

Gabriel Nowacki*

INTEROPERACYJNOŚĆ KRAJOWEGO SYSTEMU AUTOMATYCZNEGO POBORU OPŁAT – KSAPO

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane problemy dotyczące implementacji europejskiej usługi opłaty elektronicznej EETS w Polsce. Instytut Transportu Samochodowego (IST) prowadził testy projektu pilotażowego – struktura funkcjonalna Krajowego Systemu Automatycznego Poboru Opłat (KSAPO). W skład systemu wchodzi następujące elementy: urządzenia pokładowe OBU, dwie bramki kontrolne, laboratoryjny model krajowej centrali automatycznego poboru opłat KCAPO. OBU automatycznie nalicza opłatę (myto), biorąc pod uwagę kategorię pojazdu (dmc, liczbę osi), klasę emisji spalin oraz przejechany odcinek drogi. OBU jest wyposażone w moduł GPS, GSM oraz DSRC, co zapewnia mu interoperacyjność z innymi systemami EETS w państwach członkowskich UE. System spełnia wymagania dyrektywy 2004/52/EC oraz decyzji KE. System KSAPO rozpoznał wszystkie cztery testowane urządzenia Tripon EU typu GPS/GSM, ponadto francuskie urządzenie OBU – Passango typu DSRC (5,8 GHz) oraz niemieckie Toll Collect (GPS/GSM/IR). Świadczy to o tym, że system KSAPO jest interoperacyjny, może współpracować zarówno z systemami typu DSRC, jak i GPS/GSM, które aktualnie stosowane są w UE. Skuteczność automatycznego wykrywania tablic rejestracyjnych wyniosła 99,9 %. Wskaźnik PDOP wyniósł 91% wartości idealnych (poniżej 1) oraz 8 % znakomitych (poniżej 3). Podczas lokalizacji w systemie GPS dostępnych było od 5 do 11 satelitów, co stanowiło 99% wszystkich pomiarów.

Słowa kluczowe: Europejska usługa opłaty elektronicznej (EETS), Krajowy system automatycznego poboru opłat (KSAPO)

Wstęp

W większości państw Unii Europejskiej (Austria, Francja, Hiszpania, Portugalia, Włochy) wykorzystywane są systemy elektronicznego pobierania opłat drogowych typu DSRC**, które funkcjonują w oparciu o wydzieloną łączność radiową krótkiego zasięgu (pasmo mikrofalowe – 5,8 GHz).

Urządzenie pokładowe OBU, pracujące w systemie DSRC jest małej wielkości (paczki papierosów), mocowane jest na szybie wewnątrz pojazdu. Jednak urządzenie to jest mało „inteligentne”, bardzo proste i wykonuje jedynie funkcje potwierdzania (read only), nie po-

* Instytut Transportu Samochodowego/Centrum Zarządzania i Telematyki Transportu, gabriel.nowacki@its.waw.pl

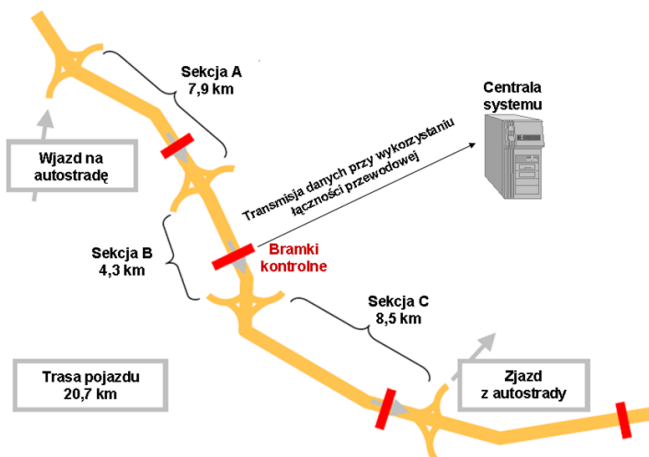
** EN 12253:2004 Dedicated Short-Range Communication – Physical layer using microwave at 5.8 GHz (review) DSRC (Dedicated Short Range Communication) – wydzielona łączność krótkiego zasięgu, przeznaczona dla przemysłu motoryzacyjnego i odpowiadająca określonym standardom. Currently its main use in Europe and Japan is in . DSRC systems in Europe, Japan and US are not, at present, compatible. EN 12253. DSRC – warstwa fizyczna za pomocą mikrofal 5.8 GHz. EN 12795:2002 Dedicated Short-Range Commu

siada wyświetlacza, nie może odbierać ani przekazywać żadnych wiadomości. W systemie DSRC wymagana jest rozbudowa infrastruktury drogowej, na każdym skrzyżowaniu, przy wjazdach na odcinki dróg płatnych lub zjazdach muszą być zamontowane bramki (rys. 1).

