

Tomasz PAŁCZYŃSKI¹
Zbigniew PAWELSKI²

ZAPIS OBRAZU DROGI I POZYCJI W OCENIE EFEKTYWNOŚCI SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

W pracy zostanie zaprezentowana koncepcja zestawu pomiarowego do zapisu obrazu drogi z wykorzystaniem pozycji pojazdu w oparciu o technologię GPS – INS – RTK. Do zestawu pomiarowego zastosowano zestaw kamer „megapixelowych” do rejestracji obrazu. Do określenia pozycji pojazdu wykorzystano zestaw pomiarowy SPAN firmy Novatel składający się z odbiornika GPS, jednostki inercyjnej i modemu radiowego umożliwiającego pracę całego układu w technologii RTK. Podczas pomiarów nawiązywane jest połączenie w systemem ASGEUPOS w celu uzyskania poprawki referencyjnej i uzyskania dokładności pozycji na poziomie +/- 2 cm. Proponowany zestaw pomiarowy może być wykorzystany do inspekcji dróg a także do oceny efektywności systemów transportowych, gdzie wymagana jest silna korelacja obrazu z kamery z jej pozycją

VEHICLE POSITION AND ROAD IMAGE RECORDING AT TRANSPORT SYSTEMS EFFICIEN DESCRIPTION.

At this paper there will be presented road image recording unit supported with vehicle position based on GPS-INS-RTK technology. “Megapixel” camera was applied to measurement equipment to record road images. SPAN system from NOVATEL firm was used to define accurate vehicle position, which consist of: GPS receiver, inertial unit, radio modem- enables system work at RTK – 2 technology. There is activated network connection between GPS system and ASGEUPOS server via radio modem and thanks to that there is received reference correction on the level +/- 2 cm. Proposed measurement equipment can be used at road inspection and any other tasks at transport area which expects high correlation between camera image and their position. Proposed measurement system can be used at road inspection and at transport system efficient description, when there is demanded high correlation between camera image and their position.

¹Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, 90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116, Tel. 42-631-23-93, fax. 42-631-23-98, pawelski@p.lodz.pl

² Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, 90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116, Tel. 42-631-23-93, fax. 42-631-23-98, tomasz.palczynski@p.lodz.pl

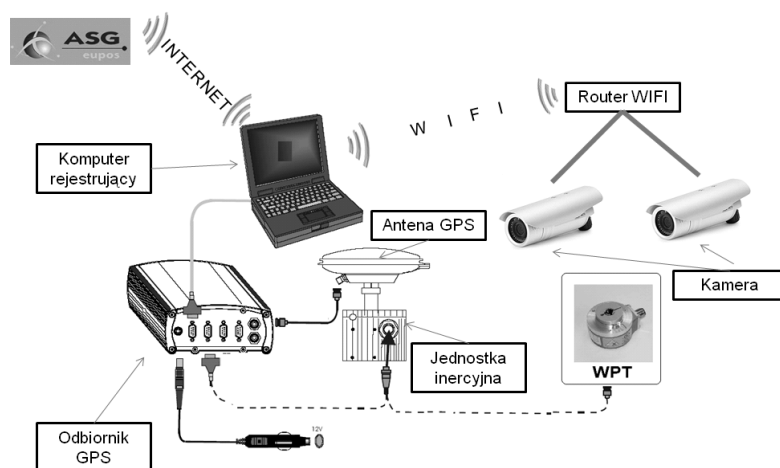
1. WSTĘP

W ostatnich latach coraz większe znaczenie odgrywają zautomatyzowane układy pomiarowe. Szczególne znaczenie w tym postępie odgrywa coraz większa kompatybilność urządzeń, które do tej pory pracowały w różnych dziedzinach techniki. Zaproponowany zestaw pomiarowy łączy ze sobą techniki:

- a) Pomiaru pozycji pojazdu z użyciem technologii GPS, czujnika inercyjnego – do tej pory stosowanych w przemyśle lotniczym sił zbrojnych, przyrostowego czujnika prędkości kątowej koła – stosowanego do tej pory w pomiarach drogowych.
- b) Rejestracji obrazu
- c) Komunikacja bezprzewodowa – będąca domeną rozwiązań informatycznych
- d) Internet – niewykorzystywany do tej pory w badaniach poligonowych.

Zaproponowane połączenie w/w elementów umożliwiło uzyskanie zestawu pomiarowego o nowych możliwościach.

