

MEMS관성수감부오차모형화와 모의의 한가지 방법

김수일, 손봉철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 지적하시였다.

《전자공학부문에서는 전자재료를 개발하고 그 순도를 높이며 집적회로를 비롯한 전자 요소와 전자계산기를 개발하는데서 나서는 과학기술적문제를 풀며 자동화공학부문에서는 자동조종리론을 발전시키고 자동화요소와 장치, 자동조종체계를 개발하는데서 나서는 과학기술적문제를 풀어야 합니다.》(《김정일선집》 제11권 증보판 138페이지)

실제의 항주실험을 진행하지 않고도 항법체계의 성능을 평가하자면 반드시 관성수감부오차의 우연특성을 반영한 모의자료가 필요하다.

일반적으로 무평대식관성항법체계(SINS)에서 관성수감부오차의 우연특성을 1차가우스-마르코브(GM)과정으로 고찰한다.[1]

론문에서는 MEMS관성수감부 ADIS16355의 자체상관특성을 분석한데 기초하여 AR모형에 의한 모형화와 그것에 대한 모의를 진행하였다.

1. MEMS관성수감부오차의 우연특성분석과 모형화

MEMS관성수감부들은 소형화, 저가격, 저전력소비 등 많은 우점이 있는 반면에 오차가 크고 특히 시간에 따르는 편기와 척도인자의 우연변동 등의 우연오차들은 일반적으로 교정과정에 제거할수 없고 확률과정에 의하여 모형화되어야 한다. 이러한 MEMS관성수감부의 우연오차특성은 자체상관분석에 의한 시계열해석법으로 고찰할수 있다.[1, 2]

MEMS관성수감부 ADIS16355의 자체상관특성을 고찰하기 위하여 1ms표본간격으로 측정한 곡선은 그림 1과 같다.

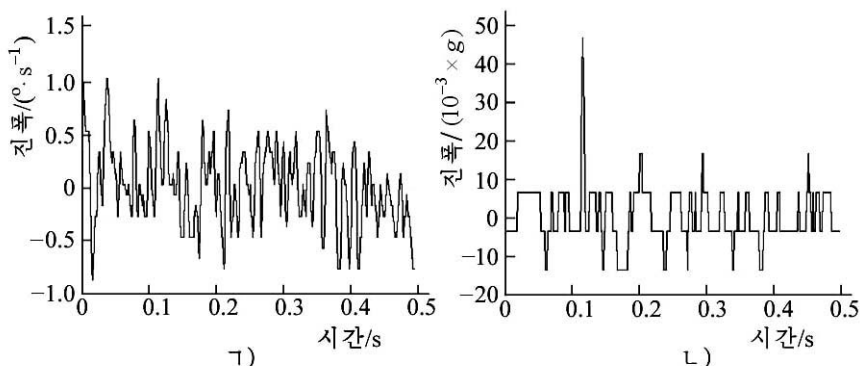


그림 1. MEMS관성수감부 측정곡선

1) 편이인 경우, 2) 가속도제인 경우

일반적으로 MEMS관성수감부들의 출구잡음을 제거하고 SNR를 개선하기 위한 전처리로서 웨블레트려파기에 의한 잡음려파기가 응용되고있으며 SINS에서는 웨블레트려파를 거쳐 관성수감부신호의 모형화를 고찰한다.[2]

이로부터 관성수감부출구의 자체상관특성분석에서 웨블레트려파전처리를 진행하면 MEMS의 고유한 자체상관특성에 주는 잡음의 영향을 제거할수 있다.

려파전 측정신호와 db5웨블레트려파를 거친 신호의 자체상관곡선은 그림 2와 같다. 그림 2로부터 다음의 결론을 얻을수 있다.

우선 MEMS출구의 자체상관곡선이 1차 가우스-마르코프상관곡선과 다르다는것이다.

또한 자체상관시간은 20~30ms정도로서 매우 짧다는것이다.

