

Wirtualne prototypowanie zaawansowanych systemów bezpieczeństwa pojazdów wyścigowych

Virtual prototyping work on advanced driver assistance system for race vehicles

KATARZYNA JEZERSKA-KRUPA
WOJCIECH SKARKA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.5-6.94

Artykuł z XIII Forum Inżynierskiego ProCAx 2015

Zespół Smart Power z Politechniki Śląskiej od 2012 r. uczestniczy w międzynarodowych wyścigach pojazdów energooszczędnych Shell Eco-marathon. Podczas konstruowania swojego drugiego pojazdu – elektrycznego pojazdu typu miejskiego – zespół położył nacisk na opracowanie zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy (ADAS); w ich projektowaniu wykorzystano metody wirtualnego prototypowania. **SŁOWA KLUCZOWE:** wirtualne prototypowanie, pojazd elektryczny, ADAS, pojazd energooszczędny

Smart Power team participates in the World competition of energy efficient vehicles – Shell Eco-marathon since 2012. During the design work on the second vehicle i.e. an electric vehicle Urban Concept category, attention of the team has been drawn to the development of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), with the respective methods of design applied in the virtual prototyping work.

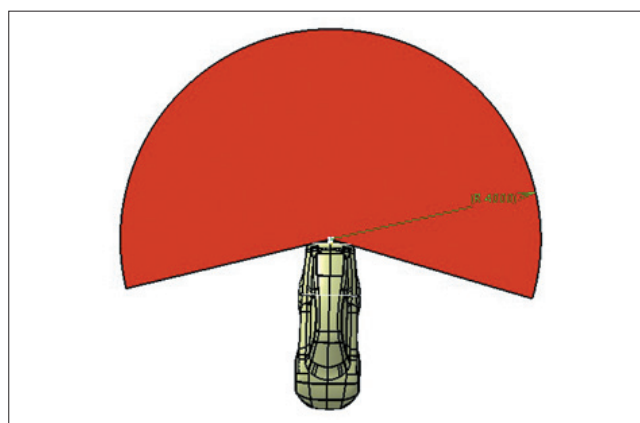
KEYWORDS: virtual prototyping, electric vehicle, ADAS, energy efficient vehicle

Przeprowadzenie w sposób optymalny procesu projektowania zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy (ADAS – *advanced driver assistance systems*) wymaga specyficznego podejścia do definiowania i rozwiązywania problemów [3]. Zdarza się niestety, że nie da się przewidzieć skutków niektórych decyzji projektowych i tym samym uniknąć popełniania błędów oraz ich konsekwencji. W takich wypadkach przydatne są prototypy. Ich zbudowanie często jest jednak czasochłonne i kosztowne. Rozwiązaniem jest zastosowanie wirtualnego prototypowania. W artykule zaprezentowano sposób wykorzystania tych metod do projektowania zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy.

Wymogi dotyczące pojazdów startujących w zawodach Shell Eco-marathon

Pojazd Bytel, zaprojektowany przez zespół Smart Power, powstał z myślą o starcie w międzynarodowych zawodach Shell Eco-marathon. Jednym z głównych założeń tego wyścigu – obok wykazania jak najwyższej wydajności energetycznej – jest zapewnienie bezpieczeństwa kierowcom i pojazdom biorącym w nim udział. Ten aspekt był impulsem do rozpoczęcia prac nad zaawansowanymi systemami wspomagania kierowcy dla pojazdu Bytel.

Zdecydowano się zminimalizować ryzyko związane z manewrem wyprzedzania przez zaimplementowanie systemu BLIS (*blind spot information system*), który skanuje obszar z tyłu pojazdu i informuje kierowcę o tym, czy znajdują się tam inne pojazdy [2] (rys. 1).



Rys. 1. Umieszczenie czujnika i zakres skanowania dla systemu BLIS [2]

Przebieg procesu projektowego

■ **Analiza potrzeb.** Należało uwzględnić aspekty związane z regulaminem zawodów, konstrukcją pojazdu i celem drużyny, którym było przejechanie wyznaczonego dystansu ze zużyciem minimalnej ilości energii. Określono trzy najważniejsze założenia projektu:

- masa układu musi być jak najmniejsza,
- system nie może wpływać czynnie na układ sterowania pojazdem ani układ hamulcowy; ze względu na regulamin zawodów [5] funkcje systemu muszą zostać ograniczone do ostrzegawczych i informacyjnych,
- układy nie mogą się charakteryzować wysokim zużyciem energii elektrycznej.

