

INFORMACJA W SAMOCHODOWYM SYSTEMIE BEZPIECZEŃSTWA Z FUNKCJĄ „e-Call”

DARIUSZ ŻARDECKI¹, BOGUSŁAW PIJANOWSKI²

Wojskowa Akademia Techniczna, Przemysłowy Instytut Motoryzacji

Streszczenie

W artykule została omówiona koncepcja samochodowego systemu bezpieczeństwa (SSB) z funkcją automatycznego powiadamiania o wypadku: „e-Call”, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki generowania, przepływu i analizy informacji w systemie.

Wg koncepcji w skład SSB wchodzi zestaw czujników, kamera cyfrowa, (lub układ kamer), urządzenie pozycjonowania pojazdu typu GPS, procesor z pamięcią stałą i interfejsem obsługi informatycznej, włącznik ręcznego uruchamiania powiadamiania oraz urządzenia nadawczo-odbiorcze telefonii GSM służące do komunikacji z Centrum Monitoringu, gdzie inicjowane są akcje pomocy poszkodowanym w wypadkach drogowych. Istotną cechą systemu jest autonomiczny moduł pomiarowy zawierający zarówno standardowe dla systemów e-Call czujniki przebiegów opóźnień dotyczących zdarzeń drogowych, jak również czujniki umożliwiające stwierdzenie zatonięcia czy pożaru pojazdu. Informacja z czujników modułu pomiarowego może być uzupełniona o dane z czujników zainstalowanych bezpośrednio w pojeździe. Proponowany ogólny model struktury danych charakteryzujących wypadek, zakłada wykorzystanie specjalnych syntetycznych wskaźników tworzonych automatycznie na bazie sklasyfikowanych sygnałów dostarczonych przez czujniki SSB. Ma to ułatwić właściwe i szybkie podejmowanie decyzji przez operatora z Centrum Monitoringu o zakresie koniecznej pomocy. W pracy przedstawiony jest przykładowy zestaw danych generowanych w SSB.

Słowa kluczowe: Inteligentne systemy transportowe, samochód inteligentny, samochodowy system bezpieczeństwa, e-Call, pakiet MSD generowanie, przepływ i analiza informacji

1. Wstęp

Informacja generowana w samochodowym systemie bezpieczeństwa z funkcją e-Call jest kluczem dla efektywności automatycznego powiadamiania o wypadku.

Celem niniejszej pracy jest przybliżenie problematyki samochodowych systemów bezpieczeństwa z funkcją e-Call, a zwłaszcza kwestii teoretycznych dotyczących generowania, przepływu i analizy informacji.

¹ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, ul. Gen. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, e-mail: dzardecki@wat.edu.pl

² Przemysłowy Instytut Motoryzacji, ul Jagiellońska 55, 03-301 Warszawa, e-mail: d.pijanowski@pimot.org.pl, tel. 22 777 70 02

Zakres pracy można określić jako wprowadzenie (z podaniem pewnej liczby odniesień literaturowych) do tej tematyki wraz z opisem koncepcji systemu wykorzystującego oryginalny sposób tworzenia informacji opartej na pomiarach z czujników i wysyłanej do centrum monitoringu.

2. Samochodowe systemy bezpieczeństwa

Zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, jakie towarzyszą motoryzacji, stymulują rozwój układów podnoszących bezpieczeństwo czynne (przedwypadkowe) i bierne (po-wypadkowe) samochodów i ich użytkowników. Sprzyja temu rozwój techniki, a zwłaszcza osiągnięcia w dziedzinie czujników wielkości mechanicznych, radarów, lidarów, kamer cyfrowych, systemów pozycjonowania opartych na GPS (Global Positioning System), systemów radiowej transmisji danych (zwłaszcza GSM – Global System for Mobile Comunication), przetworników sygnałów, mikroprocesorów i komputerów z oprogramowaniem do przetwarzania danych w czasie rzeczywistym, sieci transmisji danych (zwłaszcza sieci lokalnej CAN – Control Area Network), a także precyzyjnie działających serwomechanizmów i innych urządzeń wykonawczych. Na bazie wymienionych tu elementów opracowano szereg układów i systemów mechatronicznych realizujących wycinkowe zadania monitoringu i sterowania automatycznego w pojeździe [1], [7], [10]. Zwraca się uwagę, iż w wielu przypadkach systemy te mają różne nazwy fabryczne, mimo iż realizują w istocie te same funkcje. Np. system stabilizacji toru jazdy, znany przede wszystkim pod nazwą ESP zastrzeżoną dla firmy Bosch, występuje także jako ESC, ASC itd. Do wyjątków możemy zaliczyć tu nazwę ABS stosowaną dla różnych firmowych rozwiązań układu zapobiegającego blokowaniu się kół podczas hamowania.

Układy i systemy mechatroniczne podnoszące bezpieczeństwo samochodu podlegają coraz większej integracji. Przykładem może być system ESC II [11], który oprócz podstawowych funkcji stabilizacji toru jazdy poprzez hamowanie i napęd, ma sprzężenia ze sterownikami aktywnego układu kierowniczego oraz aktywnego układu zawieszenia. Integracji układów i systemów bezpieczeństwa samochodu sprzyja występowanie w nich często tych samych sygnałów pomiarowych.

Integracja wycinkowych układów i systemów bezpieczeństwa samochodu jest podstawą kompleksowych rozwiązań systemowych w zakresie wspomagania pracy kierowcy, a nawet automatycznego kierowania. Przykładem kompleksowego systemu podnoszącego bezpieczeństwo samochodu jest rozwiązanie APIA (Active Passive Integration Approach) [12]. System ten wiąże układy automatyki bezpieczeństwa czynnego i biernego. Samochód wyposażony w system APIA potrafi uniknąć wypadku samoczynnie hamując, a w przypadku, kiedy kolizji nie da się uniknąć, zabezpieczy pasażerów poprzez wcześniejsze przygotowanie napinaczy pasów, poduszek, ustawienie foteli w optymalnej pozycji oraz zamknięcie okien. Główną częścią systemu jest moduł kontroli zagrożenia, gdzie wszystkie dane z czujników i kamer są zbierane i analizowane. W każdej chwili, kiedy samochód jest w ruchu, moduł ten oblicza chwilowy stopień ryzyka i określa prawdopodobieństwo kolizji. Wraz ze wzrostem ryzyka kolizji uaktywniane są kolejne elementy bezpieczeństwa – począwszy od ostrzeżeń dla kierowcy, a kończąc na aktywacji napinaczy i poduszek.