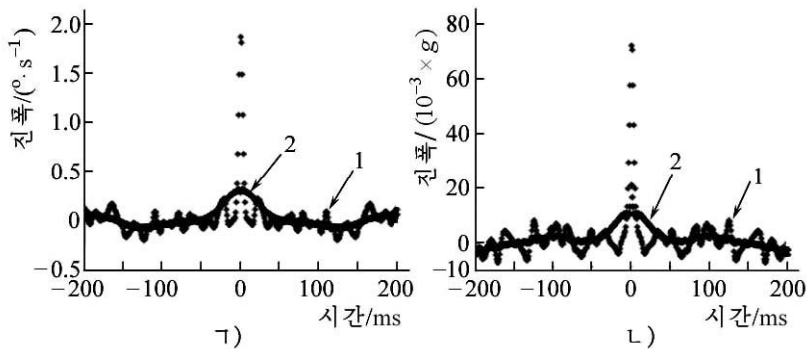


그림 2. MEMS측정자료의 자체상관곡선

ㄱ) 팽이인 경우, ㄴ) 가속도계인 경우

1-측정신호(려파전), 2-려파된 신호

이러한 분석결과로부터 주어진 MEMS관성요소의 출구우연과정을 해당한 특성에 맞게 모형화하여야 한다.

MEMS에 대하여 AR모형으로 정적측정실험자료를 모형화하는것은 1차GM모형으로 수감부모형화를 진행하는것보다 더 좋은 통계모형으로 될수 있다.

일정하게 제한된 개수의 수감부측정자료를 가지고 더 좋은 통계모형화를 진행하는 방법으로는 Burg추정방법이 알려져있다.

Burg추정방법은 더 안정한 모형들을 제공하는것으로서 Yule-Walker방법이나 공분산방법과 같은 다른 방법들의 결함을 극복할수 있으며 더 짧은 측정자료기록을 가지고 추정의 정확도를 개선할수 있다.

이로부터 MEMS관성수감부에서 정적측정자료를 얻고 이것을 웨블레트려파한 다음 자체상관특성을 얻는데 기초하여 Burg방법에 의한 AR모형화를 진행하여 MEMS관성수감부출구를 모의할수 있다.

이때 AR모형의 차수는 MEMS관성수감부의 상관시간과 표본화주기를 고려하여 결정할수 있다.

ADIS16355의 자체상관특성을 분석해보면 상관시간은 20~30ms정도로 짧고 일반적으로 항법체계에서 요구되는 표본화주기는 10~20ms이므로 AR모형의 차수는 4차이면 충분하다고 볼수 있다.

본문에서는 MATLAB toolbox의 arburg함수를 리용하여 5차의 AR모형결수를 추정하였다. 이러한 AR모형의 전달함수는 다음과 같다.

$$H(z) = \frac{\sqrt{e}}{A(z)} = \frac{\sqrt{e}}{1 + a_2 z^{-1} + \dots + a_{p+1} z^{-p}} \quad (1)$$

arburg함수에 의한 AR모형의 추정된 결수는 표와 같다.

표. 추정된 AR모형의 결수					
	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
G_x	-1.032 7	-0.343 41	0.037 895	0.197 32	0.147 24
G_y	-1.239 1	-0.063 362	0.091 524	0.130 92	0.086 379
G_z	-1.060 4	-0.302 49	0.043 657	0.180 06	0.145 55
A_x	-0.515 52	-0.068 261	-0.047 218	-0.049 565	-0.136 55
A_y	-0.463 54	-0.078 197	-0.077 146	-0.020 449	-0.062 445
A_z	-0.418 97	-0.109 07	-0.077 718	-0.074 069	-0.143 1

표에서 G_x , G_y , G_z 는 3축평이, A_x , A_y , A_z 는 3축가속도계를 나타낸다.

2. 모의실험 및 결과분석

모의된 MEMS출구신호파형은 백색잡음에 의하여 구동된 AR모형의 출력이다.(그림 3)

$$Y_n = -\sum_{i=1}^5 a_i \cdot Y_{n-i} + e \cdot w_n \quad (2)$$

여기서 a_i 는 모형파라미터, e 는 수감부백색잡음의 표준분산, w_n 은 우연잡음이다.

