

광섬유 간섭계 시뮬레이터의 분해능에 관한 연구

양문상* · 정경호** · 도재철** · 이영우*

*목원대학교 · **국방과학연구소

A Study on the Resolution of 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 연구에서는 광섬유 자이로(Fiber Optic Gyro)의 광학부 간섭계를 모사하고자 한다. 디지털 신호처리를 이용하여 광섬유 고리의 응답특성을 모사한다. 디지털 신호의 1bit 분해능으로 0.1deg/hr의 성능을 내는 광섬유 자이로를 모사하기엔 부족하다. 본 연구에서는 Random Noise를 활용하여 분해능을 높임으로써 광섬유 고리의 성능을 정확히 모사하고자 한다. 입력 레이트에 Random Noise를 실어줌으로써 1bit 분해능의 성능을 높일 수 있다. 1bit 사이의 값들이 랜덤노이즈로 인해 1bit 더해지거나 빼짐으로써 정확한 값을 갖을 수 있다.

키워드

광섬유 자이로, 광섬유 간섭계 시뮬레이터, Sagnac Effect, Random Noise

1. 서 론

광섬유 센서의 중요한 분야 중 하나가 바로 광섬유 자이로스코프이다. 자이로스코프는 물체의 회전을 측정하는 장치로서, 비행기의 관성 항법장치 등에 사용되는 중요한 센서이다. 광섬유 자이로는 그 응용에 따라서 요구되는 정밀도와 안정도가 다르다. 자동차용 항법장치에 사용되는 광섬유 자이로스코프는 그다지 큰 정밀도나 안정도가 요구되지 않기 때문에 최근 들어 응용이 활발한 편이며, 상품이 이미 실용화되었다. 잠수함이나 장거리 비행체 등에 사용할 높은 정밀도와 안정도를 갖는 광섬유 자이로스코프도 속속 개발되고 있다.

이렇게 정밀도가 높은 광섬유 자이로스코프를 만들기 위하여 광섬유 자이로스코프에 들어가는 여러 가지 광학 부품도 많이 연구되고 있으며, 위상차를 정밀하게 측정할 수 있는 신호처리 기법들도 연구되고 있다. 최근의 광섬유 자이로스코프는 100년에 한바퀴 회전하는 정도의 아주 느린 회전량도 측정할 수 있을 만큼 정밀한 측정이 가능하다[1].

본 논문은 광섬유 센서를 모사해주는 “광섬유 간섭계 시뮬레이터”의 분해능에 관한 연구이다. 광섬유 간섭계 시뮬레이터의 원리 및 구성을 기술하고 정밀도를 높이기 위해 랜덤 노이즈를 사

용하여 분해능을 높이는 알고리즘에 대하여 기술하였다.

II. 본 론

광섬유 자이로의 광섬유 고리는 입력 레이트에 대한 그림 1과 같은 코사인 응답 특성을 갖는다.

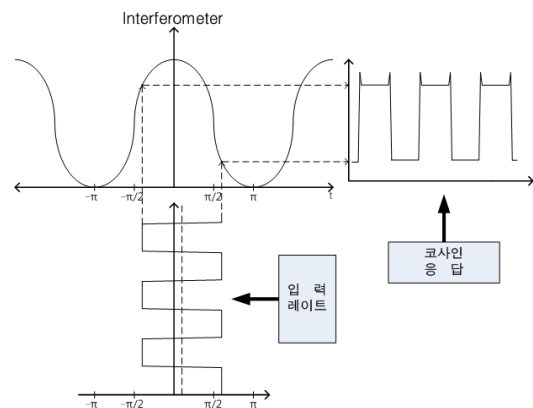


그림 1. 입력 레이트에 대한 코사인 응답

광섬유 고리에 회전이 인가되면 “Sagnac 효과”에 의하여 두 빛 사이에는 회전량에 비례하는 위상차가 발생하고, 광검출기의 출력이 변화된다. 이때 광검출기의 출력 세기 변화를 측정함으로써 회전량을 검출할 수 있다. 이러한 광섬유 고리의 특성은 디지털 신호처리 기법을 활용하여 모사할 수 있다[2-3].