Zastosowanie obok urządzeń pokładowych także systemów telematycznych „sprzęgających sygnałowo” dany pojazd z innymi uczestnikami ruchu drogowego (systemy V2V – Vehicle to Vehicle) oraz z infrastrukturą drogową (systemy V2I – Vehicle to Infrastructure), pozwoli zrealizować w pełni ideę „samochodu inteligentnego”, zapewniającego nie tylko automatyczne kierowanie, ale także w pełni komfortowe warunki podróżowania, a w przypadkach zaistnienia nadzwyczajnych zdarzeń – minimalizację ich negatywnych skutków. Prace nad takimi pojazdami prowadzone są w ośrodkach badawczo – konstrukcyjnych, w ramach takich projektów jak PATH czy też PROMETHEUS [9].

Pojęcie „samochód inteligentny” wiąże się niewątpliwie z pojęciem „sztuczna inteligencja” wprowadzonym ponad pół wieku temu w automatyce i robotyce, a także z terminem „Inteligentne Systemy Transportowe” (ang. Intelligent Transportation Systems – ITS) obejmującym całościowo problematykę zastosowań telekomunikacji, informatyki, sensoryki i automatyki w środkach transportu, terminem zaakceptowanym na pierwszym światowym kongresie ITS w Paryżu, w 1994 roku.

W potocznym rozumieniu „samochód inteligentny” (zwany też „autonomicznym”), to pojazd mogący poruszać się po drodze samodzielnie albo z bardzo małym zaangażowaniem kierowcy. O nieodległej perspektywie pojawienia się takich pojazdów na drogach świadczą nie tylko liczne udane prototypowe rozwiązania [9], ale także postanowienia administracyjne i rządowe. Można mniemać, iż za kilkanaście lat samochody autonomiczne nie będą tylko ciekawostką techniczną, a za kilkadziesiąt lat ręczne kierowanie pojazdem będzie dozwolone jedynie na specjalnie wyznaczonych drogach, co przypomni nam analogiczne obostrzenia dotyczące transportu konnego.

Uwzględniając całościowo problematykę bezpieczeństwa ruchu drogowego, termin „samochód inteligentny” winien dotyczyć nie tylko automatycznego kierowania, ale także obejmować automatyzację innych obszarów związanych z eksploatacją pojazdu. Automatyzacja przeciwdziałania negatywnym następstwom zdarzeń drogowych wynikających z kolizji, wypadków, pożarów itp. sytuacji (które w dalszej perspektywie, dzięki inteligencji systemów bezpieczeństwa czynnego będą wyjątkowo rzadko występować) jawi się przy obecnym poziomie techniki samochodowej i obecnym stanie rozwoju masowej motoryzacji, jako zagadnienie pierwszoplanowe. Samochodowy system bezpieczeństwa (SSB) z funkcją automatycznego powiadamiania o tragicznym w skutkach zdarzeniu drogowym to koncepcja, która wpisuje się doskonale w ideę „samochodu inteligentnego”.

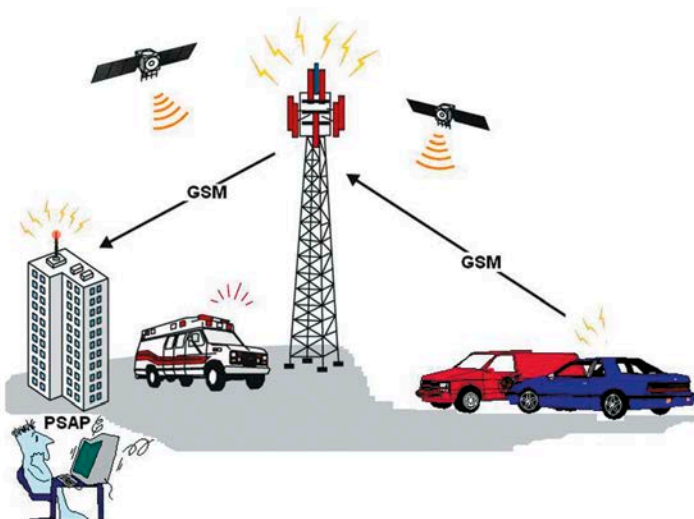
W niniejszej pracy pod pojęciem „samochód inteligentny” rozumiany jest samochód wyposażony w środki automatycznego powiadamiania o wypadku.

3. Powiadamianie o wypadku z wykorzystaniem telefonii komórkowej; System e-Call

Powiadanie o wypadku jest ważnym elementem systemu bezpieczeństwa dla podróżujących samochodem oraz innych uczestników ruchu drogowego. Wedle dotychczas stosowanych rozwiązań powiadanie o wypadku drogowym dokonuje się poprzez

standardowe wykorzystanie telefonii komórkowej (nr alarmowy 112). Niektórzy producenci samochodów wyposażają także swoje pojazdy, zwłaszcza luksusowe, w specjalne systemy automatycznie powiadamiające centra służb ratowniczych. Np. BMW we współpracy z siecią telefonii komórkowej Vodafone oferuje dla swoich pojazdów portal internetowy obsługujący on-line wielorakie usługi z assistance, nawigacją i telefonią pokładową, w tym funkcję automatycznego powiadomienia o wypadku. Własne rozwiązania proponują także inni producenci, jak Volvo, GM, PSA, Fiat. Firma Subaru Import Polska wprowadziła w 2008 roku dla wszystkich sprowadzanych samochodów system ISR (Inteligentny System Ratunkowy). System ten aktywowany jest automatycznie, gdy mierzone czujnikami opóźnienia (pomiar 3D) przekraczają wartości dopuszczalne, co świadczy o zdarzeniu (czołowym / bocznym) lub wywrócenie się pojazdu. Lokalizacja zdarzenia dokonywana jest z wykorzystaniem pozycjonowania w systemie GPS. Za pomocą transmisji GSM wysyłane są do Centrum Monitoringu kolejno trzy SMS-y z pakietem informacji (marka, model, kolor, numer rejestracyjny, nazwisko właściciela oraz numery telefonów komórkowych wcześniej udostępnionych), które inicjują dalszą procedurę. System ISR ma także konsolę z zestawem głośnomówiącym, co zapewnia niezależny kontakt głosowy z Centrum Monitoringu, a także połączenie z numerem alarmowym 112. Po otrzymaniu SMS dyżurny Centrum Monitoringu próbuje nawiązać kontakt głosowy z kierowcą i powiadamia służby ratunkowe. Przedstawione tu przykłady dotyczą rozwiązań cząstkowych i są jeszcze mało popularne (w Europie zaledwie ok. 0,5% samochodów jest sprzężonych z centrami ratunkowymi).

