

**Gabriel NOWACKI**

Instytut Transportu Samochodowego, Centrum Zarządzania i Telematyki Transportu  
ul. Jagiellońska 80, 03-401 Warszawa  
e-mail: gabriel.nowacki@its.waw.pl

## **WYNIKI TESTÓW PROJEKTU PILOTAŻOWEGO KRAJOWEGO SYSTEMU AUTOMATYCZNEGO POBORU OPŁAT**

### **Streszczenie:**

Artykuł dotyczy implementacji europejskiej usługi opłaty elektronicznej (EETS) w Unii Europejskiej. Ze względu na brak interoperacyjności systemów elektronicznego pobierania opłat drogowych podjęte zostały kroki legislacyjne na szczeblu Wspólnotowym. KE zaleciła, aby państwa członkowskie prowadziły badania naukowe i realizowały projekty pilotażowe w tym obszarze. Instytut Transportu Samochodowego wychodząc naprzeciw tym wyzwaniom zrealizował projekt pilotażowy - struktura funkcjonalna Krajowego Systemu Automatycznego Poboru Opłat (KSAPO). System spełnia wymagania legislacyjne UE, jest interoperacyjny, może współpracować z systemami typu DSRC oraz GPS/GSM, które zostały wdrożone w innych państwach członkowskich. Testy wykazały także dużą skuteczność i dokładność systemu.

Słowa kluczowe: EETS, NATCS, NATCC, interoperacyjność.

### **WPROWADZENIE**

Europejska usługa opłaty elektronicznej (EETS) powinna być dostępna w państwach członkowskich UE do końca 2012 roku.

Aktualnie w Unii Europejskiej wykorzystywane są systemy elektronicznego pobierania opłat drogowych typu DSRC oraz typu GPS/GSM, które zdaniem KE nie są interoperacyjne.

Interoperacyjność wspólnotowego systemu oznacza spójność tego systemu w skali Unii Europejskiej, przynajmniej na poziomie technicznym, semantycznym oraz proceduralnym, przy założeniu, że zostały określone na szczeblu wspólnotowym działania mające na celu jej osiągnięcie, a które realizowane są zarówno na drodze wspólnych przedsięwzięć, jak i na drodze działań niezależnych poszczególnych państw członkowskich.

Na szczeblu wspólnotowym zostały w tym zakresie przyjęte dokumenty legislacyjne: dyrektywa 2004/52/WE [2], decyzja Komisji 2009/750/WE [1], a ponadto w 2010 roku został zmieniony standard EN ISO 12855 [6].

Celem tych dokumentów jest zapewnienie interoperacyjności, która ma polegać na tym, że użytkownicy zawierający umowę z pojedynczym dostawcą EETS powinni mieć możliwość dokonywania opłat drogowych na wszystkich obszarach EETS, w ramach europejskiej sieci drogowej, za pomocą jednego urządzenia pokładowego OBU, które może być wykorzystane na wszystkich obszarach EETS [1, 2, 3, 6].

## **1. KRAJOWY SYSTEM AUTOMATYCZNEGO POBORU OPŁAT**

### **1.1 Struktura funkcjonalna**

W skład systemu pilotażowego wchodzi następujące elementy (rys. 1):

