

**Małgorzata Gajewska**

Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

## **KOMUNIKACJA M2M W ZASTOSOWANIACH TRANSPORTOWYCH**

Rękopis dostarczono: kwiecień 2016

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono komunikację M2M w systemach transportowych. Scharakteryzowano przykładową strukturę typowej sieci z komunikacją M2M. Następnie omówiono przykłady zastosowań M2M w transporcie, a ponadto opisano technikę komunikacji radiowej V2X (jedną z odmian M2M), jako metodę umożliwiającą uzyskanie poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym. W ostatniej części artykułu scharakteryzowano system LTE-V do realizacji usług V2X.

**Słowa kluczowe:** M2M, V2X, sensor

### **1. WPROWADZENIE**

Komunikacja M2M (ang. Machine to Machine), umożliwiająca automatyczną wymianę informacji pomiędzy różnymi jednostkami, to komunikacja przyszłości, której dynamiczny rozwój przewidują obecnie specjaliści [2, 3]. Firma Ericsson szacuje, że w 2020 roku, na całym świecie, 50 mld urządzeń różnych zastosowań będzie miała przypisane własne adresy IP, a więc będzie mogła być czynnym elementem pośredniczącym w komunikacji M2M [5, 7].

Generalnie M2M to technologia automatycznego przesyłania danych z jednego terminala do drugiego terminala, przy czym „terminalami” mogą być różne urządzenia (mówimy wtedy o komunikacji typu urządzenie-urządzenie (ang. *Machine to Machine*)), czujniki (mamy wówczas transmisję sygnałów od czujnika do czujnika (ang. *Sensor to Sensor*)), ale także może to być komunikacja między człowiekiem a urządzeniem (ang. *Man to Machine*). Urządzenia M2M będą się komunikowały ze sobą za pomocą różnorodnych technologii transmisji, na przykład: sieci komórkowych, sieci satelitarnych lub sieci lokalnych (w oparciu o Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, i RFID (ang. *Radio Frequency Identification*)) [2, 3, 5, 7].

Celem realizacji takiej transmisji ma być możliwość wymiany danych pomiędzy różnymi elementami sieci w sposób automatyczny i bezpośredni (czyli bez pośrednictwa stacji bazowych) [4] i wykorzystanie ich do realizacji różnorodnych celów takich jak np. monitorowanie pojazdów, zapobieganie kolizjom i inne. Założenie jest takie, że tego typu aplikacje będą mogły współpracować bez pośrednictwa człowieka, jednakże w wielu przypadkach udział człowieka będzie wymagany – np. po wygenerowaniu sygnału alarmowego (po wymianie

informacji typu M2M) będzie konieczna reakcja człowieka, żeby zapobiec niebezpiecznemu zdarzeniu drogowemu.

Celem artykułu jest scharakteryzowanie nowatorskiej komunikacji typu M2M oraz przedstawienie rozwiązań technicznych i aplikacyjnych, istotnych z punktu widzenia inteligentnych systemów transportowych.

## 2. APLIKACJE M2M W TRANSPORCIE

W systemach transportowych komunikacja M2M ma szczególne znaczenie ze względu na to, że ich wykorzystanie bezpośrednio przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego (np. poprzez wyeliminowanie znacznej części kolizji i wypadków drogowych – o czym będzie mowa w dalszej części artykułu) i to zarówno w ruchu lądowym, morskim, kolejowym jak i lotniczym. Aplikacje M2M na pewno poprawią bezpieczeństwo pieszych i rowerzystów np. tych poruszających się po zmroku poza obszarem zabudowanym.

Ponadto technologia ta na pewno zwiększy jakość monitorowania transportowanych towarów, pozwoli wyeliminować wiele nieuczciwych praktyk (np. uchroni kierowców samochodów ciężarowych przed kradzieżami paliwa) oraz zwiększy komfort prowadzenia firm transportowych. Aplikacje M2M to również nieocieniona szansa na bieżące monitorowanie stanu pojazdów i zapobieganie poważniejszym awariom.

