

Desenvolvimento de um Sistema Inteligente e Remoto de Visão Computacional para Robôs Industriais

Eduardo Pigozzi Cabral, Eng. Alexandre Orth, Eng. Mário L. Roloff, Prof. Dr. –Ing. Marcelo R. Stemmer

*Sistemas Industriais Inteligentes (S2i), Departamento de Automação e Sistemas (DAS), Centro Tecnológico (CTC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Campus Universitário – Trindade. CEP 88040-900. Florianópolis – SC – BRASI
cabral@das.ufsc.br, orth@das.ufsc, roloff@das.ufsc.br, marcelo@das.ufsc.br
<http://S2i.das.ufsc.br/>*

Resumo: Uma das grandes ambições hoje no ramo da engenharia é o desenvolvimento de sistemas inteligentes automatizados que apresentem elevado grau de independência e que sejam capazes ainda de reagir a modificações e perturbações impostas pelo ambiente onde se encontram inseridos. Dentro dessa necessidade, desenvolveu-se e implementou-se o software RAP (Reconhecimento Automático de Peças), cujo objetivo principal é a identificação de peças e seus componentes, bem como determinar suas dimensões e posição na imagem. A idéia é acoplar o sistema de visão a um robô que possa atuar numa célula flexível de manufatura (FMC) realizando funções de forma mais inteligente e precisa. Para isto, utilizou-se técnicas de Redes Neurais e algoritmos de processamento de imagens: Curvas de Intensidade, Histograma de Níveis de Cinza e Transformada Discreta de Fourier (DFT) na borda do objeto. Tendo em vista o resultado satisfatório obtido com a primeira versão e a fim de suprir as deficiências do RAP 1.0 (versão finalizada), o grupo S2i (Sistemas Industriais Inteligentes) da UFSC trabalha atualmente na implementação do RAP 2.0. O objetivo principal desse projeto é desenvolver uma nova versão comercial deste software utilizando um sistema embarcado para o processamento de imagens.

Abstract: One of the greatest ambitions, nowadays, in engineering is the development of automatic intelligent systems with high level of independence and that might be able to react to changes and disturbances by the environment. Being this way, it has been developed and implemented the software RAP (Automatic Piece Recognition), which has as purpose identifying pieces and their components, as well determining their dimensions and position in the image. As initial idea, the vision system will be engaged to a robot, so that it may be act in a Flexible Manufacturing Cell (FMC) in a smarter way. Therefore, techniques of Neural Networks and image processing algorithms have been used: Intensity Curves, Gray Level Histogram and Discrete Fourier Transform (DFT) applied to the object's edge. Since the result of the first version was considered satisfactory and to correct RAP 1.0's deficiencies (ended version), S2i (Intelligent Industry Systems) group at UFSC has been working in construction of RAP 2.0. The main idea of this project is a new commercial version of this software using an on board system of image processing.

Keywords: Signal and Image Processing, Fourier Transform, Neural Networks, Machine Vision Systems.

1. Introdução

Simultaneamente ao avanço tecnológico busca-se cada vez mais criar computadores e robôs que atinjam elevado nível de abstração e sejam capazes de realizar tarefas tão complexas e precisas como os fazem os seres humanos. Dentro do ramo da automação e informática industrial, a aplicação de técnicas de inteligência artificial visa contribuir na elaboração e captação de novas tecnologias. Estudos e aplicações de Redes Neurais associados à automação industrial e ao controle de processos vêm sendo utilizados com mais frequência em projetos devido ao fato de sistemas desse tipo apresentarem grande facilidade de se adaptarem a mudanças do meio

que não tenham sido previstas pelos seus desenvolvedores.

A técnica de Redes Neurais Artificiais baseada nas funcionalidades e habilidades do cérebro humano, dentre elas a capacidade de aprender a partir de exemplos, tem demonstrado grande eficiência no reconhecimento de padrões e surge como uma solução em potencial para problemas ligados à visão computacional. Em sistemas de visão, o reconhecimento de peças para futuras aplicações no controle de qualidade, montagem, empacotamento, pintura e inúmeras outras atividades levou ao desenvolvimento e implementação do software RAP.

A proposta para o RAP 2.0 é um sistema de visão com a configuração apresentada na Figura 1.

