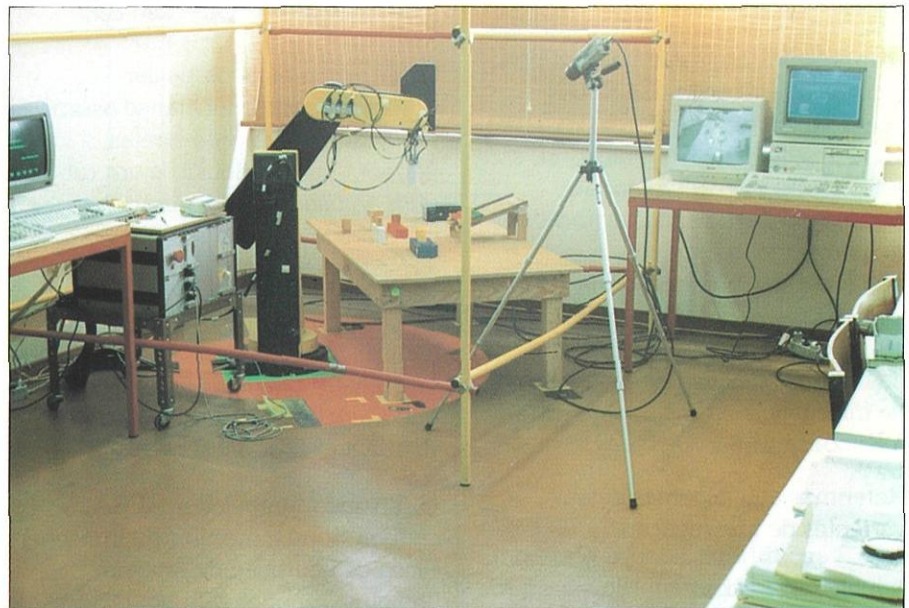


UM PROJECTO EM ROBÓTICA INTELIGENTE



Por: Eugénio Oliveira *



O Núcleo de IA e Rob da FEUP desenvolve no domínio da Robótica Inteligente um projecto cujo objectivo se pode sintetizar na seguinte Tese:

«É necessária a cooperação entre Conhecimentos varios de diversos Sistemas semi-autónomos para se poder esperar um comportamento inteligente de um robô».

* Núcleo de IA&R
Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto.
Com a colaboração
de Carlos Ramos e de Rui F. Silva.

Este objectivo que nos propozemos ilustrar através de um «testbed» por nós criado e desenvolvido, faz parte de um outro objectivo mais geral e que é perseguido pelo projecto ESPRIT ARCHON (Architecture Cooperative On-Line Systems). Nesse âmbito mais alargado, procuram-se arquitecturas de Sistemas Inteligentes que permitam a **Cooperação** na resolução de problemas de muito grande complexidade como sejam: o controlo de experiências simultâneas no LAP (Acelerador de Partículas) do CERN, o controlo

das Redes de Distribuição de Energia Eléctrica (em Inglaterra e Espanha) e outras. À Universidade do Porto que juntamente com a Universidade de Amsterdam se incumbiu, entre outros objectivos, de contribuir para tal arquitectura usando a Robótica como domínio da experimentação, estão ainda associados outros parceiros europeus como a KRUPP Atlas Elektronik, que é o «prime contractor», Queen Mary Westfield College (Londres), Framentec (França), ERDC (Inglaterra), Volmac (Holanda), Iberduero (Espanha), JRC (Europeu), Universidade de Atenas (Grécia).

A **Robótica** é uma disciplina cuja multiplicidade de aspectos aconselha a uma certa prudência na sua abordagem. Pode-se tratar um Robô como um sistema mecânico quanto à sua estrutura, como um sistema físico sujeito a equações que modelam o processo de controlo dos seus movimentos, um sistema informático cuja programação o comanda passo a passo numa dada tarefa, um sistema «Inteligente» que lhe permite perceber o meio e actuar nele. Todas estas perspectivas, e outras que por simplificação aqui não referimos, são certamente essenciais para a definição, desenvolvimento e correcta aplicação dos Robôs que hoje em dia começam a chamar-se já de 3ª geração. E são estes **Robôs da 3ª geração**, isto é, com capacidades avançadas de percepção do «universo» que o envolve e com alguma capacidade de decisão autónoma, que são objecto preferencial da tentativa de ligação da Inteligência Artificial à Robótica.

