



Gewusst, wo!

Navigationssysteme mit Mems realisieren

Inertiale Navigationssysteme (INS) kombinieren Informationen aus linearer und rotatorischer Bewegung mehrerer Achsen, um Positions-, Geschwindigkeits- und Richtungsinformationen zu liefern. Je nach Fahrzeugdynamik und Verfügbarkeit weiterer Daten kann das aufwändig sein: Niedrige Systemkosten und geeignete Lösungen liefern Systeme, die auf Mems basieren. *Autor: Bob Scannell*

Genaue Navigationshilfen werden heute nicht nur in der Luftfahrt benötigt, sondern auch in der Landwirtschaft, in Baumaschinen, chirurgischen Instrumenten, autonomen Fahrzeugen, Robotern oder im Rettungswesen. Bislang gab es fertig verfügbare Komplettlösungen nur als ungenaue, eher für Handys oder ähnliche Geräte geeignete Billiglösungen oder als hochgenaue, teure Inertial Measurement Units (IMU), basierend auf Technologien, wie Ring-Laser- oder faseroptische Kreisel. Weitere Nachteile letzterer IMU liegen neben Kosten in Stromverbrauch und Größe.

Die zunehmende Reife von Mems-basierten Gyroskopen in den letzten Jahren dagegen ermöglicht neue, sehr genaue und dennoch relativ kostengünstige Konzepte für Lenksysteme. Getrieben werden diese Entwürfe in erster Linie durch die Einsparungen, die als willkommener Nebeneffekt zugleich mehr Anwendungsmöglichkeiten eröffnen. Allerdings liegt eine Herausforderung für Entwickler darin, die Anforderungen an Systemkomponenten umzuverteilen und zusätzliche Funktionen zu implementieren, statt nur auf die Kern-IMU zurückzugreifen.

Sensorik sorgt für Sicherheit

Mems-basierte Gyroskope, aber auch Beschleunigungssensoren sind heute ausgereift sowie zuverlässig und werden deswegen gern in entsprechend hohen Stückzahlen in Sicherheitssystemen beispielsweise im Kraftfahrzeug eingesetzt. Etabliert sind bereits Fahrzeugstabilitätskontrolle sowie Navigation. Letztere enthalten Beschleunigungsaufnehmer und Gyroskope für die so genannte Dead-Reckoning-Funktion, die das Aussetzen des GPS-Signals überbrückt. Dieses Konzept der Kombination mehrerer Sensoren (inertial, GPS, Magnetometer, visuell und weitere) ist ein Schlüsselement beim Einsatz von Mems-Sensoren in Präzisionslenksystemen und anderen Industrie-Anwendungen. Ein typisches Sy-

stem dafür kann Inertial-, GPS- und Magnetometer-Sensoren enthalten sowie mit weiteren fahrzeug- oder systemspezifischen Eingangssignalen versorgt werden, die zusätzliche Informationen liefern, um über die gewonnenen zusätzlichen Daten den tatsächlichen Bewegungszustand noch genauer zu bestimmen. In diesem Fall arbeiten die verschiedenen Sensoren zusammen, um sich gegenseitig zu korrigieren (etwa Korrektur des Neigungswinkels bei Magnetometern). Ein Kalman-Filter vereint und gewichtet die verschiedenen Eingaben, um die bestmögliche Abschätzung für Geschwindigkeit, Richtung und Position zu liefern.

Nullpunktstabilität ist entscheidend

Ein wichtiger Aspekt bei der Auswahl des Gyroskops ist die Nullpunktstabilität. Den Entwicklern, die auf möglichst hochwertige Bauteiltechnologie angewiesen sind und Stabilitätswerte im Bereich Zehntelgrad bis Grad pro Stunde suchen, dürfte eine Stabilität in der Größenordnung von zehn Grad pro Stunde zunächst als nicht akzeptabel erscheinen. Die Erfahrung zeigt aber, dass Entwickler mit diesen Stabilitätswerten erfolgreich arbeiten und das gewünschte Ergebnis letztlich auf Systemebene erzielen können.

