

광섬유 간섭계 시뮬레이터

양문상^{*} · 정경호^{**} · 도재철^{**} · 이영우^{*}

^{*}목원대학교 · ^{**}국방과학연구소

Fiber Optic Interferometer Simulator

Mun-Sang Yang^{*} · Kyoung-Ho Chong^{**} · Jae-Chul Do^{**} · Young-Woo Lee^{*}

^{*}Mokwon University · ^{**}Agency for Defense Development

E-mail : ywlee@mokwon.ac.kr

요 약

본 연구는 광섬유 자이로의 페루프 제어기 보드의 자체 시험 평가를 위한 광학 회로의 모사에 관한 논문이다. 본 시뮬레이터에서는 디지털 신호 처리를 이용하여 입력 레이트에 대한 광섬유 고리의 Cosine 응답 특성을 출력으로 내보낸다. 광섬유 고리는 $V_o(t) = K3[1+\cos\{K1(V_m(t) - V_m(t-\tau))+K2\}]$ 의 응답 특성을 갖고 K1, K2, K3값의 입력으로 특정 레이트를 인가하여 출력값의 변화를 확인할 수 있다. 실제 광섬유 고리와 입력 레이트에 대한 같은 Cosine 응답 곡형을 내보낼 수 있어 광학회로 없이 광섬유 자이로 페루프 제어기 보드의 자체 시험 평가가 가능하다.

ABSTRACT

The study is about simulation of optical circuit for oneself performance evaluation of Fiber Optic Gyro(FOG) closed-loop controller board. The Fiber Optic Interferometer Simulator is used a digital signal processing for cosine response specificity output of fiber optic coil about input rate. Response specificity of the fiber optic coil is $V_o(t) = K3[1+\cos\{K1(V_m(t) - V_m(t-\tau))+K2\}]$. Also the Fiber Optic Interferometer Simulator is able to confirm a output value with K1, K2 and K3 input. The Fiber Optic Interferometer Simulator is able to oneself performance evaluation without fiber optical circuit. Because, it is the very same cosine response specificity of real fiber optic coil about input rate.

키워드

광섬유 자이로, Sagnac Effect, Cosine Table, Float형 연산

I. 서 론

광섬유 자이로(FOG, Fiber Optic Gyro)는 물체의 각속도를 측정하는 도구로서 링 레이저 자이로(RLG)와 더불어 대표적인 광학식 자이로로 널리 알려져 있다. 1980년대 초에 "Sagnac Effect"의 원리를 바탕으로 광섬유 자이로가 처음 개발되었으며 1990년대에 이르러 세계 여러 나라에서 광섬유 자이로의 시제품이 개발되어왔다. 2000년대에 이르러 우주선 탐사용 고정밀 자이로(약 0.001deg/hr급)가 실험실 수준에서 개발되었으며, 점차 링 레이저 자이로를 대체하는 추세이다[1]. 광섬유 자이로는 기존의 기계식 자이로에 비하여

가볍고, 부피가 작다. 또한 수명이 길고, 견고하게 만들 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 광섬유 자이로의 광학부 간섭계를 모사해주는 시뮬레이터의 설계, 제작 및 시험 결과에 대해 기술하였다.

II. 본 론

2.1 광섬유 자이로의 원리 및 구성

광섬유 자이로는 광원에서 나온 빛이 광결합기를 통과하여 두 갈래의 빛으로 나뉘어 광섬유 고

3.2 Cosine Table

Cosine Table은 40Mhz의 Cosine연산을 실시간으로 고속 처리하기 위해서 사용되었다. 입력 레이트에 대해 DSP에서 Cosine응답을 그때 마다 연산을 해서 출력으로 내보낸다면 많은 시간을 소비하고 고속 연산을 하기 어렵다.

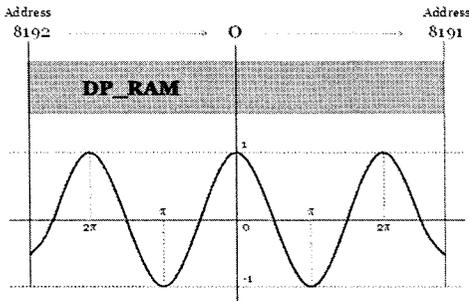


그림 4. 고속 Cosine처리를 위한 Cosine Table

Cosine Table은 사전에 RAM에 Cosine연산된 값을 써 넣음으로써 입력 레이트에 즉각적으로 Cosine응답이 출력될 수 있게 할 수 있다. Dual Port RAM을 사용하여 입력 레이트 값이 Cosine 응답에 맞게 RAM의 Address에 매칭되도록 써 넣는다. 이렇게 하면 입력 레이트 값이 Address 값과 매칭이 되면 해당되는 Cosine값이 즉각적으로 출력된다. Cosine Table은 단 2 Cycle로써 Cosine 연산이 가능하다.

IV. 프로토타입 제작 및 시험 결과

본 연구에서는 광섬유 간섭계를 모사해주는 시뮬레이터를 제작하였다. 그림 5와 같이 A/D 변환기가 포함된 아날로그 보드와 디지털 신호처리를 위한 FPGA와 DSP등이 포함된 컨트롤러 보드를 구성되어 있다.

