

Integracja sensorów w autonomicznym samochodzie

The integration of sensors in the autonomous car

TOMASZ POGORZELSKI
BOGDAN ZYGMUNT *

Materiały z XX SKWPIE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.179

Głównym celem artykułu jest przedstawienie systemu dla autonomicznego samochodu budowanego w celach testowych. Szczególnie skupiono się na opisanu układu czujników, fuzji sensorycznej oraz użytym oprogramowaniu. Przedstawiono sposób rozmieszczenia czujników oraz rozdział zasilania. Zaprezentowano również sposób wyznaczania trasy oraz kolejne kroki realizacji samodzielnej jazdy. Wskazano zalety dedykowanego oprogramowania PolySync firmy Harbrick dla autonomicznych pojazdów.

SŁOWA KLUCZOWE: układ sensoryczny, bez kierowcy, autonomiczny

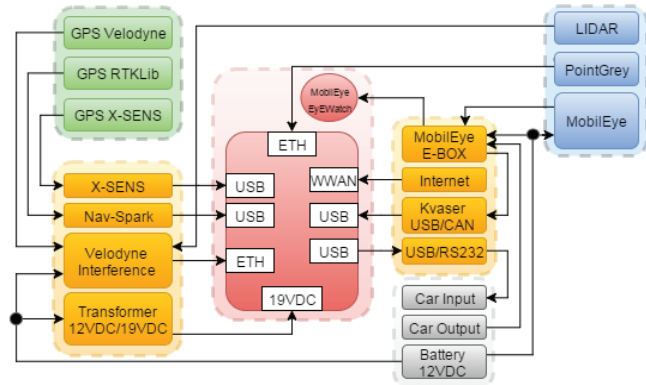
The main purpose of the article is present a system for an autonomous vehicle constructed for testing. Especially focused on describing the sensors fusion and software used. Shows the the arrangement sensors and power supply section. Also presented method for calculating the route and next steps for execution driving without a driver. Article also shows the advantages of dedicated software PolySync from Harbrick for autonomous cars.

KEYWORDS: sensors, driverless, autonomous

Analiza dostępnych rozwiązań systemów autonomicznych pojazdów pozwala zauważyć kierunek rozwoju współczesnej motoryzacji. Producenci instalują systemy do identyfikacji otoczenia, przetwarzania danych oraz układy wykonawcze, które coraz bardziej zastępują kierowcę. Celem niniejszego artykułu będzie opisanie układu sensorycznego oraz systemu akwizycji danych dla autonomicznego samochodu. Pojęto wiele starań, aby układ sensoryczny był jak najbardziej efektywny i elastyczny przy ograniczonym budżecie. Zadbano o możliwość przyszłościowej rozbudowy części sprzętowej oraz oprogramowania.

Układ sensoryczny w pojeździe autonomicznym

Rozmieszczenie elementów układu sensorycznego determinuje parametry wejściowe dla całego procesu sterowania. Zastosowane sensory można pogrupować na czujniki optyczne oraz położenia. Ze względu na pełnioną funkcję, wszystkie urządzenia z pierwszej grupy zamontowane będą na przedniej szybie pojazdu (rys. 1, kolor niebieski). Skaner 3D firmy Velodyne będzie znajdował się nad szybą, aby możliwa była obserwacja otoczenia samochodu. Odpowiedni system regulacji umożliwi korekcję położenia kąтового. Na środku przedniej szyby samochodu będzie przyklejony moduł MobilEye, służący do identyfikowania obiektów i potencjalnych zagrożeń. Drugą część czujników stanowią anteny GPS, które zostaną rozmieszczone w tylnej części pojazdu (rys. 1, kolor zielony). Ich zadaniem jest przekazanie informacji o aktualnym położeniu pojazdu oraz synchronizacja czasowa czujników względem GPS. Ostatnią grupą układu sensorycznego są interfejsy pośredniczące (rys. 1, kolor pomarańczowy), które mogą być zamontowane pod karoserią samochodu.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia układu sensorycznego

Ich rolą jest wstępna analiza i przekazanie informacji do komputera głównego oraz zapewnienie komunikacji z układem podrzędnym pojazdu. W tym miejscu znajdują się również przetwornice zapewniające rozdział zasilania pomiędzy wszystkie urządzenia systemu autonomii. Układ decyzyjny (rys. 1, kolor czerwony) będzie zamontowany wewnątrz samochodu, na desce rozdzielczej. Będzie on zbierał wszelkie dane z czujników w czasie rzeczywistym, poddawał analizie oraz wysyłał odpowiednią informację określającą ruch pojazdu.

