

II. METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Foi usada uma aproximação top-down, a nível dos requisitos e da especificação, e uma aproximação bottom-up, a nível da implementação, para, por um lado possuir sempre código funcional e por outro, aproveitar ideias do código anterior.

Os principais passos seguidos segundo uma abordagem top-down aplicada ao problema foram:

- Identificar as situações independentes presentes no concurso;
- Controlar e comutar entre as várias situações;
- Resolver o acesso aos sensores e actuadores, que se encontram dispersos pelos dois PC's;
- Resolver a comunicação entre os dois PC's;
- Resolver o problema da identificação visual da pista e outros objectos, através de técnicas de processamento e análise de imagem;
- Resolver o controlo de condução dinâmica do Robot;
- Definir a arquitectura de software que relacione os pontos anteriores de modo a obter um método sistemático para a resolução de problemas semelhantes.

Segundo a abordagem top-down e de modo a separar o problema em padrões mais simples, procurámos identificar todas as situações independentes presentes no concurso.

Cada uma destas situações será resolvida de forma independente e compartimentada, sendo referidas como actividades.

Pressupõe-se que as actividades possam ser concorrentes.

As actividades que identificámos foram:

1. Guiar entre duas linhas
2. Guiar dentro do túnel
3. Identificar a transição pista-túnel
4. Identificar a transição túnel-pista
5. Identificar a transição pista-passadeira
6. Parar na passadeira
7. Identificar o padrão do semáforo
8. Seguir para a esquerda

9. Seguir para a direita

Os requisitos da concepção do IQ2002 (projectado para satisfazer as regras da classe UIP do Robótica 2002) foram:

- 1 - Capacidade de seguimento de uma pista pintada no solo.
- 2 - Capacidade de distinguir entre vários padrões.
- 3 - Capacidade de se deslocar dentro de um túnel escuro.
- 4 - Alguma velocidade e boa capacidade de manobra.
- 5 - Capacidade de tomar decisões em função de indicações no meio, nomeadamente através de indicações de semáforos e de marcas no solo.

III. A ABORDAGEM IQ2002

As melhorias principais do IQ2002 em relação ao seu antecessor situam-se aos seguintes níveis : arquitectura de Software, Controlo e Visão, Sensorização Adicional (sensores de infravermelhos e sonares) e a implementação de novas actividades primitivas adaptadas aos novos sensores (reais ou virtuais) introduzidos (detecção do semáforo, detecção de passadeira e circulação no túnel). Nesta secção são descritas as suas principais características com algum detalhe, embora boa parte da descrição, na altura em que foi escrito este artigo, só possa ainda referir-se a trabalho projectado mas ainda não implementado.

A actividade seguimento de pista não é alterada, pois atingiu o grau de robustez necessário. Os algoritmos utilizados baseados em lógica difusa [4, 5, 10, 12] têm produzido resultados que asseguram alguma tranquilidade quando à capacidade de o robot se adaptar a diferentes condições de visibilidade e contraste.

A. Arquitectura de Software

A arquitectura de software é construída com base numa API – Application Programming Interface.

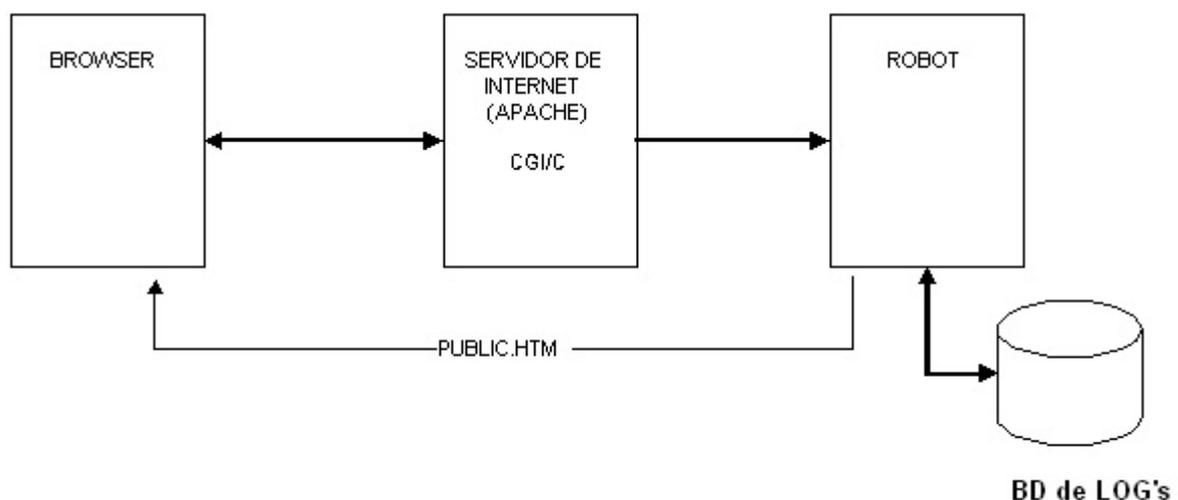


Figura 2 : Diagrama de blocos da interface gráfica de programação de actividades

A API caracteriza-se pelos seguintes pontos, herdados do IQ2001:

1. Massivamente paralela e conduzida por eventos (event-driven);
2. Esquema de instanciações por ficheiros de texto (data-driven);
3. Suporte para a construção de actividades distribuídas.
4. O suporte ao controlo distribuído de actividades, baseado em máquinas de estados organizadas hierarquicamente, inclui as seguintes características:
5. Comunicação distribuída baseada em mensagens;
6. Biblioteca de suporte com filtros para visão e reconhecimento de padrões baseados em lógica difusa;
7. Biblioteca de algoritmos de controle com, entre outros, um controlador difuso de condução.

Existem quatro elementos principais nesta arquitectura: as actividades, as máquinas de estados, a comunicação, e o conjunto de sensores/actuadores. Existem ainda duas bibliotecas de suporte para a construção de actividades: o pipeline de filtros de imagem e a biblioteca de algoritmos de controlo.

Encontra-se em estudo o desenvolvimento de uma interface com a Web, mas fundamentalmente pretende-se realizar uma interface gráfica para programação do robot através de das Máquinas de Estado já existentes no IQ2001 [3, 11]. A característica mais interessante deriva do facto de as actividades serem baseadas em Máquinas de Estados, em que cada estado é por sua vez uma Máquina de Estados e assim sucessivamente até ao grau de resolução hierárquico que for pretendido. Essa interface devera também permitir a realização de logging de experiências. Actualmente não se procede a qualquer registo das variáveis de estado do Robot o que impossibilita o seu tratamento e posterior análise. Este registo irá permitir, além da sua visualização em tempo real no interface a desenvolver, proceder à análise deste dados, com o intuito de melhorar o desempenho do robot.

Pretende-se que fiquem registadas as seguintes variáveis:

1. Velocidade actual do robot,
2. Ângulo de viragem actual do robot,
3. Nível de confiança da pista,
4. Actividade(s) actual(is) do robot.

Para este efeito, é criado um novo método na classe principal que irá proceder à gestão desta funcionalidade. Está também em vista deixar o utilizador definir o que quer registar, em vez de ficar restrito às referidas variáveis.

Para a escolha da plataforma tecnológica para o desenvolvimento da Base de Dados, apesar de ainda não existir uma posição definitiva para a mesma, prevemos,

pelos análises já realizadas, que seja o Microsoft SQL Server 2000.

A arquitectura da solução a implementar será bastante similar à apresentada na Figura 2.

Será criado um novo método na classe principal que irá proceder à gestão e comunicação do robot com o Browser/Servidor de Internet. Em cada Actividade irá ser criado um novo método com o código em HTML correspondente à mesma.

De forma a não penalizar o desempenho operacional do Robot optou-se por recorrer a CGI's. Esta solução apresenta dois grandes benefícios:

1. Em situações em que não se esteja a visualizar o site, esta funcionalidade não irá desencadear qualquer pedido ao Robot.
2. O Robot terá apenas que responder às solicitações periódicas que o Browser lhe fizer, enquanto que noutros cenários teria que responder sempre que ocorra uma alteração das suas variáveis de estado.

B. Implementação da Actividade Primitiva "Detecção do Semáforo"

Na sequência da solução implementada para Robótica 2001, para cumprir esta actividade, ter sido menos bem conseguida bem como das alterações que ocorreram nas regras para esta actividade do concurso deste ano, optou-se por desenvolver para o IQ2002 uma solução para o

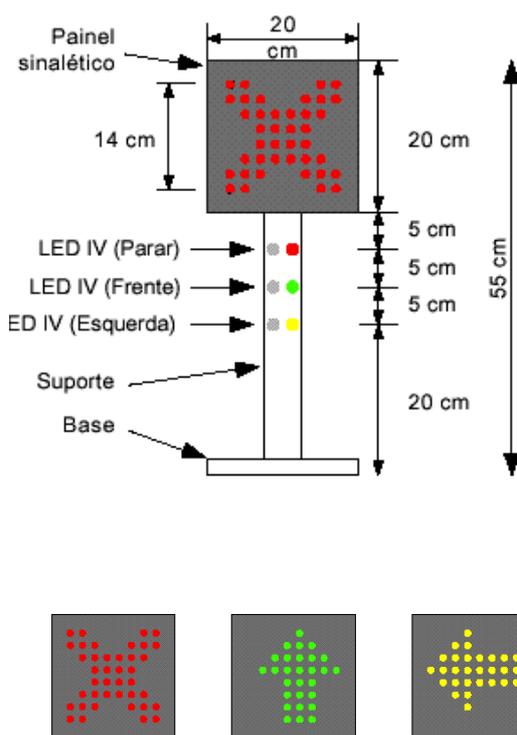


Figura 3. Características do Semáforo do Concurso – Robótica 2002

cumprimento deste requisito que passa pelo tratamento de imagem [5, 9] e reconhecimento de padrões.

