

Andrzej Ryczer
Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

DOSTĘP TELEKOMUNIKACYJNY W ŚRODOWISKU RUCHU DROGOWEGO INTELIGENTNYCH SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Streszczenie: Przedstawiono koncepcję platformy transmisji pakietowej podaną w nowej normie międzynarodowej ISO 21217 przygotowanej przez Komitet Techniczny ISO/TC204 *Inteligentne systemy transportowe*. Norma należy do rodziny norm dotyczących dostępu bezprzewodowego dla pojazdów drogowych CALM (*Communications Access For Land Mobiles*). W normach tych określono: wspólną architekturę, protokoły sieciowe oraz interfejsy przewodowe i bezprzewodowe wykorzystujące różne technologie dostępu tj.: przez sieci komórkowe 2 i 3 generacji, satelitarną, podczerwieni, mikrofalową 5GHz, fal milimetrycznych 60GHz i ruchomą bezprzewodową szerokopasmową. Norma przedstawia wspólną ramową architekturę, zgodnie z którą są instalowane stacje ITS (ITS-Ss) spełniające wymagania łączności typu CALM, norma określa architekturę odniesienia wykorzystywaną w Normach Międzynarodowych z rodziny CALM. Zwrócono uwagę na wybrane podstawowe elementy architektury CALM zgodnej z zasadami ISO OSI oraz na cele projektu CVIS (*Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems*) i zakres jego aplikacji grupy CURB (*Cooperative Urban Applications*). Omówiono stan i kierunki prac normalizacyjnych w zakresie ITS prowadzonych w Komitecie Technicznym ISO/TC 204, które są również prowadzone w CEN/TC 278 *Intelligent Transport Systems*.

Słowa kluczowe: inteligentne systemy transportowe, łączność bezprzewodowa, dostęp bezprzewodowy pojazdów.

1. WPROWADZENIE

Inteligentne Systemy Transportowe (ITS) wykorzystując nowe technologie telekomunikacyjne, korzystając z łączności bezprzewodowej oraz przewodowej powinny w dostatecznie szerokim zasięgu umożliwiać wymianę informacji między pojazdami a infrastrukturą oraz wspomagać sterowanie ruchem pojazdów. Technologie stosowane w urządzeniach stacjonarnych - przydrogowych oraz w pojazdach, pomagają w monitorowaniu oraz zarządzaniu ruchem drogowym, chronią życie ludzkie, ograniczają

wielkości zatorów drogowych, pomagają w wyborze alternatywnych tras podróży, poprawiają wydajność transportu drogowego, oszczędzają czas i pieniądze.

System spełniający wymagania [9] wykorzystuje aplikacje z funkcjami sterowania i zarządzania łącznością, nowoczesne technologie internetowe oraz różnego typu transmisje danych dostosowane do zasięgu i prędkości pojazdów. Idealny system ITS wymaga zastosowania podsystemów łączności, które zapewniają:

- dostęp telekomunikacyjny do pojazdu w ruchu miejskim (gdziekolwiek oraz kiedykolwiek),
- potrafią nawiązać łączność pomiędzy pojazdami (*vehicle-vehicle*) oraz
- łączność pomiędzy pojazdem, a infrastrukturą pobocza drogi (*vehicle-roadside*),
- uwalniają aplikacje od potrzeby posiadania funkcji ustawiania i zarządzania łącznością,
- korzystają z nowoczesnych technologii internetowych oraz standardów międzynarodowych,
- zapewniają wiele różnych konfiguracji prędkości przesyłu danych, zasięgu łączności, dostosowanych do kosztu systemów.