Alternatywą jest jeden wspólny dla wszystkich marek i krajów system automatycznego powiadamiania o wypadkach. System taki o nazwie e-Call (ang. Emergency Call) rozwijany jest pod auspicjami Komisji Unii Europejskiej od 2008 roku w ramach inicjatywy e-Safety zmierzającej do poprawy bezpieczeństwa na drogach Europy. Jego wdrożenie w krajach



Rys. 1. Schemat ideowy funkcjonowania systemu e-Call

Unii Europejskiej przewiduje się na rok 2014. Wówczas wszystkie nowo rejestrowane samochody w UE będą obowiązkowo wyposażane w ten system. Szacuje się, iż dzięki e-Call o połowę zostanie skrócony czas oczekiwania na pomoc, co pozwoli także zmniejszyć o ok. 15% szkody ponoszone w następstwie wypadków drogowych. System e-Call traktowany jest jako znaczące uzupełnienie funkcjonującego już systemu E112 połączeń alarmowych głosowych, zawierających lokalizację użytkownika. Jest on realizowany przez operatorów sieci GSM oraz władze publiczne poszczególnych państw Unii Europejskiej.

System e-Call (rys. 1) działa na podobnej zasadzie, co opisany wcześniej ISR.

Kiedy dojdzie do wypadku drogowego, system zapewni połączenie GSM wysyłane ze specjalnego modułu IVS (In-Vehicle System) uszkodzonego pojazdu z najbliższym publicznym centrum monitorowania PSAP (ang. Public Safety Answering Point), działającym w ramach systemu sieci telefonów alarmowych E112. Po uruchomieniu połączenia ratunkowego (ręcznym – poprzez przycisk lub automatycznym – poprzez procesor na podstawie analizy danych z czujników) zostaje zestawione przez numer 112 bezpośrednie połączenie głosowe z operatorem PSAP i wysyłany jest pakiet informacji MSD (ang. Minimum Set of Data) określający pozycję pojazdu (długość i szerokość geograficzną), kierunek jazdy, czas, identyfikator VIN z danymi o pojeździe zgodnie wg ISO 3779 oraz status połączenia (ręczny / automatyczny). Przewiduje się, iż pakiet MSD może zawierać także dane rozszerzające zakres informacji podstawowych. Szczegółowy format MSD został określony w normie EN 15722 (tablica 1).

Tabela 1. Format pakietu MSD

Name	Size (bytes)	Type	Validation	Description
Control	1	Integer	no	Bit7: Automatic activation Bit6: Manual activation Bit5: Test call Bit4: No confidence in position Bit3-Bit0: Reserved
Vehicle identification	20	String	The number consist of 17 characters not including the letters I, O or Q.	VIN number according to ISO 3779
Time stamp	4	Integer	value ≥ 0	UTC seconds
Location	4	Integer	$-324000000 \leq \text{value} \leq 324000000$	Latitude (WGS-84) in milliarseconds
	4	Integer	$-648000000 \leq \text{value} \leq 648000000$	Longitude (WGS-84) in milliarseconds
	1	Byte	$0 \leq \text{value} \leq 255$	Direction in degrees. The nearest integer of $360.0 * \text{value} / 255.0$
Service provider	4	Byte[4]	IPv4 format or blank field	Service provider IP Address or blank field
Optional data	102	String	no	Further data (e.g. crash information) or blank field
Total bytes:	140			

Po zestawieniu połączenia głosowego operator PSAP podejmie próbę rozmowy, a następnie organizuje akcję ratunkową z użyciem pogotowia, straży pożarnej itp.

Powiadomienie głosowe o wypadku z wysłaniem pakietu MSD wymaga wprowadzenia specjalnych rozwiązań technicznych w zakresie telefonii GSM. Możliwe są tu różne rozwiązania szczegółowe, począwszy od zastosowania pełnej rozdzielności, tak jak w systemie ISR, aż po rozwiązanie, w którym cyfrowy sygnał mowy i pakiet MSD wysyłane są równolegle, w tym samym kanale głosowym. Rozwiązanie z pełną rozdzielczością jest prostsze, ale trudniejsze organizacyjnie zważywszy na fakt wykorzystania w transmisji standardowych sieci GSM. Nowatorska koncepcja równoległego wysyłania sygnału mowy i pakietu MSD, opisana m.in. w pracy [2], zakłada wykorzystanie techniki „in-band modem”. Takie rozwiązanie jest bardzo korzystne z punktu widzenia organizacji sieci GSM (a to bardzo ważne z uwagi na koszty przedsięwzięcia), bowiem de facto nie różni się w obsłudze operatorskiej od zwykłych połączeń telefonicznych. Od strony technicznej takie rozwiązanie wymaga jednak wykorzystania specjalnych modemów, które umożliwiają w pojeździe „nałożenie” na zakodowany cyfrowo sygnał mowy zakodowanego pakietu MSD, a następnie ich „rozłożenie” w centrum monitoringu. Rozwiązanie oparte na technice „in-band modem” jest już dostępne na rynku i występuje też w dokumentach standaryzacyjnych systemu e-Call.

Ważną kwestią dotyczącą technicznej i organizacyjnej strony powiadomienia jest zapewnienie wiarygodności i dokładności przesyłu zakodowanych cyfrowo danych. W związku z tym normy e-Call przewidują, iż transmisja będzie kilkukrotnie automatycznie powtarzana, aż do uzyskania pewności przez centrum monitorowania, co do jej bezwzględnej poprawności.

Bardziej szczegółowe informacje przybliżające zagadnienia techniczne dotyczące nadawania i odbioru sygnałów w systemie e-Call znaleźć można w pracy [2], gdzie prezentowane są też prototypowe moduły GSM w standardzie „in-band modem” zarówno dla IVS, jak i dla PSAP.