Referimos aqui algumas dessas vertentes de investigação:

- Integração sensorial, o que implica não só a captação dos sinais exteriores através de sensores tão diferentes como os de proximidade, tacto, distância, força, ou ainda a visão, mas também a correspondência e o significado dos sinais dessas várias fontes «percebendo» uma mesma realidade.
- A visão tridimensional e a respectiva interpretação da cena visualizada.
- A representação do conhecimento quer dos objectos do Universo do Robô quer também do relacionamento entre eles na descrição de cada situação desse mesmo Universo.
- A Geração Automática de Planos de Acções que em situações diversas

permitem ao Robô desempenhar a tarefa pedida.

- A cooperação entre conhecimentos especializados mas diferentes, distribuídos por vários Agentes e concorrendo para a resolução da tarefa comum proposta ao robô

O nosso grupo está envolvido em várias destas direcções de investigação mas neste breve artigo apenas acentuaremos o referido no último ponto: A cooperação entre Sistemas Inteligentes em ambiente Robótico [Ol+Ra+Ca 89], [Oli+Ram 89].

O problema mais particular a resolver pode enunciar-se assim: «Seja um conjunto de tarefas de montagem atribuído a um robô num ambiente não totalmente estruturado. Como utilizar as suas capacidades de percepção e decisão para que ele realize tais tarefas?».

O «testbed» que montamos no nosso Laboratório é constituído por vários «hardware» ligado em rede:

Um Robô Manipulador APRA, câmara Sony e monitor de imagem, Placa de aquisição de Imagem (Imaging Technology), um Díodo Laser (ainda em instalação), sensores de proximidade, dois computadores tipo AT e um de maior porte (Sun 360 ou microvaxII) para o controlo «inteligente». Como grupo universitário que somos, e sem deixar de ser o mais possível inspirados pelos problemas concretos, orientamo-nos mais para a investigação de metodologias aplicadas a classes de problemas, servindo-nos no entanto do referido enquadramento como ilustração, evitando assim permanecer apenas ao nível da simulação.

O «software» já instalado ou ainda em desenvolvimento inclui o compilador da Linguagem robótica LM (Langage de Manipulateurs), que através

de um executivo adaptamos ao ambiente do nosso Robô [Oli+Soa 89], um Gerador Automático de Planos desenvolvido em Prolog, «software» de tratamento de imagem a baixo nível e de reconhecimento de Objectos (em desenvolvimento), programas em LM para correcção de alguns erros em situações de excepção (em fase de concepção) e finalmente o conjunto de facilidades que permitam uma arquitectura cooperativa entre os vários Sistemas Inteligentes considerados.

Que significa, na nossa óptica, tal cooperação? Será a possibilidade que têm Agentes semi-autónomos (isto é, com capacidades próprias de resolução de problemas em domínios específicos) de trocar entre si conhecimento sempre que a execução de uma tarefa o exija. Duas notas devem no entanto aclarar o significado dessa função de Cooperação:

Em primeiro lugar devemos frisar que Cooperação implica muito mais que Comunicação. Não se trata apenas de enviar dados entre programas distribuídos (em processos e/ou máquinas diferentes) mas saber que na resolução de um problema, o Agente **i** pode pedir ajuda aos conhecimentos e capacidades do Agente **j** e quais as condições (inclusivé temporais) em que essa ajuda pode ser prestada.

