

Marcin MIKŁASZ^{1,3}, Adam NOWOSIELSKI², Grzegorz KAWKA³¹ ZACHODNIOPOMORSKA SZKOŁA BIZNESU² ZACHODNIOPOMORSKI UNIwersYTET TECHNOLOGICZNY, WYDZIAŁ INFORMATYKI³ P.H.U. TELSAT**Specjalizowany system ARTR kontroli ruchu drogowego****Dr inż. Marcin MIKŁASZ**

Ukończył studia na Wydziale Informatyki Politechniki Szczecińskiej w 2002 roku. Pracę doktorską dotyczącą wyszukiwania podobnych obrazów twarzy w dużych zbiorach danych obronił w marcu 2008 roku. Jego zainteresowania naukowe obejmują przetwarzanie i rozpoznawanie różnorodnych klas obrazów, techniki multimedialne i biometryczne. W chwili obecnej jest adiunktem w Zachodniopomorskiej Szkole Biznesu a jednocześnie pracuje jako specjalista ds. rozpoznawania obrazów w firmie Telsat.

e-mail: miklasz.telsat@555.pl

**Mgr inż. Grzegorz KAWKA**

W 2005 r. ukończył studia inżynierskie na wydziale elektrycznym Politechniki Szczecińskiej w specjalności elektronika i telekomunikacja. Prowadzi prace wdrożeniowe w dziedzinie nowoczesnych technologii rozpoznawania obrazów w obszarach systemów bezpieczeństwa oraz inteligentnych systemów transportowych (ITS). Od 19 lat prowadzi własną działalność gospodarczą PHU TELSAT, w ramach której realizuje wdrożenia zaawansowanych technologicznie projektów.

e-mail: kawka@555.pl

**Dr inż. Adam NOWOSIELSKI**

Ukończył studia na Wydziale Informatyki Politechniki Szczecińskiej w roku 2002 roku. Pracę doktorską dotyczącą systemów klasy *Visitor Identification* realizujących zadanie identyfikacji człowieka z materiału wideo obronił w 2006 r. Jego zainteresowania naukowe to: biometria, systemy identyfikacji osób, przetwarzanie i rozpoznawanie obrazów. W chwili obecnej jest adiunktem w Katedrze Systemów Multimedialnych na Wydziale Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.

e-mail: anowosielski@wi.ps.pl

**Keywords:** automatic license plate recognition, ALPR, OCR, ANPR cameras, ITS.**1. Wstęp**

Współczesne systemy Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych (ARTR) to kompleksowe rozwiązania przeznaczone dla wielu odbiorców. Służą do kontroli, nadzoru i zarządzania ruchem drogowym. Podstawą działania tego typu systemów jest wykorzystanie rozwiązań technologicznych opartych o automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych. Systemy te wzbogacane są często o dodatkowe funkcjonalności rozszerzające znacznie ich praktyczne zastosowania. Analizując strukturę kompleksowego systemu można wyróżnić 3 główne elementy: punkt pomiarowy, serwer bazy danych i aplikacja klienta. Przykładem systemu zbudowanego w opisany sposób jest VirtualCOP (VCOP) firmy Telsat [1].

Najważniejsza procedura w systemach ARTR – identyfikacja znaków tablicy rejestracyjnej składa się z trzech etapów [2]:

- lokalizację tablicy rejestracyjnej na analizowanym obrazie,
- wyodrębnienie znaków ze zlokalizowanej tablicy,
- rozpoznanie każdego ze znaków.

Poszczególne rozwiązania prezentowane w literaturze tematu różnią się pod względem zastosowanego aparatu matematycznego, co przekłada się na różną złożoność obliczeniową algorytmów i czas obliczeń. Istotną kwestią są również ograniczenia nakładane na materiał wejściowy, tak aby algorytm zachowywał zadowalającą skuteczność. Mowa tu m. in. o kącie nachylenia kamery, jasności otoczenia, rozdzielczości zdjęcia, proporcjach zarejestrowanego pojazdu w kadrze i innych.

2. Systemy automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych

Na proces identyfikacji znaków tablicy rejestracyjnej składają się trzy, wymienione we wstępie etapy. Pierwszy etap to lokalizacja samej tablicy rejestracyjnej.