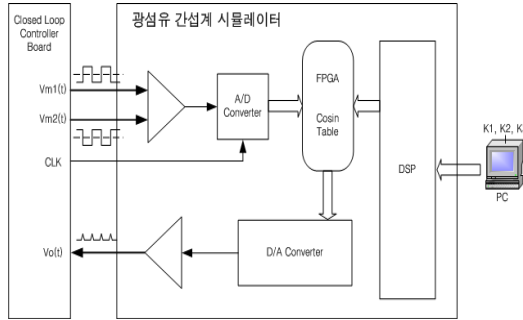


그림 2. 광섬유 간섭계 시뮬레이터 구성

광섬유 간섭계 시뮬레이터는 그림 2와 같은 구성을 갖는다. 페루프 제어기의 출력 신호를 입력받아 OP-Amp를 통하여 두 신호를 합하고 신호를 증폭한다. 이 신호는 A/D 변환기를 통해서 디지털 값으로 변환하여 FPGA로 보내 디지털 신호처리를 한다.

광섬유 고리의 코사인 응답 특성은 식 1과 같다.

$$Vo(t) = K3[1+\cos\{K1(Vm(t) - Vm(t-\tau))+K2\}] \quad (1)$$

위 수식에서 K1의 값은 입력된 신호의 코사인 응답을 $\pi/2$ 위치로 이동시키기 위한 변수이고, K2값은 일정량의 회전 인가를 모사해 주기 위한 변수, K3의 값은 광학부 출력의 세기를 모사해 주기 위한 변수이다.

DSP는 PC에서 K1, K2, K3의 값을 사용자로부터 입력 받아 식 1에 대입하여 연산을 한다. 연산된 값은 FPGA 내부에 Cosin Table을 위한 램(Dual Port Ram)에 쓰여지게 된다. A/D 변환기를 통해 변환된 디지털 값은 FPGA 내에서 Cosin Table의 값들과 신호처리를 통해 변환된다. 이렇게 코사인 응답된 값들은 D/A변환기를 통하여 아날로그 신호로 변환하여 출력된다. 출력된 신호는 OP-Amp를 통하여 광섬유 고리 출력 신호의 레벨과 같도록 증폭 및 오프셋을 조정한다. 이렇게 함으로써 광섬유 간섭계 시뮬레이터는 그림 3과 같은 광섬유 고리의 코사인 응답을 모사할 수 있다.

그림 3-(a)는 입력 레이트에 회전 정보가 없을 때($K2 = 0$ rad)의 응답을 나타낸 것이다. 그림 3-(b)는 회전 정보를($K2 = 0.2$ rad) 인가 했을 경우의 광섬유 간섭계 시뮬레이터의 출력 파형을

나타낸 것이다[4].