Komunikacja M2M to również otwarta droga do poprawy komfortu podróżowania poprzez możliwość sterowania ruchem w taki sposób, aby wyeliminować korki, a przynajmniej móc informować na bieżąco uczestników ruchu o różnego rodzaju zatorach, robotach drogowych czy innych zmianach w sposobie organizacji ruchu.

Ponadto aplikacje M2M umożliwią zwiększenie bezpieczeństwa w ruchu kolejowym poprzez błyskawiczne informowanie kierujących pociągami o niedziałających zwrotnicach czy też o braku komunikacji z dróżnikiem, a w związku z tym o zwiększonym ryzyku niebezpieczeństwa. Na pewno poprawi się bezpieczeństwo przy przejeżdżaniu pojazdów przez niestrzeżone przejazdy kolejowe szczególnie w miejscach o ograniczonej widoczności. W dalszej części tego rozdziału zostaną opisane różne przykłady zastosowań komunikacji M2M w szeroko rozumianych systemach transportowych.

### 2.1. PRZYKŁADOWA STRUKTURA SIECI M2M

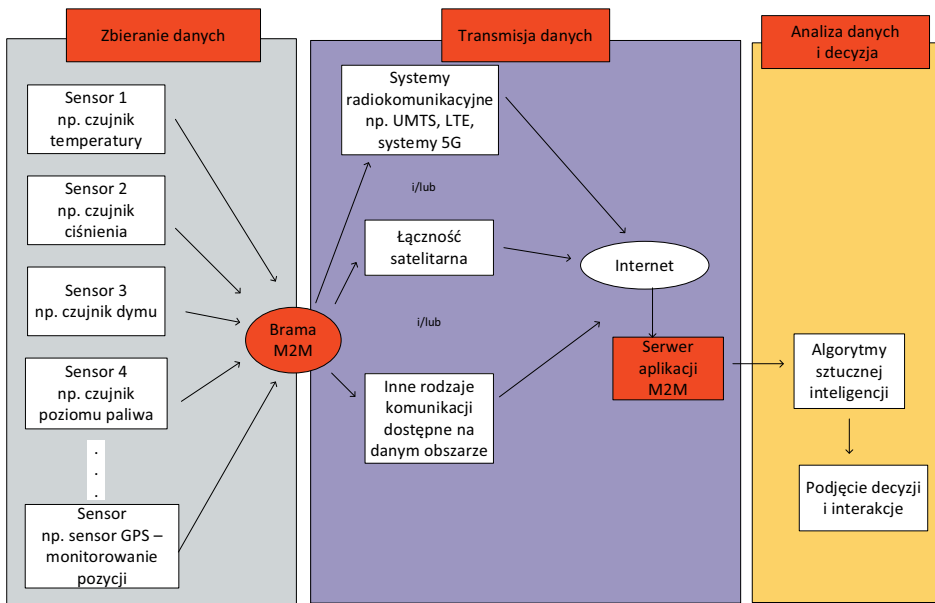
Komunikacja typu M2M wymaga przesyłania różnego typu sygnałów pomiędzy różnymi elementami sieci czy infrastruktury drogowej. W związku z tym jest konieczne utworzenie pewnej specyficznej sieci, w której te dane będą gromadzone, transmitowane i przetwarzane.

Na rys. 1 przedstawiono taką przykładową, ogólną strukturę takiej typowej sieci z komunikacją M2M. Składa się ona z trzech głównych modułów przeznaczonych do zbierania danych, ich transmisji do serwera aplikacji M2M, a następnie analizowania i podejmowania ewentualnych decyzji. Jak już wspomniano dane są zbierane z różnego rodzaju czujników



(sensorów). Następnie są one transmitowane za pomocą bramy M2M i różnych systemów do serwera M2M – gdzie są zbierane i na bieżąco analizowane (np. za pomocą algorytmów sztucznej inteligencji) i są podejmowane odpowiednie decyzje. W razie potrzeby wysyłany jest np. sygnał alarmowy np. do kierowcy o istniejącym zagrożeniu [5, 7].

