

Marcin URADZIŃSKI

UNIwersytet Warmiński - Mazurski w Olsztynie, Katedra Geodezji Szczegółowej

Technologia MEMS w nawigacji i monitoringu pojazdów

Dr inż. Marcin URADZIŃSKI

Ukończył UWM w Olsztynie (2000), gdzie także uzyskał doktorat (Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji). Od 2006 roku jest pracownikiem Katedry Geodezji Szczegółowej. Zakres zainteresowań to: wykorzystanie najnowszych technik pozycjonowania we współczesnej geodezji i nawigacji. Obecnie zajmuje się wykorzystaniem zintegrowanych systemów INS/GPS w nawigacji i monitoringu pojazdów.



e-mail: murad@poczta.fm

Streszczenie

W artykule przedstawiono najnowocześniejsze rozwiązania konstrukcyjne czujników inercjalnych, stanowiących wraz z systemem GPS zintegrowany system nawigacyjny. Odkąd systemy INS są w stanie pracować w warunkach, w których występuje ograniczony dostęp do sygnału satelitarnego GPS, wydają się być one bardzo dobrym uzupełnieniem i potencjalną alternatywą nawigacyjnych systemów satelitarnych. Trendy w kierunku zintegrowania obu systemów związane są ściśle z uzyskaniem wysokiej dokładności wyznaczonej pozycji, obniżeniem wagi oraz kosztów. Szybki rozwój technologii MEMS na pewno sprosta tym wszystkim wymaganiom i w niedalekiej przyszłości wejdzie zdecydowanie w skład kompletnego systemu nawigacyjnego pojazdu.

Słowa kluczowe: System GPS, nawigacja inercjalna, nawigacja pojazdów, nawigacja satelitarna, integracja systemów INS/GPS, akcelerometr, żyroskop, technologia MEMS.

MEMS Sensors in Car Navigation and Car Fleet Management**Abstract**

The latest solutions concerning inertial navigation systems are presented in the paper. INS sensors can be easily bounded up with GPS system to build integrated navigation system. Since INS devices can work in situations where there is a GPS signal degradation, they seem to be ideal supplement and potential choice for navigation systems. For certain, this technology will realize all the requirements concerning: getting high accuracy, reducing weight and costs and above all – increasing reliability of working. Fast development of MEMS sensors will for sure be up to all these requirements and in the near future they will be definitely used in complete car navigation system.

Keywords: GPS, inertial navigation, car navigation, satellite navigation, INS/GPS integration, accelerometer, gyro, MEMS sensors.

1. Wprowadzenie

Satelitarny System Pozycjonowania GPS oparty jest na konstelacji satelitów transmitujących sygnały, które pozwalają nam wyznaczyć precyzyjnie pozycję, prędkość, kierunek oraz czas. Dane te mogą zostać wykorzystane w innych systemach, np. różnego rodzaju przyrządach telekomunikacyjnych, komputerach, a przede wszystkim w nawigacji pojazdów. Po wyłączeniu efektu SA system GPS dostarcza bardzo dokładnych informacji dotyczących pozycji, nawet przy wykorzystywaniu metody absolutnej.

Jednak wysoka dokładność pozycjonowania ma miejsce tylko w warunkach ciągłości odbioru sygnału i korzystnym rozmieszczeniu geometrycznym satelitów. Jest również oczywiste, że inne systemy nawigacyjne, jakim jest z pewnością system inercjalny (INS-Inertial Navigation System), nie są obecnie w stanie osiągnąć takiej dokładności (przez dłuższy okres czasu) jakie są w stanie uzyskać dostępne na rynku tanie odbiorniki GPS.

Obok doskonałości jakie oferują obecne systemy satelitarnego pozycjonowania, szczególnej uwagi wymaga fakt przerywania dostępności sygnału np. podczas jazdy w silnie zalesionych obszarach, gęstej miejskiej zabudowie czy też w tunelach. Możliwe są również degradacje sygnału powodowane jego odbiciem od pobliskich obiektów. W takich sytuacjach system GPS musi zostać zintegrowany z innymi sensorami w celu zachowania ciągłości wyznaczania pozycji, lub w przypadku jazdy w tunelu, całkowicie zastąpiony innym systemem, który mógłby bardzo dobrze wypełnić lukę spowodowaną blokowaniem sygnału GPS i zapewnić w tym czasie wysoką dokładność informacji o pozycji i kierunku.

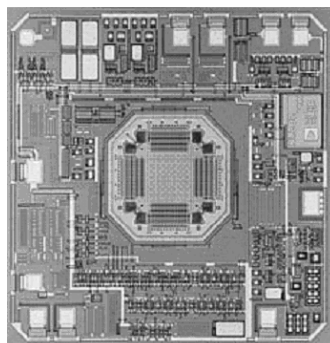
2. Bieżące osiągnięcia w zakresie sensorów inercjalnych

Bieżący rynek zintegrowanego pozycjonowania i systemów nawigacyjnych jest zdominowany przez te systemy, które posiadają system GPS jako jeden z ich komponentów. System GPS dostarcza cały szereg dokładności nawigacyjnych tanim kosztem. Dzisiejsze odbiorniki GPS są gabarytowo bardzo małe, pobierają mało energii i ogólnodostępne. Jednak mimo bardzo szybkiego rozwoju tej technologii, potrzeba zastosowania alternatywnych systemów pozycjonowania jest nieunikniona. Wynika to z faktu, iż dostęp do sygnału GPS jest ograniczony w niektórych warunkach.

