

MODELIZACION DETERMINISTA Y ESTOCASTICA DE UN GIRO-LASER

por

J. M. de la Cruz

J. Aranda

H. Rui Pérez

I. Paniagua

S. Dormido

F. Morilla

Abstract

This paper presents a description of the work that must be followed to obtain a precise model. The process of getting the real model and, afterwards, a reduced model to be used in a particular environment, laboratory and requires substantial physical insight into the problem. Thus, we think, may be treated to develop an expert system to help in the modeling.

(PUBLICADO EN LA REVISTA DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS,
FÍSICAS Y NATURALES, DE MADRID. TOMO LXXXI, CUADERNO 2.º)

INTRODUCCION

Desde hace algun tiempo, ha venido en auge la aplicabilidad de los giro-láser (GL), como sensores angulares para Sistemas de Navegación Inercial (SNI), resultando especialmente atractivo para aplicaciones estrapodreas debido principalmente a su simplicidad funcional, puesto que no tiene partes móviles, al término de error sensible a la aceleración, y en cambio tiene una excelente característica de estabilidad del factor de escala para un gran rango dinámico de velocidades de entrada (REDN).

Es muy importante el disponer de un buen modelo para el giro, ya que la precisión de navegación de un sistema estrapodreo depende de la precisión en el funcionamiento y calibración inicial de los sensores de error de los instrumentos.

La modelización del giro se realiza principalmente en la evaluación de un modelo matemático que nos permita describir el comportamiento del mismo, que constará de una parte compatible con un modelo determinista, y de otra parte aleatoria, a la que se le atribuye un movimiento de deriva sin sentido estricto, y es la deriva que aparece una vez realizada la compensación de la parte determinista, y se representa mediante un proceso estocástico.



MODELO DE LA PARTE DETERMINISTA DEL GL

El primer paso en la modelización del GL será la determinación de los términos que se identifican en la parte determinista del modelo, considerando si su influencia en la deriva «en sentido amplio» es lo suficientemente notoria como para incluirlo dentro del modelo determinista, o si en cambio puede incluirse en el modelo de deriva aleatoria.

MADRID-1987

Modelización determinista y estocástica de un giro-láser ()*

Por J. M. de la CRUZ*, J. ARANDA**, H. RUIPÉREZ***,
I. PANIAGUA***, S. DORMIDO* y F. MORILLA*

**Departamento de Informática y Automática, UNED*

***Departamento de Informática y Automática, Universidad Complutense*

****C.E.S.E.L.S.A.*

Abstract

This paper presents a description of the steps that must be followed to obtain a gyrolaser model. The process of getting the real model and, particularly, a reduced model to be used in a particular environment, is laborious and requires substantial physical insights into the problem. Thus, we think, may be attractive to develop an expert system to help in the modeling.

INTRODUCCION

Desde hace algún tiempo, ha venido en auge la aplicabilidad de los giros-láser (GL), como sensores angulares para Sistemas de Navegación Inercial (SNI), resultando especialmente atractivo para aplicaciones «strapdown» debido principalmente a su simplicidad funcional, puesto que no tiene partes móviles, ni términos de error sensibles a la aceleración, y en cambio tiene una excelente característica de estabilidad del factor de escala para un gran rango dinámico de velocidades de entrada (RED80).

Es muy importante el disponer de un buen modelo para el giro, ya que la precisión de navegación de un sistema «strapdown» depende de la precisión en el alineamiento y calibración inicial de las fuentes de error de los instrumentos.

La modelización del giro va a constar principalmente en la evaluación de un modelo matemático que nos describa la deriva, que constará de una parte compensable, que puede representarse generalmente por un modelo determinista, y de otra parte aleatoria, a la que se le suele denominar deriva «en sentido estricto», y es la deriva que aparece una vez realizada la compensación de la parte determinista, y que se representa mediante un modelo estocástico.

MODELO DE LA PARTE DETERMINISTA DEL GL

El primer paso en la modelización del GL será la determinación de los términos que se identifican en la parte determinista del modelo, considerando si su influencia en la deriva «en sentido amplio» es lo suficientemente notoria como para incluirlo dentro del modelo determinista, o si en cambio puede incluirse en el modelo de la deriva aleatoria.

(*) Presentada en la sesión científica del día 13 de mayo de 1987.

Las fuentes de error son de dos tipos: multiplicativos o del factor de escala y aditivos o de deriva del giro. Para los giro-láser estas fuentes de error son función fundamentalmente de la velocidad angular de entrada y de las variaciones de temperatura, además contienen términos que aportan un transitorio de encendido. Para otros giróscopos las fuentes de error suelen ser además función de la aceleración de la gravedad, aceleraciones no gravitacionales y de la sensibilidad magnética.

