

지능형 구조물을 위한 간섭형 광섬유 센서 신호처리기

홍영준 · 예윤해†

경희대학교 전자정보학부, 레이저공학 연구소

Ⓣ 449-701 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지

(2003년 7월 24일 받음, 2003년 10월 8일 수정본 받음)

지능형 구조물에서의 진동 등과 같이 주파수가 1 kHz에 이르는 물리량을 고감도로 측정할 수 있는 광섬유센서를 위한 신호 처리기를 구현하기 위하여 광섬유자이로스코프에 적용되었던 전디지털 위상추적신호처리(ADPT)를 교류량 측정용(다이내믹)으로 변경하여 설계하였다. 구현된 다이내믹 ADPT 신호처리기를 광섬유 Mach-Zehnder 간섭계에 적용하여 성능을 평가한 결과 ADPT신호처리방식의 한계인 -50 dB에 가까운 전고조파 왜율을 가짐을 확인하였다.

주제어 : fiber optic sensor, Mach-Zehnder interferometer, vibration sensor, signal processor.

I. 서 론

구조물의 건강상태에 대한 정보를 실시간으로 제공하여 이상상태를 진단하고 보완할 수 있는 기능을 가진 지능형 구조물의 연구개발에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 구조물을 지능화하기 위해서는 구조물의 상태에 대한 정보를 실시간으로 제공할 수 있는 센서장치가 요구되며, 이러한 장치는 구조물 상의 여러 지점에서의 스트레인을 실시간으로 동시에 측정할 수 있어야 한다. 또한 이러한 장치가 지능형 구조물에 사용될 수 있도록 구조물 제작공정과의 친화성, 다수의 측정 정보를 원격상태에 있는 관측점까지 연결할 수 있는 원격측정, 내부식성과 같은 구조물 재료에 대한 내성, 그리고 구조물의 기계적 강도를 손상시키지 않는 구조역학적 성질 등을 만족하여야 한다. 또한, 광섬유센서가 구조물 진단 목적으로 사용되기 위해서는 1 kHz 정도의 신호까지 측정할 수 있어야 한다.^[1]

광섬유 센서는 전자파 간섭이 없고, 구조물의 강도에 영향을 미치지 않도록 식재(embedding)될 수 있으며, 또한 내부식성이 뛰어나기 때문에 이러한 지능형 구조물용 센서장치로 가장 적합한 것으로 알려져 있다. 광섬유 센서 중 광섬유 브래그 격자(fiber Bragg grating)는 절대값 측정이 가능하고 광원의 파장을 이용한 다중화를 통하여 한 가닥의 광섬유에 다수의 측정점을 갖는 것이 비교적 쉽기 때문에 많이 연구되어 왔다. 그러나 브래그 격자형 광섬유 센서 시스템을 위한 광원과 신호처리용 파장가변필터 등은 아직 가격이 높고, 센서의 감도가 $\sim \mu\epsilon$ 정도로 일부 응용분야에 대해서는 충분한 감도를 제공하지 못한다는 문제가 있다.^[2]

간섭형 광섬유 센서는 브래그 격자형에 비해 절대값 측정능력이 없으나 센서의 감도가 월등하며, 신호처리방식을 적절히 선택하여 요구되는 광학부품의 수를 줄일 수 있으므로 저가의 지능형 구조물 센서로의 가능성이 있다. 이러한 간섭형 광섬유

센서소자로 광섬유 Fabry-Perot를 들 수 있으며, 신호처리 방식으로는 광원의 세기에 무관하게 $\sim \mu rad \sqrt{Hz}$ 의 감도로 센서정보를 추출할 수 있는 위상추적신호처리(ADPT: all-digital phase tracking)^[3]를 들 수 있다. ADPT신호처리는 위상추적오차를 없애기 위한 피드백 량을 일정량 더하거나 빼는 방법으로 동작시키면서 발생된 피드백 량을 장시간 적분한 값으로부터 위상변화량을 측정하기 때문에 광섬유 자이로스코프 등에서와 같이 저속(수 Hz이하) 물리량을 측정하는 광섬유 센서의 경우로 응용범위가 제한된다.

본 논문에서는 지능형 구조물의 경우에서와 같이 0~1 kHz 주파수 범위의 다이내믹한 물리량을 고감도로 측정하는 응용에서 ADPT신호처리방식의 가능성을 시험하기 위하여 ADPT 신호처리기를 변화량 측정용(다이내믹 ADPT)으로 변경 설계한 후 간섭형 광섬유 센서에 적용하여 그 성능을 시험한 결과를 제시하였으며, 시험에 사용된 광섬유 간섭계로는 광학계에 의한 신호처리기의 성능저하를 피하기 위하여 편광유지 광섬유로 구성된 Mach-Zehnder 간섭계를 사용하였다.