2. BUDOWA SYSTEMU

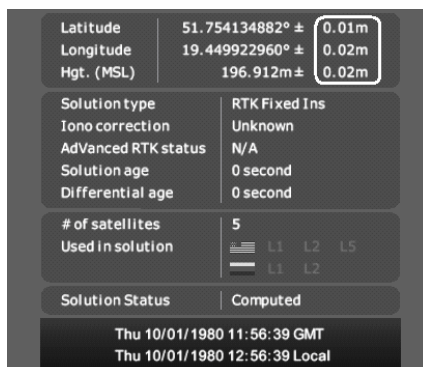


Rys. 1. Budowa układu pomiarowego.

Zestaw pomiarowy składa się z następujących elementów, rysunek 2:

- a) *Komputera rejestrującego*, który rejestruje pozycję pojazdu i obraz z kamer zsynchronizowane zegarem komputera. Możliwe jest wprowadzenie podczas rejestracji tzw. stempli czasowych, którym można przyporządkować zaobserwowane sytuacje na rejestrowanym odcinku drogi.
- b) *Routera WIFI*, który wykorzystując komunikację WIFI przesyła bezprzewodowo obraz z kamer do komputera rejestrującego.

- c) Kamery (ACTi 1231 „megapixelowe”) – 4 szt.
- d) Antena GPS, która służy do obserwacji satelitów systemów GPS i EGNOS.
- e) Odbiornika GPS, który przetwarza sygnały z anteny GPS, jednostki inercyjnej, czujnika WPT i poprawek referencyjnych z systemu ASG EUPOS.
- f) Jednostki inercyjnej iMAR FSAS, która określa położenie pojazdu niezależnie od sygnału GPS, czyli umożliwia określenie pozycji podczas braku sygnału GPS. Cechą znamioną tego urządzenia jest tzw. „dryf” czyli błąd pomiaru w przybliżeniu wprost proporcjonalny do czasu (0,75 stopnia na godzinę). Zastosowanie czujnika WPT zmniejsza ten błąd o około 20%.
- g) Czujnika WPT (Wheel Pulse Transducer) – przyrostowy czujnik prędkości kątowej koła, który zbiera informacje o przejechanej drodze przez koło, na którym został zamocowany. Dzięki niemu wprowadza się poprawkę dla układu inercyjnego w przypadku dłuższego braku sygnału GPS.
- h) Programowej wymiany danych z polskim systemem stacji referencyjnych ASG EUPOS, dzięki stałemu połączeniu internetowemu. Możliwe jest wysłanie aktualnej pozycji na serwer systemu ASG EUPOS i odbiór poprawki wyznaczonej w najbliższym wykonywanym pomiarom stacji referencyjnej. Dokładność pomiarów wzrasta do wartości kilku centymetrów, czyli tzw. technologia RTK – 2 cm, rysunek 2.



Latitude	51.754134882° ±	0.01m
Longitude	19.449922960° ±	0.02m
Hgt. (MSL)	196.912m ±	0.02m
Solution type	RTK Fixed Ins	
Iono correction	Unknown	
AdVanced RTK status	N/A	
Solution age	0 second	
Differential age	0 second	
# of satellites	5	
Used in solution	L1 L2 L5	
Solution Status	Computed	
Thu 10/01/1980 11:56:39 GMT		
Thu 10/01/1980 12:56:39 Local		

Rys. 2. Interfejs systemu SPAN z prezentacją dokładności.

3. UKŁAD REJESTRACJI OBRAZU.

Do zapisu obrazu drogi użyto kamer megapixelowych firmy ACTi model 1231. Do obsługi kamer wykorzystano oryginalne oprogramowanie ACTi NVR, umożliwiające rejestrację obrazu w systemie obrazkowym (każdy kolejny zapis jako kolejne zdjęcie) i w postaci filmu w formacie pliku „avi”. Prezentowany układ zapewnia rejestrację obrazów z rozdzielczością 1280 X 1024 będącą standardem w tego typu zagadnieniach.

Wymagania sprzętowe dla zestawu obsługującego 16 kamer:

- a) Procesor: Intel Core 2 Duo 2,4 GHz
- b) Pamięć 1 GB
- c) Dysk twardy 250 GB – w zależności od długości nieprzerwanego zapisu.

