

KRUSZEWSKI Mikołaj¹
KAMIŃSKI Tomasz¹
NIEZGODA Michał¹

KOMUNIKACJA W KOOPERACYJNYCH SYSTEMACH WSPOMAGANIA KIEROWCY NA PRZYKŁADZIE SYSTEMU ECOGEM

Pojazdy elektryczne mimo, że od niedawna poruszają się po drogach publicznych budzą coraz większe zainteresowanie. Oferują one szereg zalet, które szczególnie w centrach dużych miast mogą wpłynąć na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń motoryzacyjnych, ale są również obciążone wadami takimi jak krótki zasięg i związane z tym faktem ograniczenie autonomii. W ograniczeniu tych niedogodności może pomóc inteligentny system planowania podróży w czasie rzeczywistym, w który wykorzystywane są informacje o aktualnej sytuacji drogowej. Taki właśnie system będzie opracowany w ramach, opisanego w artykule, systemu EcoGem. W artykule przedstawiono ogólną wizję projektu, szczególnie w kontekście wymagań w zakresie komunikacji i kooperatywnego przetwarzania danych.

COMMUNICATION IN COOPERATIVE ADVANCED DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS ON THE BASIS OF EXAMPLE OF THE ECOGEM SYSTEM

Despite the fact that electric vehicles are used in public traffic for a short period of time, they arouse much interest. They offer many advantages, e.g. reducing the emission of traffic pollution in city centers. However, they are not flawless. Electric vehicles offer only a short range and therefore limited autonomy. Real-time route planner is an intelligent system using information about current traffic that they may help overcoming the mentioned limitations of electric vehicles. Development of such system is an aim of the EcoGem system described in the article. This article presents an overview of the project including the context of requirements for communication and cooperative data processing.

1. WSTĘP

Pojazdy elektryczne, a w szczególności pojazdy w pełni elektryczne, są nową i szybko rozwijającą się dziedziną motoryzacji. Ich rozwój podyktowany jest przede wszystkim szerokimi możliwościami jakie daje wykorzystanie pojazdu elektrycznego w obszarach miejskich, a szczególnie w centrach miast, oraz na obszarach o charakterze zabytkowym, rekreacyjnym i turystycznym. Za stosowaniem pojazdów elektrycznych przemawiają

¹Institut Transportu Samochodowego, Centrum Zarządzania i Telematyki Transportu; 03-301 Warszawa;
ul. Jagiellońska 80; tel. 22 811-32-31 (do 39), info@its.waw.pl

przede wszystkim: prosta konstrukcja układu napędowego, niewielki wpływ na środowisko w obszarach, w których są użytkowane, (pojazdy elektryczne są ciche i nie generują zanieczyszczeń) i niskie koszty eksploatacji. Ich wykorzystanie jest jednak obciążone również szeregiem wad napędu elektrycznego do których należą głównie: niewielki zasięg pojazdu (do ok. 200 km), czasochłonne ładowanie akumulatorów (do kilkunastu godzin przy „standardowym” ładowaniu), oraz znaczący spadek zasięgu pojazdu po włączeniu klimatyzacji lub ogrzewania. Dodatkowo niezwykle złożona konstrukcja akumulatorów stosowanych w pojazdach wymaga precyzyjnego harmonogramu ładowań, którego respektowanie jest kluczowe dla efektywnego wykorzystania i eksploatacji baterii. Rozwiązaniem tych właśnie problemów eksploatacyjnych ma być urządzenie ADAS (ang. Advanced Drivers Assistance System - zaawansowany system wspomagania kierowcy) opracowywany w ramach projektu EcoGem.

Projekt EcoGem jest realizowany w ramach 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej przez konsorcjum, w skład którego wchodzi 10-ciu partnerów z Belgii, Grecji, Hiszpanii, Niemiec, Polski, Turcji, Wielkiej Brytanii i Włoch. Wśród wykonawców projektu znalazły się zarówno ośrodki naukowe zajmujące się transportem i systemami komputerowymi, jak również przedsiębiorstwa między innymi produkujące pojazdy elektryczne i projektujące systemy informatyczne.