Cechą charakterystyczną komunikacji M2M jest to, że można dostosować działanie sieci do indywidualnych potrzeb użytkownika, a przede wszystkim uniezależnić się od problemów związanych z wydajnością ogólnie dostępnych sieci. Ponadto z założenia w komunikacji M2M wielu użytkowników będzie mogło korzystać z tego samego adresu IP, a jednocześnie realizować zupełnie inną usługę. Dodatkowo, możliwe będzie zapamiętywanie różnych informacji (z różnych sensorów), zbieranie ich w jedną całość i transmitowanie ich w takiej formie do innych użytkowników sieci w celu wykorzystania ich do różnych celów.



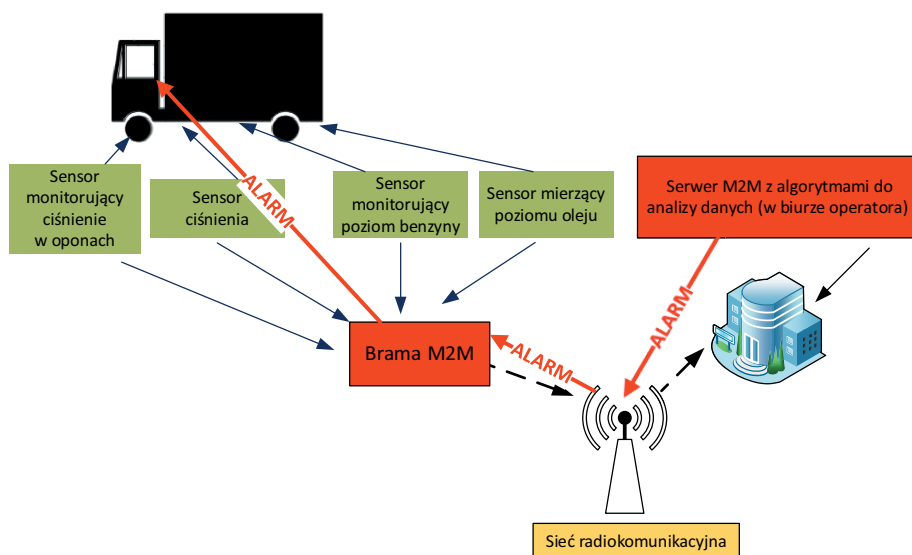
Rys. 1. Przykładowa struktura typowej sieci z komunikacją M2M [5].

Przykład komunikacji M2M pokazano na rys. 2. W samochodzie zamontowane są różnego rodzaju sensory (np. ciśnienia, poziomu paliwa, poziomu ciśnienia w oponach itp.). Dane z tych sensorów są wysyłane poprzez bramę M2M i sieć do serwera M2M zaopatrzonego w odpowiednie metody analizy danych i/lub operatora monitorującego na bieżąco spływające dane. W przypadku wykrycia nieprawidłowości sygnał alarmowy jest natychmiast wysyłany do kierowcy samochodu, który poinformowany o zagrożeniu może podjąć odpowiednie działania [5, 7].

Bardzo istotne jest to, żeby transmisja danych i ich analiza przebiegała bez zbędnych opóźnień i w miarę możliwości w czasie rzeczywistym – czyli powinny to być usługi RT (ang. Real Time). Można sobie wyobrazić również sytuację, w której sam kierowca będzie wyposażony w odpowiednie czujniki monitorujące jego zachowanie i reagujące alarmem

w przypadku np. ryzyka zaśnieżenia. Aby zebrać informacje z czujników możemy użyć standardu ZigBee. Specyfikacja tego standardu obejmuje głównie proste rozwiązania sieciowe łączące małych urządzeń o niskim poborze mocy. W tej metodzie nacisk położono również na niezawodność transmisji sygnałów, elastyczność konfiguracji sieci i bardzo uproszczoną realizację obsługi protokołu stosu. Transmisja jest realizowana wówczas m.in. w paśmie 2,4 GHz, dzięki czemu nie jest wymagane stosowanie centralnego punktu dostępowego [5, 7].

Jak widać wdrożenie komunikacji M2M spowoduje również wzrost poziomu inwigilowania zachowania ludzi, chociaż tak naprawdę to już dzisiaj mamy monitorowane miasta i operatorów śledzących na bieżąco rozwój sytuacji czy też kierowców poruszających się w samochodach wyposażonych w kamery do nagrywania sytuacji drogowej. Wydaje się, patrząc na założenia systemu radiokomunikacyjnego 5G, że jest to nieuniknione.