Sowohl die Gyroskophersteller wie auch die Entwickler von Navigationssystemen spielen eine wichtige Rolle, um dies Endprodukt zu ermöglichen: Viele Gyroskope sind empfindlich gegenüber Temperaturschwankungen, Spannungsvariationen, Vibrationen und anderen Einflüssen. Hersteller im Automobilbereich, die mit Millionen Stückzahlen arbeiten, können leicht die erforderlichen Test- und Kalibrierfunktionen kosteneffizient in ihre Produktionsabläufe integrieren. Für andere Unternehmen, die geringere Stückzahlen produzieren, stellt die Infrastruktur zur Implementierung von Funktionen zur Kalibrierung von Bewegungen (zum Beispiel rotierende Testplattformen) eine große Hürde dar. Einige Gyroskopher-

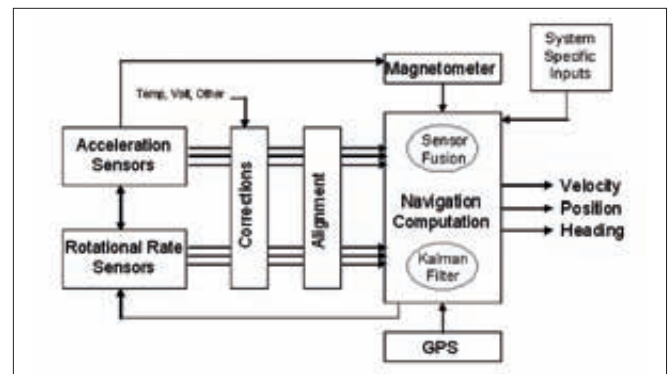
steller verstehen dieses Dilemma und bieten kalibrierte, für den direkten Einsatz im System vorbereitete Komponenten an. Das ist wichtig, denn abhängig vom Aufwand bei der werksseitigen Kalibrierung und vom Grad der Halbleiterintegration um das Gyroskop herum kann die Nullpunktstabilität im System wesentlich verbessert werden. Die Wahl eines genau kalibrierten Gyroskops ist entscheidend, um zumindest eine kurzfristige Stabilität zu erreichen. Entwickler müssen aber alternative Filterkonzepte und Sensorkombinationen betrachten, um letztlich die erforderliche Langzeitstabilität zu erzielen. Die Herstellung eines Inertialsensors mit sechs Freiheitsgraden ist sogar noch anspruchsvoller, weil es nicht genügt, sich auf die Güte der verwendeten Halbleiterkomponenten zu verlassen. Für eine hohe Genauigkeit in mehreren Sensorachsen ist heute eine Integration auf Modulebene erforderlich.

Funktionsblöcke definieren

Um hohe Kosten auf Modulebene zu vermeiden, ist insofern die sorgfältige Auswahl von Materialien und Prozessen wichtig. Noch wichtiger ist aber ein ausgewogenes Verhältnis aus Kosten, technischen Eigenschaften und einfacher Handhabung, um Märkte mit nennenswerter Größe adressieren oder erschließen zu können. Ein Ansatz besteht darin, das Inertialnavigationssystem aufzuteilen in system- oder anwendungsunabhängige Elemente und solche, die von der Implementierung abhängen. Die Gewichtung der verschiedenen Sensoreingänge und somit der Algorithmus für ihre Verschmelzung ist stark abhängig vom dynamischen Verhalten der speziellen Anwendung. Andererseits lässt sich eine IMU, welche stabile Linear- und Rotationsinformationen in den drei Raumrichtungen einschließlich Korrekturen von Querempfindlichkeiten zwischen Achsen und Sensoren liefert, als wiederverwendbarer Funktionsblock für mehrere Anwendungen definieren.

Testumgebung: Bereits das IMU-Modul weist eine hohe Komplexität auf, was besonders berücksichtigt werden muss, wenn man die Herstellung eines preiswerten und stabilen IMU-Sensors anstrebt. Eine große Herausforderung bildet hier der Test beziehungsweise die Kalibrierung der Module, die im bewegten Zustand erfolgen muss. Für mehrachsige Sensoren bedeutet dies die Durchführung von Drehungen um drei Achsen gleichzeitig und mit genau kontrollierten Drehzahlen. Die meisten Inertialsensoren weisen Temperatur- und andere Abhängigkeiten auf, die während der Bewegungstests ebenfalls erfasst werden müssen.