Jedną z grup algorytmów detekcji tablic rejestracyjnych są metody bazujące na statystyce krawędzi [3]. Ich działanie opiera się na spostrzeżeniu, iż w rejonie tablicy rejestracyjnej dochodzi do licznych gwałtownych zmian jasności (rys. 1), których częstotliwość i intensywność wyróżnia dany region zdjęcia od pozostałych jego części. W zależności od wariantu metody, statystyka krawędzi dokonywana jest na całej przestrzeni zdjęcia, bądź na jego poszczególnych blokach. Regiony o największej intensywności występowania krawędzi są typowane jako miejsce lokalizacji szukanej tablicy.

Zaletą algorytmu bazującego na statystyce krawędzi jest łatwość implementacji sprzętowej, opiera się bowiem na prostych działaniach arytmetycznych. Problemy w jego działaniu pojawiają się w przypadku zdjęć zawierających obiekty o dużej złożoności,

Streszczenie

W artykule przedstawiono zintegrowany system zarządzania, kontroli i nadzoru ruchu drogowego. Podstawą systemu są rozwiązania technologiczne wykorzystujące Automatyczne Rozpoznawanie Tablic Rejestracyjnych (ARTR). Pozwala to na automatyczną ewidencję ruchu pojazdów wraz z przesyłaniem i gromadzeniem rezultatów w centralnej bazie danych. Analiza tych wyników pozwala na uzyskanie przez system funkcjonalności dostosowanych dla właściwych odbiorców (służb drogowych, służb bezpieczeństwa itp.). Z uwagi na konieczność przetwarzania informacji w czasie rzeczywistym realizacja systemu opiera się w dużej mierze na rozwiązaniach sprzętowych. Przykładem są dedykowane kamery ARTR będące zintegrowanymi urządzeniami realizującymi sprzętowo większość operacji przetwarzania i rozpoznawania obrazu. Artykuł przedstawia architekturę systemu oraz kierunki dalszych prac nad udoskonaleniami. Uniwersalności systemu nadaje możliwości zastosowania w obszarach bezpieczeństwa, bezpieczeństwa ruchu drogowego, ITS – kontroli i zarządzania ruchem drogowym.

Słowa kluczowe: automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych, ARTR, OCR, kamery ARTR, ANPR, ITS.**Specialized ALPR system for traffic control****Abstract**

In the paper a traffic control system is presented. It is based on automatic license plate recognition (ALPR). This solution allows automatic traffic evidence with the results being transferred and stored in central database. The analysis of these results enables obtaining the functionality adjusted to the specific recipient like traffic service or security forces. Such a system requires fast and accurate data processing, which means using dedicated hardware solutions as, in example, in a dedicated ALPR camera. This kind of cameras are devices which integrate most of image processing and image recognition in hardware. The paper presents the structure and basic concepts of the VirtualCOP system realized by Telsat company [1]. In the first section essential parts of the automatic license plate recognition system is presented. It consists of three components: a control point, client application and a database server. In the next section key elements of the most significant procedures are discussed: the automatic license plate detection, the number segmentation and, finally, the recognition process. The system architecture is presented in the third section. At the end of the paper there are conclusions and directions of future development of the system.

które podobnie jak tablica charakteryzują się dużą intensywnością zmian natężenia jasności. W takich przypadkach lepiej sprawdza się pobieranie informacji o zmianach jasności w poszczególnych wybranych liniach obrazu. Uzyskujemy wówczas tzw. sygnatury [4], charakteryzujące się intensywnymi skokami jasności o regularnych odstępach między sobą, co pokazano na rys. 2.



Rys. 1. Obraz oryginalny i jego mapa krawędzi [3]
Fig. 1. Original and edge images [3]



Rys. 2. Przykład lokalizacji tablicy przy pomocy sygnatur [4]
Fig. 2. Example of license plate detection with signatures method [4]

W literaturze tematu znaleźć można szereg innych podejść. Jednak ich złożoność obliczeniowa nie pozwala na realizację zadania w czasie rzeczywistym, obciążona jest błędami i trudna do realizacji sprzętowej.

Drugi etap procedury identyfikacji znaków – segmentacja – polega na wyodrębnieniu znaków z obrazu przedstawiającego tablicę. W literaturze tematu znaleźć można liczne propozycje podejść do rozwiązania tego problemu. Przede wszystkim wykorzystywany jest fakt dużego kontrastu tablicy rejestracyjnej. Po przeprowadzeniu procesu binaryzacji otrzymujemy region zawierający dwa rodzaje punktów: białe bądź czarne. Z uwagi na zmiany oświetlenia stosuje się progowanie adaptacyjne, które wartość progu przystosowuje do badanego akurata obszaru [2]. Do samej segmentacji znaków na podstawie zbinaryzowanego obrazu tablicy rejestracyjnej najczęściej wykorzystywane są dwa podejścia: metoda profili i detekcja obszarów połączonych komponentów.