Rys. 2. Przykład komunikacji M2M w zastosowaniach transportowych

W związku z tym, że metod komunikacji M2M w miarę upływu czasu będzie przybywać jest potrzebne definiowanie różnych typów interfejsów do komunikacji M2M, dla systemów transportowych, które powinny się zmieniać w zależności od typu komunikatu M2M. Konieczne wydaje się więc rozwijanie i poszukiwanie nowych, zróżnicowanych interfejsów do komunikacji pomiędzy dwoma urządzeniami, stacjonarnymi i/lub mobilnymi, innych w przypadku łączności czujnika do czujnika, czy wtedy gdy mamy komunikację mobilnych urządzeń (np. terminali komórkowych) do urządzenia, ale także człowieka do maszyny. Ponadto wydaje się rozsądne, aby tworzyć oddzielne interfejsy dla przypadku, gdy zbieramy dane od wielu użytkowników (np. monitorowania floty pojazdów, ceny benzyny, korki), a inaczej, gdy będziemy monitorować dane dotyczące jednego obiektu (na przykład - jednego pojazdu).

## 2.2. PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ M2M W TRANSPORCIE

Komunikacja M2M ma bardzo szerokie zastosowania, a szczególnie w dziedzinie systemów transportowych. Należy podkreślić, że w chwili obecnej nie są znane wszystkie aplikacje M2M, gdyż zasadniczy rozwój tej technologii jest dopiero przed nami. Jednak już w tej chwili wiadomo, że M2M może zostać wykorzystana do:

- monitorowania przemieszczających się pojazdów (np. w przypadku flot pojazdów) co poprawi bezpieczeństwo kierowców, ładunku, ale również zwiększy komfort przedsiębiorcy i w jakimś stopniu zabezpieczy go przed działaniem nieuczciwych pracowników,
- monitorowania stanu technicznego pojazdów poprzez transmitowanie i analizowanie danych pochodzących z wielu sensorów (monitorujących zużycie paliwa, ciśnienia w oponach, poziomu oleju, zużycia klocków hamulcowych czy opon itp.),
- przesyłania informacji z sensorów dymu, termometrów, czujników czadu itp., co również poprawi bezpieczeństwo podróżowania,
- monitorowania poziomu baterii oraz pomiarów zużycia energii przez różne elementy,
- zbierania danych o liczbie przemieszczających się pojazdów, dzięki czemu możliwe będzie np. dostosowanie liczby otwartych bramek autostradowych do faktycznego zapotrzebowania,
- powiadamiania ludzi o zaistniałych wypadkach, kolizjach czy korkach,
- wspomagania automatyki przemysłowej,
- kontrolowania stanu towarów w kontenerach na statkach i na terminalu i alarmowanie np. w przypadku wykrycia zbyt wysokiej temperatury w kontenerach z żywnością,
- budowania systemów automatycznych płatności,
- kontrolowania łączności z dróżnikami i automatycznego, zdalnego zamykania szlabanów w przypadku braku odzewu ze strony dróżnika,
- zdalnego ostrzegania kierowców przed zbliżającymi się pociągami do niestrzeżonych przejazdów kolejowych, co w wielu sytuacjach może zapobiec tragedii (szczególnie w miejscach o ograniczonej widoczności),
- tworzenia zdalnych systemów obsługi pasażerskiej aktualizowanych na bieżąco (szczególnie w przypadku np. wypadków kolejowych czy problemów technicznych wynikających z warunków atmosferycznych),
- pomocy osobom niepełnosprawnym np. w formie wysyłania sygnałów, w formie komunikacji M2M, do obsługi pociągów o formie niepełnosprawności i oczekiwanej pomocy,
- wsparcie firm odpowiedzialnych za zimowe utrzymanie dróg,
- zdalne i automatyczne wyszukiwanie zerwanych linii energetycznych (np. po wichurach) dzięki czemu możliwe stanie się szybsze przywrócenie ruchu kolejowego czy tramwajowego

i wiele innych.