Em segundo lugar, também não se trata de uma pura decomposição do objectivo global em sub-tarefas a distribuir pelos diversos Agentes. Estes podem concorrer «simultaneamente» para a resolução de um mesmo aspecto, mesmo sem serem solicitados, podem rejeitar participar (por estarem demasiado ocupados) ou até distribuir informação que não tenha ainda sido pedida mas que aquele agente sabe poder vir a ter interesse para um outro. Como exemplo consideremos

ESQUEMA GERAL DO TESTBED PARA COOPERAÇÃO EM ROBÓTICA INTELIGENTE

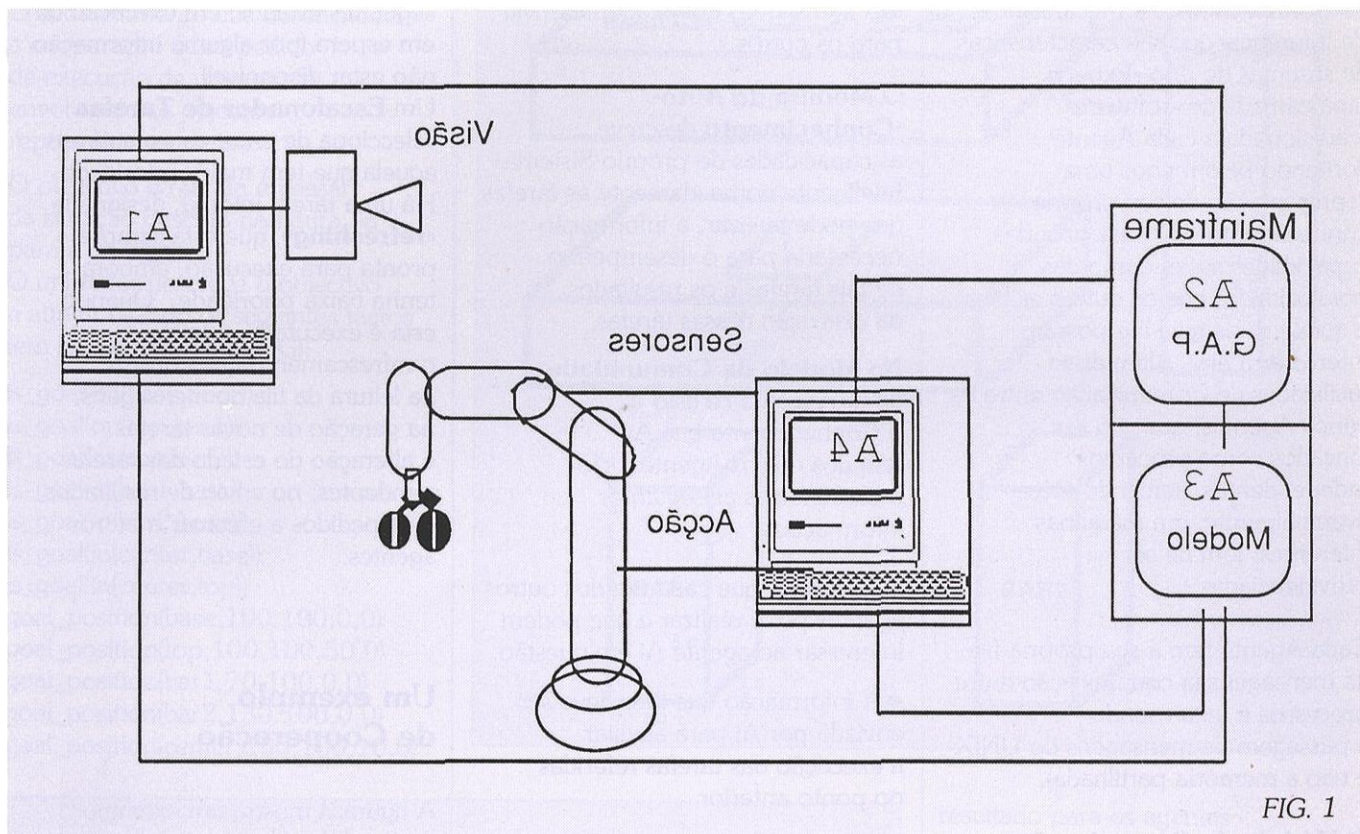


FIG. 1

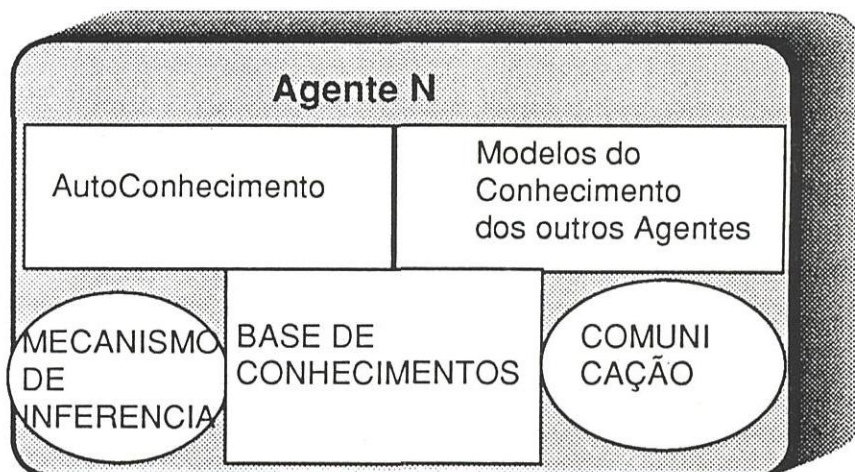
Quatro Agentes Inteligentes numa Célula Robótica:

- A1 : Reconhecedor de Objectos
- A2 : Gerador Automático de Planos (A.N.)
- A3 : Modelo do «Universo»
- A4 : Planeador e controlador de Trajectórias (B.N.)

o facto de o Agente responsável pela actuação a baixo nível (o controlador directo do robô e dos sensores), chamemos-lhe Agente Actuador, ao executar um plano proposto pelo Agente «Gerador Automático de planos» não encontra uma dada peça no local previsto. Neste caso, o programa «recuperador de erros» localizado no primeiro dos Agentes referidos, poderá necessitar de informação do «Universo» exterior. Quer a parte sensorial localizada neste Agente quer o da Visão podem estar em condições de fornecer indicações da nova posição do objecto em causa dependendo, evidentemente, das condições

do momento (tempo disponível, distância dos sensores ao objecto, etc).