W pierwszym podejściu wylicza się profil poziomy, który pozwala na zidentyfikowanie położenia pasa zawierającego wiersz ze znakami (lokalne maksimum oddzielone wyraźnymi minimami, patrz górny wiersz na rys. 3). Profil pionowy przedstawia natomiast rozkład jasności w pionie (dolny wiersz rys. 3) i służy do odseparowania od siebie znaków. Jego przekrój przedstawia rozdzielone lokalnymi minimami bloki, które reprezentują obszary umiejscowienia kolejnych liter i cyfr numeru rejestracyjnego na tablicy.

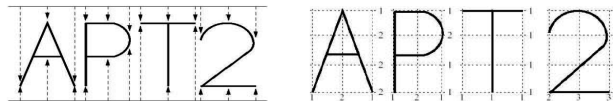


Rys. 3. Profile (lewa kolumna) wyliczone na podstawie zbinaryzowanej tablicy [4]
Fig. 3. Profiles (left column) calculated on binarized image (right column) [4]

Po segmentacji znaków następuje właściwy (trzeci etap) proces rozpoznawania znaków (ang. Optical Character Recognition, OCR). Jedną z technik rozpoznawania znaków jest metoda przyrównywania wzorców (ang. Template Matching) [5]. Polega ona na sprawdzaniu w jakim stopniu badany znak przystaje swoją strukturą do wcześniej przygotowanych szablonów liter i cyfr. Metoda ta sprawdza się najlepiej w sytuacjach, gdy badane znaki mają te same kroje co wzorce.

Mniej spotykanym podejściem przy rozpoznawaniu znaków w algorytmach identyfikacji tablic rejestracyjnych jest wykorzystywanie informacji o ich topologii. Metoda ta polega na wyznaczeniu takiej ilości cech charakterystycznych budowy znaku, aby

możliwa była jednoznaczna klasyfikacja danej litery bądź cyfry. Cechy charakterystyczne jakie się tutaj wykorzystuje to: odległości znaku od krawędzi badanego pola (rys. 4), ilość miejsc styczności danego znaku z granicami badanego obszaru, liczbę punktów przecięć znaku w pionie i poziomie (rys. 4) czy położenie środka ciężkości samego znaku.



Rys. 4. Obliczanie odległości od granic pola oraz zliczanie punktów przecięć [4]
Fig. 4. Distance from border and intersections calculation [4]

Coraz częściej stosowanym narzędziem do rozpoznawania znaków są również wielowarstwowe sztuczne sieci neuronowe [6]. Za zastosowaniem ich do tego zadania przemawia zdolność do adaptacji względem zmieniających się warunków rozpoznawania.

3. Systemy ARTR kontroli ruchu drogowego

Struktura kompleksowego systemu ARTR składa się z 3 głównych elementów: punktów pomiarowych, aplikacji klienta i serwera bazy danych. Zgodnie z powyższą architekturą stworzono w firmie Telsat system VirtualCOP (VCOP) [1].

W punkcie pomiarowym wykorzystywana jest dedykowana kamera VirtualCOP będąca zintegrowanym urządzeniem wykonującym następujące funkcje:

- wykonanie zdjęcia pojazdu,
- detekcja tablic rejestracyjnych,
- wykonanie zdjęcia tablicy w świetle IR,
- odczyt tablicy rejestracyjnej,
- odczyt informacji zawartych w tablicy rejestracyjnej o pojazdach przewożących niebezpieczne ładunki,
- przesłanie danych do serwera.

Dzięki temu realizowane są sprzętowo wszystkie etapy przetwarzania i rozpoznawania obrazu, a na serwer wysyłane są już odczytane maszynowo dane (nr rejestracyjny, data, godzina, miejsce) jak i również wykonane przez kamerę zdjęcia całego pojazdu w świetle widzialnym i oświetlonym światłem IR, a także zdjęcie samej tablicy rejestracyjnej.

Na rysunku 5 i 6 zaprezentowano 2 typy kamer wykorzystanych przy budowie systemu VCOP. Umożliwiają one identyfikację pojazdów w dzień i w nocy (w tym przy braku jakiegokolwiek zewnętrznego oświetlenia).