C. Implementação da Actividade Primitiva "Detecção da Passadeira"

Uma das actividades primitivas que o Robot terá que realizar na sequência das novas regras da classe UIP do Robótica 2002 será a detecção de uma passadeira. Dado que os traços da passadeira são reflectores de infravermelhos optou-se por desenvolver esta actividade recorrendo aos mesmos.

D. Actividade Primitiva "Circulação no Túnel"

O IQ2001 recorria a sensores de infravermelhos para a detecção do túnel. Estes sensores permitiam alguma calibração e eram bastante fiáveis mas o sinal fornecido era de tipo ON-OFF o que gerava dificuldades adicionais para uma condução suave dentro do túnel. Apesar da solução apresentada no Robótica 2001 ter funcionado perfeitamente, este ano optou-se por desenvolver esta actividade recorrendo a sonares.

Esta solução apresenta uma fiabilidade superior à que actualmente se encontra em produção no robot, baseada em infravermelhos, permitindo assim obter níveis de confiança mais elevados e, conseqüentemente, uma melhoria no desempenho do robot. Acima de tudo, a informação analógica proveniente destes sensores permitirá uma melhor integração com a actividade de condução na pista.

Associado a este requisito está previsto o desenvolvimento de um driver (em Linux) para uma nova placa USB de leitura periódica e gestão de acesso a um banco de sensores (infravermelhos e sonares) já desenvolvida e a ser instalada no robot.

IV. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Apresentou-se neste artigo o IQ2002 que visa a participação de uma equipa do IST no Robótica 2002. Foram apresentadas as principais inovações em relação ao seu antecessor, nomeadamente na sensorização adicional, na implementação de novas actividades e no aumento da fiabilidade de alguns subsistemas do mesmo.

De realçar a existência de uma nova vertente para a afinação e parametrização do robot, baseada em tecnologia Web, que permitirá a gestão local ou remota do mesmo facilitando desta forma todos os procedimentos de ajuste de parâmetros de que as competições de robótica fazem uma utilização bastante exhaustiva.

Mesmo sem enveredar por expectativas a mais longo prazo como a completa autonomia destes robots, existem tópicos interessantes do ponto de vista de investigação a curto prazo que poderão vir a ser testados em futuros robots da série IQ. Entre estas, sem dúvida que a introdução de sensores "analógicos" para a condução

dentro do túnel permitirá que os algoritmos de navegação passem a ser os mesmos dentro do túnel e no seguimento normal de pista, havendo apenas que se ter em conta as transformações lineares que resultam das diferentes características dos sensores. A principal inovação é que, à luz do que acontece em sistemas híbridos, o sistema deve ser visto como um todo de modo a haver cuidado especial em assegurar a sua estabilidade também nas transições e não apenas em cada uma das regiões.

REFERENCES

- [1] Almeida L., Azevedo J., Carreira C., Costa P., Fonseca P., Lima P., Ribeiro F., Santos V. "Mobile Robot Competitions: Fostering Advances in Research, Development and Education in Robotics", in Proceedings of CONTROLO 2000, Guimarães, Portugal
- [2] Câmara B., Lopes J., Marques C., Lima, P., Carreira, C., "IQ99 - A Mobile Autonomous Vehicle", , in Proceedings of CONTROLO 2000, Guimarães, Portugal
- [3] Frazão J., Sargento P., Protótipo de um Automóvel Autónomo, Relatório do Trabalho Final de Curso - IQ2001, 2001
- [4] Harris, C. G., Moore M., Brown, M., Intelligent Control, Aspects of Fuzzy Logic and Neural Nets, World Scientific Pub, 1992.
- [5] Jain, A., Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, London, 1989
- [6] Lima, P., Carreira, C. "The MiniRobot Project: Learning from Building Small Mobile Robots", IST Science & Technology, No. 3, December 1998.
- [7] Lima, P.; Silva, P., Santos, J., Carreira, C.; "Centaur: A Vision-Based Autonomous Mobile Robot" in Proceedings of EUREL'98 European Advanced Robotics System Development: Mobile Robotics, Leiria, Portugal, September 14-16, 1998.
- [8] Marques C., Portela N, Lima P. IQ1 – Robot Competidor, ISR Internal Report RT-406-98, Portugal, 1998.
- [9] Myler H., Weeks, A. – The Pocket Handbook of Image Processing Algorithms in C, Prentice Hall, 1999.
- [10] Portela N., Marques C., Lima, P., "Optical Track Detection for Mobile Robots Based on Real Time Fuzzy Decision-Making", Proc. of IEEE ISIC 2000
- [11] Scott, K.– UML Explained, Addison – Wesley, 2001.
- [12] Wang, L.-X., Adaptive Fuzzy Systems and Control: Design and Stability Analysis, Prentice-Hall, New Jersey, 1994.