Urządzenie EcoGem z założenia opracowywane jest jako rodzaj nawigacji samochodowej dedykowanej dla pojazdu w pełni elektrycznego, które ma wspomagać użytkownika w prawidłowym i efektywnym wykorzystaniu pojazdu. Wykorzystanie urządzenia powinno pozwolić wyeliminować lub znacząco ograniczyć problemy eksploatacyjne, zwiększając przy tym niezawodność, mobilność i autonomię pojazdu elektrycznego.

2. ECOGEM

2.1 Koncepcja systemu

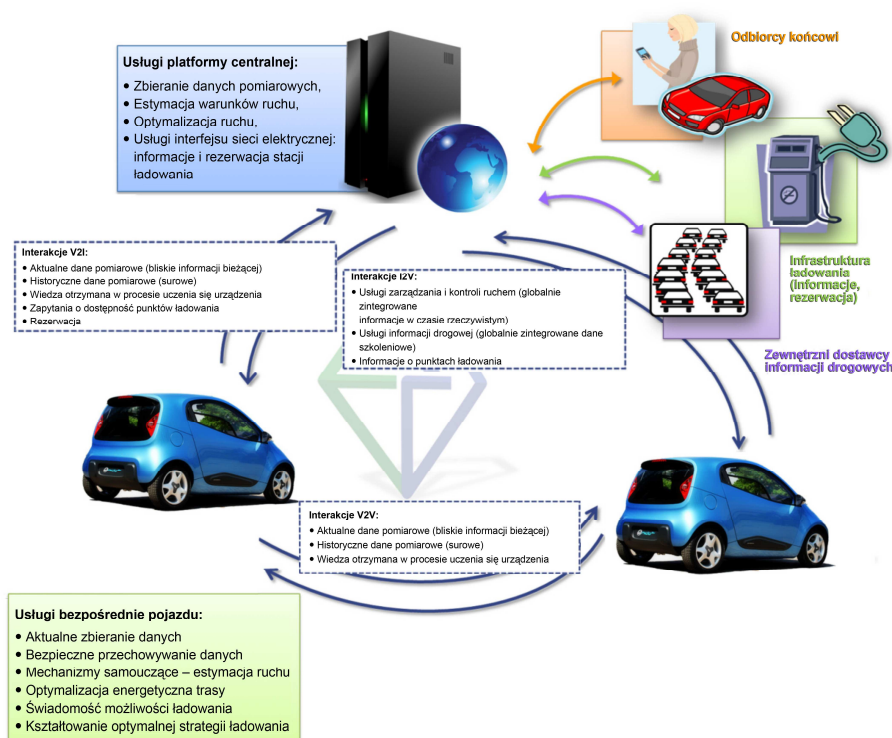
Projekt EcoGem zakłada wytworzenie systemu wspomagania kierowcy dedykowanego dla pojazdów elektrycznych. System taki ma nie tylko wspomagać użytkownika w optymalizacji trasy przejazdu (podstawowa funkcjonalność systemów nawigacji drogowej), ale również wspomagać kierowcę w zarządzaniu obsługą pojazdu w tym ładowaniem akumulatorów.

System taki największą efektywność może uzyskać dzięki współdziałaniu zarówno między urządzeniami systemu, jak również z siecią punktów pomiarowych zlokalizowanych w sieci infrastruktury drogowej z wykorzystaniem danych udostępnianych przez instytucje zajmujące się monitoringiem ruchu (np. zarządcy dróg, Policja, centra zarządzania ruchem, itp.). Główną innowacją systemu jest jednak wykorzystanie użytkowników systemu jako mobilnych punktów pomiarowych.

W procesach optymalizacji trasowania, wydają się niezwykle istotne zarówno bieżące jak i historyczne dane o ruchu, które pozwalają na tworzenie wiarygodnej mapy sytuacji drogowej w sieci ulicznej. Poszerzenie systemu o informacje dotyczące parametrów ruchu poszczególnych użytkowników systemu pozwala nie tylko znacząco zwiększyć wiarygodność i niezawodność systemu, ale również pełniej monitorować i dokładniej przewidywać sytuację drogową.