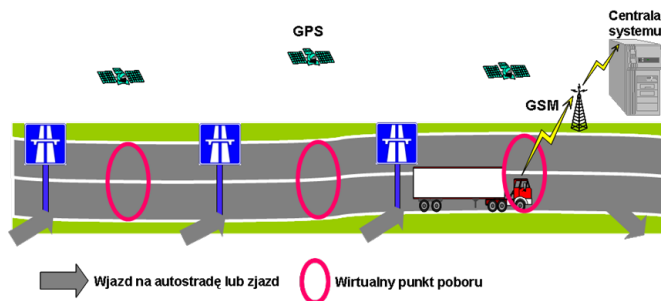
W systemie DSRC występują dwa rodzaje bramek: do łączności (Toll Gate) oraz kontrolne, dlatego ich liczba jest dziesięciokrotnie większa niż w systemie GPS/GSM.

Ponadto transmisja danych odbywa się przy wykorzystaniu łączności przewodowej, a następnie może odbywać się przez Internet. Nawet w przypadku systemu DSRC, gdzie dostawcą jest firma Kapsch, każde państwo posiada inny typ urządzenia pokładowego OBU.

Innym rozwiązaniem są systemy wykorzystujące technologię telefonii komórkowej GSM oraz pozycjonowania satelitarnego GPS (rys. 2).



Rys. 1. Struktura systemu elektronicznego pobierania opłat typu DSRC [1]



Rys. 2. System typu GPS/GSM

nication (DSRC) – DSRC Data link layer: Medium Access and Logical Link Control (review)EN 12795 – warstwa łączy danych. EN 12834:2002 Dedicated Short-Range Communication – Application layer (review) EN 12834. – warstwa aplikacji. EN 13372:2004 Dedicated Short-Range Communication (DSRC) – DSRC profiles for RTTT applications (review)EN 13372 – profile aplikacji. EN ISO 14906:2004 Electronic Fee Collection – Application interfaceEN ISO 14906 – elektroniczny system pobierania opłat – interfejs aplikacji. Obecnie główne zastosowanie DSRC odnosi się do systemów elektronicznego pobierania opłat drogowych, głównie w Europie, Japonii i Stanach Zjednoczonych.

W systemie tym, dzięki pozycjonowaniu satelitarnemu GPS organizowane są wirtualne punkty kontroli i poboru opłat, system może działać bez wykorzystania bram kontrolnych. Dane do centrali systemu przekazywane są bezpośrednio z OBU, przy wykorzystaniu łączności GSM.

Zdaniem Komisji Europejskiej systemy elektronicznego pobierania opłat drogowych, stosowane w państwach Unii Europejskiej, nie są interoperacyjne z następujących powodów: różnic w koncepcjach pobierania opłat drogowych, standardów technologicznych, klasyfikacji stawek opłat, niezgodności w zakresie interpretacji przepisów prawnych (rys. 3).



Rys. 3. Urządzenia pokładowe OBU aktualnie stosowane w pojeździe [4]

Komisja Europejska podjęła dwa milowe kroki w tym zakresie. Pierwszym była dyrektywa 2004/52/EC z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie interoperacyjności systemów elektronicznych opłat drogowych we Wspólnocie [2]. Drugim decyzja KE z dnia 6 października 2009 roku, w sprawie definicji europejskiej usługi opłaty elektronicznej (EETS) oraz architektury systemu [3].

Europejska usługa opłaty elektronicznej ma być dostępna od 1 stycznia 2013 roku dla wszystkich pojazdów o masie powyżej 3,5 tony lub pojazdów przewożących ponad 9 osób łącznie z kierowcą. Usługa ta będzie dostępna dla pozostałych pojazdów od stycznia 2015 roku.