System wizyjny MobilEye

Moduł MobilEye jest powszechnie wykorzystywany w systemach współczesnych samochodów jako system wizyjny rozpoznający inne obiekty na drodze. Do celów badawczych udostępniono wersję MobilEye Camera Development Kit, w której rozszerzono zakres przesyłanych informacji (rys. 2). Cały system zamknięty jest w module zawierającym rejestrator doczepianym do przedniej szyby pojazdu, który dokonuje obliczeń w czasie rzeczywistym. Wykorzystano w nim kamerę Aptina MT9V024, która przechwytuje obraz w rozdzielczości 640 × 480 px. Zastosowano dwa procesory graficzne MIPS24KF 332 MHz, które obsługują siedem równoległych wątków.



Rys. 2. Nałożenie danych MobilEye na obraz z kamery

Maksymalny zasięg wykrywanych obiektów to 150 m w dzień, 90 m w nocy dla samochodów oraz 40 m dla pieszych

* Mgr inż. Tomasz Pogorzelski (tom.pogorzelski@gmail.com); prof. dr hab. inż. Bogdan Zygmunt (bogdan.zygmunt@wat.edu.pl) – Wojskowa Akademia Techniczna, Katedra Mechatroniki

(tylko w dzień). Do zestawu dołączony jest wyświetlacz, który prezentuje podstawowe informacje oraz moduł bluetooth, dzięki któremu można podłączyć zewnętrzne urządzenie. Poniżej modułu MobilEye zostanie zainstalowana kamera PointGrey, w której regulacja pola widzenia możliwa będzie za pomocą odpowiednich śrub oraz obiektywu. Ustawienie musi być jak najbardziej zbliżone do pola widzenia MobilEye, który nie przekazuje obrazu z kamery, a jedynie informacje na temat wykrytych obiektów. Specjalistyczne oprogramowanie umożliwi wizualizację danych z MobilEye na tle obrazu z kamery.

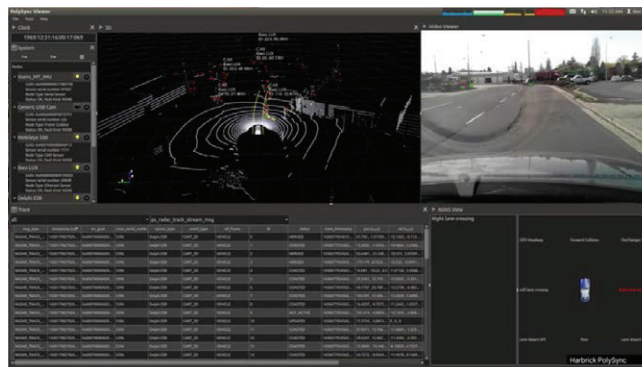
Nawigacja pojazdu z wykorzystaniem NTRIP

System nawigacji pojazdu wyposażony jest w moduł GPS odbierający dane w formacie RAW oraz w modem LTE pozwalający na połączenie się z siecią NTRIP w celu odebrania poprawek sygnału GNSS. Dzięki temu znacznie zwiększa się dokładność pozycjonowania w postaci przyjętego układu współrzędnych xy . Do odczytania przybliżonej lokalizacji posłużono się modułem NS-RAW firmy NavSpark. Następnie dane bez obróbki trafiają do programu RTKLIB, gdzie po wprowadzeniu danych do konta NTRIP łączone są z poprawkami, dając pomiar położenia z dokładnością do kilku decymetrów. Jest to wystarczające do zastosowań „drogowych”. Przed uruchomieniem pojazdu bez kierowcy należy obrać właściwą trasę. Pole do wyboru trasy zawiera mapę drogową WAT, na której należy nanieść punkt docelowy. Wybraną trasę można modyfikować, obierając punkty pośrednie. Po zaakceptowaniu trasy generowany jest plik GPX zawierający współrzędne punktów charakterystycznych.

Bieżąca pozycja samochodu porównywana jest z najbliższym punktem w pliku GPX. Następnie wyznaczona zostaje funkcja liniowa na płaszczyźnie xy , przechodząca przez punkty: bieżącej pozycji oraz drugiego punktu z pliku. Na podstawie funkcji liniowej zostaje zrealizowany ruch pojazdu. Do korygowania toru jazdy wykorzystano regulator PID, którego sprzężeniem zwrotnym jest odchylenie e od zadanej prostej. Po osiągnięciu kolejnego punktu GPX algorytm wyznacza kolejną prostą pomiędzy dalszymi punktami. Po osiągnięciu ostatniego punktu samochód zostaje zatrzymany, a algorytm czeka na kolejny plik zawierający współrzędne.