System ma również za zadanie integrować stacje ładowania pojazdów (w zakresie informacji o ich lokalizacji, statusie, dostępności punktów ładowania i cen), pozwalając użytkownikowi pojazdu na rezerwację punktu i czasu ładowania. Dodatkowo system będzie wspierał użytkownika w decyzjach dotyczących typu ładowania i wyboru punktu w zależności od założonego celu podróży lub terminarza zadań.

Schemat funkcjonalny projektu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny proponowanego systemu

Możliwość osiągnięcia pełnej efektywności systemu wymaga analizy i agregacji odpowiedniej liczby danych. Dane o parametrach ruchu pojazdów, uzupełnione o dane pozyskane z pomiarów wykonywanych przez urządzenia stacjonarne zlokalizowane w infrastrukturze drogowej pozwolą na stworzenie kompleksowej mapy sytuacji drogowej w regionie, która będzie udostępniana użytkownikom systemu EcoGem.

2.2 Zakładane efekty realizacji projektu

Jednym z celów projektu EcoGem, jest zwiększenie atrakcyjności i rentowności pojazdów elektrycznych, a co za tym idzie zwiększenie popytu. Efektywne energetycznie

planowanie drogi i zarządzanie flotą oraz nowe usługi związane z ładowaniem akumulatorów są tylko niewielką częścią efektów realizacji projektu. Spektrum innowacyjności rozwiązań jest bardzo szerokie i dotyczy niemal wszystkich dziedzin związanych bezpośrednio i pośrednio z rozwojem pojazdów elektrycznych. Przegląd najważniejszych innowacyjnych aspektów projektu EcoGem został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Główne innowacyjne aspekty proponowanego systemu

Specyfika użytkowania pojazdu elektrycznego wynika przede wszystkim z konieczności prawidłowej eksploatacji akumulatorów i dodatkowych, niespotykanych w pojazdach spalinowych cech napędu elektrycznego (np. odzysk energii) w połączeniu z mnogością i złożonością procesów występujących w ruchu drogowym jest niewątpliwie bardzo trudne do ujęcia w postaci algorytmów wspomagających użytkownika pojazdu elektrycznego. Zarówno po stronie urządzenia pokładowego, jak i centralnej platformy informatycznej, przetwarzane są dane związane z zagadnieniami interakcji elementów systemu i związanej z tym komunikacji między nimi. W celu rozwiązania tych problemów, w projekcie EcoGem określono następujące cele:

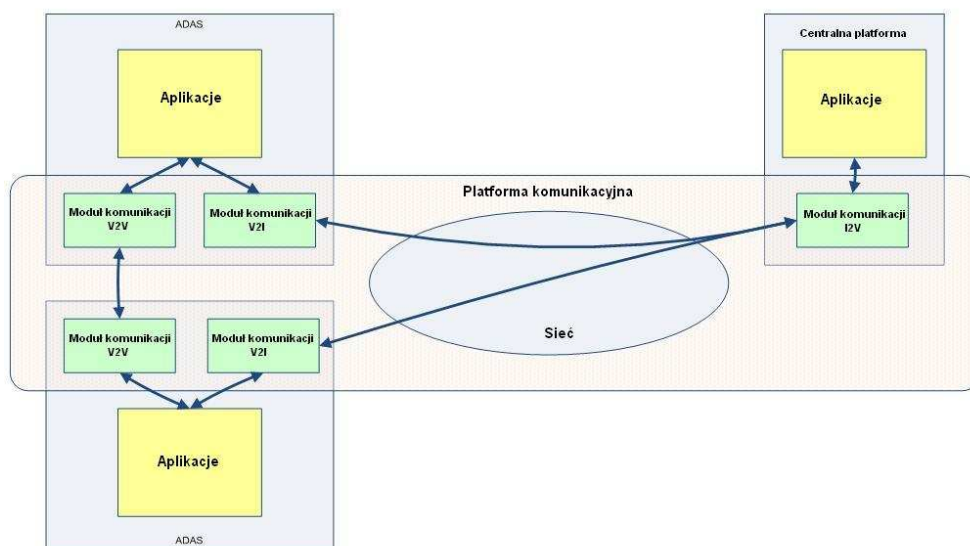
- zaprojektowanie urządzenia pokładowego ADAS, wyposażonego w funkcje monitoringu, mechanizm uczenia się, ukierunkowanego na planowanie i optymalizację zarządzania energią,
- zaprojektowanie zaawansowanej platformy zarządzania ruchem i zarządzania energią po stronie infrastruktury drogowej,
- zapewnienie bezpiecznej i łatwej w obsłudze platformy informacyjnej,

