

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **223536**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **398102**

(51) Int.Cl.
G01C 19/02 (2006.01)
G01C 21/10 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **14.02.2012**

(54)

Sposób estymacji kątów Eulera i obciążeń żyroskopów

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

19.08.2013 BUP 17/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.10.2016 WUP 10/16

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

MARIAN BŁACHUTA, Gliwice, PL

ROMAN CZYBA, Zabrze, PL

RAFAŁ GRYGIEL, Zabrze, PL

WOJCIECH JANUSZ, Bytom, PL

GRZEGORZ SZAFRAŃSKI, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Urszula Ziólkowska

PL 223536 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób estymacji kątów Eulera i obciążeń żyroskopów. Znane są sposoby estymacji kątów Eulera, bazujące na wykorzystaniu rozszerzonego filtra Kalmana w których prócz równań charakterystycznych dla samego filtra używa się zlinearyzowanych równań kinematyki ruchu obrotowego.

Znane są filtry komplementarne pozwalające na wykorzystanie danych pochodzących zarówno z żyroskopów jak i z akcelerometrów, celem kompensacji obciążeń tych pierwszych i zmniejszeniem wpływu szumów pomiarowych oraz przyspieszeń liniowych i odśrodkowych na odczyt akcelerometrów. Pozwala to na dokładniejszą estymację położenia zestawu czujników inercjalnych w przestrzeni, niż ma to miejsce w przypadku korzystania tylko z jednego rodzaju czujników. Filtry komplementarne wykorzystujące oba te źródła pomiarów, opierają się o wykorzystanie w swojej strukturze dwóch rodzajów filtrów, filtru o charakterze dolnoprzepustowym oraz filtru o charakterze górnoprzepustowym.

Sposób estymacji kątów Eulera oparty o kompensację obciążeń żyroskopów, wykorzystujący filtry komplementarne podano w artykule „A Complementary Filter for Attitude Estimation of a Fixed-Wing UAV” autorstwa M. Euston-a, P. Coote-a, R. Mahonyego, J. Kim-a oraz T. Hamel-a, wykorzystano w nim równania kinematyki ruchu obrotowego wyrażonego poprzez kwaterniony oraz macierzy wiążącej położenie wyrażone w kwaternionach z kątami Eulera.

Sposób estymacji kątów Eulera i obciążeń żyroskopów, polega na wykorzystaniu elementu proporcjonalno-całkującego, akcelerometrów, wiedzy o orientacji czujnika względem linii pola magnetycznego oraz znajomości kinematyki ruchu obrotowego.

Pomiar prędkości kątowych pomniejszany jest o estymatę ich obciążenia. Pomiar ten wykorzystywany jest następnie w układzie przeliczania prędkości kątowych na zmiany kątów Eulera, zmiany te są całkowane w bloku całkowania, na tej podstawie otrzymuje się ocenę położenia czujnika w przestrzeni. Różnica pomiędzy tak uzyskanymi ocenami kątów Eulera, a ocenami pochodzącymi z akcelerometrów i magnetometrów, podawana jest na element o działaniu proporcjonalno-całkującym. Element proporcjonalno-całkujący wypracowuje w taką wartość oceny obciążeń by różnica pomiędzy ocenami kątów Eulera będących wynikiem całkowania równań kinematyki a ocenami pochodzącymi z akcelerometrów i magnetometrów była równa zero.

Powyższy sposób rozszerzony może być o dodatkowe elementy przełączające, klucze.

Klucze te pośredniczą w przekazywaniu sygnału będącego różnicą ocen kątów Eulera a oceną kątów uzyskaną na podstawie akcelerometrów, magnetometrów do elementu proporcjonalno-całkującego. Rozwiązanie to pozwala na uniknięcie błędów będących efektem wystąpienia przyspieszeń innych niż składowe wektora grawitacji poprzez otwarcie pętli sprzężenia poprzez zestaw kluczy w chwilach czasu, w których te przyspieszenia występują.

Sposób według wynalazku zostanie bliżej objaśniony na podstawie przykładu realizacji przedstawionego na rysunku fig. 1, a na fig. 2 w wersji rozszerzonej o dodatkowe klucze.

Pomiary prędkości kątowych pochodzących z żyroskopów oznaczone są jako „p IMU”, „q IMU” oraz „r IMU”. W węzłach sumacyjnych (6) zostaje od nich odjęta estymaty obciążenia żyroskopów „bp”, „Bq” oraz „br”. Następnie w układzie przeliczania prędkości kątowych na zmiany kątów Eulera (1) (wykorzystującym oceny kątów Eulera) następuje przeliczenie prędkości kątowych na prędkość zmian kątów Eulera, prędkość tych zmian poddawana jest operacji całkowania w bloku całkowania (8) skutkiem czego są estymaty kątów Eulera oznaczone jako „phi Est”, „theta Est” oraz „psi Est”. Tak uzyskane oceny kątów, porównywane są w węzłach sumacyjnych (7) z estymatami otrzymanymi przy pomocy odczytów akcelerometrów („ax IMU”, „ay IMU”, „az IMU”) oraz z kątem Eulera psi pochodzącym z magnetometrów „psi IMU”. Układ wyliczania kątów Eulera (2) przelicza wartości wskazywane przez akcelerometry na oceny kątów Eulera. Różnica w estymatach wyliczana w węzłach (7) podawana jest na wejście elementu proporcjonalno-całkującego (3) wypracowującego estymatę obciążeń żyroskopów.