2. SYSTEM CALM

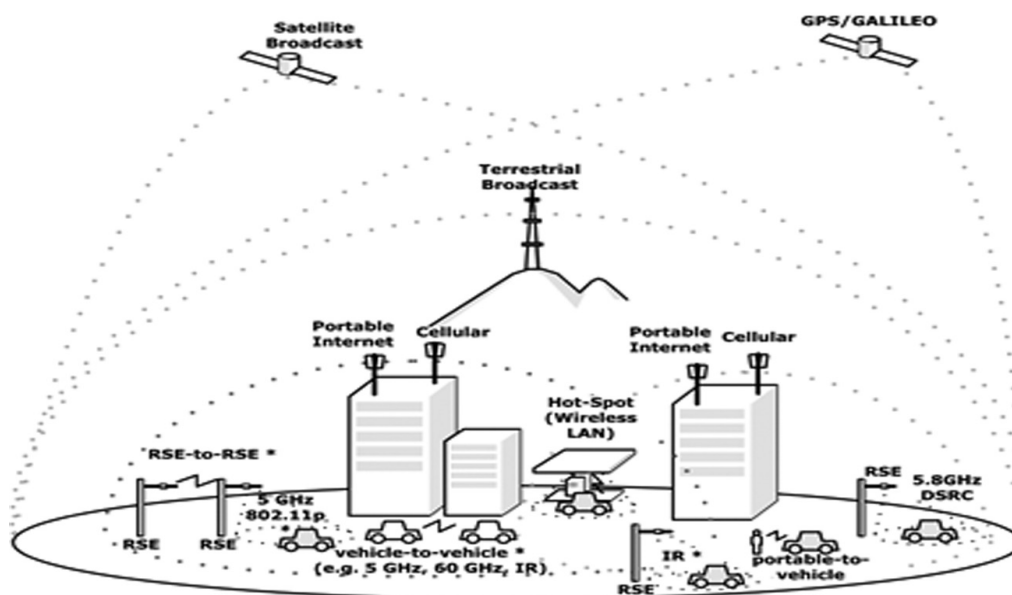
CALM (*Communications Access For Land Mobiles*) jest przyjętą przez ISO heterogeniczną strukturą transmisji pakietowej w środowisku ruchu drogowego. Jednocześnie CALM odnosi się do grupy 12 norm ISO opracowanych w celu wspierania tej struktury [1 - 12]. Struktura CALM pomaga użytkownikowi w przejrzysty i wygodny sposób w korzystaniu z łączności za pośrednictwem różnych interfejsów oraz mediów np. takich, jak: IEEE 802.11, 802.11p, 802.15, 802.16e, 802.20, systemy komórkowe 2G/3G/4G, inne narodowe systemy ITS. Standardy CALM są rozwijane przez Komitet Techniczny ISO TC 204/WG 16 zajmujący się m.inn. łącznością pojazdów na rozległym obszarze (*Wide Area Communications*).

CALM uzupełnienia serię standardów interfejsu „klasycznych” protokołów radiowych dostosowując je do realizacji usług oraz obsługi aplikacji ITS. CALM spełniając wymagania ITS korzysta z jednego lub wielu mediów, włączając w to istniejące technologie łączności, jak również własne specyficzne technologie dostosowane do środowiska drogowego. CALM zapewnia rozwiązania na różnym poziomie, które dopuszczają ciągłą (lub pseudo ciągłą) transmisję pomiędzy pojazdami lub pomiędzy pojazdami, a infrastrukturą pobocza. Twórcom architektury oraz standardów CALM przyświecała zasada uczynienia najlepszego pożytku z dostępnych zasobów, zatem CALM korzysta optymalnie z telekomunikacyjnych mediów bezprzewodowych, które są dostępne w miejscu położenia pojazdu oraz, w razie konieczności umiejętnie współdzielili różne media dostępne w tym miejscu.

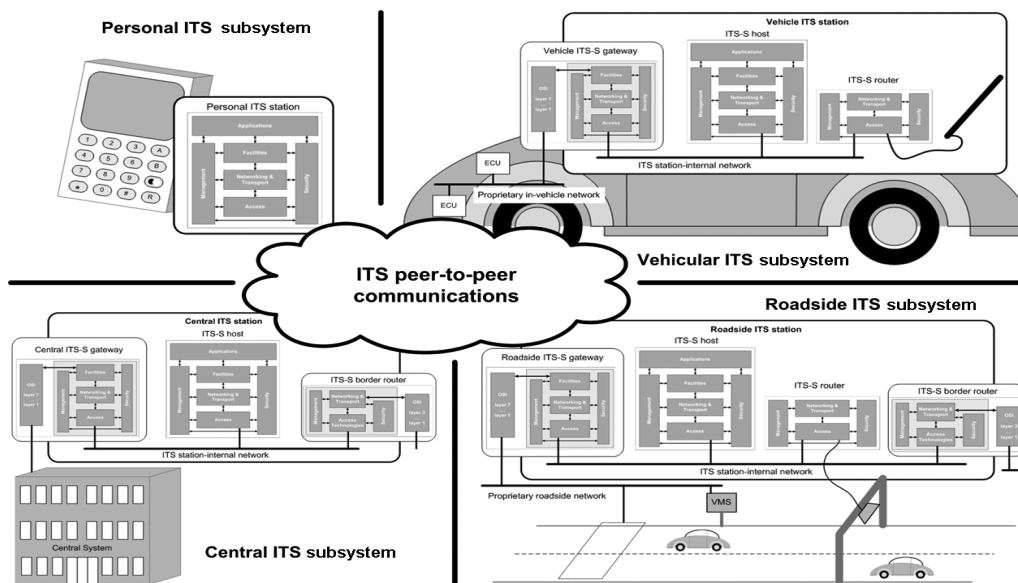
Dostęp bezprzewodowy dla pojazdów drogowych CALM jest określony przez zbiór norm dotyczących interfejsu radiowego, w tym protokołów oraz parametrów łączności średniego i dalekiego zasięgu, łączności ITS o wysokiej prędkości transmisji danych wykorzystującej jeden lub kilka rodzajów mediów, wiele punktów dostępu, protokoły sieciowe dla każdego z mediów z protokołami wyższego poziomu – do przesyłu danych pomiędzy mediami.