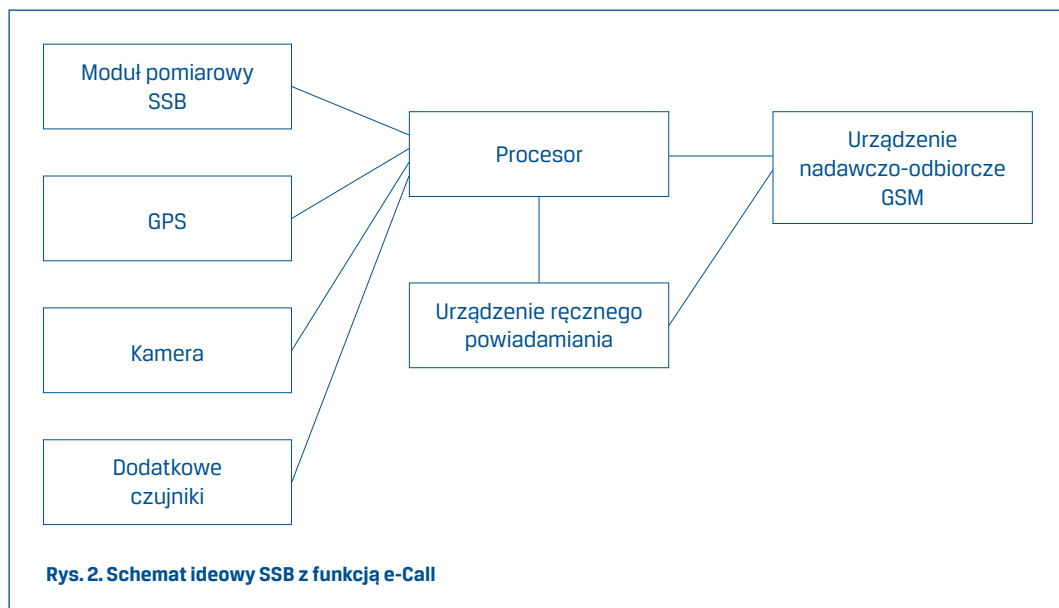
Problematyka e-Call (prawna, organizacyjna i techniczna, w tym kwestie standardów i norm) jest szeroko naświetlona w licznych publikacjach i opisana na stronach internetowych. Cytowane tu prace [2], [3], [5], [6], [8] stanowią przykłady interesujących publikacji polskich autorów, bowiem wielowątkowa problematyka e-Call podejmowana jest w kilku krajowych ośrodkach naukowo-badawczych.

W niniejszej pracy odnosimy się przede wszystkim do zagadnień związanych z pokładowymi urządzeniami systemu e-Call w samochodzie „inteligentnym”, dlatego też nasza uwaga skupiona będzie nie na stronie techniki przesyłu informacji, lecz na kwestiach jej zawartości w pakiecie MSD.

4. Samochodowy system bezpieczeństwa z funkcją e-Call w pojeździe „inteligentnym”

Samochodowy system bezpieczeństwa (SSB) z funkcją e-Call to zespół środków technicznych i oprogramowania służących do automatycznego wykrywania sytuacji wypadkowych oraz do automatycznego powiadomienia o wypadku wraz z wygenerowaniem pakietu MSD.

W skład SSB wchodzi (rys. 2) zestaw czujników (czujniki w module pomiarowym plus czujniki dodatkowe), kamera cyfrowa (lub układ kamer), urządzenie pozycjonowania pojazdu typu GPS, procesor z pamięcią stałą i interfejsem obsługi informatycznej, włącznik ręcznego uruchamiania powiadomienia oraz urządzenia nadawczo-odbiorcze telefonii GSM.



Rys. 2. Schemat ideowy SSB z funkcją e-Call

Rolą czujników jest dostarczanie danych podstawowych – do identyfikacji sytuacji wypadkowej oraz danych dodatkowych – dla pakietu MSD. Przewiduje się zdublowanie czujników inicjujących powiadomienie, dzięki czemu niepomierne wzrośnie wiarygodność działania systemu. Kamera cyfrowa zapewnia poklatkową informację wizyjną. Urządzenie typu GPS umożliwia dokładną lokalizację samochodu z podaniem kierunku jazdy. Procesor SSB zawiadując informatycznie systemem SSB, realizuje on-line kilka szczegółowych zadań. Przede wszystkim pełni funkcję analizatora danych i komparatora, który sprawdza na bieżąco poziomy sygnałów pomiarowych, aby w przypadku stwierdzenia przekroczenia wartości dopuszczalnych załączyć urządzenie nadawcze GSM, inicjując tym automatyczne powiadomienie o wypadku. Jednocześnie procesor dokonuje przetwarzania danych służących wygenerowaniu pakietu MSD. W tym zakresie procesor SSB bezpośrednio współdziała z innymi urządzeniami telematyki, informatyki i automatyki zainstalowanymi w samochodzie (urządzenie pozycjonowania GPS, sterowniki ABS, ESP, „czarna skrzynka” itp.). Dzięki pamięci stałej, w trybie on-line zapisywane są i (przy braku powiadomienia o wypadku) po kilku sekundach kasowane wszystkie dane z czujników występujących w systemie, jak również kolejno zarejestrowane obrazy z kamery. W trybie off-line procesor wykorzystany jest w diagnostyce systemu oraz w tworzeniu raportów, np. dla celów dokumentacji powypadkowej. Kodowanie danych tekstowych (identyfikator VIN, dane dodatkowe dotyczące właściciela pojazdu) realizowane będzie poprzez interfejs użytkownika albo łączem teleinformatycznym. Urządzenie ręcznego powiadomienia inicjujące zestawione połączenie telefoniczne pod numer 112 jest specjalnym włącznikiem zabezpieczonym

przed nieumyślnym użyciem. Urządzenie nadawczo-odbiorcze GSM to specjalistyczny telefon komórkowy wyposażony w modem typu „in-band” oraz w zestaw głośnomówiący.

W dalszych rozważaniach zajmiemy się identyfikacją wypadku oraz zawartością danych dodatkowych w pakiecie MSD. Są to kwestie zasadnicze dla koncepcji SSB.