■ **Projektowanie.** Proces projektowania obejmował [6]: budowę scenariusza, zamodelowanie sensorów, dodanie systemu kontroli, testowanie poprzez uruchomienie eksperymentu i kontrolę wyników. Wykorzystano oprogramowanie PreScan firmy TASS.

Na etapie budowy scenariusza należało stworzyć środowisko symulacji dla pojazdu. Możliwe było zasymulowanie naturalnych warunków pracy systemu bezpieczeństwa z uwzględnieniem warunków atmosferycznych, budynków oraz elementów przyrody [7].

Kluczowe znaczenie dla podjętej pracy miało zamodelowanie czujników. Jako czujnik wzorcowy obrano lidar Hokuyo o szerokim kącie skanowania [1]. System PreScan umożliwia wykorzystanie tego modelu, jednak ze względu na duży zakres kątowy oraz wysoką częstotliwość próbkowania lepszym rozwiązaniem okazało się użycie czujnika typu TIS (*technology independent sensor*).

Po zamodelowaniu sensorów należało przystąpić do dodawania systemu kontroli [4]. Najpierw przygotowano schemat blokowy działania systemu, na którym oparto proces programowania. Schemat ten obrazował przepływ danych w wirtualnym prototypie i kolejne kroki ich obróbki.

* Mgr inż. Katarzyna Jezierska-Krupa (katarzyna.jezierska-krupa@polsl.pl), dr hab. inż. Wojciech Skarka prof. Pol. Śl. (wojciech.skarka@polsl.pl) – Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej

Model systemu – układ przetwarzania danych

■ **Część obliczeniowa.** W oparciu o schemat blokowy należało określić, jakie obliczenia trzeba przeprowadzić, by otrzymać zmienne niezbędne do zdefiniowania logiki systemu. Bezpośrednio z oprogramowania można było pobrać takie zmienne, jak współrzędne czy prędkość pojazdu. Nie umożliwiały one bezpośrednio określenia logiki systemu, która miała się opierać na:

- porównaniu położenia względnego obiektu z wartościami YCD lub RCD, będącymi funkcjami określającymi graniczną wartość położenia obiektu w osi X, dla której to wartości istnieje podwyższone ryzyko kolizji,
- wartości prędkości względnej pojazdów,
- wartości TTC (*time to collision*).

Część obliczeniowa miała na celu przetworzenie danych generowanych przez oprogramowanie PreScan, tak aby uzyskać informacje potrzebne na wejściu systemu BLIS.

■ **Część weryfikacyjna.** Przed przystąpieniem do modelowania systemu należało sprawdzić, czy obliczenia dostarczające wartości wejściowe do systemu są poprawne. Dlatego porównywano wartości zmiennych otrzymane drogą obliczeniową z ich wartościami sztucznie wygenerowanymi w oprogramowaniu PreScan.

■ **System BLIS.** Ostatnim etapem było zbudowanie logiki systemu. Została ona podzielona na trzy części: *Data*, *Alert Range Assignment* oraz *Alert Colour Assignment*.

W części o nazwie *Data* uporządkowano wartości wejściowe modelu i wstępnie je opracowano. W ramach *Alert Range Assignment* przypisano odpowiednim obszarom alarmu (LL, L, C, R, RR) zakresy kątowe, w których pojawia się wykrywany obiekt. W ramach *Alert Colour Assignment* przypisano alarmowi odpowiednie kolory, zgodne ze stopniem zagrożenia – żółty lub czerwony.

Model systemu – układ sterowania

Układ sterowania miał generować sygnał wejściowy dla każdej z pięciu diod sygnalizujących zagrożenie. Jego pierwsza część była odpowiedzialna za aktywację alarmu, a druga – za określenie jego koloru.