Specyfikacja oraz standardy CALM nie są zaimplementowane w fizycznych częściach wyposażenia – CALM jest właściwie zbiorem protokołów, procedur oraz procesów zarządzających. Wdrożenie fizycznego wyposażenia jest zadaniem procesów komercyjnych z tym związanych realizowanych przez producentów OEM (*Original Equipment Manufacturer*). CALM będzie obsługiwał symultanicznie wiele typów aplikacji oraz wiele typów mediów. Jednakże nie będą stawiane wymagania implementowania w urządzeniach wyposażenia pojazdu i infrastruktury (*roadside*) obsługi wszystkich możliwych mediów, ponieważ wybór mediów, które będą obsługiwane będzie zależny od decyzji producenta sprzętu lub pojazdu. Wpływ na wybór medium będzie mieć również jego dostępność w danym kraju, bądź na wybranym obszarze. Stosowanie CALM nie oznacza wykorzystywania jego wszystkich możliwości – oznacza to, że zainstalowane składniki będą działać tak samo – wszędzie tam gdzie użyte media są dostępne.

Na rysunkach 1 – 10 przedstawiono podstawowe elementy środowiska CALM oraz wybrane przypadki realizacji dostępu bezprzewodowego pojazdów. Technologie dostępu przedstawione na rysunku 1 (oznaczone gwiazdką) np. IR (*infrared*) i MM (*machine-machine*) rozwijane szczególnie ze względu na ich wykorzystanie w ITS będą dokładnie określone w przygotowywanych normach rodziny CALM, pozostałe technologie komórkowa, sieciowa i internetowa bezprzewodowa – dziedziczone ze znanych technologii dostępu będą adoptowane do CALM zgodnie z normami ISO 21210 [1], 21218 [2], i 24102 [3].



Rys. 1. Przykłady łączy bezprzewodowych z różnymi technikami dostępu [9]



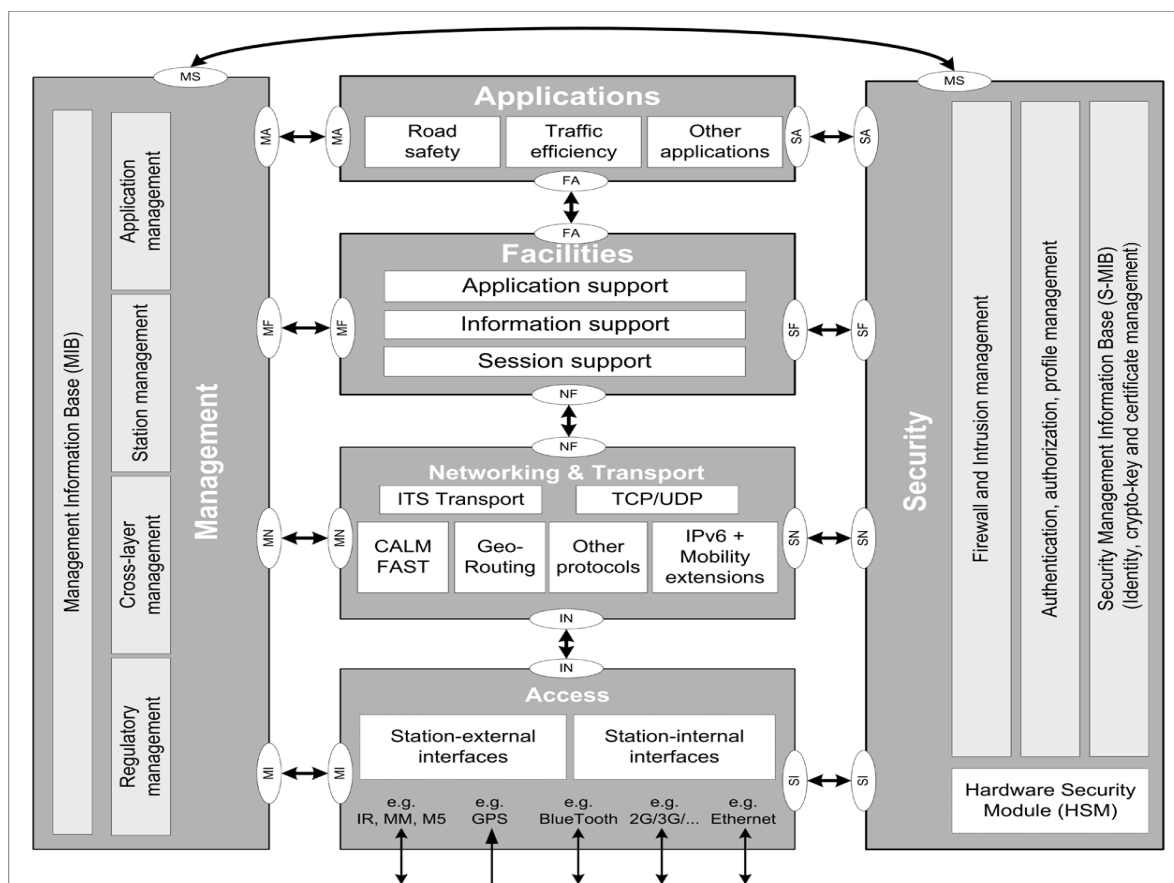
Rys. 2. Podsystemy ITS do łączności „każdy z każdym” [9]