Do stwierdzenia faktu zderzenia lub wywrotki wykorzystywane będą dane z trójosiowych czujników opóźnienia zainstalowanych w wydzielonym module pomiarowym SSB. Takie autonomiczne rozwiązanie jest proste w realizacji i nie wymaga ingerencji w przyłącza do czujników z innych dostępnych systemów kontrolno-pomiarowych samochodu. Wykorzystanie do inicjacji powiadomienia sygnałów z czujników występujących już w pojeździe jest przecież problematyczne. Zauważmy, że wiele samochodów starszych roczników nie ma takiego wyposażenia, a pojazdy obecnie produkowane mają obligatoryjnie jedynie czujniki przyspieszenia bocznego (opóźnienie wzdłużne występujące w systemie ABS jest estymowane, a nie mierzone), co nie wystarcza dla identyfikacji opóźnień w ujęciu 3D. Praktycznie jedynie samochody luksusowe, wyposażone w zaawansowane (lecz nieobligatoryjne) systemy bezpieczeństwa czynnego, jak „Cruise Control” czy też „Rollover Protection” mogłyby wypełnić takie wymagania. Wykorzystanie do inicjacji powiadomienia o zderzeniu wyłącznie sygnałów pochodzących z uruchomienia poduszek wydaje się także nietrafne, zwłaszcza że znane są przykłady ich przypadkowego zadziałania. Generalnie, zważywszy na możliwości czujników opóźnień, obecność w algorytmie inicjacji e-Call sygnałów z czujników bezpieczeństwa biernego (poduszki, napinacze pasów, zagłówki) wydaje się być drugorzędna, co nie umniejsza ważności tych informacji w fazie analizy zdarzenia, a więc w pakiecie MSD.

W dotychczasowych rozważaniach dotyczących inicjacji powiadomienia o wypadku brane były pod uwagę te, które kończyły się zderzeniem lub wywróceniem samochodu. Groźne w skutkach zdarzenia drogowe mogą też być inne, nie zawsze związane z bardzo dużym opóźnieniem pojazdu. Do takich zdarzeń zaliczyć należy gwałtownie zaistniałe „żywioty” – pożar pojazdu, zablokowanie w zadymionym tunelu czy zatonięcie. Dlatego też do zestawu czujników w module SSB samochodu „inteligentnego” dodane są jeszcze 3 czujniki: czujnik ognia, czujnik dymu o dużym stężeniu oraz czujnik zalania.

Przy takim rozwiązaniu, w autonomicznym module pomiarowym systemu SSB znalazłoby się 6 czujników (3 czujniki opóźnień plus 3 czujniki „żywiotów”) oraz ich dublerzy, co gwarantowałoby wykrycie praktycznie każdej sytuacji wypadkowej.

Oddzielną, a kluczową dla niniejszej pracy kwestią, jest struktura danych dodatkowych w pakiecie MSD (struktura danych podstawowych w pakiecie MSD dotyczących miejsca i czasu wypadku, VIN oraz sposobu powiadomienia jest ściśle opisana w normie EN 15722). Informacja dodatkowa w MSD powinna ułatwić podjęcie właściwej i szybkiej decyzji przez operatora w centrum monitoringu PSAP. Operator PSAP decyduje, jakie służby ratunkowe (pogotowie, straż pożarna) i z jakim specjalistycznym sprzętem (np. do rozcinania blach, do gaszenia pożaru, do nurkowania, do transportu rannych itp.) mają natychmiast interweniować w miejscu wypadku. Operator musi więc dowiedzieć się jak najwięcej o przebiegu i skutkach wypadku, w tym przede wszystkim o liczbie osób poszkodowanych i stanie ich zdrowia. Oczywiście, podstawą tych informacji powinna być rozmowa telefoniczna.

Jednak w najbardziej dramatycznych scenariuszach może dojść do wnioskowania jedynie w oparciu o dodatkowe informacje przesłane w pakiecie MSD.

Podstawą dodatkowej informacji w pakiecie MSD powinny być dane z czujników autonomicznych SSB inicjujących powiadomienie o wypadku. Nie oznacza to bynajmniej, iż do centrum monitoringu przesyłane będą wartości zarejestrowanych sygnałów pomiarowych. Dzięki procesorowi SSB dane z czujników inicjujących powiadomienie będą przetworzone tak, aby do centrum PSAP wysyłana była w pakiecie MSD syntetyczna informacja o rodzaju i klasie („ciężkości”) wypadku w postaci odpowiednich wskaźników. Do wygenerowania wartości wskaźnika klasy zderzenia zastosowane będą znane kryteria przypisujące klasę zderzenia do poziomu opóźnień. Oczywiście w wyznaczeniu klasy brane będą pod uwagę wskazania czujnika i jego dublera. W przypadku, gdy wskazania tych czujników znacznie by się różniły, uruchamiana będzie w procesorze procedura weryfikująca i odrzucająca dane mniej pewne.

W określeniu informacji dodatkowej pomocne są także specjalne czujniki zainstalowane na zewnątrz modułu pomiarowego SSB. Mogą to być czujniki zgniotu blach, czujniki obciążenia foteli, czujniki funkcji życiowych kierowcy i pasażerów itd. (do tych kwestii wrócimy w dalszej części tego punktu). Wydaje się jednak, iż najprostszym, a zarazem skutecznym rozwiązaniem, będzie tu kamera cyfrowa przekazująca obraz wnętrza kabiny pojazdu. Skompresowany obraz (lub kilka obrazów tworzących sekwencję) wysłany jako MMS do centrum monitoringu, powinien dostarczyć operatorowi dostatecznie dużo informacji na temat przebiegu wypadku oraz liczby i stanu jego uczestników. Zauważmy przy tym, że ewentualna identyfikacja liczby podróżujących bez użycia dodatkowego osprzętu (kamera lub czujnik w fotelu), a jedynie na podstawie zarejestrowanych przebiegów opóźnień z czujników w module pomiarowym, może zapewnić dane co najwyżej szacunkowe.

Dla uzasadnienia tej tak ostro sformułowanej tu tezy posłużmy się przykładem, dotyczącym zaledwie próby identyfikacji masy samochodu na podstawie analizy zarejestrowanego przyspieszenia bocznego pojazdu. Rozważania prowadzone będą z wykorzystaniem tzw. „modelu rowerowego”. Jest to model o niewielkiej liczbie zmiennych i parametrów, ale stosunkowo dokładny, przez co powszechnie stosowany do opisu „dynamiki poprzecznej” samochodu. Taki model występuje też jako model referencyjny w algorytmach stabilizacji i sterowania automatycznego ruchem pojazdu. Zwraca się uwagę, iż systemy stabilizacji wymagają pomiaru przyspieszenia bocznego, prędkości kątowej odchylenia oraz kąta skrętu kół / kąta obrotu kierownicy. W naszym przypadku pomiar przyspieszenia bocznego jest przewidywany, a zatem warto rozważyć identyfikację masy z wykorzystaniem zarejestrowanych w pamięci procesora przebiegów przedwypadkowych, gdy spełniony był warunek stosowalności modelu – stała prędkość jazdy i niezbyt gwałtowne skręty kół.

