ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: TRANSPORT z. 44 Nr kol. 1562

Zbigniew CZAPLA, Teresa PAMUŁA, Wiesław PAMUŁA

SYSTEM REJESTRACJI I PRZETWARZANIA OBRAZU CYFROWEGO ZDARZEŃ DROGOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono projekt systemu rejestracji i przetwarzania obrazu cyfrowego zdarzeń drogowych oraz stan zaawansowania realizacji projektu. Dokonano przeglądu rozwiązań, na podstawie którego sformułowano założenia i wymagania dla systemu. Podjęto realizację podstawowych elementów systemu, takich jak akwizycja obrazu z kamery, zdalne ustawianie parametrów dokonywania zdjęć, implementacje algorytmów wydzielania obiektów, śledzenia obiektów, kompresji danych i autentykacji rejestrowanych zdarzeń.

Uzyskane wyniki potwierdzają możliwość wykorzystania przetwarzania obrazów, z użyciem komputera typu PC, do określania parametrów ruchu drogowego.

A SYSTEM FOR REGISTERING AND PROCESSING OF DIGITAL IMAGES OF TRAFFIC INCIDENTS

Summary. The paper presents the design of a system for registering and processing of digital images of traffic incidents and describes the state of realisation of the project. A survey of registering systems was done and using it's results design assumptions and processing requirements for the project were drawn up. Basic elements of the system such as image acquisition, camera control, algorithms for compressing and authentication of image data are being implemented.

Results confirm the feasibility of effectively performing image processing tasks, on a PC computer, for estimating road traffic parameters.

1. PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ SYSTEMÓW

Wykorzystanie komputerowego przetwarzania obrazów stwarza możliwość automatycznego określania parametrów ruchu pojazdów, które nie mogą być określone z użyciem tradycyjnych detektorów pojazdów. Takimi parametrami są trajektorie ruchu pojazdów w obrębie skrzyżowań, rozmiary pojazdów, odstępy między pojazdami, dynamika ruchu pojazdów.

Zamiast tradycyjnych systemów rejestracji zdarzeń i wykroczeń drogowych, z aparatami fotograficznymi i różnego typu detektorami ruchu (pętle indukcyjne, czujniki, radar), stosuje się elektroniczne systemy rejestracji działające na zasadzie wideodetekcji.

Wideodetekcja - jest to proces rozpoznawania obiektów w ruchu na podstawie ich obrazu, pozyskanego bądź bezpośrednio z kamery, bądź odtwarzanego z taśmy wideo. Celem takiego działania w ogólnym przypadku jest zidentyfikowanie i sklasyfikowanie obiektu oraz wyznaczenie parametrów poruszania się.

Klasy obiektów mogą być stworzone na podstawie rozmaitych kryteriów, np. kształtu, rozmiaru, koloru (jasności), złożoności itp. Obraz otrzymany z kamery jest następnie za pomocą odpowiednich algorytmów analizowany i przetwarzany.

Tablica 1

Zestawienie rejestratorów zdarzeń drogowych

Nazwa urządzenia rejestrującego	Producent, kraj	Przeznaczenie rejestratora	Urządzenie fotografujące	Cechy systemu Parametry podstawowe
Tri-Eye 1000	Gatso (Brytyjska)	rejestrator wykroczeń drogowych	3 cyfrowe aparaty	urządzenie stacjonarne, 1 pętla indukcyjna i 1 aparat dla 1 pasa ruchu,
Redeye 77	Gatso (Brytyjska)	rejestrator przejazdu na czerwonym świetle	2 aparaty cyfrowe	urządzenie stacjonarne, zapis danych na dysku, lampa błyskowa
Telem	Tracon System (USA)	do monitorowania ruchu i wykroczeń, parkingów itp.	kamera wideo	urządzenie stacjonarne, standardowo 2 czujniki w drodze
Crossing Guard	Nestor Traffic System (Australia)	do monitorowania ruchu i wykroczeń,	kamera wideo	zdjęcia cyfrowe, brak pętli i czujników, połączony z komputerem
CarFlow I CarFlow II	Mega Pixel (Rosja)	czytnik tablic rejestracyjnych	kamery wideo	wykonuje zdjęcia tablic rejestracyjnych
Safe-T-Cam	CSIRO (Australia)	czytnik tablic rejestracyjnych, system kontroli ciężarówek	kamery wideo	rejestracja prędkości do 160 k/h
RTWIN	Nu- Metrics (USA)	urządzenie pogodowej informacji i nadzorowania ruchu drogowego	kamera wideo	urządzenia stacjonarne, zintegrowany czujnik pojazdów w drodze
Telem TM	GAMBIT (Warszawa)	rejestrator wykroczeń drogowych, prędkości	1 lub kilka kamer wideo	jednoczesna obserwacja do 4 pasów ruchu, urządzenie stacjonarne, pętle indukcyjne
ESORD	Signalco (Kraków)	rejestrator ruchu drogowego i warunków pogodowych	kamera wideo obrotowa lub stała	stacja meteorologiczna 1 kamera stała lub 2 obrotowe kamery
Ramer 7M-RL	Ramet (Czechy)	rejestratory przejazdu na czerwonym świetle	kamery wideo	montowana na stałe, na poboczu , lub nad jezdnią,
Ramer 7M-M	Ramet (Czechy)	rejestratory prędkości pojazdów	kamery wideo	montowany w pojeździe
Ramer 7M-S	Ramet (Czechy)	pomiar prędkości pojazdów	kamery wideo	montowana na stale, na poboczu , lub nad jezdnią,
Bartek	Microster (Katowice)	pomiar prędkości pojazdów	kamera wideo	urządzenie stacjonarne, zakres prędkości 30- 180 km/h, pętle indukcyjne