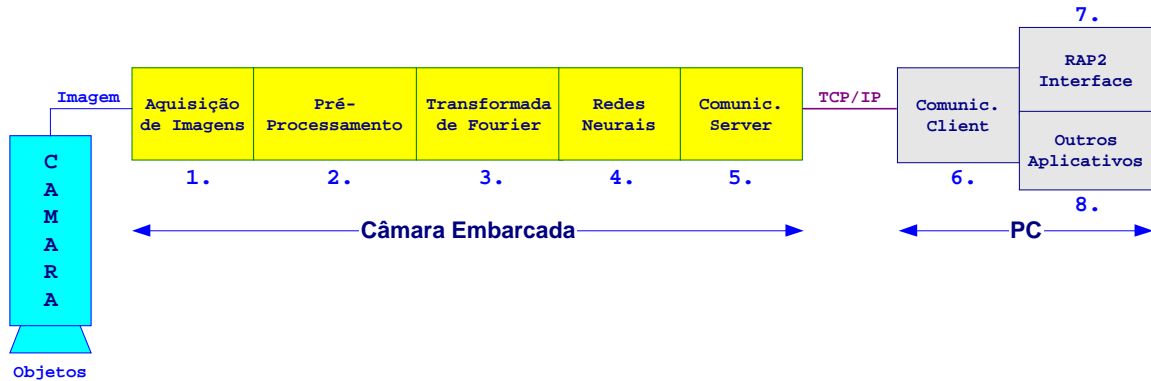


Figura 1 – Topologia do sistema de visão pretendido

Como pode ser observado através da figura, grande parte do processamento de imagens será realizado na câmera cabendo ao computador apenas interagir com o usuário e solicitar ao sistema o serviço solicitado. O processador pretendido para a câmera é um pentium 400 Mhz que estará embarcado juntamente com uma placa de comunicação multi-fieldbus e ethernet, de forma a permitir o acesso aos dados da câmara através do protocolo convencional (TCP/IP) e industriais (Profibus, Interbus e CANbus).

2. Aquisição de Imagens

Na primeira versão do RAP o sistema de aquisição de imagens consistia de uma câmera CCD, um monitor de vídeo e a placa digitalizadora de vídeo ICB (Image Capture Board). A placa ICB promovia a interação do vídeo e da câmera com o PC, executando certas funções como digitalizar a imagem e fazer ajustes de saturação, cor e contraste da imagem capturada. Pode-se observar a configuração desse sistema na figura 2.

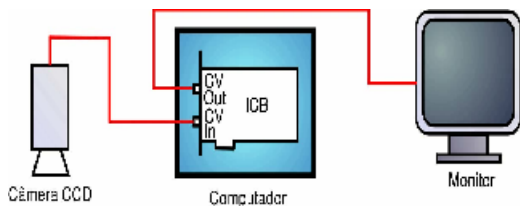


Figura 2 – Aquisição de Imagens no RAP 1.0

Uma das características primordiais do RAP 2.0 é sua total modularidade. O software deixará de ser uma espécie de “colcha de

retalhos”, para apresentar diversos módulos com máximo grau de independência possível. Dentro disso, um módulo de aquisição de imagens é pretendido. De forma a evitar um dispêndio muito grande de recursos e tempo no aprendizado pelo programador de uma nova tecnologia, busca-se criar um módulo padronizado de aquisição, o que tornará o desenvolvimento de novos softwares mais rápido e dinâmico, bem como facilitará a migração de sistemas existentes para outras plataformas.

Assim, criar-se-á um módulo que permita uma aquisição fácil, rápida e confiável, bem como retorne imagens compatíveis com os demais módulos que operem diretamente sobre a imagem. Outro desafio é atender as requisitos de Tempo Real dos Sistemas de Visão, executando tarefas prioritárias no menor e mais seguro ciclo de processamento.

Outra inovação pretendida para o RAP 2 diz respeito ao fato de que será possível a aquisição de imagens coloridas ou em tons de cinza. Na aquisição de imagens coloridas, a luminosidade emitida pelo objeto será separada por três prismas de forma a se obter um nível de vermelho, um de verde e um de azul, segundo o sistema RGB (Red Green Blue), a serem digitalizados. Será possível também a aquisição de imagens de qualquer profundidade de pixel (8 bits, 16 bits, 24 bits, etc.). Exemplificando, pixels de 8 bits permitem uma diferença nos níveis de cinzas ou no caso de imagens coloridas, níveis de vermelho, verde e azul de 0 a 255. Cada imagem será tratada posteriormente de acordo com suas características, podendo inclusive ser de qualquer dimensão.