La calibración del modelo determinista requiere identificar los términos transitorios y estacionarios del modelo. Para el primero se utilizan diagramas temporales y ajuste de curvas por mínimos cuadrados lineales y no lineales. Para la determinación del estado estacionario se utiliza bien un método de estimación de mínimos cuadrados lineal o no lineal según sea la relación entre los parámetros del modelo. Estos valores se obtienen a una determinada temperatura de calibración, debiéndose posteriormente ajustar los valores de los parámetros en función de la temperatura.

MODELOS DE LA PARTE ESTOCÁSTICA

La parte aleatoria de los giros es aquella que aparece una vez que se han realizado las compensaciones de las partes calibradas. No obstante, cabe considerar dos tipos de deriva aleatoria, aquella que aparece como errores en los parámetros calibrados y que se suelen modelar como constantes aleatorias, que pueden ser estimadas y compensadas dentro de la fase de alineamiento/calibración de un giro, y aquella parte puramente aleatoria que aparece una vez realizadas todas las compensaciones posibles.

La determinación de un modelo para la parte puramente aleatoria es una tarea fundamental, ya que nos permitirá un mejor alineamiento del SNI y una mejor estima de los estados en la navegación con ayuda.

La parte aleatoria suele modelarse en su forma más general como compuesta por: ruido blanco, camino aleatorio, ruido correlacionado, rampa aleatoria y transitorios (NAS71).

La cuantificación de las componentes del modelo aleatorio se realiza utilizando los métodos usados para la representación de los procesos estocásticos, como son: diagramas temporales, densidad espectral de potencia, función de autocorrelación, procesos markovianos, diagramas de la desviación estándar y modelos ARIMA.

Estos métodos no son excluyentes entre sí, sino que normalmente las especificaciones de las derivas y su análisis se realiza utilizando varios o todos de estos métodos (BEN76 y RED80). En realidad el método seguido es un proceso iterativo en el que se va avanzando en el conocimiento del modelo.

Los valores obtenidos para el modelo del giro, tanto aleatorio como determinista, son exclusivos de dicho giro, debiéndose de realizar, por tanto, la estimación de los parámetros para cada giro.

La utilización real de un giróscopo dentro de un SNI no puede realizarse considerando el modelo aleatorio real estimado, ya que ello conduce a que, para el alineamiento/calibración y también en los casos de navegación con ayuda, se disponga de un filtro con un vector de estados de dimensión excesivamente elevada, lo que hace que no sea apto para su implementación real.

Esto requiere que se deba de obtener un modelo de error simplificado para, de esta manera, reducir la dimensión del vector de estados. El proceso de simplificación requiere estudiar las fuentes de error dominantes dentro del modelo y realizar la

sintonía del modelo reducido para incluir dentro de él los efectos de aquellos términos no considerados. La sintonía no se realiza de forma aislada, sino que debe realizarse dentro del esquema de utilización del modelo.

El proceso de obtención del modelo simplificado es un problema de optimización numérica que se lleva a cabo de forma manual, requiriéndose un profundo conocimiento físico del problema (GEL74).

La determinación del modelo completo del giro y del modelo reducido para su utilización práctica en un SNI requiere disponer de un conjunto considerable de herramientas de análisis y cálculo. Todo ello hace que la determinación del modelo del giro una tarea laboriosa y pensamos que apta para la implementación de un sistema experto que ayude tanto a la generación del modelo completo como del modelo reducido.

CONCLUSIONES

Se han descrito los pasos básicos a seguir para la obtención de un modelo de giros láser tanto en sus partes determinista como estocástica. El proceso de generación del modelo completo y del modelo reducido para su utilización en un SNI es un proceso laborioso e iterativo que requiere un conocimiento profundo del problema físico. Todo ello lo convierte en un tema atractivo para la implementación de un sistema experto para la obtención de los modelos.

Este trabajo está siendo desarrollado por el Departamento de Informática y Automática de la UNED mediante un contrato con la empresa CESELSA, con la mediación de la Fundación Universidad-Empresa.

BIBLIOGRAFIA

BEN76: «Test Evaluation of a High Performance Pulse Rebalanced Gyro for Strapdown IMU Applications». R. M. Bendett, H. D. Kleine, S. P. Weinstein and D. A. Zomick. *Navigation*, vol. 23, núm. 1, Spring, 1976.

GEL74: «Applied Optimal Estimation». Edited by A. Gelb. MIT Press, 1974.

NAS71: «Application of Optimal Smoothing to the Testing and Evaluation of Inertial Navigation Systems and Components». R. A. Nash, J. F. Kasper, B. S. Crawford and S. A. Levine. *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. AC-16, núm. 6, diciembre, 1971.

RED80: «Laser Gyro Strapdown Sistem Alignment/calibration and Land Navigation Using Kalman Filter». P. B. Reddy IEEE, 1980.