Wideorejestratory mają szerokie zastosowanie zarówno jako rejestratory wykroczeń drogowych, jak i jako rejestratory do egzekwowania opłat oraz wykonywania pomiarów parametrów ruchu drogowego.

Produkowane rejestratory zdarzeń drogowych wykorzystują dojrzałą technologię elektronicznej rejestracji obrazów cyfrowych. Stosowane są matryce CCD do przetworzenia obrazu na postać elektryczną, następnie sygnał zamieniany jest na postać cyfrową i następuje dalsza obróbka uzyskanych danych. Nieliczne urządzenia dokonują wprost rejestracji postaci analogowej sygnału z przetwornika CCD.

Zestawione w tablicy 1 urządzenia stanowią przykłady produkowanych rozwiązań systemów rejestracji.

Realizacja algorytmów rejestracji wspomagana jest czujnikami obecności pojazdów. Brak rozwiązań działających wyłącznie na podstawie wideodetekcji.

Systemy w bardzo ograniczonym zakresie wykorzystują metody przetwarzania obrazów do uzyskiwania informacji o ruchu drogowym. Korzysta się z:

- kompresji informacji wizyjnej,
- metod detekcji ruchu obiektów,
- analizy zmian jasności wyróżnionych pól zarejestrowanego obrazu.

Znane ośrodki badawcze zajmujące się analizą sceny nie wdrażają samodzielnie wyników swoich badań, udostępniają je do komercyjnego wykorzystania i można oczekiwać w perspektywie kilku lat systemów w większym zakresie korzystających z przetwarzania obrazów [1, 3, 5, 6, 7, 11].

Prowadzone są prace nad algorytmami:

- wydzielania obiektów z pola ruchu,
- śledzenia obiektów,
- wykorzystania zmian w cechach skompresowanego strumienia wideo do wyznaczania parametrów ruchu obiektów.

2. WYMAGANIA FUNKCJONALNE DLA SYSTEMU REJESTRACJI I PRZETWARZANIA OBRAZU CYFROWEGO ZDARZEŃ DROGOWYCH

Wśród wielu wymagań stawianych wideorejestratorom ruchu drogowego, można wyróżnić trzy zasadnicze grupy [2]:

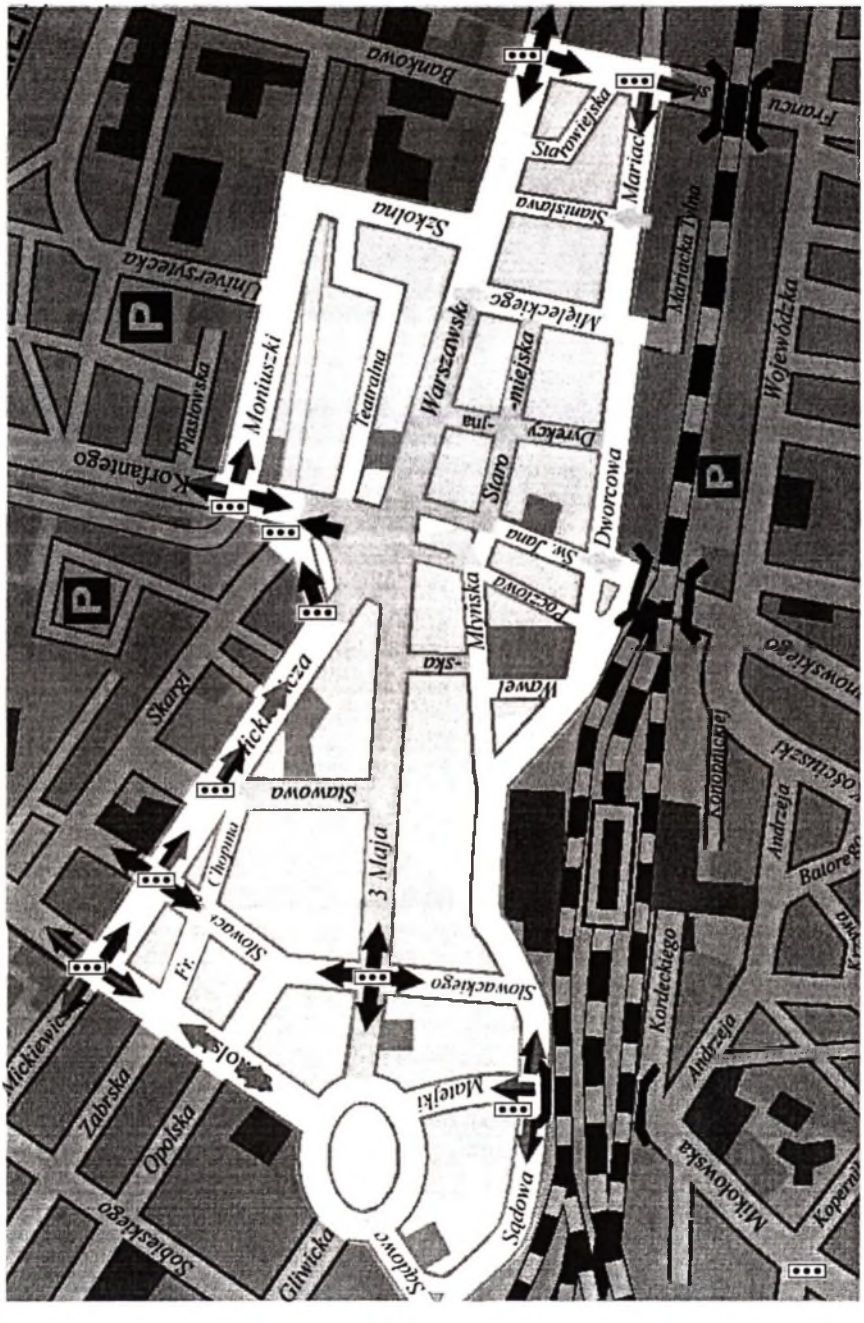
- wymagania metrologiczne,
- wymagania formalnoprawne,
- wymagania niezawodnościowe.

Zaproponowano wykorzystanie systemu do realizacji następujących funkcji pomiarowych na wybranym stanowisku obserwacyjnym:

- monitorowania ruchu drogowego,
- wyznaczania parametrów ruchu drogowego.

Stanowisko obserwacyjne

Dokonano przeglądu stanowisk w Katowicach [8]. Na rysunku przedstawiono stanowiska do monitorowania ruchu, pomiaru prędkości pojazdów, rejestracji przejazdów na czerwonym świetle i wykroczeń drogowych.



Rys. 1.Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych na terenie centrum Katowic
Fig. 1. Measurement sites in the centre of Katowice

3. ROZWIĄZANIA SPRZĘTOWE SYSTEMU REJESTRACJI

Przygotowano dwa rozwiązania systemu:
- modułowe,
- zintegrowane.

Modułowe rozwiązanie pozwala konfigurować system w zależności od realizowanej funkcji. Zintegrowane rozwiązanie ma ściśle określony zakres funkcjonalności bardzo trudny do rozszerzenia. Integracja musi być poprzedzona złożonym procesem optymalizacji przeprowadzonym z użyciem zwykle modułowego rozwiązania układu.

Opracowano modułowe rozwiązanie systemu rejestracji składające się w chwili obecnej z trzech modułów. Rozwiązanie oparto na standardowym komputerze typu PC z magistralą PCI i łączami do transmisji szeregowej. Łącza wykorzystywane są do przekazywania sterowania do kamery. Zaawansowana karta graficzna z układami „vivo" video in video out przetwarza analogowy sygnał z kamery na postać cyfrową.

Wykorzystano zdalnie sterowaną kamerę ze zmienną ogniskową i automatycznym ustawianiem ostrości z użyciem wbudowanego procesora sygnałowego.