Rys. 5. Nowoczesna kamera systemu ARTR VCOP DUAL CAM [4]
Fig. 5. Modern camera DUAL CAM VCOP



Rys. 6. Megapikselowa Kamera DUAL Hi_RES [4]
Fig. 6. Megapixel camera DUAL Hi_RES

Moduł pozyskania obrazów wyposażono w specjalistyczne emiterzy niewidocznego promieniowania świetlnego (IR) umożliwiające oświetlenie sceny. Urządzenie składa się z komputera przetwarzającego, emitera podczerwieni, oprogramowania i ukła-

du transmisji danych a także z układu pozyskania obrazów wyposażonego w kamery: kolorową i monochromatyczną CCD z automatycznym wyborem źródła sygnału. Całość zintegrowano w jednej obudowie i otoczono zespołem diod LED.

W urządzeniach znalazła miejsce opatentowana technika filtr/flash kompensująca światło słoneczne oraz światła poruszających się pojazdów. Dzięki opatentowanej technice "triple flash", możliwa jest kontrola parametrów kamery klatka po klatce, co pozwala zredukować problemy związane z odczytem szybko poruszających się tablic. Urządzenia umożliwiają równoczesny odczyt kilku tablic znajdujących się w polu ich widzenia. W kamerze megapikselowej zintegrowano również sprzętowy koder strumienia MJPEG kamery IR (50fps, 1392 x 512) eliminujący potrzebę posiadania w komputerze PC "Frame Grabbera" w celu przyjmowania, przetwarzania i archiwizacji danych.

Aby poszerzyć funkcjonalność punktu pomiarowego istnieje możliwość zastosowania dodatkowych zestawów czujników, które przesyłają dane do kamery VirtualCop lub od razu do komputera pomiarowego. Podstawowe zintegrowane czujniki zapewniają:

- pomiar prędkości,
- pomiar nacisku na oś,
- wstępną klasyfikację pojazdu.
- pomiar wysokości długości i szerokości pojazdu.
- czas przejazdu pojazdu od momentu załączenia czerwonego światła na skrzyżowaniu.

Dla zwiększenia dokładności punkt pomiarowy konstruuje się z zestawów czujników, a informacje z czujnika przetwarzane są w specjalnym systemie pomiarowym.

W punkcie pomiarowym wszystkie czynności realizowane są automatycznie, przez dedykowane rozwiązania sprzętowe. Dzięki temu skuteczność detekcji i odczytu tablic z poruszających się często z dużą prędkością pojazdów (nawet do 180 km/h) jest bardzo wysoka i oscyluje w okolicach 99%. Problemem dla systemu są tylko mocno zabrudzone lub uszkodzone tablice, z których odczytem ma problemy nawet oko ludzkie.

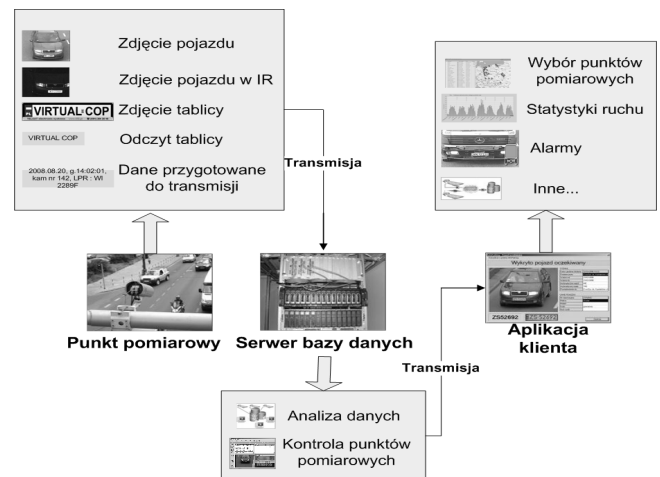
Wszystkie wyliczone dane z punktu pomiarowego są zbierane i przesyłane do serwera bazy danych gdzie następuje ich analiza. W wyniku przeprowadzonej analizy istnieje możliwość otrzymania funkcjonalności dostosowanych dla właściwych odbiorców (Służby Drogowe, Służby Bezpieczeństwa, Zarządcy Dróg itd.).

