



**Politechnika
Śląska**

Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki

mgr inż. Krzysztof Paszek

Wykorzystanie sieci neuronowej oraz systemu rozmytego do predykcji
pozycji i wyboru ścieżki poruszającego się obiektu w lokalnym systemie
pozycjonowania opartym na technologii UWB

Rozprawa doktorska napisana pod kierunkiem
dr. hab. inż. Damiana Grzechcy, prof. Pol. Śl.

Gliwice 2022

Wykorzystanie sieci neuronowej oraz systemu rozmytego do predykcji pozycji i wyboru ścieżki poruszającego się obiektu w lokalnym systemie pozycjonowania opartym na technologii UWB

Krzysztof Paszek

Systemy pozycjonowania choć szeroko stosowane i niezbędne, to wciąż posiadają pewne wady, z których największą jest stosunkowo duże opóźnienie w odniesieniu do rzeczywistej, aktualnej pozycji obiektu jakim może być człowiek, pojazd samochodowy, czy też wózek samojezdny. Problem ten jest ważny ze względu na ciągle rozwijające się miasta i przemysł, w których wymagania co do płynności i bezpieczeństwa przewozu ludzi i towarów stale rosną. Wzrost prędkości poruszających się obiektów zwiększa różnice pomiędzy pozycją aktualną obiektu, a wyznaczoną z wykorzystaniem systemów pozycjonowania. Chwilowy brak komunikacji z sensorem, czy też brak użytecznych danych, nie może wpływać drastycznie na działanie całego systemu pozycjonowania. Dlatego tak ważna jest predykcja ścieżki poruszającego się obiektu, co nie tylko pozwala zniwelować przesunięcie, ale zapewnić ciągłość wyznaczania pozycji przy krótkotrwałych zanikach danych z systemu pozycjonującego. Podczas analizy danych o ruchu obiektu dane referencyjne należy pozyskać z innego systemu, którego dokładność powinna być o co najmniej rząd wielkości wyższa niż dokładność systemu testowanego. System ten w celu weryfikacji pozycji otrzymywanej z systemu UWB, powinien charakteryzować się dokładnością rzędu milimetrów, co w warunkach terenowych jest trudne do osiągnięcia. Rozwiązaniem tego problemu jest symulator systemu UWB, który pozwoli odwzorować działanie systemu rzeczywistego i tym samym dostarczyć danych referencyjnych. W związku z przedstawionymi problemami postanowiono opracować system decyzyjnego pozycjonowania obiektów będących w ruchu, umieszczonego w newralgicznych miejscach infrastruktury opierając się na systemie UWB i nawigacji inercyjnej. W pracy zaproponowano system pozycjonowania kooperacyjnego, który wykorzystując dane z różnych systemów i technologii pozwala poprawić jakość pozycjonowania oraz niweluje opóźnienia wprowadzane przez system pozycjonowania UWB. W pracy zaproponowano sposób przetwarzania danych z systemu UWB obejmujący: filtrację i czyszczenie danych, korektę odległości, predykcję pozycji oraz ekspercki system decyzyjny oparty na logice rozmytej, określający czy do wyznaczenia aktualnej pozycji obiektu należy wykorzystać pozycję znajdującą się na ścieżce zbudowanej z pozycji pozyskanych z danych aktualnych, czy wykorzystać dane pochodzące z predykcji, czy też posiadane dane nie są wystarczające do wyznaczenia pozycji obiektu. Zaproponowano funkcję korekty odległości pozyskanych z systemu UWB z wykorzystaniem funkcji wielomianowej, która redukuje niedokładności systemu. Zaadoptowano metodę sympleksową do wyznaczania pozycji obiektu w procesie trilateracji. Zaproponowano predykcję pozycji obiektu będącego w ruchu z wykorzystaniem sieci neuronowej typu LSTM, która redukuje opóźnienie wprowadzane przez system pozycjonowania UWB i pozwala na nieprzerwane pozycjonowanie obiektu. Zaproponowano sposób analizy danych z systemu UWB, który doprowadził do zaprojektowania symulatora systemu pozycjonowania UWB odzwierciedlającego posiadany system rzeczywisty. W pracy przeanalizowane zostały czasy poszczególnych etapów w procesie wyznaczenia pozycji obiektu od akwizycji danych po wyznaczenie predykcji. Zaproponowano również obszary bezpieczeństwa wynikające z błędów oraz możliwych przesunięć wynikających z czasu akwizycji i przetwarzania danych z systemu UWB z podziałem na pojazd typu AGV i pojazd samochodowy. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzić można, że osiągnięto cel pracy, jakim było opracowanie systemu decyzyjnego pozycjonowania obiektów będących w ruchu na podstawie danych z systemów: UWB i nawigacji inercyjnej INS (AHRS), umieszczonego w newralgicznych miejscach infrastruktury, działającego w czasie rzeczywistym.