II. 광섬유 Mach-Zehnder형 간섭계

신호처리기의 성능을 평가하기 위해 사용된 간섭계 신호발생 장치로는 이상적인 간섭계 센서의 출력신호를 전기적으로 구현할 수 있도록 제작된 에몰레이터, 그리고 실제 간섭계형 광섬유 센서로서 Panda형 편광유지 광섬유를 이용하여 그림 1과 같이 구성한 Mach-Zehnder 간섭계를 사용하였다. Mach-Zehnder 간섭계는 가변 광 커플러(tunable directional coupler) 2개, 기준암(reference arm)과 센싱암(sensing arm)에는 각각 변조용 위상변조기(PZT)와 신호용 PZT 위상변조기(PZT_S)를 두었으며, 각 암의 길이는 약 11.4 meter이다. 광원으로는 편광유지광섬유가 부착된 파장 1550 nm의 DFB laser(Lucent model, D2543P1)를 사용하였다.

광섬유를 이용한 Mach-Zehnder형 간섭계의 구성은 그림 1

†E-mail: yhyh@khu.ac.kr

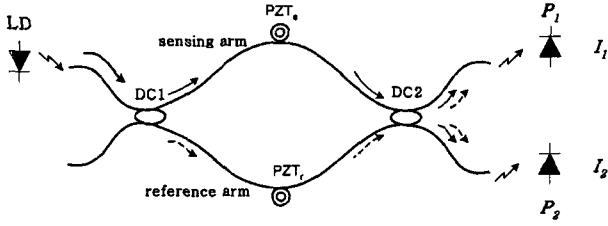


그림 1. 광섬유 Mach-Zehnder형 간섭계.

과 같다. 광원(LD: laser diode)에서 방출된 빛은 방향성 결합기(DC: directional coupler), DC1에 의해 센싱암(sensing arm)과 기준암(reference arm)으로 분기되고 각각의 길이만큼 진행한 빛은 DC2에 의해 결합되어 간섭된다.

광섬유 내에서 입력 편광 상태가 유지될 때 광검출기에서의 광출력은 다음과 같다.

$$I_2(t) = A[1 + B\cos\phi(t)] \quad (1)$$

여기서, A는 입력되는 광 파워에 비례하는 상수이고, B는 방향성 결합기의 결합비에 의해 정해지는 상수이며, $\phi(t)$ 는 광 경로차에 의한 광의 위상차이다.

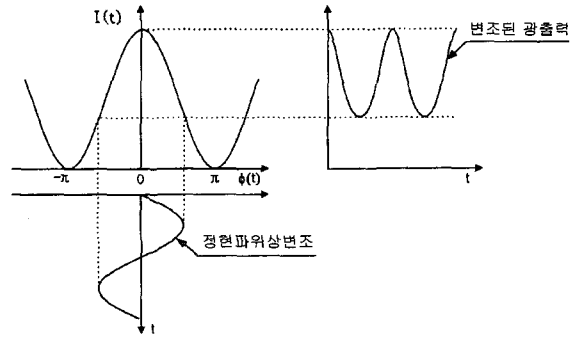
III. 신호처리 이론

광섬유간섭계의 기준암에 위상변조기를 두어 $\phi_m \cos \omega_m t$ 로 정현파 위상변조할 때 광검출기(P₂)의 출력은 다음과 같다.