Oznaczmy:

x, y – współrzędne w układzie lokalnym (związany z pojazdem)

θ – kąt odchylenia samochodu od toru drogi

φ – kąt skrętu kół

V – prędkość liniowa samochodu (tu stała)

M – masa samochodu (z kierowcą, pasażerami i bagażem)

J – moment bezwładności samochodu odniesiony do osi obrotu pojazdu

L_A, L_B – odległości osi kół przednich i tylnych od rzutu środka ciężkości
 K_A, K_B – współczynniki odporności na znoszenie dla osi kół przednich i tylnych

Równania ruchu wyrażają się następująco [4]:

[4]:

$$M\ddot{y}(t) + \frac{K_A + K_B}{V} \dot{y}(t) + \frac{K_A L_A - K_B L_B + MV}{V} \dot{\theta}(t) = K_A \varphi(t)$$

$$J\ddot{\theta}(t) + \frac{K_A L_A - K_B L_B}{V} \dot{y}(t) - \frac{K_A L_A^2 + K_B L_B^2}{V} \dot{\theta}(t) = K_A L_A \varphi(t)$$

Równania ruchu pozwalają wygenerować charakterystyki czasowe zmiennych modelu dla różnych przebiegów $\varphi(t)$ oraz różnych parametrów $V, M, J, L_A, L_B, K_A, K_B$.

Na podstawie przedstawionych równań można wyznaczyć transmitancje wiążące transformaty sygnałów odpowiedzi z transformatą sygnału sterującego.

Występujące w formułach parametry transmitancyjne (współczynniki wzmocnienia, stałe czasowe itp.) stanowią dość skomplikowane zależności funkcyjne od parametrów fizycznych $V, M, J, L_A, L_B, K_A, K_B$.

Transmitancje modelu nie zależą od postaci wymuszenia $\varphi(t)$, są więc szczególnie przydatne w identyfikacji nieznanymi parametrów. Identyfikację taką można przeprowadzić wykorzystując odpowiadające transmitancjom ich charakterystyki częstotliwościowe – amplitudowe i fazowe - z wykorzystaniem standardowych procedur obliczeniowych stosowanych w automatyce.

Załóżmy, że przebiegi zmiennych modelu są zarejestrowane i że znane są charakterystyki częstotliwościowe odpowiadające transmitancjom modelu rowerowego samochodu. Zdawać by się mogło, że wyznaczenie właściwej wartości masy M nie stanowi problemu obliczeniowego, jeśli tylko zastosowane będą odpowiednie procedury identyfikacji parametrycznej. Niestety, od masy M uzależnione są bezpośrednio lub pośrednio także: moment bezwładności J oraz współczynniki K_A i K_B , co oznacza, że faktycznie $J = J(M)$, $K_A = K_A(M)$, $K_B = K_B(M)$. Zauważmy też, iż oprócz wypadkowej wartości masy M ważny jest jej rozkład w pojeździe. Od niego zależą parametry L_A i L_B oraz K_A i K_B . Przy tej samej masie M inne parametry L_A i L_B oraz K_A i K_B uzyskamy dla obciążonych tylko foteli przednich, a inne dla obciążonych foteli przednich i tylnych, czy też bagażnika. Oczywiście można by zakładać, że w pamięci procesora SSB w „inteligentnym” samochodzie zebrane będą odpowiednie charakterystyki referencyjne dla szeregu wariantów wartości masy i jej przestrzennego rozłożenia i dla różnych wariantów prędkości jazdy. Przy takim założeniu, odpowiedni program realizowany w procesorze SSB estymowałby (np. w cyklu po każdym otwarciu drzwi) hipotetyczną masę pasażerów oraz bagażu i na tej podstawie szacowałby różne warianty liczby osób uczestniczących w wypadku. Wydaje się jednak, iż tak niepewna informacja byłaby mało przydatna dla operatora z PSAP.

Kolejną ważną dla operatora z PSAP informacją zdaje się być odpowiedź na pytanie, czy przed wypadkiem kierowca działał aktywnie, czy też pojazd przemieszczał się bez sterowania. Przy pasywnym zachowaniu można wnioskować o niedyspozycji kierowcy, np. spowodowanej udarem, czy też zawałem serca. Takie wnioskowanie istotnie wpłynęłoby na lepsze zorganizowanie pomocy medycznej. W celu uzyskania informacji o aktywności kierowcy, do wykorzystania są sygnały z innych systemów sterowania, zwłaszcza z ABS i ESP. W torach sygnałowych tych systemów występują bowiem sygnały wskazujące na użycie hamulca (ABS), czy też kierownicy (ESP). Oczywiście taka informacja musi być bardzo syntetyczna (wskaźnikowa) z uwagi na ograniczenia pakietu MSD.

W przypadku „bardzo inteligentnej” wersji systemu SSB, pakiet MSD mógłby zawierać bezpośrednie informacje o stanie funkcji życiowych kierowcy i pasażerów, informacje zaczerpnięte ze specjalnych czujników, w jakie wyposażone byłyby fotele, zagłówki, czy też pasy. W pewnych przypadkach dotyczących podróży (a zwłaszcza kierowcy) ze schorzeniami w pakiecie MSD mogłyby się znaleźć także dane wskazujące na rodzaj schorzenia.

W dotychczasowych rozważaniach dotyczących informacji dodatkowej w pakiecie MSD wyeksponowana była kwestia stanu kierowcy i pasażerów. Nieco mniej istotną informacją dla przebiegu akcji ratunkowej wydaje się być stwierdzenie, w jakim stanie znajdował się pojazd tuż przed wypadkiem, a w jakim stanie po wypadku. Przy odpowiednim rozlokowaniu kamer informacja wizualna powinna spełnić oczekiwania operatora PSAP i ułatwić mu trafne decyzje odnośnie sugestii co do wyposażenia służb w sprzęt ratunkowy. Przy dobrym obrazie dodatkowe informacje pochodzące z czujników byłyby przydatne bardziej policji. Warto jednak mieć na uwadze wykorzystanie informacji z systemów automatyki samochodu, zwłaszcza że mogłyby one dodatkowo służyć ocenie poprawności działania modułu pomiarowego SSB. Z punktu widzenia analizy wypadku, na plan pierwszy wysuwa się, obok wskaźników opóźnień, informacja o prędkości liniowej samochodu tuż przed wypadkiem. Wielkość ta występuje w wielu systemach automatyki pokładowej. Zauważmy, że zainicjowanie przez czujnik opóźnienia powiadomienia o zderzeniu ze stosunkowo niewielką prędkością świadczyć będzie o uderzeniu w twardą przeszkodę (np. mur). Z kolei uderzenie ze znaczną prędkością wywołujące stosunkowo niewielkie (jak na tę prędkość) opóźnienie świadczyć będzie o uderzeniu w obiekt dobrze pochłaniający energię. Dla oceny skutków zderzeń niewątpliwie ważnymi będą informacje z czujników zgniotu, jeśli w takie czujniki będzie wyposażony pojazd oraz informacje o zadziałaniu poduszek, napinaczy pasów i zagłówków. Z uwagi na zawartość pakietu MSD informacje te powinny mieć formę wskaźnikową, a nie wartościową.