3. Processamento de Imagem

Um componente essencial para determinar o potencial do sistema de visão é a qualidade do pré-processamento da imagem com o objetivo de avaliar as características do objeto como posição, perímetro e orientação do objeto. Dentro disso, buscou-se desenvolver uma estrutura que fosse a mais independente possível do restante do sistema que necessitasse apenas de uma imagem digitalizada e gerasse curvas de acordo com a peça e técnica utilizadas. No RAP 1.0, a representação adotada para a imagem digitalizada é de uma matriz de pixels, onde cada pixel contém

um nível de cinza variando entre 0 e 31 (preto e branco, respectivamente). Na figura 3, é exemplificado esse processo com a imagem, a tabela com os níveis de cinza e a digitalização final. No caso de imagens coloridas, no lugar de um pixel na matriz, teremos três pixels, um valor de intensidade de vermelho, um de verde e outro de azul, seguindo o sistema RGB.

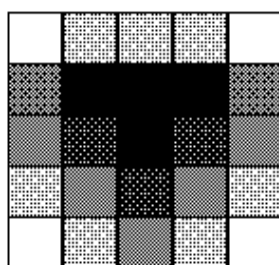


Figura 3 – a) Imagem .

31	26	19	13	7	0

b) Tabela dos níveis de cinza.

31	26	26	26	31
13	0	0	0	13
19	7	0	7	19
26	19	7	19	26
31	26	19	26	31

c) Imagem digitalizada

Aliou-se ao sistema diversas técnicas de processamento de imagem que visam realizar o pré-processamento da imagem e assim gerar os dados que servirão como entrada para as Redes Neurais (RNA). **Histograma de Níveis de Cinza**, onde conta-se quantos pixels possuem um dado nível de cinza (variando de 0 a 31) e representa-se num Histograma. Nas figuras 4.a e 4.b, mostra-se a imagem de uma peça que passou por filtragem para aumentar o contraste entre o fundo e a própria imagem e a respectiva representação pela técnica citada.

Figura 4.a – Imagem da peça após filtragem

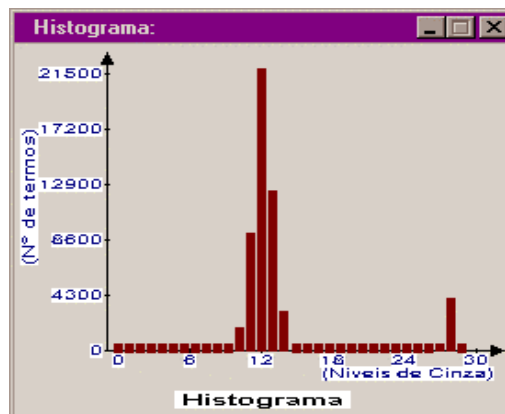
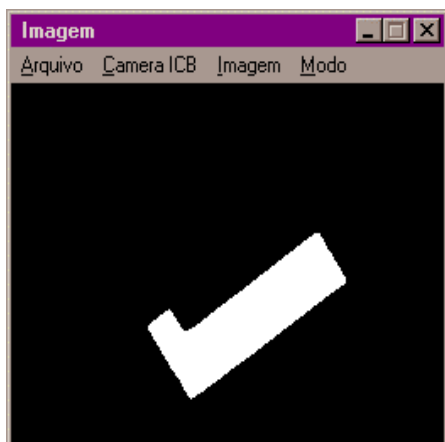


Figura 4.b – Histograma de níveis de cinza



Curvas de Intensidade ou Curvas de Níveis de Cinza, onde calcula-se a média das intensidades dos níveis de cinza de cada coluna e linha da imagem digitalizada. Essa média é obtida através da soma dos níveis de cinza de cada pixel de uma determinada coluna (linha) dividida pelo número de pixels da coluna (linha). Um exemplo dessa técnica utilizando a imagem anterior é vista nas figuras 4.c e 4.d.