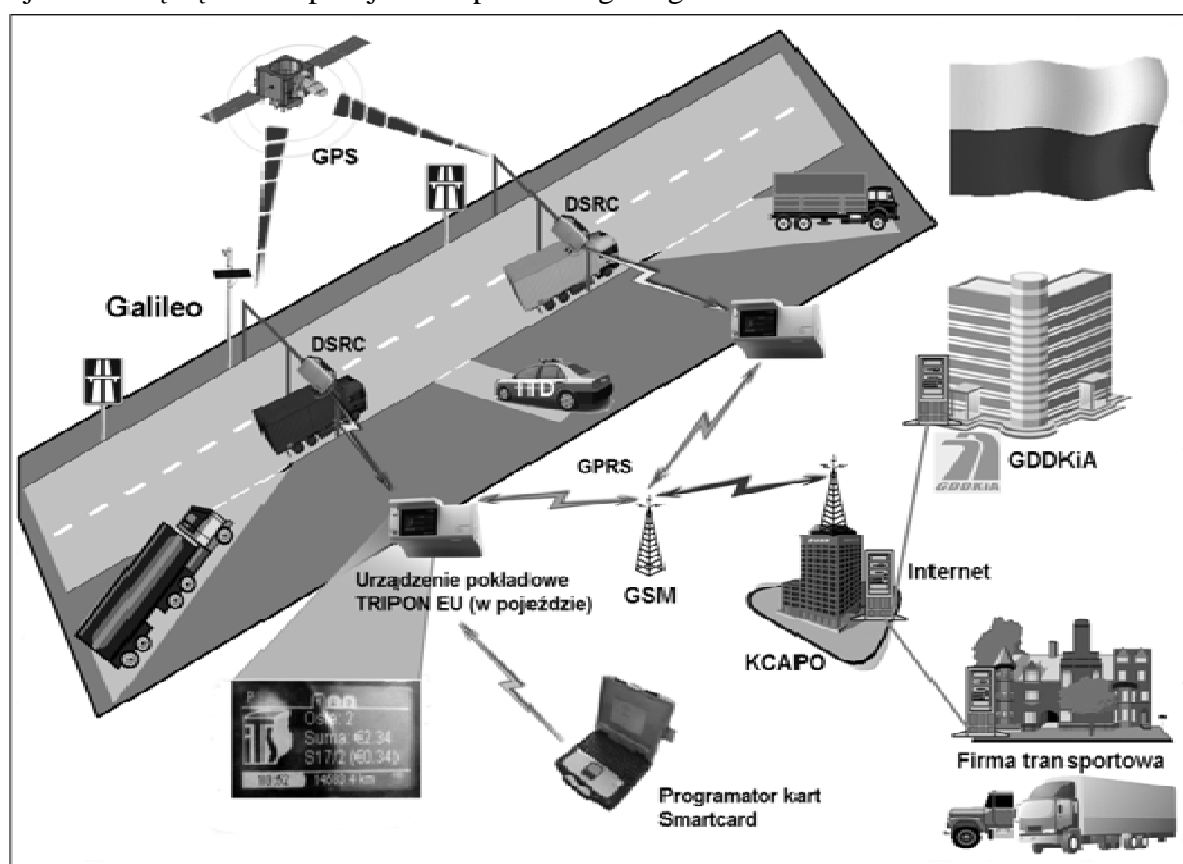
- inteligentne urządzenie pokładowe GPS/GSM o nazwie TRIPON-EU, które zostało zainstalowane w dwóch pojazdach testowych,
- dwie bramki kontrolne (z modemem DSRC i systemem wizyjnym pobierania opłat),
- laboratoryjny model krajowej centrali automatycznego poboru opłat KCAPO.

Urządzenie OBU przeznaczone jest głównie do detekcji płatnych odcinków dróg po których porusza się pojazd wyposażony w OBU.

Bramka stanowi stacjonarny punkt kontroli pojazdów poruszających się po drogach płatnych.

W przypadku systemu opartego o GPS/GSM należy dążyć do minimalizacji liczby bramek co pozwoli na zmniejszenie nakładów finansowych potrzebnych do powstania systemu KSAPO.

Dodatkowo w systemie mogą być stosowane kontrole mobilne, którymi w Polsce zajmować się będzie Inspekcja Transportu Drogowego.

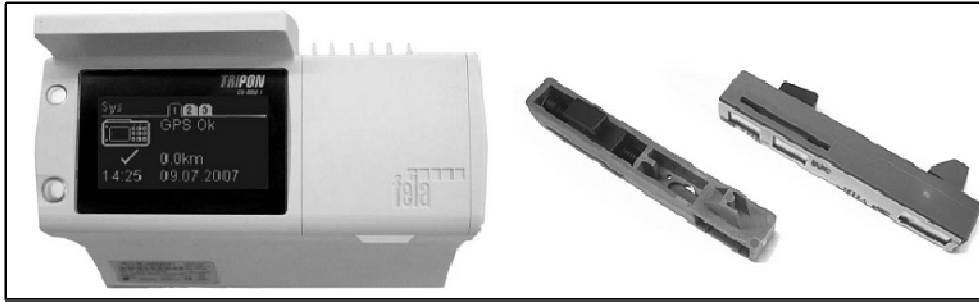


Rys.1. Architektura Krajowego Systemu Automatycznego Poboru Opłat

Źródło: opracowanie własne.