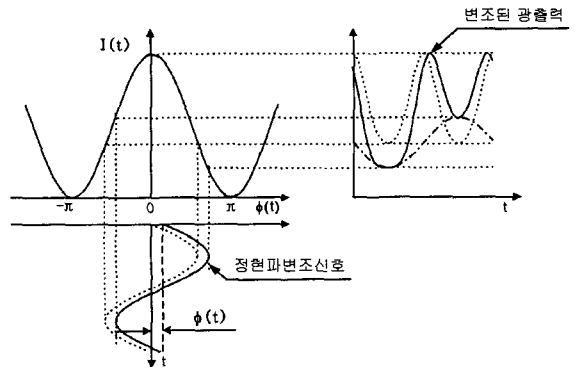
$$\begin{aligned} I_D(t) &= A[1 + B\cos(\phi_m \cos \omega_m t + \phi(t))] \\ &= A[1 + B[J_0(\phi_m) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n}(\phi_m) \cos 2n\omega_m t] \cos \phi(t) \\ &\quad - [2 \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n-1}(\phi_m) \sin(2n-1)\omega_m t] \sin \phi(t)] \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, ϕ_m 은 위상변조 진폭, ω_m 은 위상변조 주파수, $\phi(t)$ 는 피측정 물리량에 의한 위상 변화량으로 본 실험에서는 PZT_s를 이용하여 인가하였다. 식 (2)에서 변조 주파수의 홀수 고조파의 진폭은 $\sin\phi(t)$ 에 비례하고, 짝수 고조파의 진폭은 $\cos\phi(t)$ 에 비례하므로 홀수 고조파 성분을 이용하여 신호처리 하면 $\phi(t)$ 가 작을 때 높은 감도를 얻을 수 있으며, 이를 이용한 방식이 간섭형 광섬유 센서의 신호처리에 주로 이용되고 있다.

그림 2는 식 (2)를 그림으로 나타낸 것으로 위상 변화량이 '0'인 경우 홀수 고조파 성분은 나타나지 않고 짝수 고조파 성분만 나타나며, 위상 변화량이 있을 경우에는 제 1차 고조파 성분이 나타남을 알 수 있다. 식 (2)에서 제 1고조파 성분은 $\sin\phi(t)$ 에 비례하므로 이 성분을 이용하여 위상 변화량($\phi(t)$)을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 제 1고조파 성분의 크기는 위상변화량에 대해 비선형적이고, 측정 범위 또한 π 이내로 제한된다. Toyama 등에 의해 제시된 디지털 위상 추적(DPT: digital phase tracking) 신호처리 방식^[16]은 위상차 $\phi(t)$ 에 따라 펄스폭이 변하는 펄스열을 간섭계의 출력과 곱한 다음 이의 평균값이 '0'이 되도록 펄스폭을 조절하여 위상차를 측정하는 방식으로 이론



(a) $\phi(t) = 0$ 인 경우



(b) 위상 변위량이 $\phi(t)$ 인 경우

그림 2. 정현파로 위상변조했을 때의 광출력.

적으로는 개회로 구성의 광학계를 이용한 센서에서도 측정범위의 제한 없이 선형적이고, 광원에 세기에 무관한 출력을 얻을 수 있다. DPT방식을 실제로 구현할 때 발생할 수 있는 문제를 보완함과 동시에 디지털화한 위상추적신호처리(ADPT)는 DPT신호처리의 장점과 함께 간단한 회로구성으로 높은 감도를 얻을 수 있다.^[3]

ADPT신호처리에서는 식 (2)에서 DC(직류) 성분을 제거한 출력, $I_{ac}(t)$ 에 그림 3과 같이 펄스 간격, δ 를 조절할 수 있는 가변사각과 $A(t, \delta)$ 를 곱한 후 저역 통과 필터를 통과시켰을 때의 출력 $S[\delta, \phi(t)]$ 가

$$S[\delta, \phi(t)] \propto C_1(\delta) \cos \phi(t) - C_2(\delta) \sin \phi(t)$$

$$C_1(\delta) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2J_{2(2n-1)}(\phi_m)}{2n-1} \sin(2n-1)\delta$$

$$C_2(\delta) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2J_{2(2n-1)}(\phi_m)}{2n-1}$$

$$\left[\text{sign}\left(\cos \frac{\delta}{2}\right) \cos\left(\frac{2n-1}{2}\delta\right) + (-1)^n \text{sign}\left(\sin \frac{\delta}{2}\right) \sin\left(\frac{2n-1}{2}\delta\right) \right] \delta \quad (3)$$

'0'이 되게 펄스 간격을 조정하며, 따라서 위상변화량은 식 (4)로부터 구해진다.