Co ciekawe komunikacja M2M wraz z sensorami do lokalizowania i monitorowania ruchu pojazdów może zostać wykorzystana w mniej standardowy sposób. Firmy ubezpieczeniowe planują, na podstawie pozyskanych danych z tych sensorów, dokonywać analizowania schematów poruszania się konkretnych pojazdów (np. prędkości ich poruszania się, miejsc, w których się one najczęściej poruszają (czy jest to duże miasto czy wieś), pór doby w których się one przemieszczają) i na tej podstawie określać składki ubezpieczeniowe. Te aplikacje M2M są już w tej chwili znane jako PAYD (ang. *Pay-As-You-Drive*) and PHYD (*Pass-How-You-Drive*), ale na szczęście jeszcze nie są one zbyt popularne.

Najważniejsze zastosowanie komunikacji M2M ma umożliwić rozwój systemów V2X (ang. *Automotive Vehicle-to-Everything*), o których będzie mowa w następnym rozdziale, których zasadniczym celem jest zminimalizowanie do minimum ryzyka kolizji drogowych.

### 3. KOMUNIKACJA V2X

W inteligentnych systemach transportowych, ogromny nacisk kładzie się na rozwój technologii radiowej transmisji danych M2M, opartej na koncepcji umożliwiającej wykorzystanie punktów pośredniczących w transmisji, w postaci różnych elementów infrastruktury drogowej, czyli np. samochodów. Generalnie dąży się do wdrażania systemów sterowania pojazdów (wyposażonych w szereg różnych czujników i systemów sterujących) w taki sposób, aby zminimalizować ryzyko kolizji. Gwałtowny rozwój takiej koncepcji nastąpił w ramach tzw. Inicjatywy Integracji Infrastruktury Pojazdów w 2003 roku i ustawy, na bazie której miała nastąpić budowa zautomatyzowanego prototypu inteligentnego systemu dla pojazdów wyposażonych w odpowiednie nowatorskie rozwiązania. System taki umożliwiałby im jazdę autostradą w sposób wydajny, bezpieczny i co najważniejsze przewidywalny [1, 8].

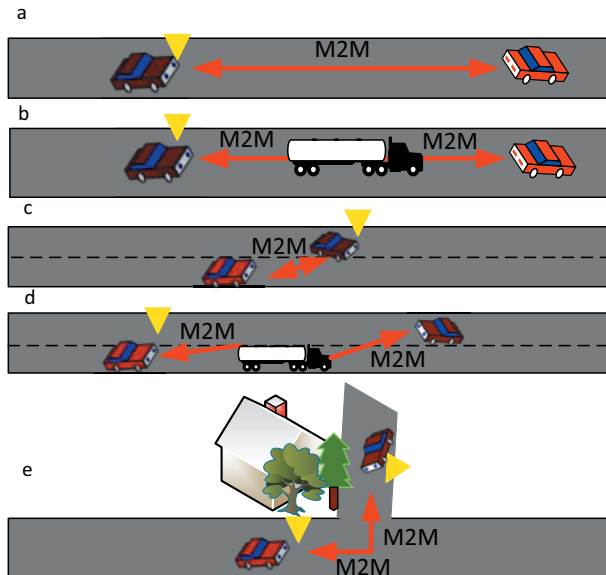
Do roku 2024 planowane do wdrożenia są różne typy tego rodzaju komunikacji radiowej, znane są pod wspólnym hasłem V2X (ang. *Automotive Vehicle-to-Everything*), czyli tzw. automobilowej komunikacji pojazdu z dowolnym elementem infrastruktury lub pod szczegółowymi nazwami podtypów tego rodzaju komunikacji V2V (ang. *Vehicle-to-Vehicle*), V2I (ang. *Vehicle-to-Infrastructure*), V2P (ang. *Vehicle-to-Pedestrian*), V2H (ang. *Vehicle to Home*), IN-V (ang. *In Vehicle Communication*) oraz tzw. komunikacji Car-to-X. Przy czym komunikacja V2V oznacza radiową wymianę informacji bezpośrednio między pojazdami, V2I to wykorzystanie możliwości wymiany informacji między przemieszczającymi się samochodami, a otaczającą je infrastrukturą. Tryb V2P to komunikacja między samochodami a pieszymi, natomiast V2H to transmisja danych między pojazdem a budynkami. Tryb In-V oznacza możliwość transmisji informacji pomiędzy różnymi czujnikami M2M i urządzeniami sterującymi zamontowanymi w pojeździe, dzięki którym jest możliwe np. parkowanie samochodu bez udziału kierowcy [1, 8].