Na rynku zintegrowanego pozycjonowania i systemów nawigacyjnych zaczynają dominować te urządzenia, które są gabarytowo bardzo małe, tanie, pobierają mało energii, a przy tym posiadają wyjścia sygnału zarówno analogowe jak i cyfrowe, co pozwala bardzo łatwo połączyć je z innymi zewnętrznymi urządzeniami. Bardzo szybki rozwój technologii MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) pozwala spełnić obecnie wszystkie te wymagania. Już w samym 2003 roku na rozwój tej technologii zainwestowano w Stanach Zjednoczonych 14 miliardów dolarów z czego 2% tego udziału wspiera rozwój sensorów inercjalnych. Odkąd systemy inercjalne są w stanie pracować w warunkach, w których ograniczony jest dostęp do sygnału GPS, wydają się one być idealnym uzupełnieniem dla nawigacyjnych systemów satelitarnych. Trendy w kierunku zintegrowania obu systemów związane są ściśle z uzyskaniem wysokiej dokładności, obniżeniem wagi, kosztów i rozwojem technologicznym, który sprostałby tym wszystkim wymaganiom. Można być pewnym, że zawrotny szybki rozwój technologii MEMS stworzy w niedalekiej przyszłości kompletny system nawigacyjny (złożony z akcelerometrów i żyroskopów) na jednym małym chipie. Już obecnie rozwiązania konstrukcyjne pokazują ogromne możliwości tej technologii, jeżeli chodzi o wymiary, energooszczędność, wysoką rozdzielczość i dokładność. Miliony sensorów opartych na technologii MEMS zostało zainstalowanych w pojazdach w ostatniej dekadzie. Wiele tych sensorów zastąpiło starsze technologie, ponieważ są tańsze i bardziej niezawodne.

Istotną rolę od szeregu lat spełniają układy MEMS w pomiarach wielkości mechanicznych, gdzie największe zastosowania mają akcelerometry i ostatnio układy żyroskopowe. Akcelerometry wykorzystujące technologię MEMS są przyrządami samokontrolującymi się, energooszczędnymi i bardzo odpornymi na wstrząsy i zmiany temperatur. Posiadają dwa wyjścia sygnału: analogowe, a co najistotniejsze wyjście cyfrowe, które umożliwia transmitowanie sygnału bez degradacji szumami. Wymiary tych przyrządów osiągają wielkości od kilku mikrometrów do kilku milimetrów. Poniżej przedstawiono najnowocześniejszy akcelerometr

ADXL202E wyprodukowany przez firmę Analog Devices, wraz z jego specyfikacją:



- Akcelerometr 2 osiowy
- zakres działania +/- 2g
- energooszczędny (2 μ A na os)
- wykorzystuje technologię CMOS co pozwala zintegrować sensor z elektroniką na jednym chipie
- może mierzyć zarówno przyspieszenia dynamiczne jak i statyczne
- miniaturowe wymiary 5 mm x 5 mm x 2 mm

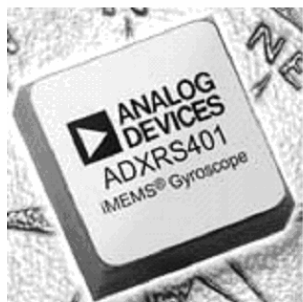
fol. Analog Devices

Rys. 1. Akcelerometr ADXL202E firmy Analog Devices wraz z jego specyfikacją
Fig. 1. Accelerometer ADXL202E (Analog Devices) and its specification

Przy rozważaniu zakupu akcelerometru przede wszystkim powinniśmy się kierować takimi parametrami jak: szerokość pasma (ilość przesyłanych danych na jednostkę czasu), poziom szumów, dryft, liniowość, zakres dynamiczny, odporność na wstrząsy i zużycie energii. Nowoczesne sensory MEMS są w stanie mierzyć przyspieszenia w pełnym zakresie: od poniżej 1g do powyżej 100g. Przyrządy te mogą mierzyć zarówno przyspieszenia dynamiczne jak i statyczne (grawitacja). Akcelerometry o nowoczesnej technologii ultra niskich szumów znalazły bardzo szerokie zastosowanie w takich dziedzinach jak: automatyka pojazdów (systemy antywłamaniowe, kontrola poduszek powietrznych, poziom ustawienia świateł, aktywne zawieszenie), medycyna (np. przyrządy do badania ciśnienia krwi), informatyka (dżojstiki, głowice dysków twardych i drukarek). Aplikacje wymagające akcelerometrów mierzących wyższe przyspieszenia dotyczą sensorów bezpieczeństwa pojazdów (uderzenia, poduszki powietrzne), podczas gdy akcelerometry o niższych przyspieszeniach stosowane są w alarmach, systemach informacyjnych o nagłych zboczeniach kursu, a przede wszystkim w nawigacji. Akcelerometry te monitorują ruch pojazdu, przejechany dystans i nie muszą być ułożone w poziomie, tak jak wymagają tego np. niektóre kompasy elektroniczne. Bardzo istotny jest fakt, że instalowanie najnowocześniejszych akcelerometrów w pojazdach rozpoczęto już w pierwszej połowie 2003 roku.

