

Tomasz KAMIŃSKI<sup>1</sup>  
Izabella MITRASZEWSKA<sup>1</sup>  
Gabriel NOWACKI<sup>1</sup>  
Michał NIEZGODA<sup>1</sup>  
Monika UCIŃSKA<sup>1</sup>  
Ewa KAMIŃSKA<sup>1</sup>  
Przemysław FILIPEK<sup>2</sup>

### **DETEKCJA KOLIZJI DROGOWEJ DLA POTRZEB POKŁADOWEGO URZĄDZENIA ECALL**

*W artykule opisano problemy związane z detekcją kolizji drogowej dla potrzeb automatycznego wezwania służb ratunkowych. W chwili wykrycia kolizji zainstalowane w pojeździe urządzenie eCall będzie automatycznie nawiązywało połączenie z Centrum Powiadamiania Ratunkowego i przesyłało zestaw podstawowych informacji dotyczących pojazdu i miejsca zdarzenia. Do wyzwolenia alarmu nie będą wykorzystane informacje o uruchomieniu poduszek powietrznych, ponieważ podłączenie urządzenia eCall mogłoby zakłócać działanie systemów bezpieczeństwa pojazdu. Konieczne jest opracowanie metody umożliwiającej wykrycie kolizji drogowej na podstawie dostępnych danych dostarczonych z czujników przyspieszeń.*

#### **1. WSTĘP**

Europejska inicjatywa eSafety ma na celu poprawę stanu bezpieczeństwa i efektywności w transporcie drogowym. Głównym elementem eSafety jest paneuropejski projekt eCall, w ramach którego powstanie system automatycznego powiadamiania ratunkowego. Po wdrożeniu systemu w każdym nowym pojeździe będzie zainstalowane pokładowe urządzenie eCall zdolne do wykrywania kolizji drogowej i automatycznego wezwania pomocy na miejsce zdarzenia. Właściciele starszych pojazdów również będą mogli zainstalować takie urządzenie. Obecnie został już zdefiniowany sposób i protokół przesyłania danych. Określono również minimalny zestaw przesyłanych danych – tzw. pakiet MSD.

Obecnie szybkie przesyłanie danych nawet na duże odległości nie stanowi problemu. Technologie teleinformatyczne umożliwiają transmitowanie danych przy użyciu Internetu, czy sieci komórkowych. W przypadku urządzenia eCall problemem jest jednak opracowanie autonomicznego algorytmu detekcji wypadku, który będzie zdolny do uruchomienia procedury zgłoszenia zdarzenia do Centrum Powiadamiania Ratunkowego

---

<sup>1</sup> Instytut Transportu Samochodowego, Centrum Zarządzania i Telematyki Transportu  
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa

<sup>2</sup> Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn  
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

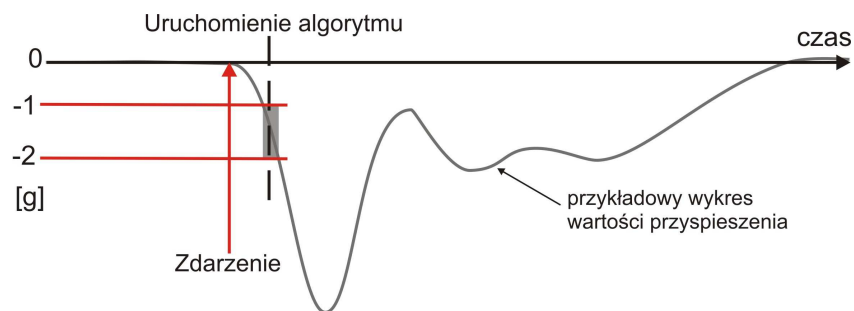
W artykule zawarte są informacje opracowane na podstawie projektu rozwojowego nr NR10-0016-06/2009 pt. Opracowanie metodyki oceny systemu automatycznego powiadamiania o wypadkach drogowych „eCall”

tylko w uzasadnionym przypadku. Zakłada się, że na poziomie urządzenia eCall eliminowane będą zdarzenia nie wymagające interwencji służb ratunkowych. Urządzenie nie będzie mogło korzystać z systemów bezpieczeństwa, w które wyposażony jest pojazd, ponieważ mogłoby to zakłócić ich funkcjonowanie.