Cechy pakietu oprogramowania ACTi NVR:

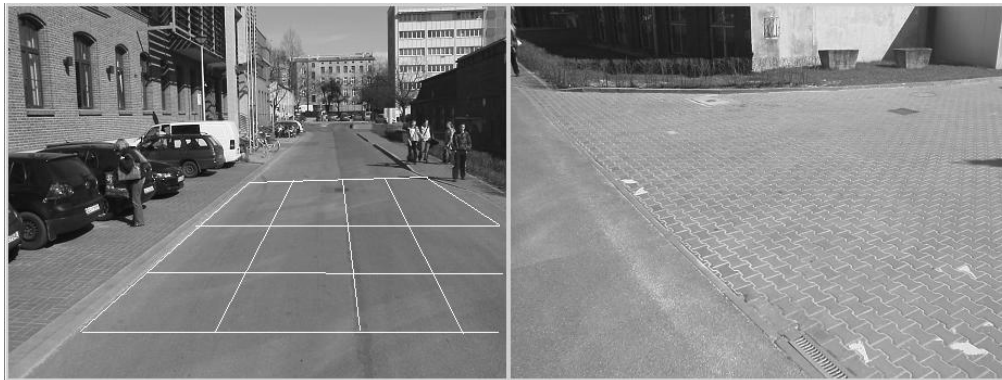
- Diagnostyka systemu w systemie automatycznym. Powiadomienie mailem w przypadku braku sygnału z kamery lub połączenia z nią,
- Wsparcie dla funkcji detekcji ruchu
- Funkcja „triggera”, umożliwiająca zapis dodatkowego zdjęcia wyzwolonego zewnętrznym sygnałem,
- Definicja czasu startu i końca zapisu,
- Przeszukiwanie bazy w funkcji daty, czasu i kanału zapisu,
- Konwersja wybranej części zapisu do pliku avi.
- Synchronizacja w czasie podczas odtwarzania czterech kanałów zapisu.



Rys. 3. Dwie kamery zamontowane na pojeździe testowym.

Kamery zamontowano w pojeździe, rysunek 3, za pomocą uchwytów magnetycznych, co zapewnia szybką i łatwą adaptację układu do różnych pojazdów. Kamery podłączono do układu pomiarowego zgodnie ze schematem na rysunku 1.

Przykładowe wyniki badań przedstawiono na rysunku 4. Jak widać możliwa jest dokładna analiza jakości drogi i towarzyszącego jej pobocza. Możliwy jest także pomiar głównych parametrów drogi dzięki wprowadzonej siatce. Dla prawidłowego wykorzystania siatki wymagane jest jednoznaczne ustalenie pozycji kamery względem pojazdu, co uzyskuje się przez przeprowadzenie procedury kalibrowania siatki każdorazowo po zmianie pozycji kamery. Do tego celu przygotowano wzorcowy obszar pomiarowy na terenie Katedry Pojazdów.



Rys. 4. Obraz drogi zarejestrowany dwoma kamerami z siatką pomiarową na terenie PL.

Przy użyciu kamer, sprzężonych w ramach zaproponowanego układu pomiarowego, można rejestrować:

- a) Obraz drogi po której porusza się pojazd badawczy ze ścisłą korelacją z jego dokładną pozycją.
- b) Obraz i pozycję zauważonych przez obserwatora w danej chwili sytuacji na drodze: nierówności, ubytki i itp.

Następnie na etapie tzw. postprocesingu można:

- a) Wykonywać pomiary w ramach danego zdjęcia, rysunek 3, dzięki jednoznaczemu położeniu kamer względem pojazdu testowego.
- b) Wykonywać analizy porównawcze danego odcinka w różnych terminach rejestracji,
- c) Wykonywać inspekcję stanu technicznego dróg bez konieczności delegowania pracownika czy nawet grupy.

Powstaje obiektywna dokumentacja stanu faktycznego drogi do której w dowolnej chwili można powrócić.

W przypadku utracenia połączenia internetowego z systemem ASG EUPOS podczas pomiaru, możliwe jest przesłanie tych danych w celu wyznaczenia poprawek

4. UKŁAD REJESTRACJI OBRAZU Z PROJEKCIE ITS – COOPERS.

Wizja projektu COOPERS:

Pojazdy są połączone w sposób ciągły siecią bezprzewodową z infrastrukturą drogi. Wymiana danych i informacje niezbędne do zwiększenia bezpieczeństwa na drodze są zbierane i przetwarzane w we wspólnym centrum zarządzania

Europejska sieć drogowa staje przed wyzwaniem sprostania 50% wzrostowi zagęszczenia ruchu w najbliższych 15 latach. Ponadto instytucje zarządzające ruchem drogowym mają narodowe i europejskie zobowiązania dotyczące poprawy poziomu usług, by zwiększyć poziom bezpieczeństwa i do 2010 r. zmniejszyć o 50% liczbę zabitych i rannych w wyniku wypadków drogowych.

Systemy współpracujące mogą przynieść większy skutek niż udoskonalane systemy pojedyncze przez:

- system współdziałania pojazd – pojazd (V2V),
- system współdziałania infrastruktury z pojazdem (I2V).