- utworzenie interfejsu i definicji interakcji V2V (komunikacja pojazd-pojazd),
- utworzenie interfejsu i definicji interakcji V2I/I2V (komunikacja pojazd-infrastruktura/infrastruktura-pojazd),
- stworzenie mechanizmów służących bezpieczeństwu danych, ochronie prywatności i bezpieczeństwa,
- stworzenie platformy symulacyjnej zorientowanej na pojazdy elektryczne,
- sprawdzenie rozwiązań na platformie symulacyjnej,
- sprawdzenie rozwiązań przez próby drogowe.

Cele projektu zostały opracowane tak, aby objąć przede wszystkim wytworzenie odpowiednich urządzeń, ale duży nacisk położono również na weryfikację wyników projektu.

3. KOMUNIKACJA W SYSTEMIE

Ze względu na ilość danych transmitowanych między poszczególnymi elementami systemu niezwykle ważne wydaje się zagadnienie komunikacji w systemie. W celu unifikacji i standaryzacji rozwiązania zdecydowano się na wykorzystanie dedykowanego sposobu komunikacji jakim jest ITSC (ang. Intelligent Transport System Communications). Termin ITSC określa protokół komunikacji, technologię dostępu, rodzaje informacji i usług, mechanizmy bezpieczeństwa oraz związane z nimi funkcjonalności zarządzania. Zawiera on dwie domeny, domenę ITS oraz domenę rodzajową [1]. Domena ITS odnosi się do wszystkich elementów ITSC, które są określone w ramach standardów ITS/ITSC. Domena rodzajowa odnosi się do pozostałych elementów użytych w ITS/ITSC.



Rys. 3. Schemat głównych innowacyjnych aspektów proponowanego systemu

Standaryzacja procesu komunikacji wymaga również standaryzacji protokołów komunikacji stosowanych do wymiany informacji w systemie. Żaden z obecnie dostępnych protokołów nie jest jednak dedykowany dla potrzeb, dopiero rozwijającej się, dziedziny pojazdów w pełni elektrycznych. Wydaje się, że odpowiednim rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie standardu TPEG, zmodyfikowanego w zakresie zakresu przenoszonych danych.

3.1. Standard ISO CALM

Standard ISO TC 204 WG 16 [2][3] opisuje architekturę komunikacji ITS znanej jako CALM, używanej w komunikacji V2V i V2I, czyli ogólniej V2X (pojazd-otoczenie). Przy użyciu CALM opisana jest architektura komunikacji obejmująca standardowy zestaw protokołów radiowych oraz parametrów dla szybkiej komunikacji ITS – krótkiego i dalekiego zasięgu, przez użycie jednego lub wielu mediów komunikacyjnych i protokołów sieciowych. Takie rozwiązanie ma umożliwić stałą łączność przez dowolne dostępne media. Jednocześnie obsługiwanych jest wiele typów aplikacji i technologii dostępu (multi-homing).