## 1.2 Urządzenie pokładowe OBU

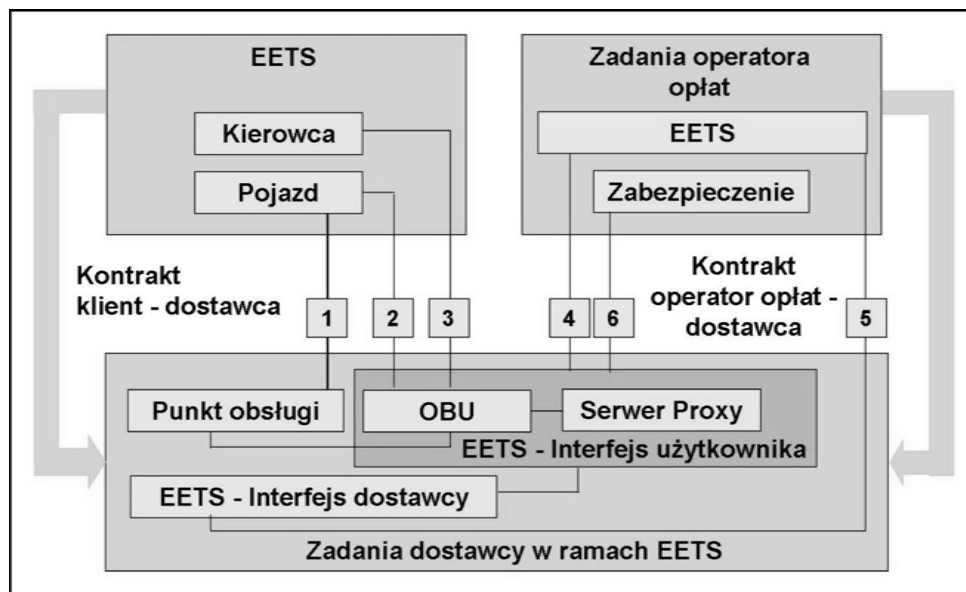
Urządzenie pokładowe TRIPON-EU jest dostępne w dwóch różnych wykonaniach. W systemie testowym została użyta wersja montowana w jednej obudowie gromadzącej wszystkie komponenty łącznie z antenami GPS i GSM. To wykonanie zostało zaprojektowane z myślą o instalacji na przedniej szybie pojazdu. Normalnie uchwyty montażowe są przyklejane do szyby specjalną żywicą, jednak w systemie testowym zostały przyklejone taśmą samoprzylepną.



Rys.2. Urządzenie pokładowe TRIPON-EU i jego uchwyty montażowe

Źródło: [4].

W projekcie pilotażowym zdefiniowano łącznie 6 istotnych interfejsów, które zostały uwzględnione w proponowanym systemie testowym z urządzeniem pokładowym OBU (rys. 3).



Rys.3. Interfejsy przewidziane w projekcie pilotażowym

Źródło: [5].

1. Instalacja i kontrakt na obsługę urządzeń pokładowych. OBU będą konfigurowane za pomocą kart Smartcard. Karty Smartcard z danymi pojazdów i danymi z kontraktu na obsługę systemu w czasie testowania zostaną zaprogramowane za pomocą programatora kart.
2. Podłączenie do pojazdu. OBU połączone zostało z następującymi punktami w instalacji pojazdu: zasilanie, masa, zapłon, tachograf.
3. Interfejs użytkownika OBU obsługuje następujące funkcje: ekranowe zestawy opcji (menu), możliwość deklaracji przyczepy. Dla wygody testowania, przyciskiem S (send, wyślij) można w każdej chwili wymusić sesję łączności GPRS bez konieczności czekania na nadejście pory następnej sesji inicjowanej automatycznie. Na ogół jest wyświetlony ekran standardowy, na którym widnieją następujące informacje: symbol kontekstu (obszaru poboru) myta (P dla Polski), graficzna reprezentacja polskiego kontekstu myta (np. zarys granic kraju), deklarowana liczba osi pojazdu, łączna wartość myta naliczonego w danym kursie pojazdu, kwota należna za przejazd aktualnego segmentu, godzina i suma kilometrów przejechanych od chwili zainstalowania.

4. Interfejs DSRC służy do przeprowadzania standardowych transakcji DSRC z urządzeniami zainstalowanymi na testowej bramce kontrolnej pobierania opłat.
5. Interfejs danych (od operatora opłat do dostawcy systemu). Jest to interfejs „wewnętrzny” ponieważ w systemie testowym nie wyodrębniono miejsc poborcy myta i dostawcy systemu.
6. Kontrola pobierania opłat została zademonstrowana z użyciem anten DSRC i systemu wizyjnego ANPR (Automatic NumberPlateRecognition - automatyczne rozpoznawanie numerów tablic rejestracyjnych) na testowej bramce ustawionej na jednym pasie ruchu.