Zdaniem autorów inne informacje dotyczące stanu samochodu tuż przed wypadkiem, jak załączone światła, działający ABS, ESP, pracujący silnik itp. mogą wystąpić w pakiecie MSD (o ile znajdzie się dla nich miejsce) jako informacje drugorzędne.

W tym miejscu należy przywołać zapisy normy EN 15722. Całkowita długość pakietu MSD wynosi 140 bajty (1 bajt = 8 bitów), z czego na dane podstawowe przypada 38 bajtów, zaś na nieobligatoryjne dane dodatkowe – 102 bajty (tablica 1). Wg zapisów w/w normy dane dodatkowe stanowią łańcuchy alfanumeryczne tekstowe, które nie podlegają walidacji programowej.

Mając na uwadze: z jednej strony przedstawioną koncepcję SSB, z drugiej zaś ograniczenia odnośnie formatu pakietu MSD, celem jest możliwie efektywne rozdysponowanie „wolnych” 102 bajtów, tak aby operator PSAP otrzymywał najlepszą informację i mógł jak najszybciej zorganizować właściwą akcję ratunkową. Dodatkowa informacja zawarta w MSD w postaci syntetycznych wskaźników mogłaby znacząco uzupełnić obraz z kamery i ułatwić pracę operatora w centrum monitoringu PSAP.

5. Model informacji dodatkowej dla samochodowego systemu bezpieczeństwa z funkcją e-Call

Sformalizowany model informacji dodatkowej w systemie SSB jest niezbędny dla doprecyzowania (a nawet zautomatyzowania) zarówno syntezy danych dodatkowych w pakiecie MSD w IVS, jak i później dla ich odczytu i interpretacji w centrum monitoringu PSAP.

Na model ten składają się:

- Sygnały z czujników pomiarowych w chwili wypadku (S_i , $i = 1, 2, \dots$) określone poprzez ich klasy,
- Wskaźniki syntetyczne charakteryzujące wypadek (W_k , $k = 1, 2, \dots$) określone poprzez ich klasy i statusy,
- Relacje matematyczne między charakterystykami (klasy, statusy) sygnałów i wskaźników.

Wskaźniki syntetyczne tworzone są poprzez pewne zależności matematyczne (głównie logiczne) na podstawie analizy i klasyfikacji odpowiednich sygnałów.

Model SSB zależy istotnie od zbioru dysponowanych sygnałów. Ponieważ SSB ma współdziałać z pojazdami o różnym stopniu automatyzacji (a więc i różnym stopniu „oczujnikowania”), przyjęty model powinien więc mieć charakter „nadmiarowy”, tak aby pasował zarówno do pojazdów „uboższych”, jak i tych bardziej wyekwipowanych. W przypadku, gdy wskaźnik wymagałby danych z czujników nieobecnych w systemie, jego wartość będzie zerowa, co zostanie odpowiednio zaznaczone w pakiecie MSD.

Poniżej przedstawimy wybrany wariant modelu odpowiedni dla samochodu wyposażonego w moduł pomiarowy (ze zdublowanymi czujnikami opóźnień i „żywołów”), standardowe układy ABS i ESC, standardowy układ czterech poduszek chroniących osoby „od frontu”, a ponadto wyposażonego w dodatkowe czujniki zgniotu nadwozia (od frontu, z tyłu i z boków), a także w czujniki obciążenia foteli.

W tabeli 2 podana jest specyfikacja informacji wejściowej dla przyjętego tu układu czujników. Podział na klasy ma charakter przykładowy. Liczba klas i przyporządkowanie wartości granicznych wymaga dodatkowych badań i analiz.

W tabeli 3 podana jest specyfikacja wskaźników stanowiących przykładową informację wyjściową lokowaną już w pakiecie MSD. Podany jest ich format. W zaproponowanym tu modelu przyjęto, że na każdy wskaźnik przypadną 3 bajty: pierwszy i drugi – dla zakodowania nazwy wskaźnika, trzeci – dla zakodowania wartości klasy oraz statusu (1 – informacja

pewna, 0 - wątpliwa). Jak widać, przy takim założeniu możliwe będzie wykorzystanie dostępnych 102 bajtów na ulokowanie w pakiecie MSD aż 34 wskaźników wraz z ich zakodowanymi nazwami.

