

SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE MATRÍCULAS

Joaquim Santos
R&D NGN IFT PI
Siemens S.A.

João Rodrigues
Área Eng. Electrotécnica
EST/UALG

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de visão para o reconhecimento de matrículas são, actualmente, utilizados em inúmeros casos, onde é necessário fazer a monitorização e controlo de tráfego automóvel [3, 4, 5], tais como controlo de parques de estacionamento, identificação de carros roubados, pagamentos automáticos e gestão de trânsito (entre outros). A difusão deste tipo de sistemas deve-se à facilidade de utilização, fiabilidade e aos diminutos recursos humanos necessários para o seu funcionamento.

Este artigo descreve o funcionamento de um sistema que permite sem nenhuma intervenção humana accionar um semáforo (ou uma cancela) de um parque automóvel, utilizando para tal o reconhecimento por visão da matrícula do veículo à entrada do parque e a sua comparação com as matrículas já existentes numa base de dados.

O trabalho foi realizado dentro do âmbito da disciplina de projecto da licenciatura bietápica em Engenharia Eléctrica e Electrónica [6].

O sistema baseia-se na aquisição da imagem da parte frontal do carro, onde deve estar incluída a matrícula. Esta aquisição pode ser feita por uma vulgar WebCam, ou através de um conjunto de câmara e *frame grabber* (placa de aquisição e tratamento de imagem). Neste caso particular utilizou-se uma WebCam.

Pela análise dessa imagem, o sistema, localiza a área da matrícula retirando-a da imagem global (segmenta-a). De seguida, analisa a referida área, detectando as zonas onde se encontram os caracteres, derivando assim uma série de novas imagens que são alvo de uma busca e reconhecimento de caracteres, tendo como resultado uma sequência de caracteres que dão origem à matrícula.

O sistema utiliza uma abordagem modular (fig. 1), estando dividido em dois módulos: A) Aquisição e interface, onde se faz o controlo do semáforo via porta série e o interface que permite interligar uma câmara ao sistema (núcleo AQ_Imagem) através da API

(*Applications Programmers Interface*) disponibilizada pela Microsoft (*Vision API*), que por se encontrar devidamente documentada não vamos dar atenção neste artigo;

B) Reconhecimento, onde no núcleo de detecção se faz a localização da área onde a matrícula surge, bem como a detecção dos caracteres nessa área (pela análise das diferenças de contraste). O núcleo de reconhecimento de caracteres (OCR) consiste na análise das características apresentadas pelos caracteres, utilizando os métodos da sequência dos pontos críticos, sequência branco/negro, análise estrutural e características métricas. Por fim, é no núcleo de DB Clientes, onde se faz a validação da matrícula com a base de dados dos carros que estão autorizados a entrar no parque.

Como detecção e reconhecimento da matrícula são a base de todo o sistema, serão estes os núcleos que terão ênfase neste artigo.

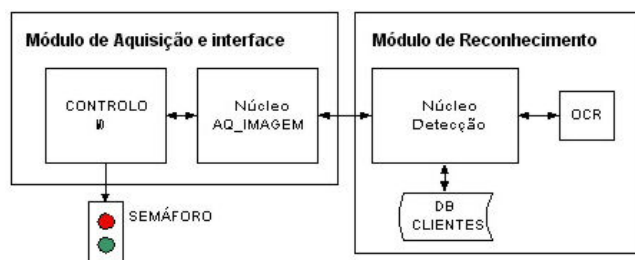


Fig. 1 – Esquema de blocos do sistema.

2. SISTEMA DE DETECÇÃO E RECONHECIMENTO DA MATRÍCULA

O algoritmo de detecção e reconhecimento pode ser dividido em quatro passos (1) localização da matrícula, (2) localização dos caracteres, (3) reconhecimento dos caracteres e (4) validação com a base de dados.

2.1. LOCALIZAÇÃO DA MATRÍCULA

A localização da matrícula (retângulo) utiliza como método a diferença de contrastes (níveis de cinzento) ao longo de uma recta (linha que percorre a imagem da esquerda para a direita horizontalmente). Quando a referida recta intercepta a placa de matrícula existe uma grande variação dos níveis de cinzento, enquanto

que noutras rectas (iniciadas noutras ordenadas) essa variação é menor devido à uniformidade da pintura dos veículos (fig. 2).