Zatem konieczne jest opracowanie algorytmów detekcji kolizji pojazdu dla potrzeb urządzeń eCall. W tym celu należy odpowiedzieć jakie powinny być zastosowane technologie detekcji zdarzenia, algorytmy analizy danych oraz jakie powinny być zastosowane kryteria oceny zdarzenia.

## 2. SYSTEMY PODUSZEK POWIETRZNYCH

Współczesne samochody wyposażane są w coraz bardziej zaawansowane systemy bezpieczeństwa biernego i czynnego. Należy do nich system poduszek powietrznych uruchamianych podczas zderzeń. Obecnie standardem w samochodach klasy średniej jest 4 a nawet 6 poduszek powietrznych, podczas gdy w samochodach segmentu C seryjnie montowanych jest 8-10 poduszek. Uruchomienie poduszki następuje przy wystąpieniu warunków analizowanych z na bieżąco przez sterownik poduszek. W niektórych modelach samochodów stosowany jest pojedynczy sterownik, wspólny dla wszystkich poduszek, zaś np. w samochodach marki Citroen dodatkowo w każdych drzwiach pojazdu montowane są indywidualne sterowniki uruchamiające boczne poduszki powietrzne. Proces uruchamiania poduszki następuje dwu-etapowo, tj. początkowo wyzwalane jest tzw. polecenie „Wakeup” a następnie uruchamiany jest algorytm, w wyniku działania którego następuje lub nie następuje uruchomienie poduszki powietrznej [Rusty Haight W.R.: Crash Data Retrieval, So, when do airbags deploy, CDR User’s Conference, Houston, Texas, 2007]. Polecenie „Wakeup” („Enable”) jest aktywowane w sytuacji, kiedy przyspieszenie pojazdu mieści się w przedziale  $-1\text{ g}$  do  $-2\text{ g}$ , gdzie  $g$  – jest wartością przyspieszenia ziemskiego (rys. 1).



Rys. 1. Schemat ilustrujący proces uruchamiania poduszki powietrznej

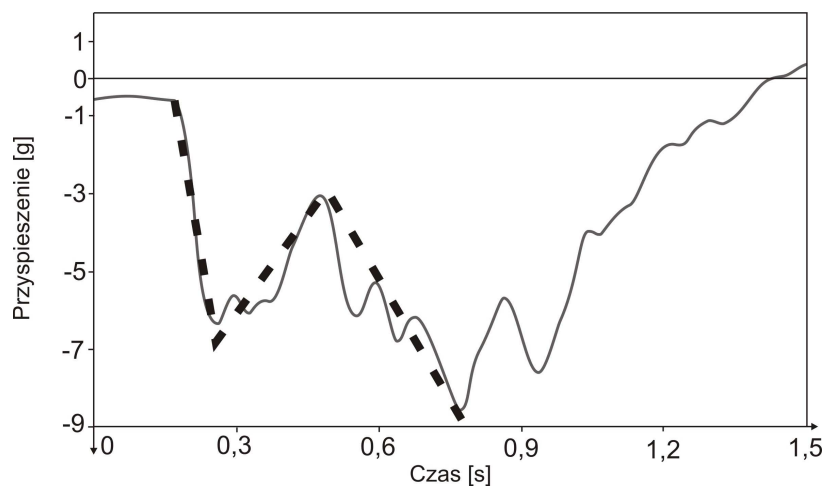
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Rusty Haight W.R.: Crash Data Retrieval, So, when do airbags deploy, CDR User’s Conference, Houston, Texas, 2007]