Bardzo istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa w ruchu drogowym jest radiowy system komunikacji Car-to-X, który pomaga informować kierowcę z wyprzedzeniem o niebezpiecznych sytuacjach czyli np. może informować kierowcę o innym zbliżającym pojeździe jadącym pod prąd, ale również może informować kierowców o zbliżających się pojazdach



uprzywilejowanych (także tych, które zbliżają się do naszego pojazdu od tyłu, a na skrzyżowaniach również z bocznych dróg dojazdowych).

Na rys. 3 przedstawiono pięć najbardziej powszechnych przypadków potencjalnie kolizyjnej jazdy samochodów i możliwości wykorzystania aplikacji V2V. Rys. 3a przedstawia sytuację, w której dwa pojazdy poruszające się w tym samym kierunku, wymieniają informację za pomocą V2V i jeżeli dojdzie do zbyt szybkiego zbliżania się pojazdu do poprzedzającej go jednostki, to pojawią się sygnały ostrzegawcze, a w przypadku braku reakcji kierowcy uruchomi się procedura awaryjnego hamowania. Na rys. 3b przed i za pojazdem ciężarowym poruszają się pojazdy osobowe, które wzajemnie się nie widzą, ale za pomocą sygnałów V2V wiedzą o swoim istnieniu (pojazd ciężarowy w tym przypadku komunikuje się z jednym i z drugim pojazdem osobowym). Na rys. 3c jeden z pojazdów postanawia zmienić pas ruchu i jest ostrzeżony o tym, że po tym pasie już porusza się inny pojazd i należy zachować szczególną ostrożność (jest to ważne w przypadku, gdy pojazd jadący prawym pasem znajduje się w tzw. „martwym punkcie” i nie widać go w lusterku). Czwarta sytuacja (rys. 3 d) pokazuje, jak dzięki wymianie sygnałów, pojazd zamierzający wyprzedzić jest poinformowany o tym, że może dojść do zderzenia czołowego. Na ostatnim rys. 3e – pojazdy wiedzą o swoim istnieniu tylko dzięki komunikacji V2V, gdyż nie mają bezpośredniej widoczności. Taka wiedza jest szczególnie istotna, gdy jednym z pojazdów jest pojazd uprzywilejowany poruszający się ze znaczną prędkością [8]. Sieć bezpieczeństwa opiera się na zasadzie takiej, że każdy pojazd wyposażony w ten system może jednocześnie i samodzielnie wysyłać i odbierać sygnały ostrzegawcze. Sygnały te są przesyłane np. za pośrednictwem WLAN bazującego na protokole IEEE802.11p/GSA [6].



Rys. 3. Przykłady scenariuszy kolizyjnych i działania aplikacji V2V [8]



W chwili obecnej zakłada się, że komunikacja V2V powinna się odbywać między pojazdami znajdującymi się w zasięgu do 300 metrów, aby możliwe było zidentyfikowanie potencjalnych zagrożeń, które mogą prowadzić do katastrofy, jeśli nie zostaną podjęte żadne działania kierowcy lub pojazdu. Dodatkowo, system V2V z założenia ma działać bez względu na pogodę, sposób oświetlenia, ale również niezależnie od czystości czujników pojazdu oraz liczby tych pojazdów. Najnowsze rozwiązania gwarantują wymianę informacji także między pojazdami znajdującymi się względem siebie pod kątem, bez względu na zakręty, przeszkody czy np. budynki [4].