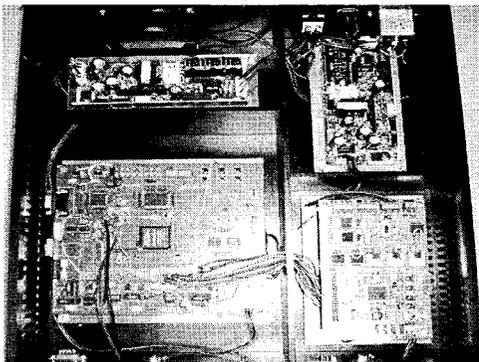
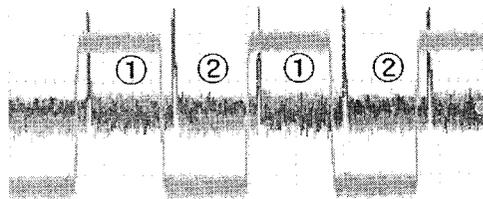
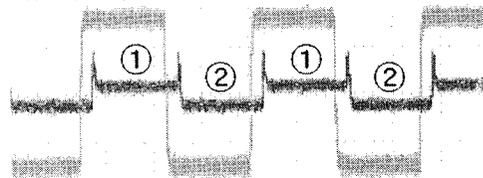


그림 5. 광섬유 간섭계 시뮬레이터

OP-Amp는 입력 전압 노이즈가 $2.1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, Slew rate가 $150\text{V}/\mu\text{s}$ 인 것을 사용하였다. A/D 변환기는 16-bit 분해능과 노이즈를 줄이기 위한 전원을 분리할 수 있도록 LVDS Interface를 사용하였다. D/A 변환기 역시 16-bit 분해능을 사용하였다. Cosine Table를 포함한 대부분의 연산 로직은 Altera사의 FPGA(EP2C35F672)를 이용하였고 K1, K2, K3의 값을 받거나 Cosine연산을 하기 위한 DSP는 Nios II(Altera)를 사용하였다. PC와의 통신은 RS-232통신을 이용하여 K1, K2, K3의 값을 받았다.



(a) 회전정보 없는 상태의 Cosine 응답



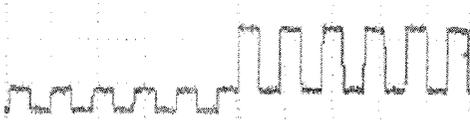
(b) 회전정보 인가 상태의 Cosine 응답

그림 6. Open Loop 시험

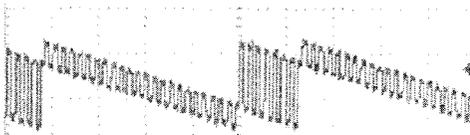
페루프 제어기 보드를 연결 후 Open Loop시험 결과는 그림 6(a)와 같이 입력 레이트(구형파)에 대한 위상 변화가 없는 Cosine 응답 파형이 나타났다. K2값을 입력하여 회전정보를 모의로 인가하면 그림 6(b)와 같은 출력이 나온다. 이때 ①과 ②의 전압 차이로 회전각속도를 측정할 수 있다.

Closed Loop 실험 결과 그림 7(a)는 회전정보가 0 radian인 상태의 페루프 제어기 보드의 출력 파형이다. 그림 7(b)는 모의로 회전 정보를 0.1 radian($9.09\text{deg}/\text{sec}$)만큼 인가 후 페루프 제어기 보드의 출력 파형이다. 그림 7(c)는 회전 정보를 0.2 radian($18.18\text{deg}/\text{sec}$)만큼 인가 후 파형이다. 회전 정보가 커질수록 페루프 제어기 보드의 디지털 세로다인 파형의 기울기가 회전 정보에 비

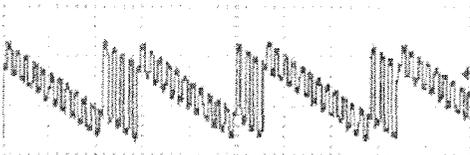
례하게 증가함을 볼 수 있다.



(a) $K_2 = 0$ radian 입력 시 페루프 제어기 출력



(b) $K_2 = 0.1$ radian 입력 시 페루프 제어기 출력



(c) $K_2 = 0.2$ radian 입력 시 페루프 제어기 출력

그림 7. Closed Loop 시험

V. 결 론

본 논문에서는 디지털 신호처리를 이용하여 광섬유 간섭계를 모사해주는 시뮬레이터의 제작 및 시험 결과에 대해 기술 하였다. 고속의 Cosine 연산을 하기 위해 Cosine Table을 이용하였으며 PC에서 사용자가 회전 정보를 임의로 인가 할 수 있어 회전량에 대한 간섭계 출력을 확인할 수 있다. 이를 이용하여 광섬유 자이로 페루프 제어기 보드의 자체 시험 평가를 할 수 있다. 이는 광학부의 구성없이 광섬유 간섭계 시뮬레이터를 이용하여 평가를 할 수 있다.

광섬유 간섭계 시뮬레이터의 최초 설계 시 A/D, D/A 변환기의 16-bit 분해능으로 충분한 모사가 가능 할 것으로 판단되었다. Cosine Table이 적용된 Dual Port RAM의 Address가 최대 14-bit로 구성 할 수 있어 16-bit로 A/D 변환된 데이터를 매칭 시키기 위해선 16-bit 데이터를 14-bit로 낮출 수밖에 없었다. 이는 정밀도가 0.1deg/hr의 고정밀 광섬유 자이로의 모사에는 분해능이 부족하다. 향후에 A/D, D/A 변환기를 18-bit이상 고분해능으로 적용하고 Dual Port

RAM의 Address를 18bit로 적용함으로써 개선될 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 도재철 외, "디지털 페루프 신호처리를 적용한 광섬유 자이로 설계 및 성능평가", 한국항공우주학회, pp. 97~103, 2006. 8.
- [2] H. C. Lefevre, "Fiber Optic Gyroscope", Artech House, 1993.
- [3] H. C. Lefevre, "Fundamentals of the Interferometric Fiber-Optic Gyroscope", SPIE Vol. 2837, 1996
- [4] George A. Pavlath, "Challenges in the Development of the IFOG", AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit 11-14 August 2003.