### 1.3 Bramki kontrolne

Koncepcja bramek kontrolnych pobierania opłat dla systemu testowego w Polsce opiera się na doświadczeniach firmy Fela, zebranych w trakcie działania systemu szwajcarskiego. Na bramce zainstalowane są następujące urządzenia (rys. 4):

- lokalizator DSRC do przeprowadzania transakcji z kontrolerem pasma ruchu (zgodnie ze standardem EN15509),
- system wizyjny pobierania opłat (automatyczne odczytywanie numerów tablic rejestracyjnych i sporządzania dokumentacji fotograficznej (ANPR, tylko z przodu),
- lokalny sterownik do rejestracji pobierania opłat.



Rys.5. Bramka kontrolna wraz z wyposażeniem na terenie ITS w Warszawie

Źródło: opracowanie własne.

Lokalizator DSRC przeprowadza standardowe transakcje DSRC (zgodnie z CEN TC278/EN155509) wykrywając każdy pojazd przejeżdżający przez bramkę. Zasadniczo na dane składają się dane kontraktowe, numery rejestracyjne i charakterystyka pojazdu. W procesie pobierania opłat te dane są porównywane z danymi z systemu ANPR.

Kamera oraz impulsowe źródło promieniowania podczerwonego (diody LED) są wyzwalane przez czujnik ruchu PIR. Łącznie rejestrują widok pojazdu z przodu. Zależnie od usytuowania bramki i/lub warunków ruchu można zastosować różne inne sygnały wyzwalające. Monochromatyczna kamera ANPR wyposażona jest w przetwornik obrazu o rozdzielczości 1620 x 1220 pikseli i interfejsem Gig-E.

Zdjęcie pojazdu jest transmitowane do serwera poboru opłat z danego pasa ruchu do dalszego przetworzenia i zanalizowania w celu odczytania numerów rejestracyjnych.

Równocześnie służy ono jako dokumentacja w razie konieczności uruchomienia procedur pobierania opłat.

Aby umożliwić w pełni automatyczną pracę bramki, zastosowany został czujnik natężenia oświetlenia w otoczeniu, którego sygnał jest podstawą kontroli parametrów kamery i impulsowego źródła promieniowania podczerwonego. Czujnik jest skierowany na obszar wykrywania pojazdów i ma zakres dynamiczny od 3 do 30000 luksów.

### 1.4 Laboratoryjny model KCAPO

Laboratoryjny model Krajowej Centrali Automatycznego Poboru Opłat (KCAPO) składa się z następujących elementów:

- trzech komputerów klasy PC – jeden dedykowany jako serwer baz danych (nazywany dalej KB), drugi serwer dla oprogramowania aplikacyjnego (nazywany dalej KA), trzeci jako terminal użytkownika,
- oprogramowania aplikacyjnego i systemowego,
- baz danych,
- interfejsów programowych i fizycznych (pomiędzy KCAPO a OBU, pomiędzy KCAPO a bramkami kontrolnymi),
- interfejsów użytkownika ((internetowy serwis WWW, Call Center).
- Bazy danych w KCAPO dzielą się na następujące grupy:
- dane o użytkownikach, pojazdach i taryfach,
- fizyczny opis zasobów przestrzennych (PhysicalInventory) ,
- dynamiczna baza informacji lokalizacyjnych (Dynamic Inventory).

## 2. WYNIKI TESTÓW KSAPO

Testy systemu przeprowadzone zostały od 1 lipca do 30 listopada 20110 roku. W dwóch samochodach (jeden ITS, drugi Autoguard) zostały zainstalowane dwa urządzenia pokładowe OBU - Tripon EU, których zadaniem było wykrywanie wszystkich zdarzeń związanych z poborem opłat bezpośrednio w OBU, a także w pliku dziennika oraz prezentowanie ich na wyświetlaczu. OBU ma również za zadanie przysyłać pliki dziennika do serwera proxy i odbierać dane z tego serwera (parametry, informacje o statusie oraz aktualizacje oprogramowania).

W dalszej fazie systemu dokonano wymiany urządzeń, na urządzenia OBU nowszej generacji. W trakcie testu zbadano cztery urządzenia OBU Tripon EU.