W przypadku większości sterowników poduszek do aktywowania polecenia „Wakeup” wymagane jest, aby wektor przyspieszenia był skierowany wzdłuż podłużnej osi pojazdu i miał wartość ujemną, podobnie jak przy hamowaniu, jednak pewna grupa sterowników aktywuje to polecenie również w przypadku dodatniego przyspieszenia. W przypadku bocznych zderzeń pojazdu również aktywowany jest algorytm wykrywania zderzenia

bocznego. Po aktywowaniu polecenia „Wakeup”, zarówno w przypadku aktywowania poduszek, jak i w sytuacji kiedy nie były one uruchomione dane dotyczące zdarzenia są rejestrowane przez sterownik i można je później pobrać ze sterownika w celu analizy kolizji lub wypadku. Podstawową wielkością uwzględnianą w procesie decyzyjnym aktywowania poduszek powietrznych jest wartość zmiany prędkości pojazdu wzdłuż osi pojazdu mierzona w założonym okresie czasu stanowiąca przyspieszenie jakiemu poddany jest pojazd:

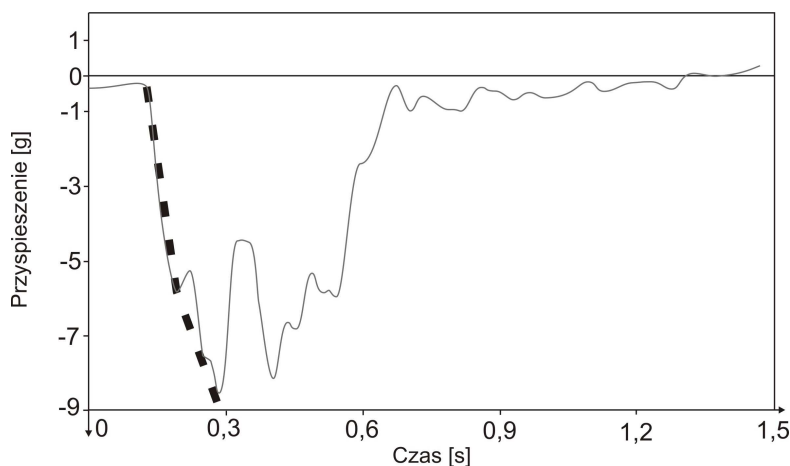
$$a = -\Delta V/\Delta t \quad (1)$$

W ogólnym podziale rodzajów przebiegów przyspieszeń przyjmuje się dwa typy krzywej zmiany prędkości  $\Delta V$  – tzw. „Front loaded” (rys. 2) and „Back loaded” (rys. 3) [Rusty Haight W.R.: Crash Data Retrieval, So, when do airbags deploy, CDR User’s Conference, Houston, Texas, 2007].



Rys. 2. Przykładowe krzywa przyspieszenia typu „Front loaded” ( $\Delta V = -8$  dla  $0,01$  s lub  $-3,8$  dla  $0,03$  s)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Rusty Haight W.R.: Crash Data Retrieval, So, when do airbags deploy, CDR User’s Conference, Houston, Texas, 2007]



Rys. 3. Przykładowa krzywa przyspieszenia typu „Back loaded” ( $\Delta V = -9$  dla 0,01 s lub -13,7 dla 0,03 s)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Rusty Haight W.R.: Crash Data Retrieval, So, when do airbags deploy, CDR User’s Conference, Houston, Texas, 2007]

Mimo coraz bardziej zaawansowanych systemów poduszek powietrznych zdarzają się przypadki, kiedy poduszki nie zostają uruchomione mimo, że doszło do poważnego wypadku. Jest to spowodowane ograniczoną liczbą informacji jakie docierają do sterownika poduszek, a także różnorodnością i złożonością sytuacji, które występują w rzeczywistości. Ponadto sterownik uruchamiając poduszki działa antycypacyjnie (predykcyjnie) oceniając rozwój wypadku na podstawie krzywej przyspieszenia. Tylko odpowiednio wczesne uruchomienie poduszek już wtedy, kiedy rozpoczyna się ruch ciała pasażera spowodowany nagłym spowolnieniem pojazdu, może zmniejszyć skutki zderzenia.