3.2. Standard IEEE 1609

W 2004 roku została utworzona nowa grupa zadaniowa IEEE 802.11p, która jest zobowiązana do rozwoju i zmian w standardzie 802.11 by uwzględnić w nim potrzeby środowiska motoryzacyjnego [5]. Kolejny zespół IEEE (Grupa Robocza 1609) podjął zadanie przedstawienia specyfikacji dla dodatkowych warstw pakietu protokołów. Rodzina standardów IEEE 1609 dla dostępu bezprzewodowego w środowisku motoryzacyjnym (ang. Wireless Access in Vehicular Environments – WAVE) składa się z sześciu standardów: IEEE P1609.0 Standard Projektu Architektury WAVE [6], IEEE 1609.1- 2006 – Standard Użycia Menadżera Zasobów WAVE [7], IEEE 1609.2 – 2006 – Standard Użycia dla Usług Bezpieczeństwa Aplikacji i Komunikatów Zarządzania WAVE [8], IEEE 1609.3 - 2007 – Standard Użycia Usług Sieciowych WAVE [9], IEEE 1609.4 - 2006 – Standard Użycia Operacji Wielokanałowych WAVE [10], IEEE P1609.11 Protokół wymiany danych ITS drogą radiową [11][10].

IEEE 802.11p wraz z IEEE 1609.x stanowią razem standardy komunikacji radiowej w środowisku motoryzacyjnym (WAVE) mające na celu ułatwienie dostępu do sieci bezprzewodowej. Definiują one architekturę, modele komunikacji, strukturę zarządzania, mechanizmy bezpieczeństwa oraz fizyczny dostęp dla szybkiej (nawet do 27 Mb/s) komunikacji bezprzewodowej krótkiego zasięgu (do 1000 m) i o niewielkich opóźnieniach transmisji.

Głównymi elementami architektury zdefiniowanymi w standardach są urządzenia pokładowe (ang. On-Board Unit – OBU), urządzenia drogowe (ang. Road Side Unit – RSU) oraz interfejs WAVE.

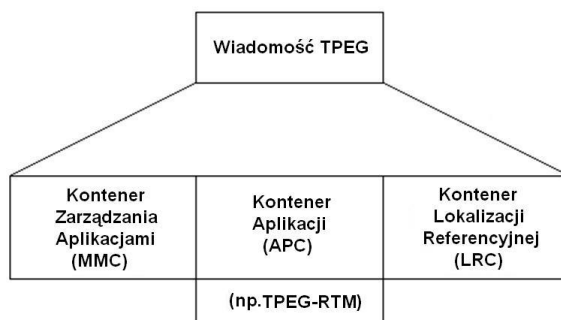
WAVE wykorzystuje dwa typy protokołów - Internetowy wersji szóstej (IPv6) oraz własny protokół krótkich informacji WAVE (ang. WAVE Short-Message Protocol – WSMP). Pierwszy z nich służy mniej wymagającej wymianie takiej jak TCP/UDP podczas, gdy drugi z nich służy do priorytetowej komunikacji krótkotrwałej.

3.3. Aplikacje TPEG dla pojazdów elektrycznych

Aplikacje TPEG (ang. Transport Protocol Experts Group – grupa ekspercka ds. protokołów transportowych) zostały opracowane częściowo na bazie RDS-TMC (ang. Radio Data System – Traffic Message Channel), jednak od 1998 roku jest rozwijana osobno, początkowo w ramach Komitetu Zarządzania Transmisją EBU (ang. European Broadcasting Union - Europejska Unia Nadawców), a następnie w ramach CEN ISO/TS. Aplikacje i protokoły TPEG są stale rozwijane. Do chwili obecnej opracowanych zostało dziesięć typów informacji TPEG:

- RTM (ang. Road Traffic Messages – wiadomości o warunkach drogowych),
- TEC (ang. Traffic Event Compact – wpływ zdarzeń drogowych),
- PTI (ang. Public Transport Information – informacje o transporcie publicznym),
- PKI (ang. Parking Information – informacje parkingowe),
- SPI (ang. Speed Limit Information – informacje o ograniczeniach prędkości),
- BSI (ang. Bus Service Information – informacje dla usług autobusowych),
- TFP (ang. Traffic Flow Prediction – przewidywane warunki drogowe),
- WEA (ang. Weather – warunki pogodowe),
- POI (ang. Points of Interest – punkty zainteresowań),
- CTT (ang. Congestion and Travel-Time – zatłoczenie i czas przejazdu).