A técnica consiste assim, na observação das zonas onde estas diferenças de contraste são maiores que um determinado nível (*threshold*). Se essa recta tiver mais do que um determinado número de diferenças de contraste, ou seja, vales, estamos perante uma possível recta que intersecta a área da matrícula. O valor do número de vales é encontrado segundo o critério de que a recta deverá conter pelo menos quatro caracteres, e de que um caracter tem um número de *pixels* pré-estabelecido (correspondente a largura do caracter).



Fig. 2 – Intercepção da linha que percorre a imagem com a matrícula.

Várias rectas percorrem a imagem em busca de diferenças de contraste, y em y *pixels*, sendo que o valor de y tem de ser menor do que a altura mínima do caracter. Deste modo, o sistema tem uma resposta mais rápida do que se a imagem fosse percorrida linha a linha, garantido no entanto que a (possível) matrícula seja sempre interceptada.

Para além da recta que intercepta a matrícula e que dá uma primeira referência da sua localização, são também utilizadas rectas adjacentes (ver fig. 3), ou seja, um conjunto de rectas cuja a posição da abcissa é incrementanda e/ou decrementada pixel a pixel a partir da recta de referência, e cujo número de vales seja menor do que um valor mínimo pré-estabelecido ($2x[Nmcm]+1$, com *Nmcm* o número mínimo de caracteres da matrícula), e maior do que um valor máximo pre-estabelecido (*Nmcm*).

Enquanto as rectas adjacentes tiverem o número de vales compreendido no intervalo atrás referido, então estamos perante uma área que deve ser analisada como sendo uma área de matrícula (rectângulo).



Fig. 3 – Rectas adjacentes.

2.2. LOCALIZAÇÃO DOS CARACTERES

Para cada área encontrada (rectângulo) binariza-se a imagem (coloca-se em 2 cores, branco e preto) e calcula-se o histograma horizontal e vertical da imagem binária (ou seja, a quantidade de pontos pretos nas linhas e colunas da imagem). A análise destes histogramas permite segmentar com mais acuidade a imagem onde estão os caracteres existentes na matrícula (fig. 4).

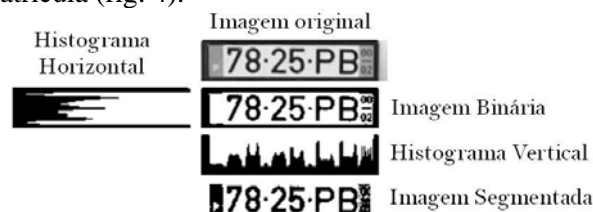


Fig. 4 – Segmentação da matrícula segundo os histogramas.

A segmentação dos caracteres é feita no histograma vertical, pela procura dos picos e vales, sendo que se considera que existe um possível caracter por cada pico ou dois vales encontrados. Contudo, o caracter só é um caracter válido se as dimensões estiverem compreendidas num determinado intervalo previamente definido (largura). Na figura 5 apresenta-se o esquema de segmentação dos caracteres.



Fig. 5 – Segmentação dos caracteres segundo o histograma.

2.3. RECONHECIMENTO DOS CARACTERES

Pretende-se agora encontrar qual o caracter que corresponde a cada uma das imagens dos “caracteres segmentados”, para tal, utilizou-se uma técnica designada por pontos críticos, introduzida por Barroso [1].

Esta técnica, baseia-se na análise dos contornos da imagem do caracter, partindo do princípio de que os contornos são curvas fechadas, e que a cada máximo está sempre associado um mínimo. Os pontos críticos são o conjunto de máximos e mínimos do caracter, excluindo os extremos locais por influência de ruído (fig. 6).

A cada ponto é atribuído um nível, correspondente ao número de pontos críticos com ordenada superior. Como se pode observar na figura 6, a sequência de nível é obtida agrupando os níveis dos pontos críticos essenciais pela ordem em que aparecem ao percorrer o contorno, começando por um máximo com maior ordenada. No exemplo, a sequência obtida é "051234". Esta sequência é agora identificável por comparação com a base de dados das sequências de nível (onde estão guardadas as sequências de todos os caracteres que se pretende identificar), no entanto esta técnica permite apenas classificar os caracteres em classes, não

se conseguindo identificar claramente um caracter, uma vez que diferentes caracteres podem ter a mesma sequência identificativa.