KE dąży do zapewnienia interoperacyjności elektronicznego pobierania opłat, która ma polegać na tym, że użytkownik, zawierający umowę z pojedynczym dostawcą EETS, powinien mieć możliwość dokonywania opłat drogowych na wszystkich obszarach EETS, w ramach europejskiej sieci drogowej, za pomocą jednego urządzenia pokładowego OBU.

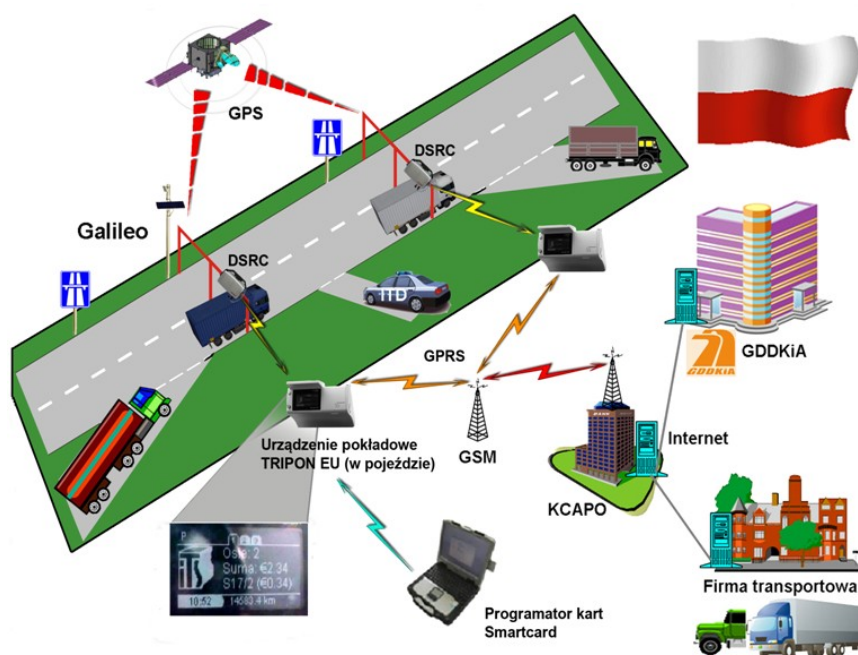
Najlepszym uniwersalnym rozwiązaniem w UE w zaistniałej sytuacji, jest wdrożenie systemu hybrydowego (DSRC, GSM, GPS), w Czechach aktualnie trwają prace nad takim systemem, projekt pilotażowy KSAPO jest takim rozwiązaniem.

1. Struktura funkcjonalna KSAPO

Zespół badawczy określił strukturę funkcjonalną KSAPO (rys. 4), w skład której wchodzi następujące elementy:

- „inteligentne” urządzenia pokładowe o nazwie TRIPON – EU, które zostały zainstalowane w czterech pojazdach testowych,
- system instalowania OBU z użyciem karty chipowej,
- dwie bramki kontrolne (z modemem DSRC i systemem wizyjnym pobierania opłat drogowych),
- laboratoryjny model krajowej centrali automatycznego poboru opłat KCAPO,
- serwer proxy do wymiany danych między centralą system a OBU poprzez GPRS,
- centrum sterowania OBU pozwalające na zarządzanie OBU i wykonywanie analiz danych dotyczących poboru opłat,
- narzędzia analityczne dla DSRC, analizy obrazów i klasyfikacji pojazdów.

Architektura systemu jest zgodna z Dyrektywą 2004/52/EC oraz decyzją KE z dnia 6 października 2009 roku, standardami CE oraz ISO.



Rys. 4. Architektura Krajowego Systemu Automatycznego Poboru Opłat

2. Testy projektu pilotażowego

Testy działania KSAPO (rys. 5) przeprowadził zespół badawczy w składzie: Instytut Transportu Samochodowego (Gabriel Nowacki, Anna Niedzicka, Ewa Smoczyńska), FELA Management AG (Thomas Kallweit), Autoguard SA (Krzysztof Pusłowski). Testy na drogach prowadzone były w lipcu i sierpniu, natomiast rejestrację przejeżdżających pojazdów przez bramki kontrolne prowadzono od 1 lipca do 30 listopada 2010 r.