### 3. OCENA SKUTKÓW KOLIZJI

Pokładowe urządzenie eCall wyposażone w czujnik przyspieszenia powinno nieustannie analizować dane dotyczące jego wartości wzdłuż podłużnej i poprzecznej geometrycznej osi pojazdu. W przypadku wykrycia przyspieszenia przekraczającego zaprogramowane limity powinna być uruchomiona procedura zgłoszenia zdarzenia do Centrum Powiadamiania Ratunkowego. W przypadku systemów poduszek powietrznych sterowniki uruchamiające poduszki są kalibrowane przez producenta i wartości progowe, powyżej których następuje uruchomienie poduszek jest ustalane indywidualnie dla każdego modelu samochodu. W przypadku urządzeń eCall, które będą montowane w używanych pojazdach nie będzie można przeprowadzić takiej kalibracji. Wobec powyższego zasadne staje się pytanie w jaki sposób powinny być instalowane wewnątrz pojazdu urządzenia eCall i jakie wartości przyspieszeń powinny wywoływać zgłoszenie alarmowe.

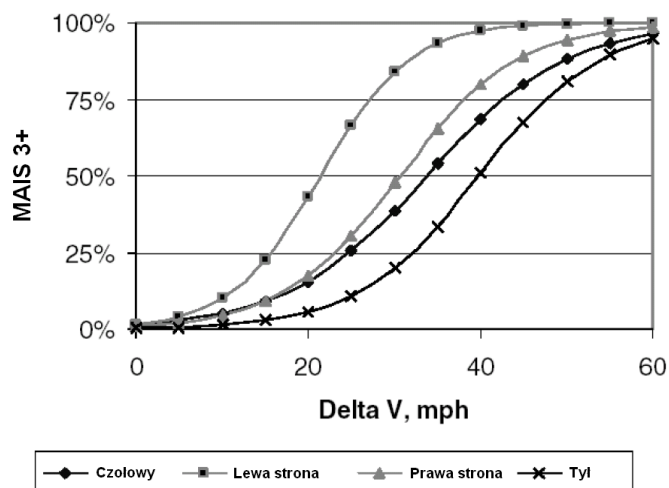
Do oceny prawdopodobieństwa zaistnienia wypadku o założonym poziomie natężenia służy skala MAIS. Abbreviated Injury Scale (AIS) jest anatomiczną powszechnie

stosowaną skalą oceny siły wypadku drogowego, która mogłaby być stosowana przez centra PSAP do oceny zdarzenia drogowego. Skala została po raz pierwszy zastosowana w 1969 roku. Od tego czasu była wielokrotnie weryfikowana i aktualizowana. Jest ona pod stałym nadzorem Stowarzyszenia Doskonalenia Medycyny Samochodowej (Advancement of Automotive Medicine). Wskaźnik MAIS jest maksymalną wartością AIS zarejestrowaną podczas wypadku drogowego dla wszystkich uczestników. W tabeli 2 pokazano opis skutków wypadku na podstawie wartości AIS. Jednak ani skala obrażeń scharakteryzowana przez wartość współczynnika AIS, ani informacja o uruchomieniu poduszki powietrznej nie umożliwia ostatecznej oceny skutków wypadku. Znacznie lepiej skutki te są skorelowane z wartością współczynnika zmiany prędkości (rys. 4). Zmiana prędkości może być obliczana na podstawie wartości przyspieszenia zarejestrowanych przez, mierzące przyspieszenie w dwóch prostopadłych kierunkach, akcelerometry systemu poduszek powietrznych samochodu.

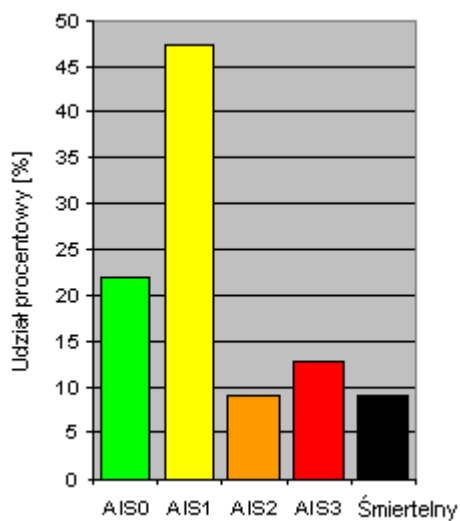
*Tab. 1. Charakterystyka wypadku w powiązaniu z wartością AIS*