Na rysunku 2 przedstawiono cztery podstawowe fizycznie rozdzielone podsystemy ITS: pojazdu (*Vehicular ITS subsystem*), osobisty (*Personal*), centralowy (*Central*) oraz drogowy (*Roadside*), które tworzą stacje ITS-S (*ITS-stations*). Podstawową cechą każdego z nich jest zgodność z architekturą odniesienia (rys. 3) i możliwość wzajemnej komunikacji między podsystemami (*peer-to-peer*). W podsystemach wyróżnia się: routery, bramy i hosty o architekturze warstwowej zgodnej z przedstawioną na rys. 3. Host jest komputerem posiadającym stały adres IP, udostępniającym swoje usługi użytkownikom łączącym się ze swoich komputerów i umożliwiającym im m.in. pracę w trybie terminalowym. Możliwa jest wspólna realizacja na jednym hoście wielu usług obok usług terminala także usług typu klient-serwer, najczęściej WWW. W tym znaczeniu pojęcie "host" oznacza to samo co "serwer", tym bardziej że obecnie na większości tak rozumianych hostów poza wewnętrznymi sieciami podsystemu ITS usługi terminalowe ze względów bezpieczeństwa nie są dostępne. Można zauważyć różnice w podsystemach, jednak jest widoczne, że funkcjonalność ITS może być zapewniana w różnych fizycznie oddzielnych zespołach, wśród których mogą być zespoły o takiej samej funkcjonalności (patrz dalej rys. 10).

Osobisty podsystem ITS zapewnia funkcjonalność ITS-S przez zastosowanie urządzeń powszechnego użytku tj. PDA (*Personal Digital Assistant*) i terminale komórkowe, które mogą się również łączyć z publicznymi sieciami bezprzewodowymi np. Bluetooth. W pojazdach w strefach obsługiwanych przez CALM będzie można korzystać z laptopów i odtwarzaczy medialnych wykorzystując je jako punkty dostępowe większego zasięgu zarządzane przez ruter ITS-S z protokołem IPv6 [10].

Rysunek 3 przedstawia architekturę odniesienia stacji ITS, elementy tej architektury występują w każdym z wyżej wymienionych czterech podsystemów. Czworowarstwowa architektura odniesienia stacji ITS-S łączy się za pomocą 8 interfejsów z blokami zarządzania i bezpieczeństwa. Warstwa dostępu (*Access*) odpowiada warstwom: fizycznej i

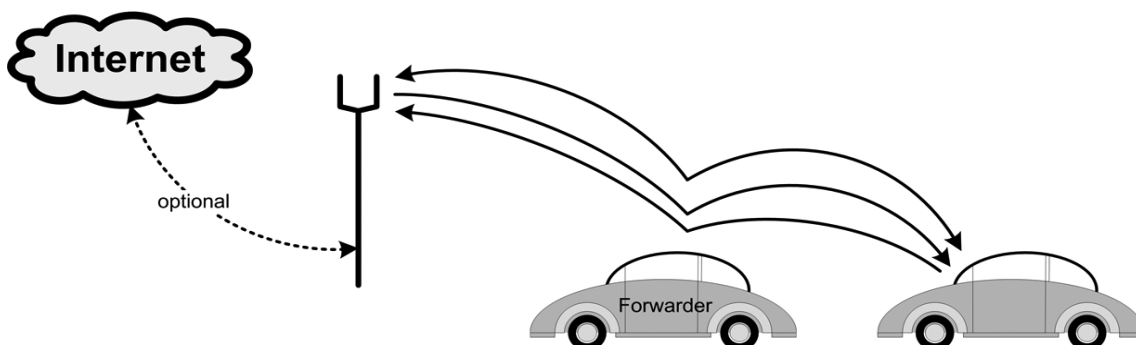
łącza danych (w modelu ISO-OSI) oraz fizycznej i dostępu do sieci (w modelu TCP/IP). Warstwa sieciowa i transportowa (*Networking & Transport*) odpowiada warstwom: sieciowej i transportowej (ISO-OSI) oraz międzysieciowej i transportowej (TCP/IP). Warstwa prezentacji (*Facilities*) odpowiada warstwom: sesji i prezentacji (ISO-OSI) oraz aplikacji (TCP/IP).