Ignorando aqui os algoritmos em desenvolvimento para cada Agente particular da célula robótica inteligente, podemos agora apresentar a arquitectura geral simplificada de cada um deles (Fig 2):



Para além do Sistema Inteligente específico (por exemplo o Gerador de Planos) com a sua Base de Conhecimentos e Mecanismo de Inferência que são características de sistemas do tipo «Expert», uma camada de «software» é adicionada a cada Agente contendo pelo menos uma representação do seu próprio conhecimento, das suas próprias capacidades assim como das possibilidades que os outros exibem e que (e só as que) lhe possam interessar a ele. Além disso, facilidades de Comunicação entre os vários Agentes, que vão ser lançados como processos independentes, actuando até, eventualmente, em máquinas diferentes, têm de ser, providenciadas.

Cada Agente tem a sua própria fila de mensagens (a comunicação entre processos é feita usando a passagem de mensagens do UNIX e não a memória partilhada).

O **Módulo de Comunicação** é responsável pela gestão das comunicações desse agente.

É este módulo que efectuará a leitura das mensagens que chegam para o agente e a escrita das mensagens que o agente envia para os outros.

O **Módulo do Auto-Conhecimento** descreve as capacidades do próprio Sistema Inteligente nomeadamente as tarefas que pode realizar, a informação necessária para o desempenho de tais tarefas e os resultados da execução dessas tarefas.