$$\phi(t) = \tan^{-1} \frac{C_1(\delta)}{C_2(\delta)} \quad (4)$$

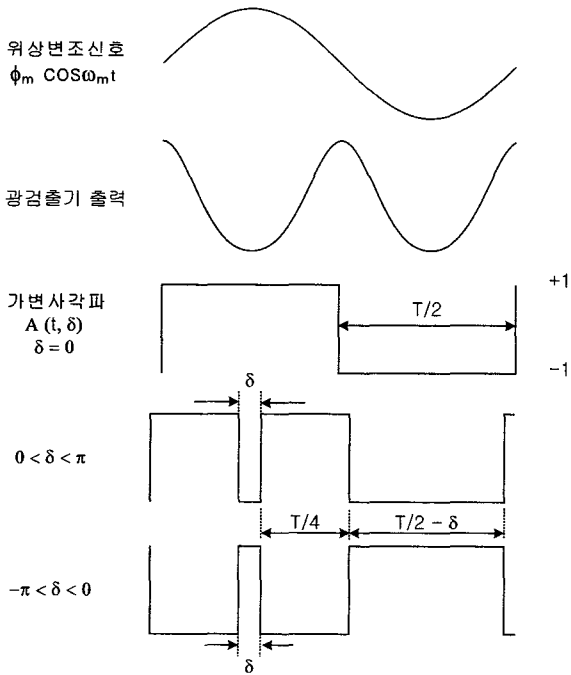


그림 3. 위상변조신호와 가변사각파의 위상관계.

위상변조 진폭 ϕ_m 이 2.77 rad일 때 위상 변화량, $\phi(t)$ 는 펄스 간격, δ 와 7mrad 범위 내에서 선형적인 관계를 갖게 된다. 따라서 ϕ_m 을 2.77 rad으로 유지하면서 $S[\delta, \phi(t)]$ 가 '0'이 되도록 펄스간격이 제어되었을 때 측정하고자 하는 위상변화량, $\phi(t)$ 는 가변사각펄스의 폭, δ 로부터 구할 수 있음을 알 수 있다.^[4]

IV. 신호처리기 설계

DPT방식은 ϕ_m 을 2.77 rad으로 유지하면서 $S[\delta, \phi(t)]$ 가 '0'이 유지되도록 전기적인 폐회로를 구성하여 위상 변화에 대해 위상 변화량이 클 때에도 광출력에 무관하게 선형적인 출력을 얻을 수 있으나 아날로그 회로의 문제점으로 위상오차를 발생하며, 회로의 동작주파수 한계에 의해 위상변화량의 측정감도도 제한적이다.^[5] ADPT 신호처리는 DPT신호처리의 모든 과정을 디지털로 구현하여 DPT 신호처리에서의 아날로그 회로의 문제점을 해결한 방식으로 신호처리기의 측정감도는 $\sim \mu\text{rad} \sqrt{\text{Hz}}$ 에 이른다.^[3] 그러나 ADPT신호처리기는 위상추적속도가 느려 진동 등과 같은 동적인 물리량을 측정하기에는 문제가 있다. 본 논문에서는 ADPT신호처리방식을 구현함에 있어 피드백량을 위상오차의 크기에 비례하도록 조정함으로써 위상추적속도를 높여 1 kHz까지의 센서신호까지 측정할 수 있도록 변경한 동적 ADPT신호처리기를 구현하고 이의 성능을 평가하였다.

그림 4는 광학계와 결합된 동적 ADPT신호처리기의 전체 구성도를 보인 것으로 기준암에 있는 PZT_r은 위상변조기이고, 센싱암에 있는 PZT_s는 피측정신호에 상응하는 위상변화량, $\phi(t)$ 를 인가하기 위한 또 다른 광섬유 위상변조기이다. $I_{ac}(t)$ 가 ADC(analog-to-digital converter)를 거쳐 디지털 값으로 변환되며, 이 출력은 Multiplier에서 가변 사각파 $A(t, \delta)$ 와 곱해진다. 또한, Multiplier에서의 출력값은 디지털 가산기

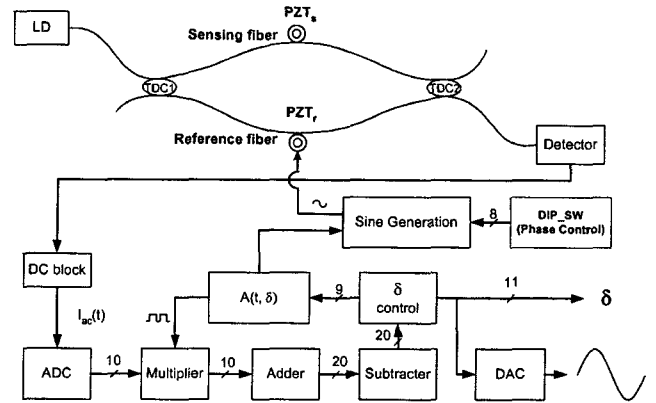


그림 4. 광학계와 결합된 신호처리기의 구성.