Oprogramowanie PolySync

Różnorodność stosowanych czujników często utrudnia integrację, której wynikiem ma być fuzja sensoryczna. Z pomocą przychodzi aplikacje do realistycznego odwzorowania wyglądu oraz pracy robotów, takie jak: Robot Operating System (ROS) czy PolySync. Są to oprogramowania stosowane w systemach rozproszonych, umożliwiające komunikację pomiędzy różnymi aplikacjami/usługami lub systemami. Głównie przeznaczone są do łączenia sygnałów z różnych źródeł, modelowania ich rozmieszczenia w przestrzeni oraz do implementacji algorytmu zachowania dla wybranych sytuacji. Oba programy pracują w systemie Ubuntu i są darmowe do zastosowań uczelnianych. Posiadają również bogatą bazę sterowników, która standaryzuje sygnały wejściowe w obrębie danego środowiska. Do budowy autonomicznego pojazdu wykorzystano program PolySync firmy Harbrick. Platforma ta została stworzona specjalnie na potrzeby budowy, testowania oraz rozwijania zaawansowanych pojazdów autonomicznych. Oprogramowanie umożliwia rejestrację danych z czujników, ich akwizycję oraz wysyłanie sygnałów do urządzeń wykonawczych jako parametry wyjściowe układu sterowania. System autonomiczny samochodu przetwarza dużą ilość danych oraz wykonuje skomplikowane operacje w czasie rzeczywistym. Często jednak komputer staje się wąskim gardłem pod względem wydajności, dlatego tak ważne jest, aby dane z czujników służyły w ujednoczonym formacie (rys. 3).



Rys. 3. Interface programu PolySync

Do implementacji algorytmu wykorzystano język C++. Jedną z ważniejszych funkcji programu jest rejestracja wszystkich danych z czujników podczas testów „w terenie”, a następnie ich odtworzenie w warunkach laboratoryjnych. Dzięki temu programista ma możliwość zmiany kodu programu głównego oraz przetestowania jego działania w trybie offline – bez podłączonej aparatury. Usprawnia to znacznie proces rozwoju aplikacji oraz umożliwia wykonanie większej ilości prób w tym samym czasie. Wszelkie przychodzące dane są również kategoryzowane oraz segregowane w tabeli Trace, co znacznie ułatwia kontrolę i interpretację zewnętrznego środowiska. Archiwizowane są również pliki wideo z kamer oraz naniezione na obraz pomocnicze kształty informujące o wykrytym obiekcie.

Podsumowanie

Artykuł miał na celu ogólne przedstawienie układu sensorycznego i oprogramowania dla autonomicznego pojazdu. Wykorzystanie dedykowanego oprogramowania PolySync dla autonomicznych pojazdów przynosi liczne korzyści. Podstawową zaletą tego rozwiązania jest standaryzacja sygnałów z różnych czujników, akwizycja pomiarów oraz możliwość ich odtworzenia. Znacząco przyspiesza to rozwój części programistycznej, ponieważ dzięki temu możliwe jest kilkukrotne sprawdzenie funkcjonowania kodu. PolySync obsługuje najczęściej stosowane urządzenia do identyfikacji otoczenia samochodu autonomicznego. Twórcy ujednolili sposób wspólnej komunikacji i przewidzieli możliwość utworzenia systemu rozproszonego. Dzięki temu na dowolnym ECU możliwa jest rejestracja, wizualizacja oraz analiza danych pochodzących z czujników. Ułatwia to rozłożenie obciążenia obliczeniowego pomiędzy jednostkami. PolySync jest tylko jednym z programów, które można wykorzystać do budowy samochodu bez kierowcy, a opracowany algorytm sterowania jest całkowicie odrębnym programem. Pozwala to na przeniesienie kluczowych procedur do innego środowiska, na którym można kontynuować badania. Obecny rozwój motoryzacji pozwala zauważyć, że pełne zastąpienie kierowcy od strony technicznej jest na wyciągnięcie ręki.

LITERATURA

- Holzappel W., Sofsky M., Neuschaefer-Rube U. „Road Profile Recognition for Autonomous Car Navigation and Navstar GPS Support”. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2003, vol. 39, no. 1.
- Milanés V., Llorca D., Vinagre B., González C., Sotelo Lyle J. „Evolution of an Autonomous Car”. Annual Conference on Intelligent Transportation Systems, 2010.
- Latombe J. „Motion Planning: A Journey of Robots, Molecules, Digital Actors, and Other Artifacts”. International Journal of Robotics Research 1999, pp. 1119-1128.
- Althoff M., Stursberg O., Buss M. „Safety Assessment of Autonomous Cars using Verification Techniques”. Technische Universität München, 2007.