Możliwe jest rozszerzenie powyższego opisu, o dodatkowe elementy przełączające, klucze (5), fig. 2. Klucze (5) rozwierane są za pośrednictwem układu decyzyjnego (4). Układ ten decyduje o stanie kluczy na podstawie znajomości pomiarów prędkości kątowych oraz dodatkowych informacji, o przyspieszeniach innych niż składowe przyspieszenia ziemskiego, sygnał zawierający te dodatkowe informacje oznaczony jest jako „ext Acc”.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób estymacji obciążeń żyroskopów, **znamienny tym**, że pomiar prędkości kątowych pomniejszony o estymatę ich obciążenia wykorzystywany jest w układzie przeliczania prędkości kątowych na zmiany kątów Eulera, pomiar ten następnie jest całkowany w bloku całkowania otrzymując ocenę położenia czujnika w przestrzeni, następnie różnica pomiędzy tak uzyskanymi ocenami kątów Eulera a ocenami pochodzącymi z akcelerometrów i magnetometrów podawana jest na element o działaniu proporcjonalno-całkującym wypracowującym wartości oceny obciążeń w ten sposób, by różnica pomiędzy ocenami kątów Eulera będących wynikiem całkowania równań kinematyki a ocenami pochodzącymi z akcelerometrów i magnetometrów była równa zero.

2. Sposób estymacji obciążeń żyroskopów i kątów Eulera według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w pętli sprzężenia występują dodatkowe elementy przełączający, klucze, rozwierane podczas spełnienia warunków określonych przy pomocy poziomów wartości prędkości kątowych i/lub informacji o dodatkowych przyspieszeniach, gdzie stan kluczy (5) określany jest przez układ decyzyjny (4).

Rysunki

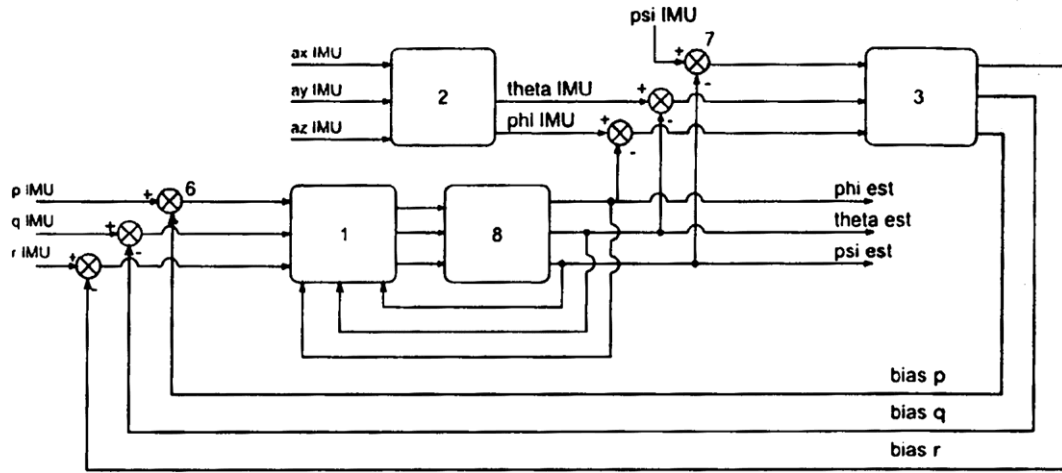


Fig.1

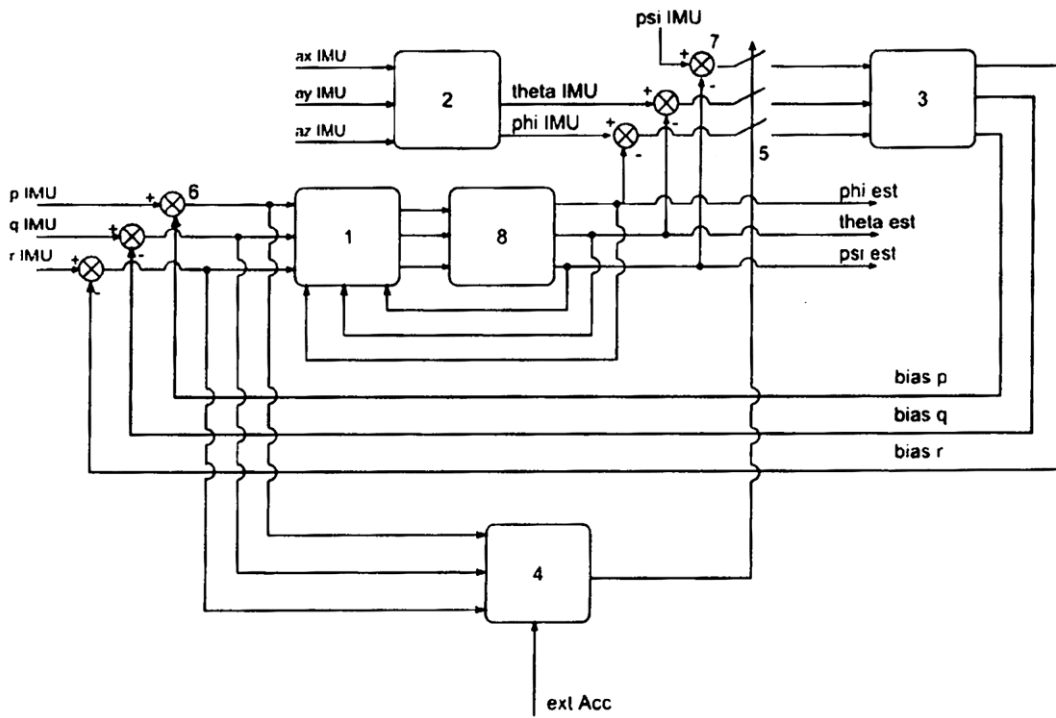


Fig.2