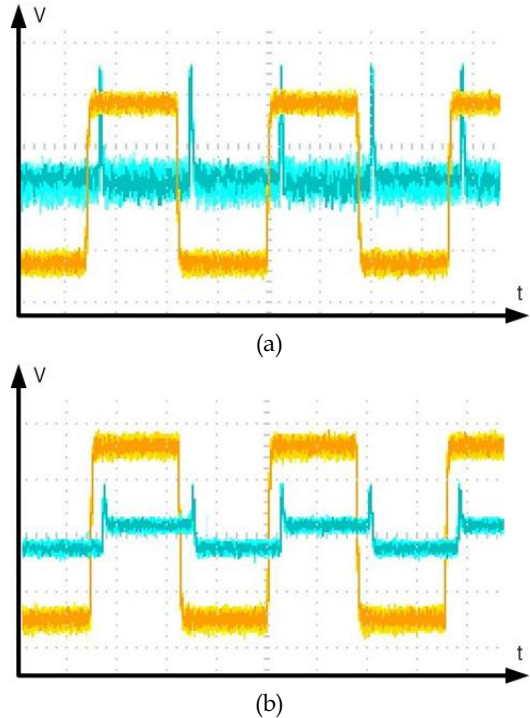


그림 3. 코사인 응답 파형

III. Random Noise 알고리즘

정밀도가 높은 0.1deg/hr급의 광섬유 자이로를 모사하기 위해서는 높은 분해능이 필요하다. 0.1deg/hr급의 자이로는 초당 0.0000277deg의 회전을 감지할 수 있다(0.0000277deg/sec). 이는 광섬유 간섭계 시뮬레이터가 0.0000277deg의 분해능 보다 높아야 정확한 모사를 할 수 있다. 본 연구에서 사용된 D/A 변환기(AD9726, Analog Device)는 16bit 분해능을 갖고 있고 1bit의 분해능이 0.0000305V이다.

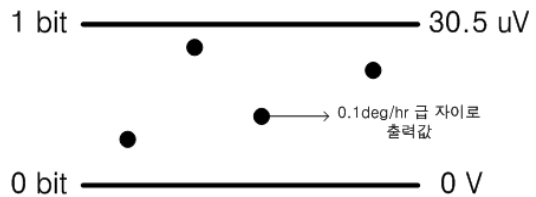


그림 4. 1bit의 분해능과 0.1deg/hr의 분해능

그림 4와 같이 0.0000207의 분해능을 D/A변환기에서는 표현하지 못한다. 두 bit안에 존재하는 값이 어느 쪽에도 속하지 못하여 정확한 평균을 내기 어렵다. 정확한 평균을 내기 위해 Random Noise를 적용하여 두 bit 사이의 값들이 두 bit에

고루 분포 할 수 있도록 하였다. Random Noise는 시간 및 진폭에 있어서 그 때마다 값을 예측할 수 없는 잡음을 의미한다. Random Noise의 평균은 0이므로 본래 신호에 영향을 주지 않는다.

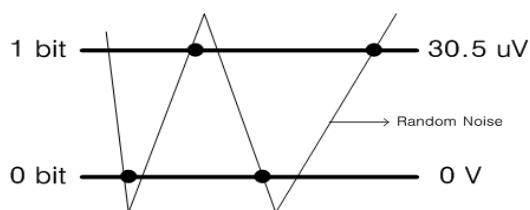


그림 5. Random Noise에 의한 분해능 변화

출력 값에 Random Noise를 실어 줌으로써 그림 5에서와 같이 두 bit에 평균적인 값을 만들 수 있다. 이로써 더 정밀한 모사가 가능해진다.

Random Noise는 FPGA내에서 디지털로 구현하여 Cosin Table에 의해 처리된 디지털 값에 실어 준다. 이렇게 신호처리가 완료되면 D/A변환기를 통해 아날로그 신호로 변환되어 광섬유 간섭계 시뮬레이터의 출력이 된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 디지털 신호처리를 이용하여 광섬유 고리를 모사해주는 광섬유 간섭계 시뮬레이터의 분해능에 관하여 기술하였다.

광섬유 간섭계 시뮬레이터의 분해능을 높이기 위해서 Random Noise 알고리즘을 적용하였다. D/A 변환기의 1 bit 분해능 보다 정밀한 값을 표현하기 위하여 디지털 값으로 생성된 Random Noise를 실어준다. 1bit보다 더 적은 값들은 Random Noise에 의하여 확실한 값을 갖게 되어 정밀한 모사가 가능하다.

참고문헌

- [1] 도재철 외, “디지털 페루프 신호처리를 적용한 광섬유 자이로 설계 및 성능평가”, 한국항공우주학회, p. 97~103, 2006.
- [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] 양문상 외, “광섬유 간섭계 시뮬레이터”, 한국해양정보통신학회, vol. 12, No. 1, p.411~414, 2008.