Sterowanie funkcjami kamery dokonywane jest z użyciem rozkazów przekazywanych kanałem szeregowym RS232C. Planowane jest zastosowanie RS485 w przypadku bardziej odległego stanowiska obserwacyjnego. Opracowywane jest rozwiązanie sterowania oparte na łączu sieciowym z protokołem TCP/IP.

Proponowane zintegrowane rozwiązania oparte będą na FPGA oprogramowanych w VHDL'u w celu zapewnienia przenoszalności między rodzinami dostępnych układów Xilinx, Altera, Atmel i inne.

4. ROZWIĄZANIA PROGRAMOWE SYSTEMU REJESTRACJI

Wykorzystano narzędzia programistyczne firmy Microsoft i Borland do opracowania programów:
- sterowania położeniem i funkcjami kamery,
- pozyskania i zapisu danych wideo z kamery,

W przygotowaniu w różnych fazach implementacji są następujące grupy programów:

Algorytmy kompresji

Jednej klatce obrazowej sekwencji wideorejestratora zdarzeń drogowych odpowiada achromatyczny obraz cyfrowy, z poziomami szarości, o rozdzielczości przestrzennej 720x576 pikseli. Rozdzielczość poziomów jasności wynosi 8 bitów/piksel, co jest wystarczającą dokładnością reprezentacji punktów obrazowych [4].

Do kompresji obrazów z wideorejestratora zdarzeń drogowych, jako podstawowy, wybrano standard JPEG 2000. Przewidziano również możliwość zastosowania innych metod kompresji, na przykład metod ROI. W dalszej kolejności przewidywane jest rozpatrzenie przydatności do kompresji obrazów z wideorejestratora zdarzeń drogowych kodowania sekwencji obrazów w standardzie MPEG4.

Autentykacja zapisu

Ważnym wymaganiem stawianym rejestratorowi wykroczeń jest ocena autentyczności dokonanej rejestracji. Zarejestrowany dokument można zaszyfrować z użyciem kluczy, które są znane tylko osobom uprawnionym do odczytu. Można go również „podpisać" uzupełniając

opis dokumentu ciągiem znaków wyznaczonych na podstawie treści dokumentu, tzw. skrót wiadomości. Szyfrowanie sekwencji obrazów z wykorzystaniem algorytmów o kilkudziesięciobitowych kluczach wymaga dużej mocy obliczeniowej sprzętu przetwarzającego. Nie nadaje się do implementacji w proponowanym rozwiązaniu wideorejestratora.

W opracowaniu proponuje się wykorzystanie elektronicznego podpisu (wyliczonego wg algorytmu El Gamala) do potwierdzenia autentyczności zarejestrowanego obrazu.

Rejestrator przejazdu na czerwonym świetle

Implementacja algorytmu rejestratora wykorzystującego zmianę ogniskowej do uzyskania wymaganej rozdzielczości zdjęcia sprawcy [9].

Pomiar prędkości pojazdów

Zastosowanie nie kalibrowanej kamery do wyznaczenia prędkości ruchu. Zaproponowano algorytm śledzenia zmiany rozmiaru odwzorowania obiektu i skalowania przemieszczenia na podstawie charakterystycznych cech poruszających się obiektów [5].

Detektor pojazdów

Implementacja wirtualnych pętli na obrazie sytuacji drogowej i badanie zmian zawartości. Eliminacja wpływu zakłóceń toru przekazu i zmian oświetlenia nadzorowanego pola obserwacji.

Wydzielanie obiektów z pola ruchu

Dokonany przegląd metod wydzielania obiektów wskazał na znaczną przewagę w skuteczności detekcji obiektów algorytmu wykorzystującego śledzenie charakterystycznych cech obiektów. Obiekty są identyfikowane jednoznacznie na podstawie cech, pomimo występujących zakłóceń i wzajemnego chwilowego przesłaniania. W celu uzyskania efektywnego wydzielania wymagana jest optymalizacja zawartości zbioru cech i rozdzielczości analizy otoczenia obiektów [12].

Śledzenie trajektorii przejazdu pojazdu

Pomyślne rozwiązanie zagadnienia wydzielania obiektów umożliwi założenie bazy danych o położeniach obiektów i ich cechach. Przetworzenie danych z bazy pozwoli uzyskać trajektorie przemieszczeń obiektów na obrazie [10].