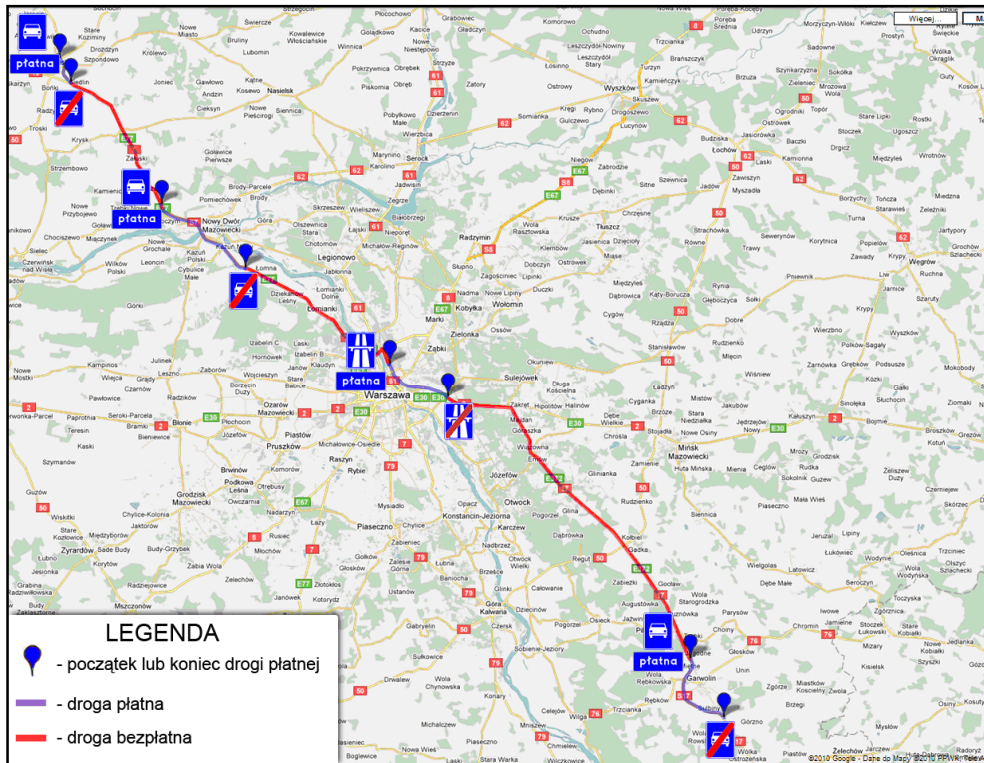
Z kilku zaproponowanych wariantów tras testowych wybrano trasę Płońsk – Garwolin, Garwolin – Płońsk<sup>1</sup>, jako najbardziej zróżnicowaną, tj. pozwalającą na sprawdzenie największej liczby elementów systemu, zawierającą w bezpośrednim sąsiedztwie trasy obie bramy kontrolne oraz pozwalającą na wykorzystanie aż trzech rzeczywistych fragmentów dróg ekspresowych (S7 oraz S17).

Ponadto fragmenty dróg nr 637 i nr 61 zawarte w trasie na terenie Warszawy (Jagiellońska – Grochowska, Grochowska - Jagiellońska), zostały sklasyfikowane „wirtualnie” jako płatna autostrada. Możliwość definiowania dowolnej klasyfikacji dla

---

<sup>1</sup> Testowano trasę Płońsk – Garwolin oraz Garwolin – Płońsk, dlatego, że ze względu na zjazdy i wjazdy, trzeba było wybrać segmenty kontrolne w dwóch kierunkach ruchu. Rozważano jeszcze trasę Mszczonów - Wyszaków oraz Sochaczew Mińsk.

„wirtualnych” segmentów to kolejny element pokazujący elastyczność systemu, potencjalnie także w zakresie definiowania identycznych opłat dla nowych tras na autostradach, drogach ekspresowych, czy nawet krajowych.