Rys. 5. Zespół badawczy i elementy systemu

Do celów testowych do bazy danych dodano cztery pojazdy: Volkswagen Golf – pojazd badawczy Autoguard, nr rej. WF 93311, Fiat Ducato, pojazd Autoguard SA, nr rej. WF 4244E, waga całkowita 1 968 kg, liczba osi –2, Volkswagen Crafter, pojazd Autoguard SA, nr rej. WF 1831E, waga całkowita 3 508 kg, liczba osi – 2, Volkswagen Transporter, pojazd badawczy ITS, nr rej. WH 15904, w systemie zadeklarowano następujące dane: dopuszczalna masa całkowita 12 500 kg, liczb osi – 2.

Z kilku zaproponowanych wariantów tras testowych wybrano trasę Płońsk – Garwolin, Garwolin – Płońsk, jako najbardziej zróżnicowaną, tj. pozwalającą na sprawdzenie największej liczby elementów systemu, zawierającą w bezpośrednim sąsiedztwie bramy kontrolne oraz pozwalającą na wykorzystanie aż trzech rzeczywistych fragmentów dróg ekspresowych (rys. 6).

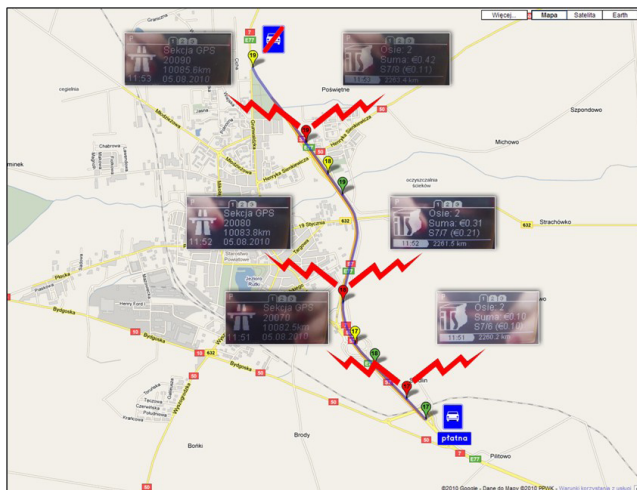


Rys. 6. Trasa testowa Płońsk – Garwolin, Garwolin – Płońsk

Trasa testowa obejmowała:

- dwa fragmenty drogi ekspresowej S7 (wschodnia obwodnica Płońska (odcinek 4,7 km, oddany do użytku 3 czerwca 2009 roku, zachodnia obwodnica Nowego dworu mazowieckiego (odcinek 14,6 km, Zakroczym – Ostrzykowitzna – Czosnów),
- jeden fragment drogi ekspresowej S17 (obwodnica Garwolina o długości 12,8 km z dwoma jezdniami (każda z dwoma pasami i 2,5-metrowym pasem awaryjnym oraz 4-metrowym pasem rozdzielającym, otwarta 26 września 2007 roku),
- fragmenty drogi krajowej 61 i 637.

Wybrane segmenty systemu przedstawiono na rysunku 7 i 8.



Rys. 7. Segment – obwodnica Płońska, kierunek północny (rzeczywisty fragment drogi ekspresowej S7)



Rys. 8. Segment – Warszawa, kierunek południowy (droga nr 637, sklasyfikowana wirtualnie jako autostrada płatna), brama kontroli na terenie firmy AutoGuard

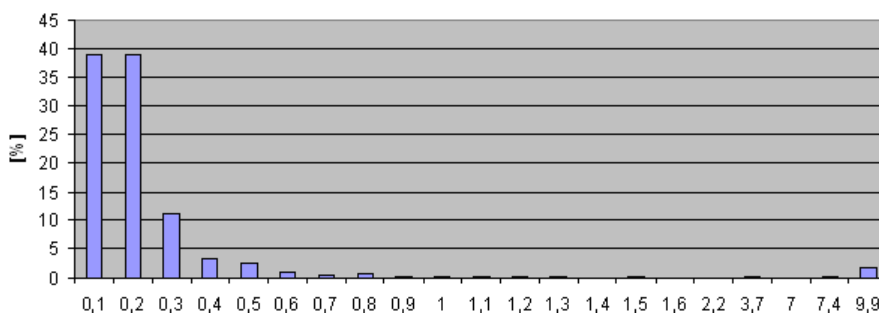
Na podstawie zarejestrowanych danych, przesyłanych przez pojazd w postaci komunikatów, możliwe było dokładne odtworzenie trasy przejazdu pojazdu z urządzeniem OBU.