No **Modelo da Comunidade** de um Agente Ai (isto é, o Conhecimento que Ai tem dos outros Agentes) são representadas as seguintes informações:

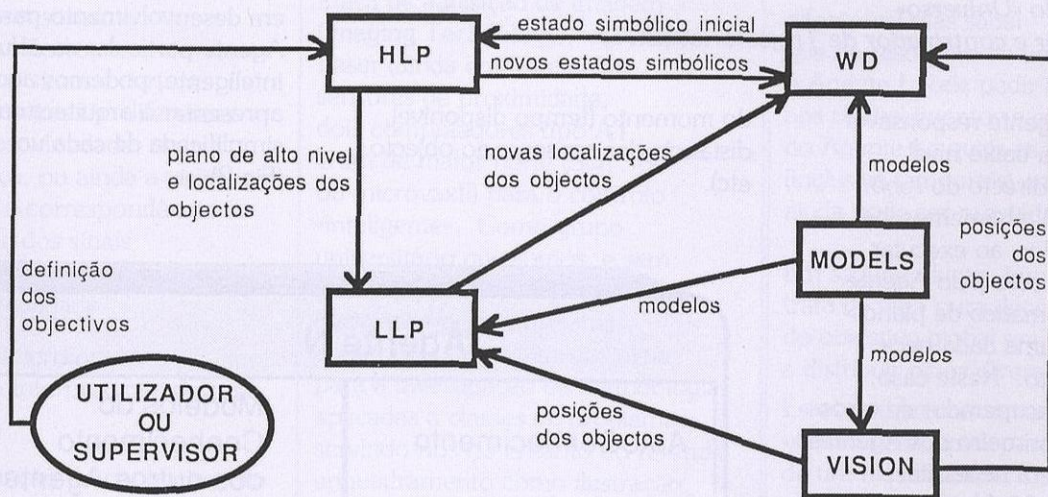
- As tarefas que cada um dos outros agentes pode realizar e que podem interessar ao agente Ai em questão.
- A informação que lhes deve ser enviada por Ai para auxiliar a execução das tarefas referidas no ponto anterior.
- A quem é que interessa as conclusões que o Agente pode deduzir.

A cada tarefa pendente é atribuída uma prioridade dinâmica. A tarefa pode encontrar-se num dos seguintes estados: em execução ou em espera (por alguma informação não estar disponível).

Um **Escalonador de Tarefas** selecciona de entre as executáveis aquela que tem maior prioridade. Há uma tarefa interna, designada «refreshing», que está sempre pronta para execução, embora tenha baixa prioridade. Quando esta é executada, é feito o refrescamento que consiste na leitura da fila de mensagens, na geração de novas tarefas e alteração do estado das tarefas pendentes, no envio de resultados e de pedidos a efectuar a outros agentes.

Um exemplo de Cooperação

A figura 3 mostra um exemplo do fluxo de informação entre agentes cooperantes para uma tarefa Robótica simplificada.



HLP - Gerador de Planos a Alto-Nível (nível tarefa)
 LLP - Gerador de Planos a Baixo Nível (nível acção)
 WD - Descriptor do Estado do Mundo dos objectos a manipular
 MODELS - Modelos dos Objectos
 VISION - Reconhecedor de Objectos

FIG. 3

Foram considerados aqui 5 agentes mais o utilizador (em vez dos 4 anteriormente considerados). O acontecimento que desencadeia a cooperação é um pedido de execução de uma tarefa envolvendo os objectos representados abaixo:

O objectivo da tarefa é passar da situação descrita na figura 5a para a da figura 5b.

O utilizador descreve o objectivo a atingir usando os seguintes factos (em linguagem PROLOG):

```
is_goal(on(base,floor))
is_goal(on(top,bar1))
is_goal(on(top,bar2))
is_goal(in(bar1,base))
is_goal(in(bar2,base))
is_goal(in(center,base))
is_goal(in(center,top))
goal_position(base,100,100,0,0)
goal_position(top,100,100,50,0)
goal_position(bar1,70,100,0,0)
goal_position(bar2,130,100,0,0)
goal_position(center,100,100,10,0)
```