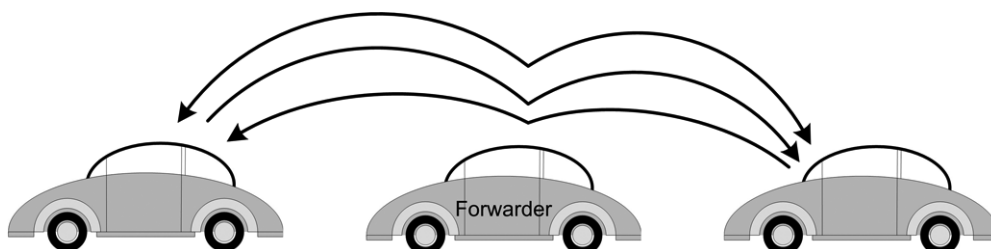
Rys. 3. Architektura odniesienia stacji ITS-S [9]

Ostatnia – górna warstwa modelu odniesienia stacji ITS-S jest odpowiednikiem warstw aplikacji w modelach ISO-OSI i TCP/IP.

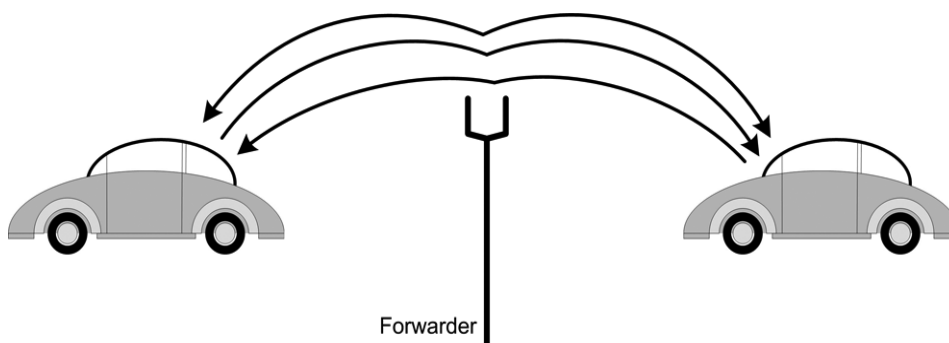
Scenariusze różnego rodzaju transmisji radiowej między elementami ITS przedstawiono na rysunkach 4, 5, 6 i 7. Nowością tych rozwiązań jest pełnienie przez pojazd (pojazdy) będący w ruchu roli stacji przekaźnikowej, zatem tworzona jest sieć transmisyjna dostępowa z ruchomymi węzłami (rys. 4). Możliwa jest również transmisja między pojazdami bez udziału stacjonarnych stacji przekaźnikowych (rys. 5) albo jedynie z ich udziałem (rys. 6).



Rys. 4. Przykład łączności – stacje pojazdu i drogowa działają jako przekaźnik w uzyskiwaniu opcjonalnego dostępu do sieci IP [9]

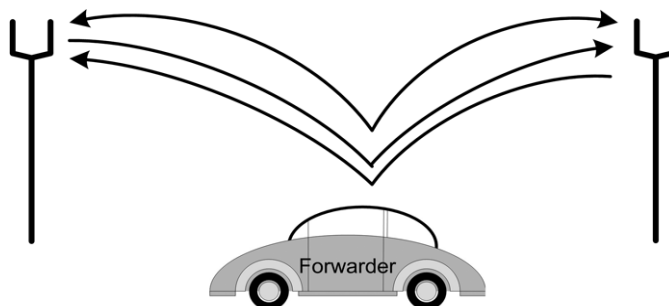


Rys. 5. Stacja pojazdu jako stacja przekaźnikowa w między stacjami pojazdów [9]



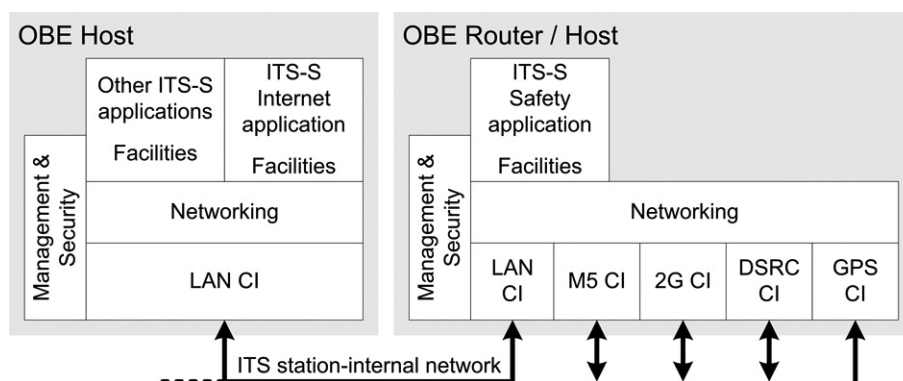
Rys. 6. Stacja drogowa ITS jako stacja przekaźnikowa w między stacjami pojazdów [9]