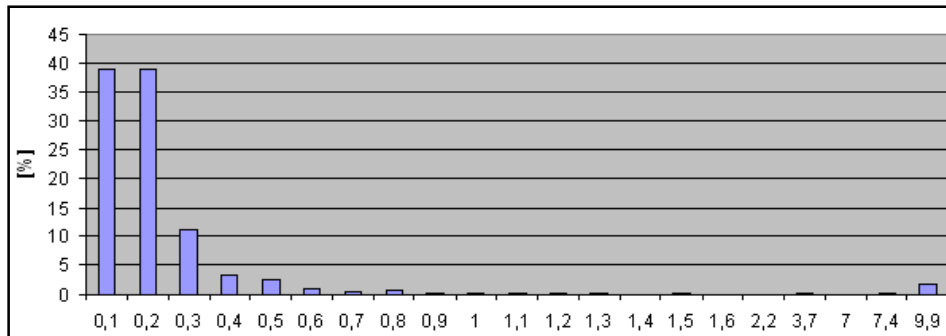
Rys. 6. Trasa testowa Płońsk – Garwolin, Garwolin – Płońsk (Niedzicka, A, & Smoczyńska, E. ITS, 2010)

Źródło: <http://maps.google.pl>.

Na wspomnianej trasie dokonanojazd testowych i sprawdzenia funkcjonalności urządzeń, ponadto sprawdzano skuteczność bram kontrolnych, rejestrując wszystkie pojazdy przejeżdżające przez bramę w rejonie Instytutu Transportu Samochodowego i drugą w rejonie firmy AutoGuard SA, w różnych warunkach pogodowych i porach dnia, indywidualnie sprawdzono 2967 rejestracji pojazdów i oceniono skuteczność automatycznego wykrywania tablic rejestracyjnych na poziomie 98%. W centrum kontroli systemu znajduje się stanowisko do analizy numerów rejestracyjnych, które całkowicie nie zostały rozpoznane, po dodatkowej obróbce, z wykorzystaniem odpowiedniego oprogramowania, które dokładnie rozpoznaje numery rejestracyjne pojazdu, skuteczność systemu wzrasta do 99,9 %.

Jednym z istotniejszych parametrów określającym dokładność pomiaru i przesyłanym w komunikatach lokalizacyjnych jest PDOP (PositionDilution of Precision) - defekt precyzji wyznaczenia pozycji. PDOP to współczynnik opisujący stosunek między błędem pozycji użytkownika a błędem pozycji satelity. Przyjmuje się następujące umowne opisy jakości sygnału w zależności od wartości PDOP: 1 (idealny), 2 – 3 (znakomity), 4 – 6 (dobry), 7 – 8 (umiarkowany), 9 – 20 (słaby), > 20 (zły). Analiza danych pomiarowych parametru PDOP i ilości satelitów używanych podczas pomiaru wykazała, że dla ponad 90% pomiarów PDOP było idealne (niższe niż 1), a dla 8 % - znakomite (mniejsze niż 3).

Na potrzeby systemu KSAPO przyjęto, że odbiornik GPS w OBU powinien śledzić co najmniej 5 satelitów, dla większej dokładności obliczeń i na wypadek utraty sygnału od jednego z nich. Na podstawie testów stwierdzono, że maksymalna liczba satelitów używanych podczas lokalizacji wyniosła 11, minimalna 5, co odnosiło się do 99% wszystkich pomiarów.



Rys. 7. Rozkład PDOP dla wszystkich urządzeń OBU

Źródło: opracowanie własne.

W systemie zarejestrowano pojazd, który posiadał francuskie urządzenie pokładowe Passango typu DSRC oraz niemieckie Toll Collect typu GPS/GSM, został dokładnie zidentyfikowany w systemie, jako użytkownik, co oznacza, że system KSAPO jest interoperacyjny, może współpracować zarówno z systemami typu DSRC, jak i GPS/GSM.



Rys. 8. Zdjęcie pojazdu nr rej. WWY 07512, PTMSp. z o.o., ul. Przemysłowa 5, 07-200 Wyszaków

Źródło: opracowanie własne.

Legenda: Data (ANPR): 28.09.2010 09:25:53; Nr rej. (ANPR): WWY 07512; Dokładność: 0.980; ID bramki: 3; Nazwa bramki: Autoguard Demo; Data (DSRC): 28.09.2010 09:25:54; Kod kraju: F;Nr rej (DSRC):WWY 07512; Dane kontekstowe:WWY 07512; ID OB:1103467888; ID pojazdu: 2147483647; Klasa emisji:1; Kategoria pojazdu:1; Waga pojazdu:18000; Waga całkowita:40000; Liczba osi: 5; Środek płatności: 2147483647.