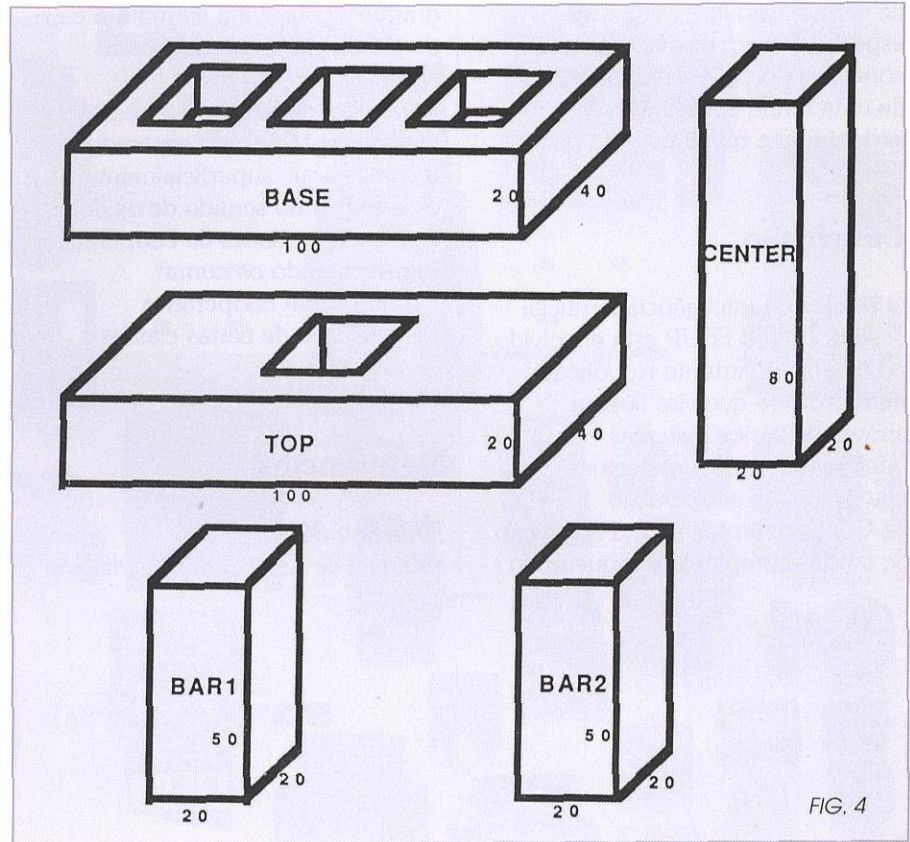


FIG. 4

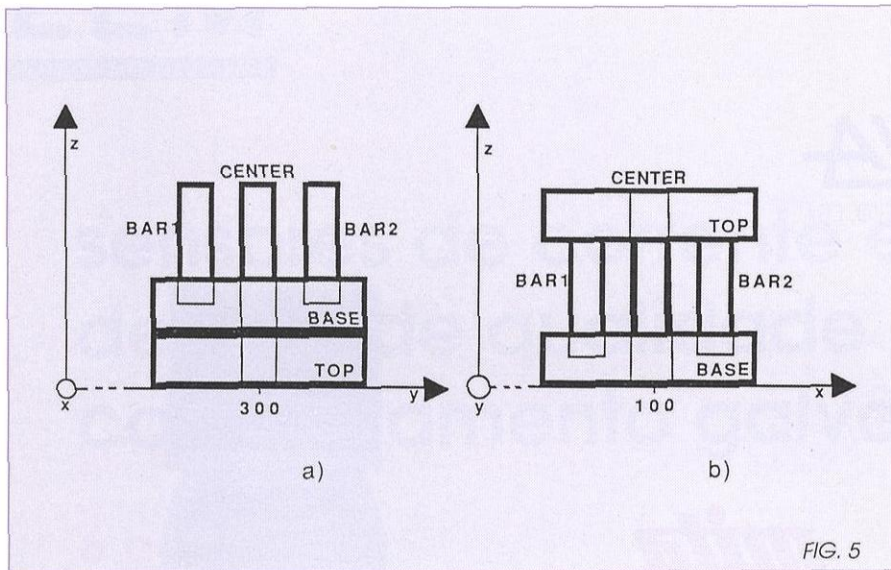


FIG. 5

O Gerador de Planos a Alto-Nível recebe o estado simbólico final e envia para os outros agentes a identificação dos objectos envolvidos. Como HLP não conhece o estado simbólico inicial, consulta o Modelo da Comunidade para saber a quem efectuar esse pedido. É feito então um pedido para o Descriptor do Mundo (WD).