Przedstawione przykłady wskazują na elastyczność tych rozwiązań, gdzie również pojazd może stanowić „przesło” między stałymi stacjami przekaźnikowymi tak jak na rys. 7. Proste zastosowanie systemu ITS w standardzie CALM przedstawiono na rys. 8, gdzie CALM został wykorzystany w dwu urządzeniach OBE (*On Board Equipment*): OBE Host i OBE Router/Host. OBE Host kieruje usługami i aplikacjami nie wymagającymi zabezpieczeń (*non-safety*), jest on połączony z hostem „OBE Router/Host” przez wewnętrzną sieć przewodową albo bezprzewodową pojazdu.



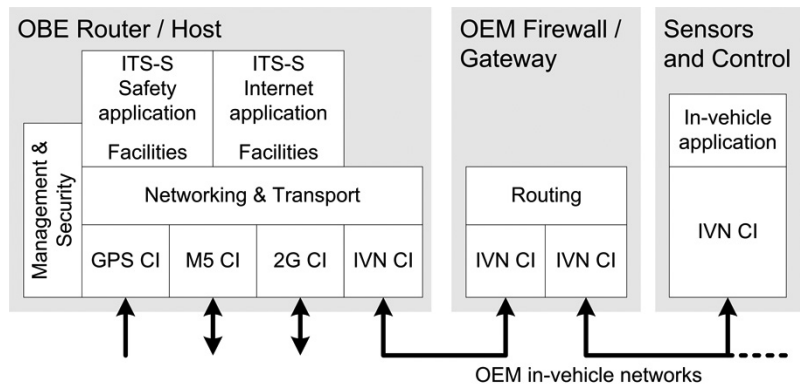
Rys. 7. Stacja pojazdu jako stacja przekaźnikowa w między stacjami drogowymi [9]

OBE Router/Host realizuje aplikacje z zabezpieczeniami i działa jako pełny ruter z wieloma interfejsami zewnętrznymi CI (*Communication Interfaces*). Interfejs M5 związany jest z transmisją WiMAX w standardzie IEEE 802.16e w paśmie 5GHz z terminalami ruchomymi o prędkości do 120 – 150 km/godz. Standard ten określa transmisję danych, głosu, wideo do 20Mbit/s o zasięgu 40-50 km.

