com essa nova onda, pesquisadores do mundo inteiro estão direcionando, transportando e compatibilizando seus sistemas com essa grande rede. Consequentemente, os enfoques de novos sistemas e seus problemas também estão se modificando. Em [ALLA93a], por exemplo, descreve-se uma arquitetura

para contrução de agentes com especial propósito para solucionar o problema de captura e acesso a informação em ambientes tipo INTERNET, utilizando os hipertexto e a inteligência artificial.

5. Referências Bibliográficas

- [ALLA93a] Allan, J.; Davis, J.; Kraft, D.; Rus, D. & Subramanian, D. (1993). Information Agents for Building Hyperlinks. *Proceedings of Workshop on Intelligent Hypertext*, November.
- [ALLA93b] Allan, J. & Salton, G. (1993). The Identification of Text Relations Using Automatic Hypertext Linking. *Proceedings of Workshop on Intelligent Hypertext*, November.
- [BARE93] Bareiss, R. & Osgood, R. (1993). Applying AI Models to the Design of Exploratory Hypermedia Systems. *Proceedings of Hypertext'93*, November, pp.94-105.
- [BUSH45] Bush, V. (1945). As We May Think. *The Atlantic Monthly* 176 (1), Julho 1945, pp 101-108. In: *From Memex to Hypertext. Vannevar Bush and the Mind's Machine*. Edited by James M. Nyce & Paul Kahn. Academic Press, Inc. 1991.
- [BUSH67] Bush, V. (1967). Memex Revisited. Science is Not Enough. New York, pp 75-101. In *From Memex to Hypertext. Vannevar Bush and the Mind's Machine*. Edited by James M. Nyce & Paul Kahn. Academic Press, Inc. 1991.
- [CARL90] Carlson, D. A. & Sudha, R. (1990). HyperIntelligence: The Next Frontier. *Communications of the ACM*, March, Vol.33, No.3, pp. 311-321.
- [CASS93] Casson, A. (1993). PLINTH: Integrating Hypertext, Semantic Nets and Rule-Based Systems in an Expertext Shell for Authors and Readers of Regulatory Documents. *Proceedings of Workshop on Intelligent Hypertext* November.
- [CONK87] Conklin, J. (1987). Hypertext: An introduction and survey. *Computer* 20 (9), 1987, pp 17-41.
- [DILL95] Dillenbourg, P. (1995). The Geolab project
<http://tecfa.unige.ch/tecfa-research/research-overview.htm#AI&E>
- [DREY75] Dreyfus, H. (1975). O que os computadores não podem fazer
Uma Crítica da Razão Social. A casa do Livro Eldorado. Rio de Janeiro.
- [ENGE62] Engelbart, D. (1962). Augmenting Human Intellect: A conceptual Framework. *AFOSR-3223 Summary Report*. Stanford Research Institute, Menlo Park, California, October.
- [ENGE63] Engelbart, D. (1963). Letter to Vannevar Bush and Program On Human Effectiveness. In *From Memex to Hypertext. Vannevar Bush and the Mind's Machine*. Edited by James M. Nyce & Paul Kahn. Academic Press, Inc., pp. 235-244.
- [FUJI92] Fujihara, H.; Snell, J. & Boyle, C.D. (1992). Intelligent Search in an Educational Hypertext Environment. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, I(4), pp 401-41.

