

Kraków 10.10.2022

Streszczenie rozprawy doktorskiej:
Modele matematyczne wybranych komponentów wizyjnych branży motoryzacyjnej i ich badanie w celu rozwoju systemów aktywnego bezpieczeństwa.

Autor: Kamil Lelowicz

Opracowanie zaawansowanych systemów wspierania kierowcy jest procesem wieloetapowym zawierającym interdyscyplinarne zagadnienia z wielu dziedzin. Celem jest wytworzenie niezawodnego systemu poprawiającego bezpieczeństwo ruchu drogowego. Istotną częścią procesu jest etap walidacji zaprojektowanych rozwiązań na różnych etapach wytwarzania systemu. Aby to osiągnąć wykorzystuje się symulacje komputerowe, które wymagają modeli matematycznych czujników, sterowników oraz układów wykonawczych wykorzystywanych w pojazdach.

Tematem pracy jest opracowanie funkcjonalnego modelu matematycznego toru wizyjnego dla kamer cyfrowych stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym do percepcji otoczenia samochodu. W obecnie wykorzystywanych systemach wspomaganie kierowcy sensory wizyjne odgrywają kluczową rolę. Modele matematyczne sensorów są wykorzystywane w głównej mierze podczas wirtualnej walidacji algorytmów percepcji oraz do fuzji danych w samochodach o wysokim stopniu zautomatyzowania. Wynikiem prac badawczo rozwojowych są modele matematyczne komponentów torów wizyjnych. Opracowano, przedstawiono oraz przeprowadzono walidacje modeli na różnym poziomie abstrakcji.

Model fizyczny koncentruje się na modelu soczewki, a w szczególności modelu dystorsji, która dla szerokokątnych kamer ma duży wpływ na percepcje otoczenia. Przedstawiono procedurę identyfikacji dystorsji z wykorzystaniem metod optymalizacji numerycznej oraz sieci neuronowej. Dla opracowanego rozwiązania zaproponowano nowatorski sposób walidacji zaimplementowanych metod. Dodatkowo przedstawiono model związany z percepcją kolorów, która ze względu na specyficzne filtry kolorów wykorzystywanych w motoryzacji znacząco odbiega od filtrów RGB. Zaproponowano trzy sposoby rozwiązania problemu konwersji pomiędzy różnymi przestrzeniami filtrów wraz z dogłębną dyskusją na temat jakości poszczególnych metod oraz rozważaniami na temat wpływu zakłóceń na uzyskane rezultaty. Implementacja modelu została zoptymalizowana pod wykorzystanie na kartach graficznych, pozwalając na spełnienie twardych ograniczeń czasowych.

Model na wyższym poziomie abstrakcji operuje na wysokopoziomowych danych. Jako dane wejściowe przyjmuje on położenia, rozmiary i typy obiektów wokół samochodów. Dodatkowo uwzględnia pole widzenia oraz rozdzielczość sensorów. Wykorzystywany jest on do charakteryzacji zbiorów danych wykorzystywanych do walidacji algorytmów. Model ten został podany analizie i zoptymalizowany pod kątem wydajności. Przedstawiono sposób charakteryzacji algorytmów wykorzystanych w systemach percepcji z wykorzystaniem zaproponowanego rozwiązania. Pokazano również obszerny przykład użyteczności modelu na przykładzie przejścia dla pieszych.

Kamil Lelowicz

Kardziej 10.10.2021

Abstract

Mathematical models of selected vision components of the automotive industry and their study for the development of active safety.

Author: Kamil Lelowicz

The development of advanced driver support systems is a multi-stage process involving interdisciplinary topics from many fields. The aim is to produce a reliable system that improves road safety. An important part of the process is the validation stage of the designed solutions at different stages of system development. To achieve this, computer simulations are used, which require mathematical models of the sensors, controllers and actuators.

The topic of this study is the creation of a functional mathematical model of the vision path for cameras used in the automotive industry for the perception of the car's surroundings. In current driver assistance systems, vision sensors play a key role. Mathematical models of the sensors are mainly used during virtual validation of perception algorithms and for data fusion in highly automated cars. The results of the research and development work are mathematical models of camera vision path components. Models at different levels of abstraction have been developed, presented and validated.

The physical model focuses on the lens model, in particular the distortion model, which for wide-angle cameras has a major impact on the perception of the surroundings. A procedure for identifying distortion using numerical optimisation methods and a neural network is presented. A novel way of validating the implemented methods is proposed for the developed solution. In addition, a model related to colour perception is presented, which, due to the specific colour filters used in automotive applications, differs significantly from RGB filters. Three ways of solving the conversion problem between different filter spaces are proposed, together with an in-depth discussion of the quality of the different methods and considerations of the impact of noise on the results obtained. The implementation of the model has been optimised for use on graphics cards, allowing hard time constraints to be met.

The model at a higher level of abstraction operates on high-level data. It takes as input the positions, sizes and types of objects around the cars. In addition, it takes into account the field of view and sensor resolution. It is used to characterise the datasets used for algorithm validation. The model has been analysed and optimised for performance. The characterisation of the algorithms used in perception systems using the proposed solution is presented. A comprehensive example of the usability of the model using a pedestrian crossing as an example is also shown.

Kamil Lelowicz