Testowanie

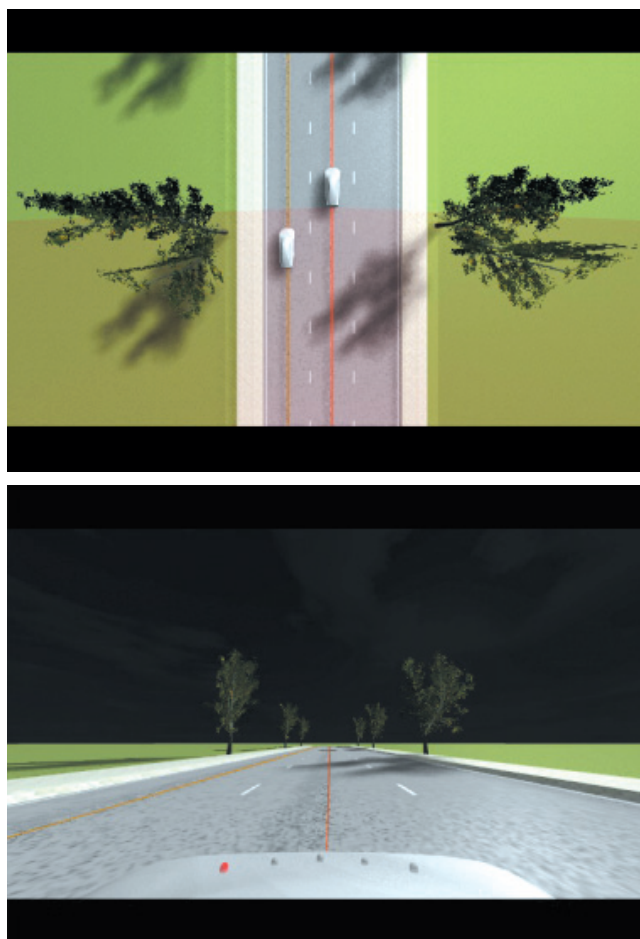
Aby zweryfikować poprawność działania systemu BLIS, przygotowano cztery scenariusze testowe oraz zbiór przypadków testowych stanowiących bazę do przeprowadzenia tego etapu procesu projektowego. Podzielono go na:

- weryfikację obliczeń – dającą odpowiedź na pytania dotyczące poprawności obliczeń zaimplementowanych w modelu,
- weryfikację wizualną – odpowiadającą na pytania dotyczące systemu istotne z perspektywy użytkownika (rys. 2),
- weryfikację numeryczną – będącą analizą pytań istotnych z perspektywy twórcy systemu.

Model systemu BLIS przetestowano dla czterech scenariuszy. Aby uznać model za prawidłowy, dla każdego ze scenariuszy musiały zostać spełnione wszystkie przypadki testowe.

Podsumowanie

Wykorzystanie metod wirtualnego prototypowania do projektowania zaawansowanych systemów wspomagania kierowcy umożliwia symulowanie zróżnicowanych sytu-



Rys. 2. Przykład weryfikacji wizualnej

acji na drodze, bez konieczności przeprowadzania testów rzeczywistych. Dzięki eksperymentom możliwe było dynamiczne dokonywanie zmian w systemie, co pozwalało na zaoszczędzenie dużej ilości czasu. Testowanie systemu jako układu rzeczywistego wiązałoby się z koniecznością zaangażowania w testy znacznej liczby osób i dostępu do dużej, odgradzonej przestrzeni oraz dróg o odpowiednich parametrach. Projektując zaawansowane systemy bezpieczeństwa z wykorzystaniem metod wirtualnego prototypowania, należy przyjąć schemat postępowania, który pozwala na maksymalizację efektywności działań projektowych.

LITERATURA

1. Jezierska-Krupa K., Krysiak M., Skarka W. "Comparison of two versions of blind spot information systems in Bytel and MuSHELLka two race vehicles". *Zesz. Nauk. Inst. Pojaz. Pol. Warsz.* Nr 3 (2014): s. 119–124.
2. Krysiak M. „Koncepcja zaawansowanych układów wspomagania bezpieczeństwa kierowcy wraz z układem wizualizacji”. Gliwice: Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej, 2014.
3. Schiehlen W., Ammon D. "Advanced road vehicles: Control technologies, driver assistance". *CISM International Centre for Mechanical Sciences*. Institute of Engineering and Computational Mechanics, University of Stuttgart, Germany. No. 497 (2009): pp. 283–304.
4. Zamorski P. „Metodyka projektowania systemów zapewnienia bezpieczeństwa pojazdów elektrycznych z zastosowaniem oprogramowania PreScan”. Gliwice: Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej, 2013.
5. Shell. Rules and regulations chapter 1: <http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon/for-participants/general-information/rules.html>.
6. TASS International. Prescan: Simulation of ADAS and active safety: <https://www.tassinternational.com/prescan>.
7. Shell. The track: <http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon/events/europe/track.html>.