- [GARG87] Garg, P. K. & Scacchi, W. (1987). On Designing Intelligent Hypertext System for Information Management in Software Engineering. *Proceedings of Hypertext'87*. November, pp. 409-432.
- [GARG89] Garg, P. K. & Scacchi, W. (1989). ISHYS - Designing an Intelligent Software Hypertext System. *IEEE Expert (AI/Software Engineering)*, Fall, vol 4, No.3, pp.52-63.
- [HARM85] Harmon, P. & King, D. (1985). Expert Systems. Artificial Intelligence in Business. John Wiley & Sons, Inc.
- [HALA88] Halasz, F (1988). Reflections on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation on Hypermedia Systems. *Communications of the ACM*, 31 (7), julho, pp.836-852.
- [HERZ93] Herzog, M.; Peratello, R.; Kühn, C. & Slany, W. (1993). Exploring Architectural Design Cases. *Proceedings of Workshop on Intelligent Hypertext*. November.
- [KAPL93] Kaplan, C.; Fenwick, J. & Chen, J. (1993). Adaptive Hypertext Navigation Based on User Goals and Context. *User Modeling and User Adapted Interaction*, V(3), pp. 193-220.
- [KUSH94] Kushniruk, A. & Wang, H. (1994). A Hypermedia-Based Educational System with Knowledge-Based Guidance. *ED-MEDIA*, pp.335-340.
- [LAI88] Lai, K-Y.; Malone, T. W. & Yu, K-C. (1988). Object Lens: A 'Spreadsheet' for Cooperative Work. Massachusetts Institute of Technology. *ACM Transaction on Office Information Systems*, Vol.6, No. 4, October, pp. 332-353.
- [LELU92] Lelu, A. & Francois, C. (1992). Hypertext paradigm in the field of information retrieval: a neural approach. Proceedings of Conference ACM ECRT, November, pp.112-121.
- [MEYR89] Meyrowitz, N. (1989). Hypertext - Does it reduce cholesterol, too? Palestra de abertura do Hypertext'89, Novembro 1989, Pittsburgh, USA. In: *From Memex to Hypertext. Vannevar Bush and the Mind's Machine*. Edited by James M. Nyce & Paul Kahn. Academic Press, Inc, 1991.
- [NELS72] Nelson, T. (1972). As We Will Think. Proceedings of Conference Online 72, Vol. 1, pp. 439-454. International Conference on Online Interactive Computing. Brunel University, Uxbridge, England. September 4-7. In: *From Memex to Hypertext. Vannevar Bush and the Mind's Machine*. Edited by James M. Nyce & Paul Kahn. Academic Press, Inc. 1991.
- [NELS87] Nelson, T. (1987). LITERARY MACHINES. edition 87.1.coordinated with XU.87.1, the Operational prototype of the XanaduTM Hypertext System.
- [PINT95a] Pinto, S.C.C.S.; Santos, N. & Rocha, A.R. (1995). M-Assiste: Um Meta-Assistente para Navegação em Documentos Hipermídia. *Panel'95 - XXI Conferência Latino-Americana de Informática*, pp. 249-260.
- [PINT95b] Pinto, S.C.C.S. (1995). M-Assiste: Um Meta-Assistente Adaptativo para Suporte à Navegação em Documentos Hipermídia. Tese de Mestrado. COPPE/SISTEMAS - UFRJ - Dezembro.

- [RAYW94] Rayward, W.B. (1994). Visions of Xanadu: Paul Otlet (1868-1944) and Hypertext. *Journal of the American Society for Information Science*, 45(4):235-250.
- [SANT94] Santos, G. C. (1994). Hipertextos & Inteligência Artificial e suas aplicações. *Projeto Final de Curso de Informática*. Instituto de Matemática - UFRJ, Março.
- [SHIB93] Shibata, Y. & Katsumoto, M. (1993). Dynamic Hypertext and Knowledge Agent Systems for Multimedia Information Networks. *Proceedings of Hypertext'93*, pp. 82-93.
- [TRIG92] Trigg, R. (1992). From Trailblazing to Guided Tours: The Legacy of Vannevar Bush's Vision Of Hypertext Use. Academic Press, Inc. , 1992
In: From Memex to Hypertext. Vannevar Bush and the Mind's Machine. Edited by James M. Nyce & Paul Kahn. Academic Press, Inc.
- [VILL93] Villemin, F.-Y. (1993). Knowledge-Based Hypertext Generation. *Proceedings of Workshop on Intelligent Hypertext*, November.
- [WANG93] Wang, W. & Rada, R. (1993). A Semantic Net for Reusable Hypertext. *Proceedings of Workshop on Intelligent Hypertext*, November.
- [WATE85] Waterman, D. (1985). A Guide to Expert Systems. Addison-Wesley Publishing Company.