A técnica apresenta-se bastante rápida e versátil, pois possibilita a identificação de mais caracteres nas diferentes classes, unicamente pela introdução da sequência de nível desse caracter na base de dados de sequências.

Assim, será necessário complementar a técnica pela introdução de outros métodos que analisem outras características, até conseguirmos proceder à correcta classificação de todos os caracteres.

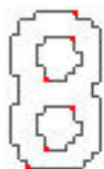


Fig. 6 – Pontos críticos extraídos dos pontos máximos e mínimos.

2.3.1 MÉTODO BRANCO/NEGRO

O método da sequência de pontos branco/negro também foi introduzido por Barroso [2] como um método auxiliar no reconhecimento de caracteres. Este método consiste na análise dos máximos e mínimos verificando se a cor correspondente a cada ponto é branca ou negra. Se o ponto for um máximo ou mínimo do caracter, então o ponto é classificado como negro, se pelo contrário for um máximo ou mínimo do fundo classifica-se como branco. Na figura 7 apresentam-se dois caracteres com a mesma sequência de pontos críticos.

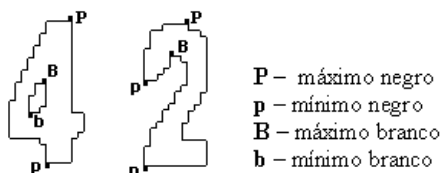


Fig. 7 – Dois caracteres com a mesma sequência de Pontos Críticos.

Pela análise dos caracteres da figura acima, verifica-se que possuem sequências branco/negro diferentes. Seguindo o contorno do caracter “4” encontra-se o primeiro ponto que é um máximo **negro**, de seguida obrigatoriamente teremos um mínimo, que corresponde à cor **negra**, o contorno interior tem um máximo **branco** e o seu mínimo correspondente é **branco**, resultando a sequência **negro, negro, branco, branco**, ou seja, “22”.

Para o caracter “2”, o primeiro máximo é **negro**, o mínimo correspondente é **negro**, de seguida encontra-se um máximo **branco** e o mínimo correspondente **negro**, sendo a sequência **negro, negro, branco, negro**, isto é, “211”.

Este método tem como resultado uma sequência para os caracteres, não podendo por isso mesmo ser o único método utilizado para reconhecimento de caracteres, deve assim ser utilizado como complemento à técnica dos pontos críticos, como método de redução do universo de caracteres prováveis.

2.3.2 MÉTODO DAS CARACTERÍSTICAS MÉTRICAS

O método das características métricas consiste na análise de medidas entre certos pontos do caracter ou das relações existentes entre a largura e/ou altura ao longo do caracter.

Por exemplo, os caracteres U, V, Y podem ser distinguidos analisando a relação existente entre a largura do topo, largura da base e a largura central. Se a largura do topo for igual à largura central estamos perante um U, se não for, iremos analisar a proximidade entre a largura central e a largura da base se os valores forem próximos estamos perante um Y se não o caracter reconhecido é um V (fig. 8).

Esta técnica serve para identificar caracteres dentro de uma determinada sequência, ou seja, serve de complemento a técnica mencionada em 2.3.1.

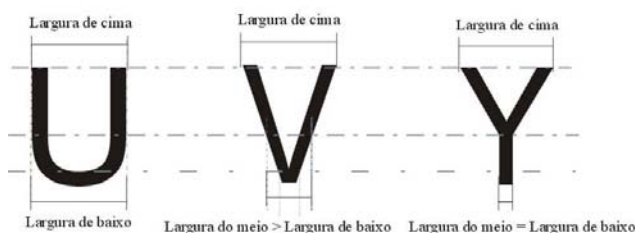


Fig. 8 – Exemplo da aplicação do método das características métricas.

2.3.3 MÉTODO DA ANÁLISE ESTRUTURAL

O método da análise estrutural utiliza uma árvore de decisão para aceder às características geométricas do contorno do caracter. Por exemplo, as diferenças entre os caracteres B, D, 6, 9 são as diferenças de círculos: um ou dois, e a posição vertical de cada círculo: topo, centro, ou fundo. Se tivermos dois círculos estamos na presença de um B, se tivermos um círculo seguimos para o outro ramo da árvore. Se este círculo estiver no topo temos um 9, se for central será um D, se for no fim temos um 6. A técnica é até certos limites tolerante às variações de tamanho, perspectiva e ruído do caracter.