Organizacja 3GPP, w grudniu 2015 roku opublikowała raport techniczny TR 25.885 [1] (Release 14) dotyczący zastosowania systemu LTE-V do realizacji usług komunikacji V2X, a dokładnie do usprawnienia komunikacji między pojazdami, pojazdem a elementem infrastruktury drogowej, jak również pojazdem a terminalem niesionym przez pieszego czy też rowerzystę. Standard LTE-V pozwala na zdefiniowanie nowych wariantów transmisji dla różnorodnych, niewdrożonych do tej pory usług, takich jak np.:

- adaptacyjny tempomat – sterowany przez innych uczestników ruchu, w zależności od natężenia ruchu i np. warunków atmosferycznych,
- zdalnie generowane ostrzeżenia przed korkami, które w wielu sytuacjach mogą stanowić potencjalne zagrożenie,
- System Automatycznego Parkowania (APS – Automatic Parking System) – planowane jest, że APS umożliwi dodatkowo kierowcy rezerwację miejsca parkingowego, pokieruje go do tego miejsca za pośrednictwem aplikacji nawigacyjnej i umożliwi dokonanie opłaty za parkowanie.

## 4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono szeroki wachlarz przykładów komunikacji M2M w zastosowaniach transportowych. Pokazano, że w miarę rozwoju tej metody komunikacji jest nadzieja, przede wszystkim, na znaczną poprawę bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Szczególnie dużą nadzieję można pokładać w systemach V2X, których wdrożenie według szacunkowych danych może o kilkadziesiąt procent zmniejszyć ryzyko wystąpienia kolizji.

W pracy scharakteryzowano również nowy standard transmisji radiowej LTE-V, który jest w chwili obecnej definiowany i przygotowywany do wdrożenia i realizacji komunikacji V2X [1]. Już teraz wiadomo, że będzie to mocno rozwijana technika komunikacji, gdyż dzięki niej możliwe będzie takie kształtowanie charakterystyk systemowych, aby zapewnić niezawodność przesyłania komunikatów (zwłaszcza tych związanych z niebezpieczeństwem na drodze) i dzięki temu unikać kolizji, a więc chronić życie i zdrowie ludzkie. W najbliższej przyszłości praktycznie wszystkie elementy infrastruktury drogowej, morskiej, lotniczej czy kolejowej będą elementami pośredniczącymi w komunikacji M2M.

Na postawie przeprowadzonej analizy można jednoznacznie stwierdzić, że komunikacja M2M to rewolucja w komunikacji, dzięki której będzie można np. skutecznie unikać kolizji samochodów, statków, samolotów czy pociągów, monitorować stan techniczny wszelkich





pojazdów, usprawniać ruch oraz przewóz ludzi i towarów zarówno w transporcie samochodowym, lotniczym, kolejowym, jak również morskim.

### Bibliografia

1. 3GPP TR 22.885 v 14.0: Study on LTE support for Vehicle to Everything (V2X) services, grudzień 2015.
2. ETSI TS 102 689 v 1.1.1 (2010-08), Machine to Machine communications (M2M); M2M service requirements, sierpień 2010.
3. ETSI TS 102 690 v.1.1.1 (2011-10), Machine to Machine communications (M2M), Functional architecture, październik 2010.
4. Guo J., Balon N.: Vehicular Ad Hoc Networks and Dedicated Short-Range Communication, 2015
5. Konreddy R.: 4G+IPv6=Rewolucja M2M. Elektronika praktyczna, 2013.
6. Statement of Nathaniel Beuse, Associate Administrator for Vehicle Safety Research, National Highway Traffic Safety Administration, Before the House Committee on Oversight and Government Reform Hearing On :The Internet of Cars., listopad 2015.
7. U.S. Department of Transportation, Connected Vehicle Insights, Trends in Machine-to-Machine Communications. Technology Scan and Assessment Final Report, October 2011.
8. Vehicle-to-Vehicle Communications., Readiness of V2V Technology for Application”. DOT HS 812 014, NHTSA sierpień 2014.

### M2M COMMUNICATION IN TRANSPORT APPLICATIONS

**Summary:** In the paper the principle of M2M communication in transport systems is presented. An exemplary structure of typical network with M2M communication is presented. Next, the examples of M2M applications in transport are mentioned. Also, the V2X technique of radio communication for improving the road safety is discussed. In the last part of the paper new system proposal to apply the LTE-V technology for the V2X service is characterized.

**Keywords:** M2M, V2X, sensors