Każdy rodzaj informacji jest wymieniany przy użyciu wiadomości TPEG, której struktura została przedstawiona na rysunku 4.



Rys. 4. Struktura wiadomości TPEG [12]

Analiza wymagań dla systemu EcoGem wykazała potrzebę zastosowania, a więc także opracowania, trzech nowych typów informacji TPEG oraz dostosowanie dwóch z istniejących typów do specyficznych potrzeb pojazdów elektrycznych:

- nowy typ informacji TPEG dla danych historycznych wykorzystywanych w systemie EcoGem,
- nowy typ informacji TPEG dla danych aktualnych (real-time data) wykorzystywanych w systemie EcoGem,

- nowy typ informacji TPEG przeznaczony do obsługi rezerwacji stacji ładowania pojazdów, który będzie posiadał trzy podtypy: żądanie (request), potwierdzenie (confirmation) i odmowa (refusal),
- dostosowana do potrzeb systemu informacja TPEG-TEC,
- dostosowana do potrzeb systemu informacja TPEG-TFP.

Wszystkie opracowane w projekcie typy informacji zostaną zgłoszone do odpowiedniej grupy roboczej CEN - ISO w celu weryfikacji i ustanowienia jako standard dla komunikacji w ITS dla pojazdów elektrycznych. Działania standaryzacyjne były jednym z założonych, „dodatkowych” efektów realizacji projektu EcoGem.

Ze względu na silne powiązanie wiadomości TPEG z infrastrukturą drogowo-parkingową, niezbędne jest odniesienie informacji do lokalizacji której ona dotyczy. Do tego celu służy ostatni „kontener wiadomości” – LRC (ang. Location Referencing Container – kontener lokalizacji referencyjnej). Lokalizacja referencyjna może być ustalana zgodnie z dwoma modelami. W pierwszym mapy zastosowane we wszystkich urządzeniach są jednakowe, co pozwala stosować zuniifikowaną metodę opisu lokalizacji (zgodnie z numerami identyfikacyjnymi odcinków) podobnego do tych stosowanych w TMC. Wskazana według tego modelu lokalizacja zawsze jest zgodna dla wszystkich urządzeń. Dużym problemem przy zastosowaniu tego modelu może być jednak jednoczesna aktualizacja wszystkich urządzeń o nowy model wykorzystywanej mapy. Drugi model zakłada wykorzystanie jednego z protokołów dopasowania punktów referencyjnych mapy. W tym celu może być wykorzystana na przykład metoda AGORA-C lub OpenLR (wykorzystywana również w projekcie eCoMove). Wykorzystanie tego modelu pozwala na zastosowanie różnych map w poszczególnych urządzeniach, jednak istnieje zagrożenie, że punkty referencyjne nie zostaną w pełni dopasowane (jakość dopasowania silnie zależy od rodzaju map w poszczególnych urządzeniach) i wymagane jest wykorzystanie znacznie większych mocy obliczeniowych niż w modelu pierwszym.

W celu wykonania demonstratora urządzenia EcoGem przyjęto pierwszy model lokalizacji referencyjnej, jednak w zastosowaniu komercyjnym drugi model wydaje się być znacznie lepszym rozwiązaniem.

4. PODSUMOWANIE

Pojazdy elektryczne, a szczególnie te określane jako w pełni elektryczne, są intensywnie rozwijane, głównie za sprawą wysokich nakładów finansowych ze strony Unii Europejskiej. Zalety wykorzystania tych pojazdów, szczególnie w miastach, silnie przemawiają za ich rozwojem. Możliwość redukcji emisji spalin i hałasu w miastach będzie miało silne przełożenie na jakość życia ich mieszkańców oraz zmniejszenie wpływu motoryzacji na środowisko. Mimo to, wciąż nierozwiązane problemy wynikające z użytkowania pojazdów elektrycznych, takich jak niewielki zasięg pojazdu i potrzeba wielogodzinnego ładowania akumulatorów, znacząco obniżają atrakcyjność rynkową pojazdów elektrycznych – szczególnie w stosunku do użytkowników prywatnych.