Serve para identificar caracteres dentro de uma determinada sequência, ou seja, serve como complemento as técnicas mencionadas em 2.3.1 e 2.3.2.

2.4. VALIDAÇÃO COM A BASE DE DADOS

Neste momento, o sistema, utilizando a técnica dos pontos críticos, complementada pelos métodos branco/negro, características métricas e análise estrutural já construiu a sequência de caracteres

correspondente à matrícula através da concatenação dos resultados das imagens de cada carácter, no entanto falta a validação para permitir a entrada no parque.

A validação da matrícula recorre a uma base de dados onde se encontram aprovoadas todas as viaturas válidas para entrada no parque. O resultado desta busca permite, ou não, a entrada no parque de estacionamento.

A base de dados pode ser exclusiva ao sistema ou fazer parte de um sistema global de gestão de acesso remoto.

3. TESTES

Para averiguar a fiabilidade do sistema de detecção de matrículas foram testadas várias viaturas, sendo que os testes incidiram sobre viaturas de várias marcas e tipos. Nos testes foi calculando o número de vezes em que a matrícula identificada correspondia à matrícula real, com um erro menor ou igual a um carácter, bem como o tempo de execução do sistema.

Os resultados foram de 64% (em 120 viaturas) de acerto em todos os caracteres, 30% quando falha 1 carácter, pelo que 94% das viaturas aprovoadas na base de dados entram no parque. O tempo de cada detecção foi de 180ms quando o sistema está a funcionar num PC Pentium II a 450 Mhz.

4. CONCLUSÕES

Apresentou-se um sistema de detecção de matrículas para um parque fechado, com um reconhecimento de matrículas robusto, fiável e rápido, com imunidade a ruído de baixa densidade e a variações de luminosidade.

Embora o sistema se adapte bem às variações de luminosidade, a entrada do parque de estacionamento deve ter as condições mínimas de iluminação, de forma a minimizar erros

O sistema revelou-se suficientemente rápido na aquisição e reconhecimento das imagens da matrícula, pelo que a sua utilização não prejudica o tráfego automóvel.

Uma das dificuldades encontradas para o reconhecimento da matrícula é o caso em que o pavimento se encontra excessivamente desnivelado (seria o caso de saída de uma garagem subterrânea de um prédio). Neste caso, existe a necessidade de alterar

a segmentação da matrícula, pois o sistema poderá, por vezes, não conseguir encontrar a zona da matrícula.

O sistema apresentado tem baixos custos de implementação devido ter sido usada uma WebCam, para a aquisição da imagem, podendo ser melhorado para apresentar maior fiabilidade e rapidez utilizando para tal um sistema com maior resolução (câmara e *frame grabber*), bem como também não precisa de nenhum sistema auxiliar (sensor de peso, espira electromagnética, sensor de infravermelhos...) para informar da presença da viatura na entrada do parque.

Por fim, é importante salientar que o sistema está implementado partindo do princípio que o condutor pretende que a sua viatura seja identificada, falhando obviamente quando o condutor não quiser mostrar a matrícula, tapando-a ou apresentando-a com um nível anormal de sujidade.

5. REFERÊNCIAS

[1] Barroso, J., (1995) "Identificação Automática de Placas de Matrícula Automóveis", MsC Thesis in Electronic and Telecommunications Engineering, Universidade de Aveiro, Portugal.

[2] Barroso, J., Rafael, A., Dagless E. L., and Bulas-Cruz, J. (1997) "Number plate reading using computer vision", IEEE - International Symposium on Industrial Electronics ISIE'97, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.

[3] Chachich, A., Pau, A., Barber, A., Kennedy, K., Olejniczak, K., Hackney, J., Sun, Q., Mireles, E. (1997) "Traffic sensor using a color vision method", Massachusetts Institute of Technology, Center for Transportation Studies - Intelligent Transportation Systems Program.

[4] Christopher, John Setchel (1997), "Applications to Computer Vision to Road-traffic Monitoring", Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Bristol.

[5] Draghici, Sorin (1995) "A neural network based artificial vision system for license plate recognition", Dept. of Computer Science, Wayne State University.

[6] Santos, J., (2002) "Sistema de Detecção de Matrículas para Parque Fechado", Projecto Final da Licenciatura Biotápica em Eng^a. Eléctrica e Electrónica, Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Algarve, Portugal.