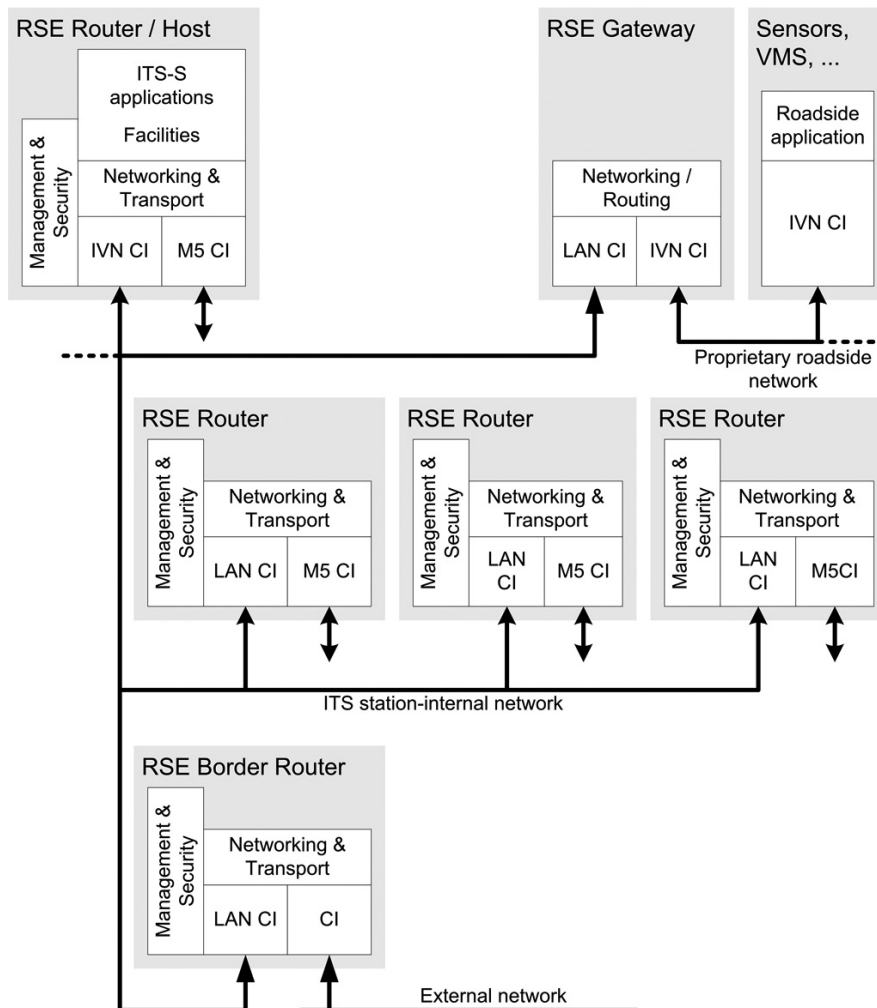


Rys. 8. Prosty podsystem CALM w pojeździe, z urządzeniami pokładowymi OBE (*On Board Equipment*), widoczne interfejsy CI do innych systemów [9]

Rysunki 9 i 10 pokazują zastosowanie podsystemu ITS w pojeździe dołączonego do innych aplikacji wewnętrznych (czujników i sterowników) wykorzystującego tzw. rozwiązania OEM tzn. elementy oryginalne danego producenta oraz systemu drogowego (przydrogowego) ITS złożonego z wielu ruterów z interfejsami radiowymi M5 CI dołączonymi do rutera brzegowego.



Rys. 9. Zastosowanie OEM-ITS (OEM- *Original Equipment Manufacturer*) w pojeździe zgodna z CALM [9]



Rys.10. Rozbudowana implementacja ITS zgodnego z CALM w sieci przydrogowej [9]

3. PROJEKT CVIS i aplikacje CURB

Projekt CVIS (*Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems*) [15] stawia duże wyzwania elektronice motoryzacyjnej oraz strukturze ITS. CVIS bazuje na łączności pomiędzy pojazdami oraz pomiędzy pojazdami a urządzeniami stacjonarnymi - infrastrukturą. Rozwiązanie CVIS zwiększa efektywność i bezpieczeństwo systemów transportowych oraz bezpieczeństwo użytkowników drogi.

W rzeczywistości inteligentne systemy współdziałania pojazdów poprawiają jakość oraz wiarygodność dostępnych dla kierowców informacji dotyczących stanu bezpośredniego otoczenia – środowiska drogi, a także informacji o innych pojazdach i użytkownikach drogi, dzięki czemu uzyskuje się znacząca poprawę warunków ruchu drogowego prowadzącą do wzrostu bezpieczeństwa i poprawy warunków pracy kierowców. Jednocześnie, systemy te przekazują użytkownikom dróg oraz urządzeniom stacjonarnym dokładniejsze informacje o pojazdach, ich położeniu oraz o warunkach na drodze, pozwalając optymalnie oraz bezpiecznie korzystać z dostępnej sieci połączeń drogowych, a także korzystać z inicjatyw politycznych takich, jak eSafety.

Tablica 1.

Wybrane aplikacje z grupy CURB, zaimplementowane w projekcie CVIS możliwe do realizacji w środowisku CALM

Nazwa aplikacji	Opis	Cele oraz nowatorstwo w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań
Aplikacja pierwszeństwa	Pierwszeństwo przejazdu dla wybranych pojazdów, np. pojazdów uprzywilejowanych lub ciężarówek, w miejscach sterowanych przez sygnalizację świetlną.	Krótszy czas przejazdu oraz mniejsza liczba zatrzymań.
Aplikacja dostosowania prędkości	Przekazywanie kierowcy wskazówek dotyczących zalecanej prędkości pojazdu, na podstawie stanu urządzeń infrastruktury sterujących ruchem.	Wzrost przepustowości dróg i ulic oraz dostosowanie prędkości pojazdu do warunków drogowych, wzrost płynności ruchu. Powoduje obniżenie stresu wśród kierowców i poprawę stanu bezpieczeństwa.
Aplikacja elastycznego pasa ruchu dla autobusów	Pas ruchu dla autobusów może być wykorzystywany przez pojazdy CVIS tylko w przypadku, kiedy te ostatnie nie opóźniają działania transportu publicznego.	Celem jest skrócenia czasu/drogi podróży przez dopuszczenie pojazdów CVIS do użytkowania pasa ruchu dla autobusów. Wynikiem jest lepsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury.
Aplikacje informacyjne	Kierowcy, którzy zamówią usługę informacyjną, są np. powiadamiani o sytuacji na drogach, na wybranych obszarach miasta.	Celem jest informowanie kierowców. Kierowca otrzymuje indywidualnie przygotowaną informację dotyczącą jego trasy.
Aplikacje wybierające trasę	Sugerowanie tras do rozważenia, przekazywanie aktualnych informacji o ruchu oraz o wybranych trasach.	Celem jest zredukowanie kongestii ruchu oraz czasu podróży w obszarze miejskim poprzez dynamiczną zmianę wyboru trasy.
Aplikacje dostosowane do trasowania lokalnego.	Wtórne wyznaczanie trasy na poziomie ruchu lokalnego na podstawie opóźnień oraz czasów podróży otrzymanych ze sterowania między sekcjami oraz zależnych od zmieniających się danych o pojazdach.	Równowaga pomiędzy obciążenia sieci drogowej w czasie, a efektywnością, bezpieczeństwem oraz wymaganiami dotyczącymi ochrony środowiska.