Obok akcelerometrów, technologia MEMS wykorzystywana jest również przy produkcji żyroskopów.

Od 2004 roku firma Analog Devices posiada w swojej ofercie żyroskop ADXRS401 (rys. 2).



- Żyroskop 3 osiowy (pomiar prędkości rotacji względem osi Z)
- zakres działania +/- 75°/sek
- energooszczędny 5V
- wykorzystuje technologię BiMOS co pozwala zintegrować sensor z elektroniką na jednym chipie
- zaprojektowany głównie do nawigacji samochodowej
- miniaturowe wymiary 7 mm x 7 mm x 3 mm

fol. Analog Devices

Rys. 2. Żyroskop ADXRS401 firmy Analog Devices wraz z jego specyfikacją
Fig. 2. Gyroscope ADXRS401 (Analog Devices) and its specification

Urządzenie przeznaczone jest głównie do nawigacji samochodowej. Układ posiada wbudowaną zaawansowaną strukturę MEMS

umożliwiająca pomiar prędkości rotacji względem osi Z oraz następnie przy pomocy zintegrowanego układu elektronicznego dokonuje generacji, filtrowania i dopasowania sygnału wyjściowego. Przy produkcji tego żyroskopu wykorzystano technologię BiMOS, co pozwala zintegrować sensor z elektroniką na jednym chipie. Jego szeroki zakres działania, energooszczędność, miniaturowe wymiary oraz przede wszystkim cena sprawiają, że jest obecnie najczęściej kupowanym chipem na rynku motoryzacyjnym.

Dzięki szybkiemu rozwojowi technologii wytwarzania układów MEMS, jak również rosnącemu zapotrzebowaniu rynku motoryzacyjnego (nawigacyjnego) na zaawansowane technologicznie zminiaturyzowane rozwiązania, można zauważyć coraz większą liczbę zastosowań tych układów w praktyce. Dzięki układom MEMS mamy możliwość mierzenia wielkości, których nie sposób pomierzyć w technice konwencjonalnej. Te tanie i masowo wytwarzane układy, w niedalekiej przyszłości będą stanowiły z pewnością podstawowy element zintegrowanego systemu nawigacyjnego.

3. Podsumowanie

W sytuacjach, w których występuje ograniczony dostęp do sygnału GPS, potrzeba zastosowania alternatywnych systemów pozycjonowania jest nieunikniona. W tym celu system GPS powinien zostać zintegrowany z innymi urządzeniami w celu zachowania ciągłości pozycjonowania pojazdu. Dzisiejsze odbiorniki oprócz tego, że są gabarytowo bardzo małe i pobierają mało energii, są bardzo wygodne do współpracy z innymi dodatkowymi przyrządami, które w znacznym stopniu są w stanie uzupełnić lukę spowodowaną blokowaniem sygnału satelitarnego.

Pośród wszystkich dostępnych i rozwijających się czujników INS najbardziej obiecująco zapowiadają się te, które są oparte na technologii MEMS. To właśnie ta technologia jest w stanie sprostać wszystkim wymaganiom związanym z uzyskaniem wysokiej dokładności, obniżeniem wagi i kosztów, a przede wszystkim niezawodnością działania. Obecne rozwiązania konstrukcyjne są w stanie zmieścić na jednym miniaturowym chipie akcelerometry i żyroskopy. W bardzo niedalekiej przyszłości czujniki MEMS będą z pewnością wchodziły w skład kompletnego systemu nawigacyjnego pojazdu.

4. Literatura

- [1] An Overview of MEMS Inertial sensing Technology. Sensors Magazine. February 2003.
- [2] An Introduction to MEMS (Micro-electromechanical Systems). PRIME Faraday Partnership. Loughborough University, 2002.
- [3] Andrews A.P., Grewal M.S., Weill L.R.: Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. A John Wiley & Sons, Inc. Publication 2001.
- [4] Bojko T., Wybrane zastosowania układów MEMS w pomiarach wielkości mechanicznych. Miesięcznik Naukowo-Techniczny PAK, nr 11'2003
- [5] Design News Magazine, Angular rate-sensing tunes up motion control - Microelectromechanical Systems (MEMS) Gyroscopes., June 6, 2005
- [6] EL-SHEIMY N.: Integrated Systems and their Impact on the Future of Positioning, Navigation, and Mapping Applications. Quo Vadis - International Conference. FIG Working Week 2000, 21-26 May, Prague
- [7] MEMS Sensors Are Driving the Automotive Industry. Sensors Magazine. February 2002.