Użytkownik oczekuje, by pojazd drogowy stał się bezpieczniejszy oraz by sprawniej poruszał się w infrastrukturze drogowej. W ostatnim dziesięcioleciu nastąpił postęp w dziedzinie „inteligencji” pojazdów przez wdrożenie szeregu rozwiązań poczynając od poduszki powietrznej, układów ABS, ASR, układu kontroli trakcji, systemu nawigacji, a ostatnio systemu utrzymywania pojazdu w pasie ruchu oraz systemu „drive by wire”. Następnym krokiem będzie pojawienie się w najbliższej przyszłości zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), które łączą komunikacyjnie samochody.

Instytut Pojazdów, Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, uczestnicząc w projekcie europejskim COOPERS (Co-operative System for Intelligent Road Safety), wykorzystuje prezentowany zestaw pomiarowy w badaniach komputera pokładowego tego systemu, którego krótką charakterystykę przedstawiono na rysunku 6.

Badania są przeprowadzane w następujących miejscach: Brennero Corridor, Rotterdam – Antwerp, Berlin, France, Wiedeń.

Zadaniem Instytutu Pojazdów jest wyznaczenie referencyjnej trajektorii pojazdu wraz z obrazem drogi dla testowych przejazdów, podczas których w tym samym pojeździe będzie pracował testowany komputer pokładowy.



Rys. 6. OBU – Komputer pokładowy projektu COOPERS i HMI (Human Interface) interface użytkownika.

5. OCENA EFEKTYWNOŚCI SYSTEMU TRANSPORTOWEGO Z UŻYCIEM PREZENTOWANEGO UKŁADU POMIAROWEGO.

Przy ocenie efektywności systemów transportowych definiuje się wskaźniki, w celu zobiektywizowania analizowanego zjawiska. W pracy zaprezentowano propozycje wskaźników oceny efektywności systemów transportowych uwzględniając możliwości prezentowanego układu pomiarowego.

Istotą tworzenia wskaźników jest :

- a) Ocena funkcjonowania systemu transportowego – diagnoza stanu aktualnego;
- b) Budowania baz danych do poszukiwania sposobów i obszarów poprawy;
- c) Budowa baz inwentaryzacyjnych w celu dokumentacji stanu aktualnego (np. dokumentacja przed wykonaniem modernizacji systemu transportowego).

Jako dane wejściowe dla procedury opracowania wskaźników efektywności lub tworzenia bazy danych można zarejestrować dla wybranej sekwencji ruchu:

- a) Pozycja pojazdu w układzie trzech współrzędnych (X, Y, Z);
- b) Chwilowa i średnia prędkość pojazdu w układzie trzech współrzędnych;
- c) Chwilowe i średnie przyspieszenie pojazdu w układzie trzech współrzędnych;
- d) Obraz drogi z czterech kamer zsynchronizowany w dziedzinie czasu z pozycją pojazdu.

Przez wybraną sekwencję ruchu rozumiemy:

- wybrany odcinek drogi, np. pomiędzy skrzyżowaniami;
- wybrana faza ruchu, przejazd na zielonym świetle, przyspieszenie, przejazd pomiędzy dwoma kolejnymi przystankami lub miejscem załadunku i rozładunku towaru.

Przykładowo, można zdefiniować następujące wskaźniki efektywności systemu transportowego:

- Czas przejazdu przez wybrany odcinek drogi;
- Częstotliwość ruchu na danym odcinku drogi;
- Natężenie ruchu na wybranym odcinku drogi;
- Przepustowość danego odcinka drogi;
- Ewidencyjne wskaźniki drogi wynikające z rejestracji obrazu.

Ze względu na standardy metrologiczne, rejestrację należy wykonywać wg metody zapewniającej założony poziom ufności danego pomiaru.

6. WNIOSKI

Przedstawiony układ pomiarowy umożliwia programowe zsynchronizowanie zapisu pozycji pojazdu (i jej pochodnych: prędkość, przyspieszenie) z obrazem z czterech kamer megapixelowych. Dzięki możliwościom układu pomiarowego wynikającym z integracji nowoczesnych technologii powstały nowe narzędzia, także w dziedzinie: oceny efektywności systemów transportowych, modelowaniu ruchu środków transportu, bezpieczeństwa w transporcie a także eksploatacji pojazdów.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Server application ACTi NVR v2.1 User's Manual, www.acti.com
- [2] COOPERS Project Reports, <http://www.coopers-ip.eu/index.php?id=150>.
- [3] Badania własne.