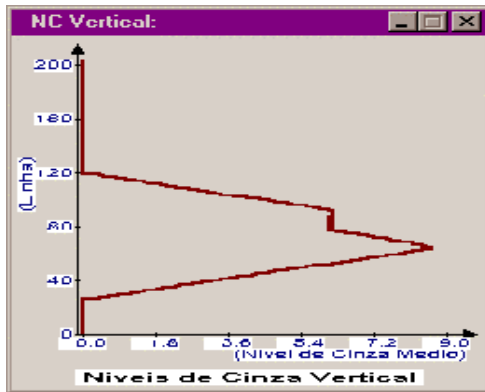


Figura 4.c – Curvas de níveis de cinza vertical

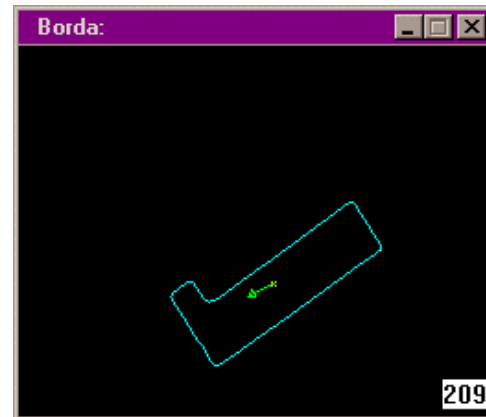


Figura 4.e – Borda da peça

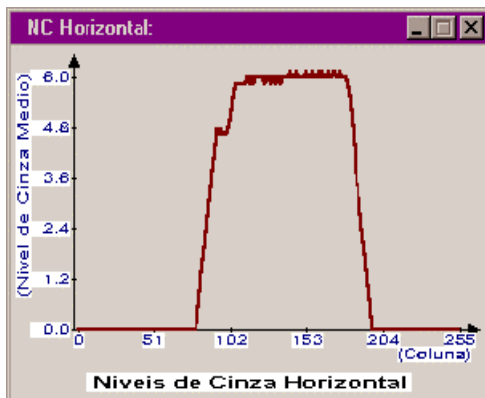


Figura 4.d – Curvas de níveis de cinza horizontal

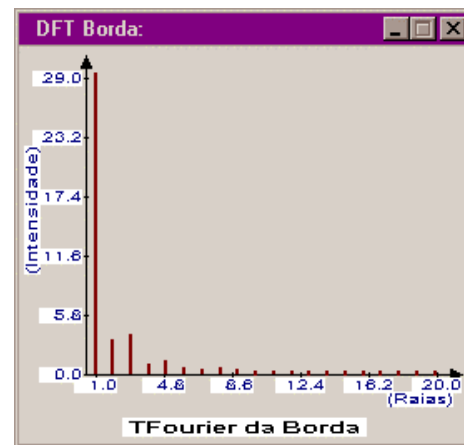


Figura 4.f – DFT da borda

Por fim, pode-se optar pela aplicação da **Transformada Discreta de Fourier (DFT)** nos pontos pertencentes à borda da peça. Nesta técnica, precisa-se determinar o contorno do objeto utilizando-se um algoritmo disponível na literatura. Aplicando-se a DFT, obtém-se os coeficientes de Fourier e após uma análise adquire-se a posição e orientação do objeto. O resultado é apresentado na figura 4.e com o contorno da peça e a orientação do objeto representada pela flecha sobre seu centro de massa. A partir dos coeficientes de Fourier, calculam-se os descritores de Fourier, apresentados na figura 4.f, elementos que servirão como entrada para as RNA com informações significativas para o reconhecimento da peça.

Tendo em vista que o processamento de imagem é um processo pesado, para a nova versão do software RAP, como já foi mencionado, a realização desta etapa será num sistema embarcado diminuindo, assim, consideravelmente a carga do processador que controlará o robô, permitindo a este efetuar um controle mais seguro ou desempenhar tarefas mais complexas. Como foi dito, no RAP 2 será possível a aquisição de imagens coloridas, de diferentes dimensões e resoluções. Logo, novos algoritmos poderão ser implementados para gerar soluções para determinados problemas, assim como para corrigir deficiências dos antigos código que serão reutilizados.

4. Redes Neurais Artificiais

Inúmeros estudos sobre o funcionamento do cérebro humano e suas características permitiram a formulação de uma técnica que se convencionou chamar de “Redes Neurais Artificiais” devido a capacidade de se adaptar a diferentes situações. Assim, o modelo é representado por uma rede finita de elementos ativos que processam informações e interagem entre si, semelhantes aos neurônios humanos. Denominou-se cada elemento desse de *neurônio artificial* e sua representação está mostrada na figura 5.

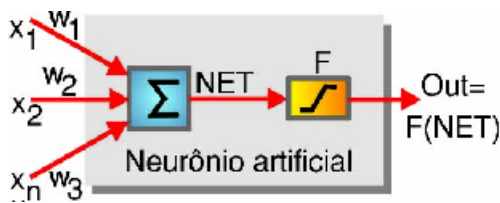


Figura 5 –Modelo de um neurônio artificial

Cada neurônio artificial recebe entradas que apresentam diferentes “pesos” (importância), que representa as forças sinápticas presentes nas conexões com outros neurônios e calcula a soma ponderada dessas entradas. Essa soma define o nível de ativação do neurônio artificial que é necessário para gerar alguma saída. O modelo descrito é a forma básica amplamente adotada para representar o neurônio humano. As diferenças que surgem se devem às funções de ativação adotadas que geram distintas RNA com características diversas, bem como desempenhos que podem variar. As Redes Neurais Artificiais multicamadas feedforward é a configuração mais popular e amplamente adotada. Trata-se de uma rede com uma camada de entrada, uma ou diversas camadas intermediárias e uma camada final, onde cada uma possui neurônios artificiais de um mesmo tipo. No exemplo da figura 6, a primeira camada apenas repassa os dados para a segunda. Na segunda camada, os neurônios recebem as entradas da RNA e realizam a soma ponderada calculando a saída de acordo com sua função de ativação. A última camada, por sua vez, fica responsável por determinar a saída da rede.

