

Inertiale Navigationssysteme – Eine Einführung

Prof. Dr. Jörg F. Wagner
Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 27
70569 Stuttgart, Deutschland

Abstract:

Der Gebrauch inertialer Navigationssysteme gilt traditionell als anspruchsvoll und teuer. Dies begründet sich zum einen in der aufwändigen Kreiseltechnik, die die historische Wurzel derartiger Geräte bildet, zum anderen erfordern solche Systeme die numerisch fehleranfällige Lösung eines Satzes nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen. Letzteres führt zu Ungenauigkeiten, die im zeitlichen Mittel stark anwachsen können. Deshalb griff man in der Vergangenheit zumeist auf Messsignale sehr hochwertiger Inertialsensoren (Kreisel und Beschleunigungsmesser) zurück, was zu recht unhandlichen Systemen führte.

Seit einiger Zeit ist nun zu beobachten, dass sich die geschilderte Situation zunehmend verändert: Die Bedeutung der klassischen mechanischen Sensoren geht zugunsten optischer und mikromechanischer Messelemente zurück, und Rechenalgorithmen in Kombination mit leistungsfähigen Mikroprozessoren haben schon vielfach stabilisierte Kreiselplattformen verdrängt. Darüber hinaus werden die Signale der Inertialsensoren überwiegend mit denjenigen komplementärer Messgeber wie GPS-Empfänger oder Radargeräten verknüpft, was auf so genannte integrierte Navigationssysteme führt. Die Signalfusion erfolgt dabei zumeist auf der Basis eines erweiterten Kalman-Filters und dient der Begrenzung der erwähnten numerischen Fehler auf ein akzeptables Maß. Hiermit wird aber andererseits auch die Verwendung qualitativ schlechterer, jedoch kostengünstigerer Inertialsensoren ermöglicht.

Die Verfügbarkeit kostengünstiger komplementärer Messgeber hat in den letzten Jahren ebenfalls stark zugenommen. Dadurch beschränken sich die Einsatzmöglichkeiten integrierter Navigationssysteme nicht mehr länger auf die klassischen Bereiche wie Militär, Verkehrsflugzeuge oder Raumfahrt. Die in den letzten Jahren auf den Markt gekommenen, vergleichsweise preisgünstigen Pkw-Navigationsanlagen sind der wichtigste Beleg hierfür. Erheblicher Forschungsbedarf besteht hingegen für weitere Anwendungen, von denen hier im Besonderen die kombinierte Struktur- und Flugregelung von Flugzeugen, die Bewegungssteuerung bei Mehrkörpersystemen wie Großroboter oder die biomechanische Bewegungsanalyse genannt werden sollen.

Integrierte Navigationssysteme sind nun aber nichts anderes als hochwertige Bewegungsmesssysteme auf Basis einer geeigneten Kombination unterschiedlicher Sensoren zur Gewinnung komplementärer Bewegungsinformationen. Die Art der durch die Messgeber zu erfassenden physikalischen Größen ergibt sich aus der spezifischen Kinematik des bewegten Gegenstands (vgl. z.B. Radsensoren bei Pkw, Höhenmesser bei Flugzeugen usw.). Etablierte Sensorkombinationen sind dabei historisch gewachsen und keineswegs zwingend. Die zunehmend billiger werdenden mikromechanischen Sensoren legen deshalb nahe, alternative Kombinationen der einzelnen Messgeber auszuprobieren. Damit lassen sich dann Systementwicklungen auf den oben genannten neuen Anwendungsgebieten befördern.