Wartość AIS	Charakterystyka wypadku
0	Bez obrażeń
1	Drobny
2	Umiarkowany
3	Poważny
4	Ciężki
5	Krytyczny
6	Najcięższy/śmiertelny

Obecnie większość pojazdów nie jest wyposażona w system detekcji tylnego uderzenia pojazdu i detekcji dachowania. Zgodnie z analizą przedstawioną w [Y. ERB, AEE-C / L. Strandberg, AEE-L / K. Bohman, eCall Trigger Crash severity estimation, ALR PSAPs meeting on eCall, Madrid, March 16th, 2006] systemy bezpieczeństwa czynnego są często niepotrzebnie aktywowane w przypadku kolizji ocenianych jako AIS1 (rys. 5).



Rys. 4. Rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku ciężkiego (MAIS 3) lub poważniejszego



Rys. 5. Rozkład liczebności kolizji skutkującej uruchomieniem poduszki powietrznej. Wyniki badań 55 pojazdów podczas kolizji lewostronnej

Źródło: Y. ERB, AEE-C / L. Strandberg, AEE-L / K. Bohman, eCall Trigger Crash severity estimation, ALR PSAPs meeting on eCall, Madrid, March 16th, 2006

#### 4. GRANICZNE WARTOŚCI PRZYSPIESZENIA

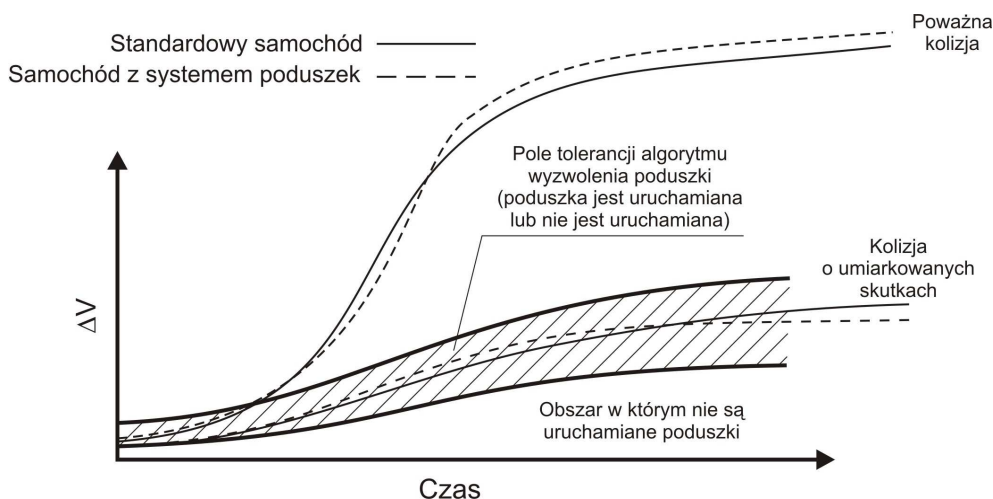
Maksymalna wartość obciążeń powodujących obrażenia jest zależna od czasu trwania obciążenia i kierunku działania. W ogólnym przypadku wartości te są następujące [D. A. Nunan, When Do Air Bags Deploy? – Sensing 101, Delphi Electronics&Safety, June 8, 2005]:

- przyspieszenie głowy  $< 75g$
- wartość współczynnika Head Injury Criteria (HIC) dla głowy  $< 700$
- siła działająca na kark: punktowo – 4500 N, zginająca 310 Nm, rozciągająca 125 Nm,
- przyspieszenie klatki piersiowej  $< 60g$ ,
- odkształcenie klatki piersiowej  $< 65\text{ mm}$ ,
- obciążenie nóg  $< 10\text{ kN}$ .