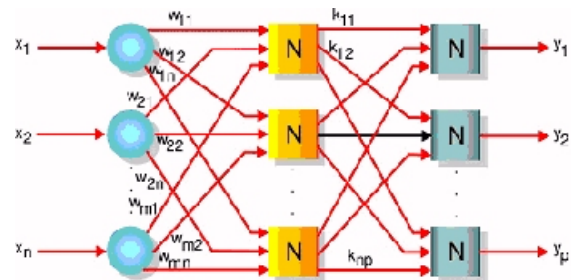


Figura 6 - Rede Neural Artificial Feedforward com uma camada interna e uma de saída.

Num sistema de visão, para que determinada RNA possa trabalhar com novas imagens é necessário que ela seja treinada, ou seja, passe por um processo de aprendizagem. Sendo assim, há inúmeros algoritmos de treinamento que podem ser aplicados com essa finalidade e permitem variar bastante a estrutura da RNA de forma que se possa comparar resultados e se optar pela configuração que melhor atenda às exigências do usuário. Destacamos o “Couterpropagation” e o “Backpropagation”.

5. Resultados e Objetivos

Antes de esclarecer ao leitor os reais objetivos da nova versão do software RAP, seria importante citar outras técnicas e metodologias que constituirão o projeto. Primeiramente, é importante ressaltar que a implementação do protocolo de comunicação entre o sistema de visão e os programas clientes será feita através do protocolo de comunicação TCP/IP, considerando sua enorme popularidade. Um sistema de visão embarcado com interface através do protocolo de comunicação TCP/IP é muito útil para diversas tarefas como controle de qualidade, levantamento de dados estatísticos (número e tipos de peças, número de peças defeituosas), manipulação e seleção de peças, entre outras aplicações.

No que diz respeito ao desenvolvimento do software, a opção foi pela técnica de Programação Orientada a Objetos, já que o grupo valoriza muito a organização do programa, assim como objetiva reutilizá-lo para futuras aplicações. Sendo assim, fez-se necessário a utilização de uma linguagem de modelagem e a opção no RAP 2.0 foi pelo método de UML (Unified Modeling Language). E a razão fundamental dessa escolha é

acreditarmos que UML facilita a comunicação de certos conceitos mais claramente do que outras linguagens com precisão sem se prender em detalhes.

Outro ponto de grande relevância é a atenção que dispensamos à documentação do software com uma descrição precisa dos passos na construção deste. Mostramos sua estrutura, modelos, evolução e implementação de forma que um profissional com conhecimentos na área de informática, através do estudo desses documentos possa vir a modificar o projeto.

A elaboração do RAP 1.0 rendeu títulos, artigos e premiações, mas como é natural na construção da primeira versão de qualquer software, o RAP 1.0 apresenta algumas deficiências e pode ser aperfeiçoado. Tornou-se difícil a sua adaptação a nova realidade dos sistemas computacionais, das técnicas de processamento de imagem que passam por constantes inovações. Dessa forma, achou-se conveniente usar a base de conhecimento adquirida com a primeira versão do RAP e começar a trabalhar numa versão mais atual, o RAP 2.0.

Como resultado deste projeto, pretende-se criar uma nova versão do software de caráter comercial e, por isso, contará com um help, manual do usuário e a documentação já citada do

seu desenvolvimento. O RAP 2.0 deve ser implementado de forma a respeitar a independência entre as partes, ou seja, deve ser um software totalmente modular. Dentre esses módulos, alguns que foram expostos ao leitor como os de Aquisição, Processamento de imagens, Redes Neurais e Transformada de Fourier.

Agradecimentos

Ao WZL pelo apoio financeiro ao projeto.

À POLLUX pela infra-estrutura fornecida ao projeto.

À UFSC/CTC/DAS pela infra-estrutura e orientação científica fornecida para a realização do projeto.

Bibliografia

Orth, Alexandre. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema Inteligente Baseado em Redes Neurais Artificiais para o Reconhecimento Automático de Peças.** Departamento de Automação e Sistemas, Florianópolis, Julho de 1999.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.