Jednym z istotniejszych parametrów określającym dokładność pomiaru i przesyłanym w komunikatach lokalizacyjnych jest PDOP (Position Dilution of Precision) – defekt precyzji wyznaczenia pozycji. PDOP to współczynnik opisujący stosunek między błędem pozycji użytkownika a błędem pozycji satelity.

Wartość któregoś z parametrów równa 0 oznacza, że w danej chwili pomiar pozycji jest niemożliwy ze względu na zakłócenia, słaby sygnał z satelitów, zbyt małą liczbę widocznych satelitów itp. Im mniejsza jest wartość tego parametru (ale większa od zera) tym pomiar jest dokładniejszy. 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).

Poniższy wykres przedstawia rozkład parametru PDOP uzyskanego w testach (rys. 9). Na osi poziomej (X) znajdują się wartości parametru PDOP. Na osi pionowej (Y) jest ilość pomiarów (w procentach) podczas których uzyskano daną wartości PDOP.

Na potrzeby systemu KASPO przyjęto, że odbiornik GPS w OBU powinien śledzić 5 satelitów, a współczynnik PDOP powinien zawierać się od 1 do 6, dla większej dokładności obliczeń i na wypadek utraty sygnału od jednego z nich.

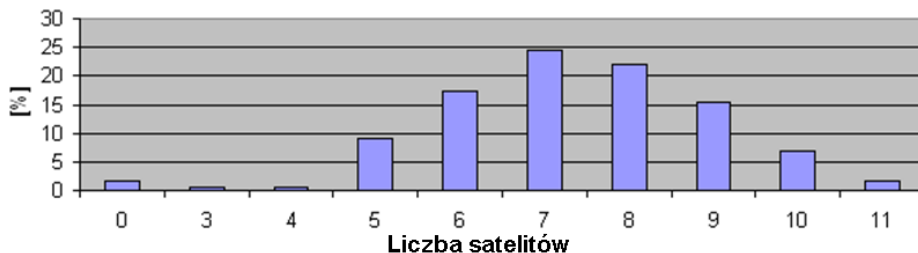


Rys. 9. Rozkład PDOP dla wszystkich OBU

Statystyki zostały wykonane dla 4627 pomiarów pozycji. Z przedstawionego wykresu (rys. 9) wynika, że testowane OBU miały odpowiednio: 91% wartości idealnych (poniżej 1) oraz odpowiednio 8% wartości znakomitych (poniżej 3), co świadczy o tym, że uzyskano znacznie lepsze wyniki niż zakładano.

Ponadto przyjęto, aby liczba dostępnych satelitów do lokalizacji, w 90% przypadków, wynosiła minimum 5. Z danych statystycznych wynika (rys. 10), że liczba dostępnych minimum pięciu satelitów w trakcie prowadzenia testów wyniosła aż 99% (5 – 10%, 6 – 17%, 7 – 25%, 8 – 22%, 9 – 16%, 10 – 7%, 11 – 2%).

W ramach projektu przygotowano dwie bramki DSRC z systemem wizyjnym pobierania opłat. Umożliwiło to m.in. testowanie następujących funkcji: działanie mikrofalowych urządzeń DSRC, działanie systemu wizyjnego ANPR (automatyczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych).



Rys. 10. Liczba satelitów GPS wykorzystanych do pomiaru lokalizacji

Od 1 lipca do 30 listopada 2010 roku w bazie danych systemu zostało zarejestrowanych 2964 pojazdy, które przejechały przez bramki kontrolne. Nie wszystkie pojazdy były wyposażone w OBU.

Podczas testów na bramce ITS Demo oraz Autoguard Demo przy wykorzystaniu systemu DSRC zidentyfikowano 24-krotny przejazd pojazdów testowych. Podczas testów na bramce ITS Demo wykonano 667 fotografii przejeżdżających pojazdów (rys. 11).

Podczas testów na bramce Autoguard Demo wykonano 2297 fotografii przejeżdżających pojazdów. Przykładowe zdjęcie pojazdu przedstawiono na rysunku 12.

Pojazd został całkowicie zidentyfikowany w systemie, jako jego użytkownik, dane kontekstowe (ANPR oraz DSRC) były zgodne.