Poduszki powietrzne są uruchamiane w przypadku kolizji czołowej lub zbliżonej do czołowej, przy osiągnięciu progowej wartości przyspieszenia mniejszej niż zdefiniowana przez regulacje prawne obowiązujące na rynku, na który pojazd jest przeznaczony. Zgodnie z przepisami obowiązującymi w Stanach Zjednoczonych uruchomienie poduszek powietrznych musi nastąpić przy przyspieszeniach nie mniejszych niż równoważne zderzeniu przy 23 km/h (14 mph) z barierą, lub zbliżonych do uzyskiwanych przy uderzeniu w zaparkowany samochód podobnego rozmiaru, przy uderzeniu czołowym przy około dwa razy większej prędkości niż w przypadku zderzenia z barierą. Regulacje międzynarodowe w zakresie progów przyspieszenia, przy których są uruchamiane poduszki, są opracowywane głównie w wyniku realizacji projektów, częściej jako wyniki prac badawczo-rozwojowych niż wyniki oparte na obliczeniach związanych z uwarunkowaniami technologicznymi.

W przeciwieństwie do testów zderzeniowych z wykorzystaniem sztucznych barier, rzeczywiste kolizje zdarzają się przy innych kątach niż zderzenia czołowe, a siły działające podczas zderzenia nie są zazwyczaj skierowane wzdłuż osi pojazdu. W rezultacie, względna prędkość między zderzającymi się pojazdami, która jest wymagana do uruchomienia poduszki powietrznej w rzeczywistym zderzeniu, może być dużo wyższa niż równoważna prędkość podczas zderzenia z barierą. Zdarzają się również przypadki niepotrzebnego uruchomienia poduszek powietrznych. Może się to zdarzyć np. podczas uderzenia podwozia pojazdu w leżący na drodze niski obiekt lub obiekt wystający powyżej poziomu jezdni. W celu zmniejszenia liczby zdarzeń polegających na niepotrzebnym uruchomieniu poduszek analizę zmniejszenia prędkości pojazdu prowadzi się w odpowiednim przedziale czasu (rys. 6).

Na wykresie widoczne jest strefa poważnych wypadków, wypadków o umiarkowanych skutkach i strefa, dla której nie są uruchamiane poduszki powietrzne. Zaznaczono również strefę, w przypadku której poduszki powietrzne są uruchamiane lub nie są uruchamiane, a decydują o tym dodatkowe czynniki analizowane w połączeniu z wartością przyspieszenia.



Rys. 6. Wykres progowych wartości  $\Delta V$  w funkcji czasu

## 5. WNIOSKI

Wieloletni rozwój systemów bezpieczeństwa spowodował, że podczas analizy danych z akcelerometrów wykorzystywane są również informacje z czujników, w które wyposażony jest pojazd. Większe moce obliczeniowe sterowników poduszek umożliwiają szybką analizę dużej ilości danych. Ponadto sterowniki instalowane są w powtarzalny sposób umożliwiający pomiar wartości przyspieszenia reprezentatywnej dla kolizji pojazdu.

W przypadku urządzeń eCall pojawiają się dwa problemy. Pierwszy polega na detekcji kolizji wyłącznie na podstawie wartości przyspieszenia zmierzonej przy użyciu akcelerometru lub zespołu akcelerometrów. Drugi problem polega na sposobie i powtarzalności montażu, który będzie wykonywany również przez zakłady nie nadzorowane do producentów pojazdów. Dodatkowo niemożliwe będzie przeprowadzenie kalibracji urządzenia eCall dla każdego typu pojazdu. Będzie to prawdopodobnie wymuszało zastosowanie uniwersalnych wartości progów podczas detekcji wypadku.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Rusty Haight W.R.: *Crash Data Retrieval, So, when do airbags deploy*, CDR User's Conference, Houston, Texas, 2007
- [2] Y. ERB, AEE-C / L. Strandberg, AEE-L / K. Bohman, *eCall Trigger Crash severity estimation*, ALR PSAPs meeting on eCall, Madrid, March 16th, 2006
- [3] D. A. Nunan, *When Do Air Bags Deploy? – Sensing 101*, Delphi Electronics&Safety, June 8, 2005