

Streszczenie

Zaawansowane systemy wspomagania kierowcy (ang. Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) pełnią dziś kluczową rolę w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Systemy te analizują w czasie rzeczywistym najbliższe otoczenie samochodu, bazując na informacjach zwróconych przez czujniki zamocowane na tym pojeździe, by w razie wystąpienia realnego zagrożenia przejąć kontrolę nad maszyną. Jedną z najważniejszych aplikacji jest zaawansowany system hamowania awaryjnego (ang. Advanced Emergency Braking System, AEB), która ma na celu uniknięcie potencjalnie groźnej w skutkach kolizji, na przykład w momencie utraty koncentracji przez kierowcę lub w warunkach ograniczonej przejrzystości powietrza. Układy takie jak AEB oparte są w znacznej mierze na pomiarach z radarów samochodowych, które dla pojazdów widocznych z perspektywy sensora obliczają ich odległość od czujnika, prędkość względną oraz kąt w płaszczyźnie horyzontalnej pomiędzy obiektem a celownikiem radaru (ang. boresight).

Weryfikacja urządzeń klasy ADAS to niezwykle kluczowe zagadnienie. W szczególności przed wdrożeniem systemu do produkcji należy w rzetelny sposób ocenić jego działanie w krytycznych sytuacjach. W tym celu przeprowadza się szereg jazd weryfikacyjnych, w trakcie których gromadzi się dane z czujników zamontowanych na samochodzie testowym. Następnie, na podstawie informacji zebranych z sensorów, analizuje się decyzje podjęte przez układ typu ADAS w trakcie danej serii przejazdów. Zrealizowanie tego typu kampanii w całości na drogach publicznych to niesłychanie kosztowna operacja. Dlatego coraz częściej producenci samochodów decydują się wykonać część eksperymentów w symulatorach jazdy. Dzięki takiemu podejściu, określanemu mianem wirtualnej walidacji, możliwe jest nie tylko skrócenie procesu oceny, ale także zweryfikowanie systemu w sytuacjach, które w rzeczywistości nie byłyby możliwe do przetestowania ze względów bezpieczeństwa.

Wirtualna walidacja musi być oczywiście wiarygodna, dlatego konieczne jest, by symulacja precyzyjnie odwzorowywała rzeczywistość. Oznacza to przede wszystkim konieczność uwzględnienia modeli matematycznych sensorów, generujących sztuczne pomiary wiernie naśladujące dane zwracane przez rzeczywiste czujniki. Jak wspomniano, radary samochodowe pełnią kluczową rolę we współczesnych systemach typu ADAS. Niestety, sensory te są silnie niedeterministyczne, głównie ze względu na losowość procesu propagacji fali elektromagnetycznej. Dlatego też opracowanie modelu matematycznego czujnika radarowego jest zadaniem nietrywialnym. Istotna jest tutaj nie tylko dokładność odwzorowania, ale także niska złożoność obliczeniowa modułu, by umożliwić wirtualny test układu typu ADAS w czasie rzeczywistym.

W literaturze opisano do tej pory wiele skutecznych rozwiązań. Niemniej jednak analizując dostępne prace można zauważyć, że wciąż nie opisano metody charakteryzującej się zarówno wysokim poziomem wiarygodności, jak i prostotą w opracowaniu i w kalibracji. W tej pracy omówiony zostanie innowacyjny model matematyczny czujnika radarowego oparty na niezwykle ciekawej koncepcji centrów rozpraszania, reprezentujących w przybliżony sposób rozproszenie fali elektromagnetycznej w przestrzeni. Model ten zostanie dostosowany do wymagań przemysłu motoryzacyjnego związanych z weryfikacją urządzeń klasy ADAS w symulacji. Po pierwsze, model będzie sformalizowany pod kątem kluczowego w dziedzinie wirtualnej walidacji standardu ASAM OSI. Po drugie, na bazie pomiarów z rzeczywistych czujników radarowych zidentyfikowane i wprowadzone będą do modelu modyfikacje mające na celu zwiększenie rzetelności procesu generacji sztucznych pomiarów w ważnych z perspektywy systemów typu ADAS scenariuszach jazdy. Po trzecie, przeprowadzona zostanie procedura identyfikacji parametrów modelu. W końcu, z

wykorzystaniem autorskiej metody weryfikacji, udowodniona będzie zarówno wiarygodność zmodyfikowanego modelu, jak i jego zdolność do pracy w czasie rzeczywistym. Co za tym idzie, uzasadnione zostanie, iż model matematyczny czujnika radarowego bazujący na koncepcji centrów rozpraszania może być użyteczny w kontekście testów systemu klasy ADAS w czasie rzeczywistym w symulatorze jazdy, niezależnie od poziomu skomplikowania wirtualnego scenariusza.

04.03.2024 Michał Jesiński

.....
Data i czytelny podpis kandydata

Abstract

Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) play a key role in keeping road users safe. These applications analyze in real time the car surroundings based on sensor data and, if necessary, take the control of the automobile. One of the key algorithms in ADAS domain is Advanced Emergency Braking System (AEBS), with the goal to avoid potentially lethal accidents, e.g. in case of driver distraction or in bad weather conditions. AEBSs are usually using data provided by radar (Radio Detection and Ranging), including range, relative velocity and angle in the horizontal plane, estimated for all objects visible from the sensor perspective.

ADAS validation process is an extremely important activity. In particular, it is crucial to carefully assess the system behavior in corner-case scenarios. To achieve this goal usually a set of test drives is conducted, where data from sensors is collected and ADAS key decisions are judged. Performing such campaign entirely on real roads is both time-consuming and expensive. That is why, automotive companies often decide to execute some of the experiments in simulation. Thanks to this approach, called virtual validation, it is possible to shorten verification time and to check the system under extremely dangerous conditions, which would be impossible to test in reality.

Virtual validation must be reliable, thus simulation environment is required to be realistic. Due to this the simulator needs to acquire proper sensor models that faithfully emulate real measurements. As mentioned above, automotive radars are crucial in modern ADAS. Unfortunately, these sensors provide highly nondeterministic data, which is mainly caused by the randomness of the electromagnetic wave propagation process. As a result, development of a radar sensor model is a nontrivial task. The key is not only realism of the emulation itself, but also low computational complexity of the algorithm, in order to comply with the real-time requirement of ADAS tests.

Many cutting-edge solutions in the radar sensor modeling area already exist in the literature. However, none of these models is both versatile and simple to develop and tune. In this thesis a recently published, novel radar simulation based on the scattering-centers concept is presented. The model, however, will be adapted to the requirements related to ADAS virtual validation domain. First, the model will be formalized to be compliant with the ASAM OSI standard. Second, a set of modifications identified using real radar measurements will be introduced to the original model, with the goal to increase the reliability of the synthetic measurements generation process, in crucial from ADAS perspective scenarios. Third, the fine-tuning of the model parameters will be conducted. Finally, with the help of the state-of-the-art verification method, the sensor model fidelity and its real-time capabilities will be proven. In other words, a clear justification is stated, that a scattering-centers based radar sensor model can be a robust and useful tool for testing ADAS in real-time simulations, regardless of scenario complexity.

04.03.2024 *Michał Jasniński*

.....
Data i czytelny podpis kandydata