Este último necessita do conhecimento da localização dos objectos (posição e orientação) e efectua um pedido para o agente VISION (simulado). Outro pedido é dirigido a MODELS com vista a obter os modelos geométricos dos objectos.

Quando a localização dos objectos é encontrada VISION envia esse

resultado para os agentes interessados (WD e LLP).

O Descriptor do Mundo obtém então o estado simbólico inicial e informa HLP usando os seguintes factos:

```
on(top,floor)
on(base,top)
in(bar1,base)
in(bar2,base)
in(center,base)
in(center,top)
```

Finalmente HLP pode estabelecer o plano que permite passar do estado inicial para o estado final e envia o plano que se segue para LLP:

```
exec(put_on_floor(center))
exec(put_on_floor(bar2))
exec(put_on_floor(bar1))
exec(put_on_base,[floor])
exec(insert(bar1,base))
exec(insert(bar2,base))
exec(put_on(top,[bar1,bar2]))
exec(insert(center,[base,top]))
```

Por esta descrição se pode verificar a necessidade evidente

de cooperação entre Agentes especialistas em diversos domínios concorrendo para a realização de uma tarefa comum (no caso vertente uma montagem de peças).

Conclusão

O Núcleo de Inteligência Artificial & Robótica da FEUP está envolvido, no tocante à vertente Robótica, num projecto que visa ilustrar através de vários Sistemas Inteligentes, uma arquitectura que permita a cooperação de Conhecimentos para a resolução de tarefas complexas e requerendo

grande flexibilidade, como é o caso de processos de montagem de peças.

Para além de desenvolver esses mesmos sistemas em separado, focamos aqui, superficialmente, os esforços no sentido de os dotar de tais capacidades de cooperação, transformando-os numa «comunidade» cooperativa de resolução de certas classes de tarefas.

Referências

[Oli+Soa 89]

«Manual de LM», Eugénio Oliveira;

Manuel Soares, Relatório do DEEC da FEUP 1989.

[Oli+Ra+Ca 89]

«Artificial Intelligence Systems for robotics», E. Oliveira; C. Ramos; R. Camacho, Proceedings First Workshop on Robotics and CIM 1989.

[Oli+Ram 89]

«Cooperation between Vision and Planning Agents in a Robotics Environment», E. Oliveira; C. Ramos, Proceedings Intelligent Autonomous Systems 2, Amsterdam 1989. ■



-GRAFICÓPIA-

COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS DE ESCRITÓRIO, LDA.

Somos uma Empresa
em Franco Crescimento

Temos todo o tipo de Soluções:

- Software de Gestão
- Software Específico
- Indústria Metal-mecânica
- Controle de produção

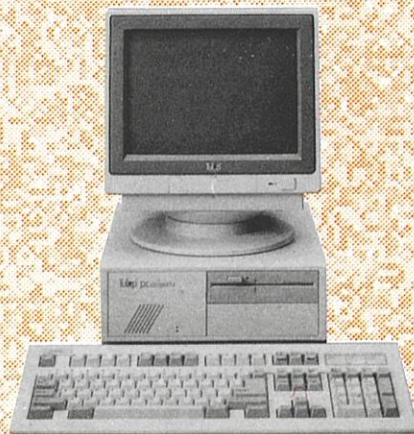
Utilização em Mono e Multiposto

CONTACTE-NOS:

mita
Copiadores

OKI
Telefax

Tulip® computers



Largo Alexandre Sá Pinto, 10-A • 4000 PORTO • Telef. (02) 66 85 40 - 635 52 • Fax (02) 66 85 40