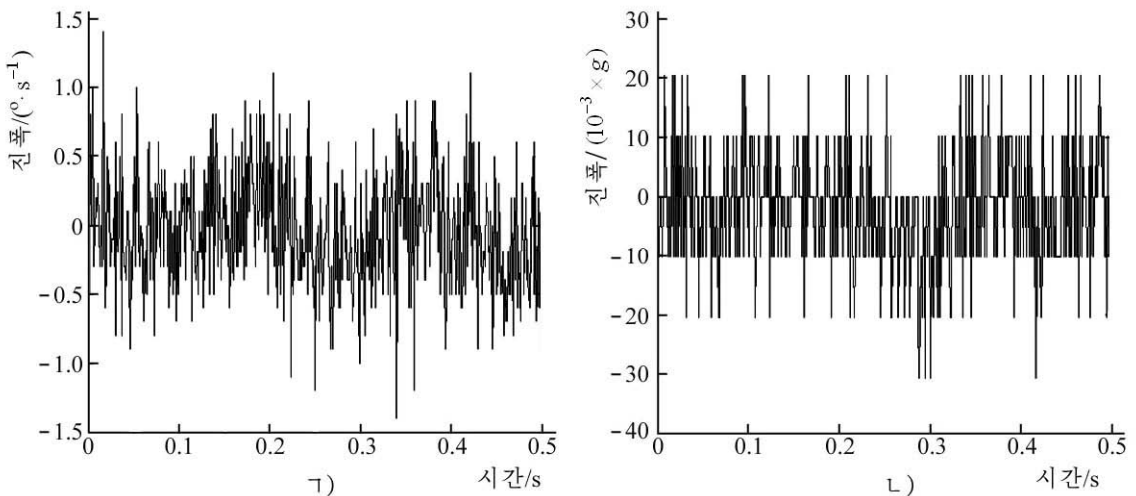


그림 3. AR모형에 의하여 모의한 MEMS신호

1) 평이의 모의신호, 2) 가속도계의 모의신호

모의된 신호에 대하여 자체상관곡선을 분석하여보면 그림 4에서와 같이 실제 측정된 신호의 자체상관곡선과 유사한 특성을 가진다는것을 알수 있다.

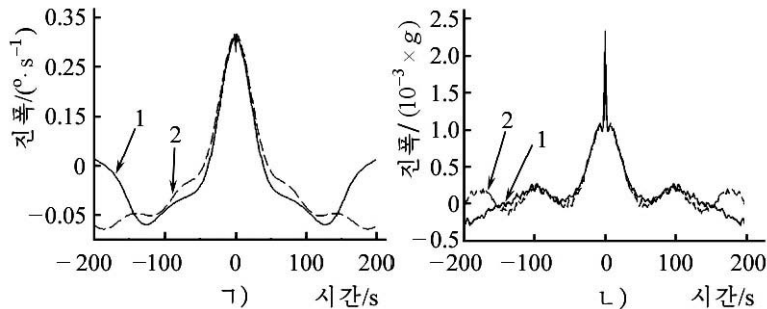


그림 4. 측정신호와 모의신호의 자체상관곡선

ㄱ) 랜덤인 경우, ㄴ) 가속도계인 경우

1-측정신호, 2-모의신호

모의결과로부터 웨블레트잡음제거기술과 AR모형에 의한 선형예측방법으로 자체상관 특성을 보존하는 MEMS관성요소의 출구모의신호를 형성할수 있다는것을 알수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Priyanka Aggarwal; MEMS-Based Integrated Navigation, Artech House, 53~61, 2010.
- [2] Aboelmagd Noureldin; IEEE Transactions on Vehicular Technology, 58, 3, 1077, 2009.

주체103(2014)년 4월 5일 원고접수

A Modelling and Simulating Method of MEMS Inertia Sensor Error

Kim Su Il, Son Pong Chol

We analyzed the autocorrelation of the MEMS sensor error and then simulated by means of wavelet denoising and AR modelling.

Key words: MEMS, wavelet denoising, AR modelling