Testy KSAPO obejmowały również kontrolę wirtualnych punktów kontroli i pobierania opłat, które działają bez bram kontrolnych. Dane dotyczące poboru opłat przekazywane były bezpośrednio z OBU do centrali systemu, za pomocą łączności GSM. W trakcie testów sprawdzane zostało również prawidłowe działanie bramek kontrolnych, rejestrujących wszystkie pojazdy, w różnych warunkach pogodowych i o różnych porach dnia.

## WNIOSKI

Przyjęta struktura systemu KSAPO jest zgodna z dyrektywą 2004/52/WE, decyzją KE z dnia 6 października 2009 oraz standardami Wspólnotowymi.

W trakcie testów system rozpoznał szwajcarskie urządzenie pokładowe Tripon EU, francuskie - Passango typu DSRC oraz niemieckie Toll Collect typu GPS/GSM.

Przeprowadzone testy pozwoliły wyciągnąć wiele pozytywnych wniosków. Proponowane przez ITS, AutoGuard oraz firmę FELA rozwiązanie spełnia warunki systemu hybrydowego. System jest interoperacyjny, może współpracować z systemami typu GPS/GSM (np. wdrożonymi w Niemczech, Słowacji), jak również z systemami DSRC (wdrożonymi np. w Austrii, Czechach, Hiszpanii, Francji oraz we Włoszech).

Skuteczność rozpoznawania pojazdów (ANPR oraz DSRC) wyniosła 99,9%. Dane PDOP wyniosły 90% wartości idealnych i 8 % znakomitych. Podczas lokalizacji w systemie GPS dostępnych było od 5 do 11 satelitów, co stanowiło 99% wszystkich pomiarów.

Testowany system okazał się bardzo elastyczny. Może być stosowany dla praktycznie każdej kategorii dróg (ekspresowe, krajowe) oraz każdego rodzaju pojazdów. Istnieje możliwość definiowania opłat drogowych, przy pomocy narzędzi „wirtualnych”. Oznacza to łatwą i szybką zdolność adoptowania zmian parametrów opłat drogowych (klasyfikacja dróg, typy pojazdów, klasy emisji spalin, naliczanie czasowe – godziny szczytu, inna pora dnia, niedziele i święta). Istotną zaletą systemów nowej generacji GPS/GSM jest mała liczba bramek kontrolnych. System pracuje bez dodatkowych punktów kontrolnych i innych elementów infrastruktury budowanych wzdłuż dróg. Kolejnym atutem jest możliwość wsparcia innych systemów, służb i usług transportowych, wykorzystujących podobną platformę technologiczną.

**Adknowledge:** Artykuł opracowano w ramach projektu rozwojowego – KSAPO NR10 0001 04.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Decyzja Komisji 2009/750/WE z dnia 6 października 2009 r. w sprawie definicji europejskiej usługi opłaty elektronicznej oraz jej elementów technicznych. Dz. U. UE. L.09.268.11.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/52/WE z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie interoperacyjności systemów elektronicznych opłat drogowych we Wspólnocie. Dz. Urz. UE, L 166, 30.04.2004.
- [3] Ferreira F., Plan działania w zakresie wdrażania ITS. Dyrekcja Generalna Społeczeństwa Informacyjnego KE. 3 międzynarodowe warsztaty ITS. Wenecja, 09–11 February 2011.
- [4] Kallweit T. 2010. Opis techniczny testów ETC w Polsce. Fela Management AG. Diessenhofen. 03/09/2010.
- [5] Springer J., Sprawozdanie końcowe z projektu RCI (Road Charging Interoperability. RCI). Przewodniczący Komitetu Sterującego. Dyrekcja Generalna Energii i Transportu KE (The European Commission DG TREN), 2008.
- [6] Standard EN ISO 12855. Elektroniczny pobór opłat. Wymiana informacji pomiędzy dostawcą a operatorem opłat. 2010.

## TEST RESULTS OF NATIONAL AUTOMATIC TOLL COLLECTION SYSTEM

### Abstract:

The paper refers to some problems of European Electronic Tolling Service (EETS) implementation in the EU. Legislation steps were taken at the EC level because of interoperability problems of EETS in the EU. Commission has urged member states to conduct studies and pilot projects concerning these issues. Motor Transport Institute has taken up a challenge by developing and testing the pilot project – the functional structure of the National Automatic Toll Collection System (NATCS). System has some requirements of EC legislation and it is interoperable with other DSRC and GPS/GSM based systems implemented in member states of the European Union. Test results have shown a high accuracy and efficacy of the system.

Key words: EETS, NATCS, NATCC, interoperability.