Eine geeignete Kombination aus elektrischen und mechanischen Tests muss entwickelt werden, um Querempfindlichkeiten der Sensoren untereinander zu kompensieren und somit alle signifikanten elektrischen, Positions- und Bewegungsabweichungen korrigieren zu können. Für Systementwickler bringt das kosten- und



Aufbau eines typischen inertialen Navigationssystems. Luftfahrttaugliche Systeme können im gut fünfstelligen Euro-Bereich liegen.

zeitmäßig wesentliche Investitionen und Risiken mit sich. Eine Alternative dazu sind preiswerte Standard-IMU.

Präzision ohne Abstriche

Ein Beispiel dafür ist eine kostengünstige Präzisions-IMU, wie die ADIS16360, die in einem Würfel mit weniger als 2,5 Zentimetern Kantenlänge sechs kalibrierte Inertialsensoren unterbringt. Diese sind über ein Standard-SPI mit vier Leitungen zugänglich. Da bei Bauelementen dieser Art die Ausrichtung der Sensorachsen eine wichtige Rolle spielt, weist ADIS16360 bei der Abweichung von der Orthogonalität eine Genauigkeit von 0,05 Grad auf. Einige wichtige Parameter des Bauteils sind in der Tabelle aufgelistet; an weiteren Verbesserungen hinsichtlich Stabilität wird gearbeitet.

Kostengünstig heißt in Bezug auf den ADIS16360, dass er zu einem Preis von unter 300 US-Dollar angeboten werden kann. Damit stellt er, je nach eigenen Anforderungen und benötigten Stückzahlen, für Entwickler eine Alternative zur Eigenentwicklung mit gutem Preis-Leistungsverhältnis dar. Zur Unterstützung von Systementwicklern sind IMU wie die hier gezeigte mit programmierbaren Schnittstellen ausgerüstet, über welche die Anwender Eigenschaften und Funktionen, wie interne Digitalfilter, Abstraten, Zustandsüberwachung, Skalierung des Dynamikbereichs und die Nulllage konfigurieren können. Der Vorteil der Komplettlösung: Mit der kalibrierten und konfigurierbaren IMU können sich Entwickler voll auf die wichtigen Navigationsalgorithmen konzentrieren und ihre Entwicklungen wesentlich schneller und kosteneffizienter als bisher realisieren. (uns)



Der Autor: Bob Scannell ist Business Development Manager für die Sensor-Produkte bei Analog Devices in Norwood, Massachusetts, USA.

Wichtige Parameter preiswerter IMU

Technische Daten	
Meßbereich Gyroskope	300 o/sec
Bandbreite	330 Hz
Nullpunktstabilität	0,007 o/sec
Langzeitstabilität	2,0 o/√hr
Abweichung von der Orthogonalität	±0,05 o
Meßbereich Beschleunigungssensoren	bis zu ±18 g
Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit	±40 ppm/oC

Quelle: Analog Devices

elektronik JOURNAL

Die Tabelle zeigt: Für Zwecke in der Industrie wie Roboterführung und fahrerlose Transportsysteme geeignete Navigationslösungen wie der ADIS16360 besitzen bereits sehr gute Werte.

Auf einen Blick

Positionsdaten errechnen

Make or buy ist die gern gestellte Gretchenfrage bei Entwicklungen: Greift man für seine Positionserkennung zu einem kompletten System oder entwickelt man das Rad neu? Vorteil bei Zukauf: Entwicklerkapazität wird frei für Wichtigeres, wie die Optimierung des Gesamtsystems, der Verbesserung der eingesetzten Algorithmen.

i infoDIREKT www.elektronikjournal.de
Link zu Analog Devices

201ej1009

✓ VORTEIL Ermöglicht kostengünstige und dennoch qualitativ hochwertige Navigationslösungen.