

DOSKONALENIE METOD POZYCJONOWANIA Z WYKORZYSTANIEM ZINTEGROWANYCH POMIARÓW INS/GPS

mgr inż. Dariusz Tomaszewski

Słowa kluczowe : INS/GPS, AHRS, nawigacja zintegrowana, inercyjny system nawigacji, filtr Kalmana

Streszczenie

W ramach realizowanej rozprawy doktorskiej zbudowano system nawigacji zintegrowanej (INS/GPS) oraz opracowano algorytmy integracji danych nawigacyjnych. Głównym celem pracy było doskonalenie pozycjonowania satelitarnego poprzez zastosowanie odpowiedniej metody integracji wyznaczeń GPS z pomiarami inercyjnego systemu nawigacji INS. Założono, że zaproponowane rozwiązanie pozwoli na stworzenie stosunkowo niedrogiego systemu, który znacznie rozszerzy możliwości zastosowania w porównaniu ze współcześnie wykorzystywaną technologią.

Główną tezą rozprawy jest stwierdzenie, że modyfikacja algorytmów pozycjonowania zintegrowanego, opartego na wykorzystaniu średniej klasy sensorów inercyjnych typu MEMS, pozwoli na poprawę dokładności rozwiązania nawigacyjnego względem tradycyjnie wykorzystywanych metod. Założono także hipotezę, że nawet przy znacznym zmniejszeniu liczby obserwacji GPS, możliwe jest utrzymanie odpowiedniej dokładności nawigacji poprzez zastosowanie integracji wyników otrzymanych ze zbudowanego systemu zintegrowanego (INS/GPS) z wynikami algorytmu przyciągania pozycji do wybranych typów elementów mapy wektorowej.

Praca została podzielona na sześć rozdziałów. W pierwszych trzech rozdziałach opisano stan istniejącej wiedzy oraz omówiono teoretyczne podstawy dotyczące realizowanego tematu pracy. Kolejne trzy rozdziały poświęcono na omówienie proponowanych algorytmów i metod oraz przedstawienie wyników, jakie otrzymano w ramach realizacji założonych celów.

W pierwszym rozdziale opisano satelitarny system pozycjonowania GPS, jako podstawę współcześnie wykorzystywanej nawigacji lądowej. Rozważania rozpoczęto od opisu struktury systemu oraz przykładów jego zastosowania. Kolejno opisane zostały błędy jakie mają wpływ na końcowy wynik nawigacji, oraz wykorzystywane metody ich eliminacji. W końcowej części rozdziału autor opisał powszechnie wykorzystywany sposób wyznaczania autonomicznej pozycji i prędkości odbiornika. Ta część pracy stanowi zwięzłą syntezę sposobów obliczeń wykorzystywanych podczas pomiarów wykonywanych z wykorzystaniem odbiornika satelitarnego zamontowanego wewnątrz zbudowanej platformy nawigacyjnej.

Drugi rozdział pracy został poświęcony budowie systemów nawigacji inercyjnej INS. Na początku rozdziału objaśniono zasady działania oraz podział współcześnie dostępnych akcelerometrów, żyroskopów oraz modułów IMU. Następnie szczegółowo opisano podział i źródła błędów INS oraz przedstawiono ich wpływ na końcowe wyniki. Kolejno zreferowane zostały podstawowe sposoby wyznaczania oraz eliminacji błędów systematycznych sensorów IMU. W końcowej części rozdziału opisano powszechnie wykorzystywany algorytm obliczenia zmiany pozycji i prędkości z wykorzystaniem systemu nawigacji inercyjnej INS.

W trzecim rozdziale pracy zostały opisane najczęściej wykorzystywane techniki nawigacji zintegrowanej INS/GPS. Na początku rozdziału przedstawiono założenia filtracji Kalmana stanowiącej podstawę większości architektur nawigacji zintegrowanej. Kolejno skupiono się na omówieniu „integracji luźnej” (ang. loosely coupled integration) oraz „integracji ścisłej” (ang. tightly coupled integration) jako dwóch najczęściej opisywanych w literaturze metod integracji INS/GPS. Ostatnia część rozdziału trzeciego została poświęcona analizie zalet oraz wad obu przedstawionych sposobów.