Naprzeciw tym problemom wychodzi projekt EcoGem realizowany w ramach 7 Programu Ramowego, którego jednym z głównych celów jest zaprojektowanie systemu wspomagania kierowcy dedykowanego do pojazdów elektrycznych. Jest to trudnym zagadnieniem, ponieważ faktyczna autonomia może być nieprzewidywalna, ze względu na

liczbę i różnorodność wpływających na nią czynników, w tym: złożona i niezwykle delikatna natura baterii pojazdu, uwzględniająca również wpływ poszczególnych funkcji, na przykład hamowania z odzyskiem energii, profilu i charakterystyki drogi oraz warunków drogowych w jakich porusza się pojazd (np. pochylenie drogi), warunków ruchu z jakimi spotyka się kierowca na swojej drodze, dostępności lub niedostępności stacji ładowania w okolicy. Taki system pozwoli nie tylko zwiększyć efektywność energetyczną pojazdów – a co za tym idzie ich mobilność i autonomię, ale również ułatwi korzystanie z infrastruktury ładowania pojazdów zarówno poprzez optymalizację strategii ładowania, bieżące monitorowanie potrzeb i zasobów energetycznych jak również usługi rezerwacji punktów ładowania.

Skuteczne działanie systemu zależy silnie od sprawności komunikacji, która przenosić będzie znaczące ilości danych zarówno pomiędzy pojazdami oraz pojazdami i infrastrukturą. Rozwiązaniem problemu może być wykorzystanie dedykowanych dla gałęzi transportu standardów ITSC. Obecnie istniejące standardy nie spełniają jednak specyficznych potrzeb jakie dotyczą wymiany informacji między pojazdami elektrycznymi. W celu rozwiązania tego problemu konsorcjum EcoGem opracuje trzy nowe standardy informacji w ramach TPEG, które zostaną zgłoszone do CEN - ISO jako propozycje standardów do wykorzystania w komunikacji z udziałem pojazdów elektrycznych.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Inteligentne Systemy Transportowe (ITS), Architektura Komunikacji ETSI EN 302 665 V1.1.1, 2010.
- [2] Oficjalna strona internetowa komitetu ISO/TC 204: *Intelligent transport systems*: http://www.tiaonline.org/standards/secretariats_tags/iso_tc204/index.cfm
- [3] Oficjalna strona internetowa ISO TC 204 Grupa Robocza 16: <http://www.isotc204wg16.org>
- [4] Oficjalna strona internetowa: *IEEE 1609 - Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)*: http://www.standards.its.dot.gov/fact_sheet.asp?f=80
- [5] IEEE P802.11p/D3.0: *Draft Amendment to Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks- Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 7: Wireless Access in Vehicular Environment*, 2007.
- [6] IEEE P1609.0: *Base WAVE Radio Communication Standard*.
- [7] IEEE P1609.1: *Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) – Resource Manager*, 2006.
- [8] IEEE P1609.2: *Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) – Security Services for Applications and Management Messages*, 2006.
- [9] IEEE P1609.3: *Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) – Networking Services*, 2007.
- [10] IEEE P1609.4: *Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE) – Multi-Channel Operation*, 2006.
- [11] P1609.11/D6: *IEEE Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Over-the-Air Data Exchange Protocol for Intelligent Transportation Systems (ITS)*, 2010.

- [12] Marks B.: *TPEG – standardized at last... but this is only a beginning*, pobrane we wrześniu 2011 ze strony: http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_304-tpg.pdf
- [13] Marks B.: *TPEG – an introduction: standards and specifications for TTI services*, pobrane we wrześniu 2011 ze strony: http://www.cts.cv.ic.ac.uk/documents/seminars/cts_seminar229.pdf

Acknowledgment:

Artykuł został wykonany na podstawie projektu EcoGem, wykonywanego w ramach Siódmego Programu Ramowego Wspólnot Europejskich.