Tabela 2. Przykładowa specyfikacja sygnałów pomiarowych S_i , $i = 1,2,...32$

i	Nazwa	Określenie	Dopuszczalne klasy
1	MAX1	Opóźnienie wzdłużne z czujnika 1 modułu	0, 1, 2, 3, 4
2	MAX2	Opóźnienie wzdłużne z czujnika 2 modułu	0, 1, 2, 3, 4
3	MAY1	Opóźnienie boczne z czujnika 1 modułu	0, 1, 2, 3, 4
4	MAY2	Opóźnienie boczne z czujnika 2 modułu	0, 1, 2, 3, 4
5	MAZ1	Opóźnienie pionowe z czujnika 1 modułu	0, 1, 2, 3, 4
6	MAZ2	Opóźnienie pionowe z czujnika 2 modułu	0, 1, 2, 3, 4
7	MB1	Sygnał pożaru z czujnika 1 modułu	0, 1
8	MB2	Sygnał pożaru z czujnika 2 modułu	0, 1
9	MC1	Sygnał zadymienia z czujnika 1 modułu	0, 1
10	MC2	Sygnał zadymienia z czujnika 2 modułu	0, 1
11	MD1	Sygnał zatopienia z czujnika 1 modułu	0, 1
12	MD2	Sygnał zatopienia z czujnika 2 modułu	0, 1
13	PLP	Sygnał zadziałania poduszki lewy przód	0, 1
14	PPP	Sygnał zadziałania poduszki prawy przód	0, 1
15	PLT	Sygnał zadziałania poduszki lewy tył	0, 1
16	PPT	Sygnał zadziałania poduszki prawy tył	0, 1
17	ZLP	Sygnał zgniotu nadwozia lewy przód	0, 1, 2
18	ZPP	Sygnał zgniotu nadwozia prawy przód	0, 1, 2
19	ZLB	Sygnał zgniotu nadwozia lewy bok	0, 1, 2
20	ZPB	Sygnał zgniotu nadwozia prawy bok	0, 1, 2
21	ZLT	Sygnał zgniotu nadwozia lewy tył	0, 1, 2
22	ZPT	Sygnał zgniotu nadwozia prawy tył	0, 1, 2
23	V	Prędkość liniowa przed wypadkiem	0, 1, 2, 3, 4
24	OMEGA	Prędkość kątowna odchylenia pojazdu przed wypadkiem	0, 1, 2, 3, 4
25	H	Sygnał wciśnięcia hamulca	0, 1
26	K	Sygnał obrotu kierownicy	0, 1, 2, 3, 4
27	ABS	Sygnał działania ABS	0, 1
28	ESC	Sygnał działania ESC	0, 1
29	OSLP	Sygnał obciążenia fotela lewy przód	0, 1
30	OSPP	Sygnał obciążenia fotela prawy przód	0, 1
31	OSLT	Sygnał obciążenia fotela lewy tył	0, 1
32	OSPT	Sygnał obciążenia fotela prawy tył	0, 1

Tabela 3. Przykładowa tablica wskaźników Wk k = 1,2, ...21 stanowiących dane dodatkowe w MSD

k	Nazwa	Określenie	Klasa	Status
1	ZDERZ C	Zderzenie czołowe	1	1
2	ZDERZ B	Zderzenie boczne	0	1
3	ZDERZ T	Zderzenie od tyłu	0	1
4	WYWR	Wywrotka	0	1
5	POŻAR	Pożar	0	1
6	DYM	Zadymienie	0	1
7	ZATON	Zatonięcie	0	1
8	POD LP	Poduszka lewa przód	1	1
9	POD PP	Poduszka prawa przód	1	1
10	POD LT	Poduszka lewa tył	0	1
11	POD PT	Poduszka prawa tył	0	1
12	ZGN LP	Zgniot lewy przód	4	1
13	ZGN PP	Zgniot prawy przód	4	1
14	ZGN LB	Zgniot lewy bok	3	0
15	ZGN PB	Zgniot prawy bok	3	0
16	ZGN LT	Zgniot lewy tył	0	1
17	ZGN PT	Zgniot prawy tył	0	1
18	OPÓŹN	Opóźnienie	8	1
19	PRĘDK	Prędkość przed wypadkiem	8	1
20	AKTYW	Aktywność kierowcy przed wypadkiem	1	1
21	OSOBY	Liczba osób	4	1
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				

W przykładzie tym wykorzystano 21 z 34 dostępnych wskaźników. W wysyłanej informacji nie ma pewności co do wielkości zgniotów po bokach pojazdu.

Wyznaczanie klasy i statusu wskaźnika zobrazujemy na przykładzie ZDERZ C.

Klasa ZDERZ C = 1 jeśli $MAX1 > 3$ lub $MAX2 > 3$

Status ZDERZ C = 1 jeśli $MAX1 > 3$ i $MAX2 > 3$

Status ZDERZ C = 0 jeśli $MAX1 > 3$ i $MAX2 < 3$ lub jeśli $MAX1 < 3$ i $MAX2 > 3$

Logiczne formuły klas i statusów dla innych wskaźników formułowane są analogicznie.

6. Wnioski i uwagi końcowe

Przedstawiona koncepcja modelowania informacji dodatkowej generowanej w samochodowym systemie bezpieczeństwa SSB z funkcją e-Call i analizowanej w centrum monitoringu PSAP wymaga doprecyzowania podziału wartości mierzonych sygnałów na odpowiednie klasy. Można to zrealizować na podstawie dodatkowych badań i analiz, z wykorzystaniem symulacji komputerowej.

Z uwagi na międzynarodowy charakter systemu e-Call nazewnictwo sygnałów i wskaźników powinno być przeniesione na język angielski.

Opracowana koncepcja systemu SSB może być łatwo rozszerzona na funkcje dodatkowe, np. dotyczące powiadomienia o napadzie itp.

Literatura

- [1] HERNER A., DIEHL H.J.: *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*. WKiŁ, Warszawa 2011.
- [2] BRONK K., LIPKA A., NISKI R.: *Koncepcja implementacji modemów IVS i PSAP systemu e-Call w technologii SDR*. Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, nr 70, Wrzesień 2011.
- [3] GROCHOWSKI W.: *Nowoczesne technologie dla transportu drogowego*. Raport UBIK Business Consulting.
- [4] KAMIŃSKI E.: *Kierowalność i stateczność pojazdów samochodowych – metody i kryteria oceny*. Autotechnika Motoryzacyjna 12/85.
- [5] KAMIŃSKI T., MITRASZEWSKA I., NIEZGODA M., FILIPEK P., NOWACKI G.: *Problemy związane z wdrożeniem systemu automatycznego powiadamiania o wypadkach drogowych „e-Call”*. VII Konferencja Naukowo-Techniczna LOGITRANS 2010.
- [6] NOWACKI G., KAMIŃSKI T.: *Problemy interoperacyjności ITS - implikacje na podstawie projektu KSAPO oraz ECALL*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Z. 80 Transport, 2011.
- [7] PALKOVICS L., FRIES A.: *Intelligent Electronic Systems in Commercial Vehicles for Enhanced Traffic Safety*. Vehicle System Dynamics, Vol.35, No.4-5, 2001.
- [8] PIĄTEK S.: *Regulacyjne aspekty systemu powiadamiania o wypadkach drogowych – eCall*. Telekomunikacja. Techniki Informacyjne. 1-2/2009.
- [9] VLACIC L., PARENT M., HARASIMA F.: *Intelligent Vehicle Technologies*. Butterworth-Heinemann, Oxford 2001.
- [10] *Informator Techniczny Bosch. Układy bezpieczeństwa i komfortu jazdy*. WKiŁ, Warszawa 2000.
- [11] WWW. Continental /.../ ESC 2.
- [12] WWW. Continental /.../ Apia.

Praca powstała w ramach projektu badawczego „Project No.N509573239” finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.