Odczyt tablic rejestracyjnych

Zastosowanie sieci neuronowych i algorytmów OCR do odczytu danych na tablicach rejestracyjnych przejeżdżających pojazdów. Wykorzystanie wstępnego przetworzenia obrazu opartego o LPCA powinno znacznie przyspieszyć proces rozpoznania znaków.

Pomiar natężenia ruchu drogowego

Analiza transformaty strumienia wideo w celu określenia natężenia przemieszczających się obiektów postrzeganych jako zakłócenie pola obserwacji. Należy podjąć próbę wykorzystania transformat opartych o DCT i falki. Takie przekształcenia powszechnie stosowane są w kompresji danych wideo, co może ułatwić implementację programową, eliminując konieczność przygotowania oprogramowania transformującego.

5. PERSPEKTYWY ROZWOJU SYSTEMU

Można wyróżnić dwa kierunki rozwoju systemu:
- optymalizacja i opracowywanie nowych modułów przetwarzania,
- integracja rozwiązań programowych ze sprzętowymi.

Przeniesienie wybranych funkcji przetwarzania do układów sprzętowego wspomagania. Implementacja algorytmów z użyciem języka opisu układów VHDL.

Pracę wykonano w ramach badań własnych prowadzonych przez Zakład Informatyki w Transporcie, Instytutu Transportu na Wydziale Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu, oznaczano symbolem BW-469/RM10-5/2002.

Literatura

1. Betke M., Haritaoglu E., Davis L.S.: Real-time multiple vehicle detection and tracking from a moving vehicle, Machine Vision and Applications no.12 Dec 2000, pp. 69-83.
2. Bogdziun R.: Wideorejestrator przejazdu na czerwonym świetle, praca dyplomowa magisterska, Instytut Transportu, Katowice 2001 (promotor W.Pamuła).
3. Beymer D., McLauchlan P., Coifman B., Malik J.: Real-time computer vision system for measuring traffic parameters, Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Juan, Puerto Rico 1997, pp. 495-501.
4. Czapla Z.: Fragmentacja obrazów cyfrowych z rejestratora danych ruchowych, Materiały konferencyjne: Telematyka i bezpieczeństwo ruchu drogowego. Politechnika Śląska, Gliwice 2002, s.137-144.
5. Dailey D.J., Cathey F.W., Pumrin S.: The use of uncalibrated roadside CCTV cameras to estimate mean traffic speed, Final Research Report, Washington State Transportation Center, Dec 2001, pp. 1-25.
6. Foresti G.L., Murino V., Regazzoni C.: Vehicle Recognition and Tracking from Road Image Sequences, IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 48, no. 1 Jan 1999, pp. 301-318.
7. Haag M., Nagel H.H.: Tracking of complex driving maneuvers in traffic image sequences, Image and Vision Computing vol.16, 1998, pp. 517-527.
8. Kowol T.: Monitorowanie ruchu drogowego w centrum Katowic, praca dyplomowa magisterska, Instytut Transportu, Katowice 2001 (promotor W.Pamuła).
9. Pamuła W.: Wideorejestrator zdarzeń drogowych, I Międzynarodowa Konferencja Telematyka Systemów Transportowych TST'01, Ustroń 2001, s. 118-123.
10. Pamuła W.: Określanie trajektorii ruchu pojazdów z wykorzystaniem komputerowego przetwarzania obrazów, Materiały konferencyjne Transport XXI wieku, Politechnika Warszawska, Warszawa, 2001 s. 48-56.
11. Setchell C., Dagless E.L.: Vision- based road traffic monitoring sensor, IEE Proc. –Vis. Image Signal Processing vol. 148, No. 1 Feb 2001, pp. 78-84.
12. Romanowski M.: Wydzielanie obiektów z pola ruchu, Materiały konferencyjne Telematyka i bezpieczeństwo ruchu drogowego, Politechnika Śląska, Gliwice 2002, s.162-170.

Recenzent: Dr hab. inż. D. Badura prof. UŚ

Abstract

The paper presents the design of a system for registering and processing of digital images of traffic incidents and describes the state of realisation of the project. A survey of registering systems was done and using it's results design assumptions and processing requirements for the project were drawn up.

The basic assumption is to incorporate standard image acquisition and processing equipment to minimise costs. A CCTV camera working according to CCIR601 is used for monitoring traffic. A PC computer is used for image processing.

Basic elements of the system such as image acquisition, camera control, algorithms for compressing and authentication of image data are being implemented. More advanced modules for tracking vehicles in traffic scenes, speed monitoring, license plate reading and red light violation are elaborated.

Results confirm the feasibility of effectively performing image processing tasks, on a PC computer, for estimating road traffic parameters.