Rys. 11. Zdjęcie pojazdu badawczego ITS, nr rejestracyjny WH 15904, wykonane 15.07.2010, godz. 07.22:26, dokładność – 0.960

Legenda: Data (ANPR): 15.07.2010, 07:22:25; Nr rej. (ANPR): WH 15904; ID bramki: 2; Nazwa bramki: ITS Demo; Data (DSRC): 15.07.2010, godz. 07:22:26; Kod kraju: CH; Nr rej. (DSRC): WH 15904; Dane kontekstowe: WH 15904; OBU ID: 340825; Pojazd ID: 123456; Klasa emisji: 1; Kategoria pojazdu (wymiary): 1; Waga pojazdu: 12 500 kg; Waga całkowita: 12 500 kg; Liczba osi: 2; Środek płatności – 340825



Rys. 12. Zdjęcie pojazdu nr rej. WWY 07512, wykonane 28.09.2010, g. 09:25:53, dokładność – 0.980

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 (Francja), D (Niemcy); 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

Wszystkie segmenty podczas testów zostały rozpoznane właściwie przez urządzenia pokładowe, nie odnotowano żadnych problemów w tym zakresie. Każdy segment składał się z trzech punktów, aby dany odcinek został zaliczony, wszystkie trzy segmenty musiały zostać wykryte przez OBU. Taka sytuacja powoduje, że kierowcy którzy będą przecinać drogi płatne, lub korzystać tylko z przejazdów, nie zostaną zarejestrowani w systemie.

3. Wnioski

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

System KSAPO rozpoznał wszystkie cztery testowane urządzenia Tripon EU typu GPS/GSM, francuskie urządzenie OBU – Passango typu DSRC (5,8 GHz) oraz niemieckie Toll Collect (GPS/GSM/IR). Świadczy to o tym, że system KSAPO jest interoperacyjny, może współpracować zarówno z systemami typu DSRC, jak i GPS/GSM, które aktualnie stosowane są w UE.

Przeprowadzone testy pozwoliły wyciągnąć wiele pozytywnych wniosków. Proponowane przez ITS, AutoGuard oraz firmę FELA rozwiązanie spełnia warunki systemu hybrydowego.

Skuteczność rozpoznawania pojazdów (ANPR oraz DSRC) wyniosła 99,9%. Dane PDOP wyniosły 91% wartości idealnych (poniżej 1) oraz i 8 % znakomitych (poniżej 3). 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.

Literatura

1. Černý K.: Electronic toll collection in the Czech Republic. International Conference, Sofia (Bulgaria), 17.9.2008.
2. Decyzja Komisji z dnia 6 października 2009 r. w sprawie definicji europejskiej usługi opłaty elektronicznej oraz jej elementów technicznych. Dz. U. UE. L.09.268.11.
3. 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.
4. Kossak A.: Implemented and Envisaged Road Toll Policies in the Central-Eastern-European Countries. Seminarium – PIARC TC A.3. Budapeszt, 6-7 maja, 2009.

INTEROPERABILITY OF NATIONAL AUTOMATIC TOLL COLLECTION SYSTEM – NATCS

Summary. The paper presents selected issues concerning the implementation of European Electronic Tolling Service EETS in Poland. The Motor Transport Institute conducted tests of the pilot project – the functional structure of the National Automatic Toll Collection System (NATCS). The system includes the following elements: two on-board intelligent devices OBU, two control gates, laboratory model of National Automatic Toll Collection Centre (NATCC). OBU automatically charges a fee (toll), taking into account the category of vehicle (admissible mass, the number of axes), the category of emissions, and distance of road travelled. OBU is equipped with GPS, GSM and DSRC modules, which ensures its interoperability with other EETS systems in EU Member States. The system meets the requirements of Directive 2004/52/EC and the EC Decision. System has recognized not only four OBU Tripon – EU but also OBU from Toll Collect (Germany) and Passango from France which approved interoperability among EU. The system is reliable, its effectiveness of Automatic Number Plate Recognition (ANPR) was 99,9%. PDOP was 91% of value wartości idealnych (poniżej 1) oraz i 8 % znakomitych (poniżej 3). Tests results showed that in the case of 99% of measurements at least 5 satellites were used for the purpose of location. The test showed that 91% of the PDOP measurements were lower than 1, and 8% had value from 1 to 3.

Key words: European Electronic Tolling Service (EETS), National Automatic Toll Collection System (NATCS)