Czwarty rozdział zawiera szczegółowy opis konstrukcji odbiornika do nawigacji zintegrowanej, zbudowanego w ramach realizacji celów rozprawy. Rozważania rozpoczęto od opisanie komponentów oraz schematu działania zbudowanego urządzenia. Kolejno scharakteryzowano opracowany na potrzeby wykonywanych badań, protokół transmisji danych pomiarowych. Druga część rozdziału czwartego została poświęcona testom komponentów zbudowanego systemu. Jako pierwsze przedstawiono wyniki analizy porównawczej obserwacji rejestrowanych przez odbiornik nawigacyjny LEA – 6T oraz geodezyjny odbiornik Trimble 4000. W ramach realizowanych wyznaczeń wykonano testy pomiaru stosunku sygnału do szumu,

obliczono obserwowane odchylenie odległości (ang. ORD – Observed Range Deviation) oraz wyznaczono jakość autonomicznej pozycji odbiornika nawigacyjnego. W drugiej części badań przedstawiono wyniki testu Six – Position Static wykonanego na potrzeby określenia błędów systematycznych modułu ADIS16354 oraz przeprowadzono analizę wariancji Allana. Rozdział zakończono analizą dryftu (prędkości, współrzędnych oraz pozycji) modułu ADIS wynikającego z całkowania nieskorelowanego szumu pomierzonych wielkości.

W rozdziale piątym opisano opracowany algorytm integracji INS/GPS. Rozdział ten można podzielić na trzy części, z której każda dotyczy innego aspektu wykonywanej nawigacji. W pierwszej części rozdziału piątego opisane zostało zastosowanie zmodyfikowanego algorytmu AHRS jako metody zastosowanej do określenia orientacji zewnętrznej urządzenia. Kolejno przedstawiono szereg badań, mających na celu analizę dokładności wyznaczeń otrzymywanych z wykorzystaniem proponowanego algorytmu. W drugiej części rozdziału opisano wykorzystany algorytm integracji wyników systemu INS z wyznaczeniami pozycjonowania GPS. Przedstawienie opracowanej metody obliczeń rozpoczęto od scharakteryzowania zmiany podejścia do sposobu filtracji oraz wykorzystywanych układów odniesienia. Następnie szczegółowo opisano wszystkie komponenty filtra wraz z wyjaśnieniem zasadności wyboru zastosowanych rozwiązań. W ostatniej części piątego rozdziału przedstawiono sposób działania wybranego algorytmu dopasowywania pozycji do mapy. Na końcu rozdziału przedstawiono algorytm integracji pozycji z trzech systemów INS/GPS/MM. Dokładnie opisano opracowaną metodę oraz określono korzyści płynące z zastosowanych rozwiązań obliczeniowych.

W rozdziale szóstym przedstawiono analizę porównawczą opracowanych algorytmów pozycjonowania. Zaprojektowano doświadczenie pozwalające na porównanie wyników nawigacji z wyznaczoną precyzyjnie trajektorią referencyjną. W ramach realizowanych testów wykonano obliczenia pozycji w czterech scenariuszach dostępności pozycjonowania satelitarnego. Kolejno sprawdzono działanie zaprojektowanych algorytmów przy 1 - sekundowym, 4 - sekundowym oraz 10 - sekundowym odświeżaniu pozycji uzyskiwanej z systemu GPS. Natomiast w czwartej analizie zasymulowano dwie 20 – sekundowe przerwy w pozycjonowaniu satelitarnym. We wszystkich opisanych testach wyznaczono trajektorię ruchu pojazdu z wykorzystaniem każdego z 4 algorytmów (GPS, INS/GPS, MM, INS/GPS/MM).

Następnie przedstawiono i przeanalizowano wyniki porównania uzyskanych trajektorii z trajektorią referencyjną.

Wszystkie wykonane badania wskazują wyższość rozwiązań zintegrowanych nad autonomicznym pozycjonowaniem satelitarnym. Na podstawie przeprowadzonych badań można również stwierdzić, że zastosowanie przedstawionego schematu obliczeń znacznie poprawiło dokładność tradycyjnie stosowanej nawigacji satelitarnej. Nie przekraczając założonego progu finansowego zbudowano odbiornik, który w sytuacji znacznego ograniczenia dostępu do danych z systemu satelitarnego, wciąż jest w stanie dokonywać wyznaczeń wielkości nawigacyjnych. Opracowane algorytmy oraz zastosowane rozwiązania techniczne pozwoliły na dodanie do standardowego pozycjonowania danych odnośnie orientacji zewnętrznej urządzenia. Zastosowanie dodatkowych informacji (kątów Eulera) pozwala na znaczne poszerzenie wykorzystania zbudowanego odbiornika np. w odniesieniu do rozszerzonej rzeczywistości, która staje się podstawą wielu nowych aplikacji dedykowanych urządzeniom mobilnym.