Dane te są udostępniane z poziomu aplikacji klienta, odpowiednio zabezpieczonej i działającej przez przeglądarkę WWW. Istnieje kilkanaście modułów aplikacji użytkownika a ich funkcjonalność i możliwości są dostosowane pod kątem konkretnego odbiorcy (inne dla Służb Bezpieczeństwa, inne dla Służb Drogowych itd.) i są to na przykład alarmy sygnalizowania pojazdów o przekroczonych parametrach, czy też sygnalizowania wykrycia pojazdów poszukiwanych lub przejeżdżających na czerwonym świetle.

Ogólną architekturę systemu w postaci schematu działania zaprezentowano na rysunku 7. Zobrazowano na nim 3 główne elementy systemu wraz z wyszczególnieniem ich najważniejszych funkcjonalności. System VCOP jest oczywiście systemem rozproszonym składającym się z wielu punktów pomiarowych, z których dane są transmitowane w zabezpieczony sposób do serwera bazy danych. Serwer udostępnia dane licznym aplikacjom klienckim i w zależności od wysłanych zapytań przeprowadza odpowiednie analizy w czasie zbliżonym do rzeczywistego (np. wyszukanie danych o pojeździe w bazie 540 mln rekordów trwa niecałe 2 sekundy).

VirtualCOP to rozwiązanie przeznaczone dla wielu branż i sektorów administracji i gospodarki związanych bezpośrednio lub pośrednio z ruchem drogowym pojazdów samochodowych. Dedykowani użytkownicy poszczególnych aplikacji klienckich systemu VCOP to: służba drogowa, służba bezpieczeństwa, straż graniczna, porty morskie, porty lotnicze, centra monitoringu wizyjnego, policja, wojsko, służba celna, zarządcy tuneli i parkingów, ośrodki przemysłowe, zarządcy autostrad, służby zarządzania kryzysowego. Ostatnie prace rozwojowe aplikacji klienckich VCOP dały możliwość zastosowania systemu dla kontrolowania strefy ograni-

czonego ruchu – SOR (stare miasta, deptaki, obiekty i chronione obszary, bus pasy) oraz wykrywania przejazdu na czerwonym świetle.



Rys. 7. Architektura systemu

Fig. 7. Architecture of the VCOP system

4. Wnioski

W artykule opisano kompleksowy system ARTR służący do kontroli ruchu drogowego. Przedstawiono również przegląd głównych rozwiązań wykorzystywanych przy detekcji i odczytywaniu znaków z tablic rejestracyjnych. Prezentowany system VCOP został opracowany i wdrożony przez firmę Telsat. Główne funkcjonalności systemu realizowane są sprzętowo za pomocą dedykowanych kamer VirtualCop, które są zintegrowanymi urządzeniami realizującymi wszystkie etapy pracy z obrazem: od rejestracji obrazu, poprzez dokonanie detekcji tablicy rejestracyjnej na obrazie aż do rozpoznania znaków.

W artykule przedstawiono także architekturę systemu i zasady przepływu danych. System VCOP jest cały czas udoskonalany i trwają nad nimi prace rozwojowe. Dodawane są kolejne funkcjonalności poszerzające zastosowania systemu: zwiększenie zakresu danych pozyskiwanych z punktu pomiarowego, dodawanie nowych sposobów analizy danych na serwerze oraz dodawanie nowych opcji w aplikacjach klienckich. Sam system jest też w dalszym ciągu rozbudowywany poprzez przyłączanie kolejnych punktów pomiarowych.

5. Literatura

- [1] www.555.pl – strona firmy Telsat.
- [2] C.N. Anagnostopoulos, I. Anagnostopoulos, V. Loumos, E. Kayafas: A licence plate recognition algorithm for Intelligent Transportation System applications, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 7 (3), 377 – 392, 2006.
- [3] B. Enyedi, L. Konyha, K. Fazekas: Real Time Number Plate Localization Algorithms, Journal of Electrical Engineering 57 (2), 69 – 77, 2006.
- [4] W. Kasprzak, M. Jankowski: The implementation of a vision sensor for traffic surveillance, VIII Krajowa Konferencja Robotyki, 173-174, 2004.
- [5] Y. Huang, S. Lai, W. Chuang: A Template-Based Model for License Plate Recognition, IEEE Int. Conf. on Networking, Sensing & Control, 737 – 742, 2004.
- [6] J. Matas, K. Zimmermann: Unconstrained Licence Plate and Text Localization and Recognition, IEEE Intelligent Transportation Systems, 225- 230, 2005.