Projekt CVIS zawiera następujące grupy aplikacji:

- koordynujące ruch pojazdów w obszarze miejskim CURB (ang. *Cooperative URban Applications*),
- koordynujące ruch pojazdów w obszarze międzymiastowym CINT (ang. *Cooperative INTerurban applications*),
- koordynujące działania floty transportowej i przewozu ładunków CF&F (ang. *Cooperative Freight&Fleet*),
- skoordynowany nadzór COMO (ang. *Cooperative Monitoring*).

System oferuje implementację wybranych aplikacji z grupy CURB (tab. 1), które mają na celu usprawnienie i zwiększenie bezpieczeństwa w ruchu miejskim.

4. WNIOSKI

Opisano zasadnicze postanowienia nowej normy międzynarodowej z dziedziny inteligentnych systemów transportowych dotyczącej bezprzewodowego dostępu do pojazdów CALM. Należy oczekiwać, że na rynku wyposażenia pojazdów pojawią się wkrótce nowe urządzenia zapewniające dostęp bezprzewodowy do usług, których realizacja jest obecnie możliwa jedynie w sposób stacjonarny. Precyzyjnie zbudowana struktura warstwowa CALM została dostosowana do pracy w różnych środowiskach łączności tj: systemy komórkowe 2G/3G, BlueTooth, GPS, szerokopasmowe sieci mobilne WiMAX oraz Ethernet. Przygotowanie tej normy poprzedziły liczne badania prowadzone w ramach projektów międzynarodowych tj CVIS [15]. W spisie literatury przedstawiono wykaz wybranych norm międzynarodowych. W [14] omówiono tryb pracy WAVE (*Wireless Access In Vehicular Environment*) - IEEE 802.11p oparty na specyfikacjach: IEEE 1609.1, IEEE 1609.2, IEEE 1609.4 dotyczący również środowiska telekomunikacyjnego pojazdów. W [13] przedstawiono kierunki rozwoju pakietowych sieci bezprzewodowych zwracając uwagę na rozwiązania RFID stosowane powszechnie w transporcie.

Literatura

1. ISO21210, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — IPv6 Networking
2. ISO21218, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — Medium service access points
3. ISO24102, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — Management
4. ISO 21212, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — 2G Cellular systems
5. ISO 21213, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — 3G Cellular systems
6. ISO 21214, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — Infra-red systems
7. ISO 21215, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — M5
8. ISO 21216-1, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) using wireless millimetre-communications — Part:1 Air interface

9. ISO 21217, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — Architecture
10. ISO 24103, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — Media adapted interface layer (MAIL)
11. ISO 25111, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — General requirements for using public networks
12. ISO 29281, Intelligent transport systems — Communications access for land mobiles (CALM) — Non-IP networking
13. J. Woźniak, K. Gierałowski, T. Gierszewski, P. Machań, T. Mrugalski, T. Klajbor, R. Orlikowski: Postępy w standaryzacji i analiza kierunków rozwoju pakietowych sieci bezprzewodowych, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, Nr. 8-9, str. 244 – 259, 2007
14. Ryczer. A.: Środowisko telekomunikacyjne inteligentnych systemów transportowych - aspekty standaryzacyjne, Krajowe Sympozium Telekomunikacji i Teleinformatyki – KSTiT 2009
15. www.civisproject.org/download/qfree_CommCalmCvis_aalborgbrochure.pdf

CALM – COMMUNICATIONS ACCESS IN LAND MOBILES ENVIRONMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Abstract: The idea of communication packed platform according to new International Standard ISO 21217 which was prepared by Technical Committee ISO/TC 204, *Intelligent transport systems* is presented. This standard is part of a family of standards based on the communications access for land mobiles CALM (*Communications Access For Land Mobiles*) concept. These International Standards specify a common architecture, network protocols and communication interface definitions for wired and wireless communications using various access technologies including cellular 2nd generation, cellular 3rd generation, satellite, infrared, 5 GHz micro-wave, 60 GHz millimeter-wave and mobile wireless broadband. This International Standard describes the common architectural framework around which CALM-compliant communication ITS stations (ITS-Ss) are installed, and provides the architectural reference for use by the CALM family of International Standards.

Keywords: intelligent transport systems, wireless communications, communications access for land mobiles