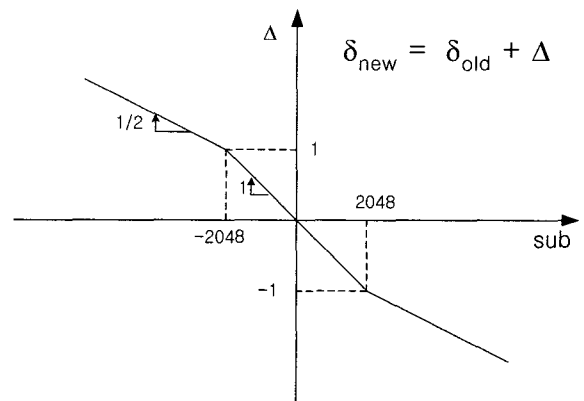


그림 5. 감산기 출력(sub)과 피드백 이득(Delta)의 관계

(adder)에서 주파수가 66kHz인 위상변조 신호의 한 주기 동안 적분을 한다.

그림 4의 δ Control 블록은 위상추적속도를 빠르게 하기 위하여 그림 5에서와 같이 감산기의 출력값(sub)인 $S[\delta, \phi(t)]$ 의 크기에 따라 피드백 이득(Delta)을 달리하여 가변 사각파의 펄스 간격, δ 를 조절한다. 여기서 조절된 펄스 간격, δ 는 위상변화량, $\phi(t)$ 와 같은 값으로 피측정신호가 되며, 이 값은 DAC(digital-to-analog converter)를 거쳐 아날로그신호 변환됨과 동시에 PC의 병렬포트로 디지털 출력이 가능하도록 구성되었다. DAC 출력단에는 양자화 잡음을 제거하기 위해 차단주파수가 2 kHz인 2차 Butterworth형 저역통과필터(LPF)를 두었다.

디지털 회로 부분인 곱셈기, 가산기, 감산기, δ 제어, 가변 사각파 생성, 위상 변조 신호 생성, PC의 병렬 포트(parallel port)에 전송을 위한 인터페이스 부분을 HDL(hardware description language)를 이용하여 1개의 FPGA(field programmable gate array)(Model: EP1K100QC208-2, Altera사)에 구현되었다.

V. 실험 결과

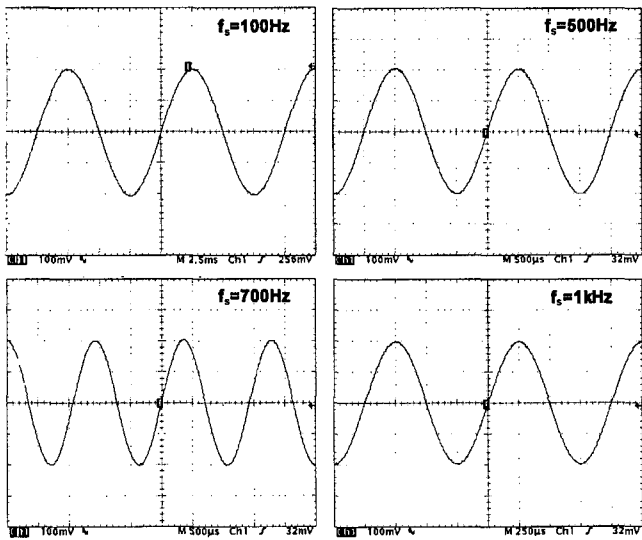
진동 등과 같은 교류량 측정을 위한 센서의 경우 신호처리기의 감도, 드리프트 등과 같은 센서의 기본적인 성능이 보장되어야 함은 물론 신호처리기의 선형성도 확보되어야 한다. 이는 신호처리기의 비선형성이 측정하고자하는 신호성분 뿐만

가 아니라 이의 고조파 성분까지 센서신호로 출력할 수 있기 때문이다. 다이내믹(dynamic) ADPT신호처리기는 위상추적속도 외에는 ADPT신호처리기와 동일하게 구현되었으므로 신호처리기의 감도와 드리프트 등은 ADPT신호처리기의 경우와 비슷하다. 따라서 신호처리기의 성능을 확인하기 위한 실험에서는 신호처리기의 선형성을 확인하는데 주력하였으며, ADPT신호처리방식이 위상변조진폭을 2.77 rad으로 제어된 경우 π rad 범위 내에서 최대 7 mrad의 선형성 오차를 가지기 때문에 약 -50 dB의 전고조파 왜율(THD; total harmonic distortion)을 가질 것으로 예상된다.

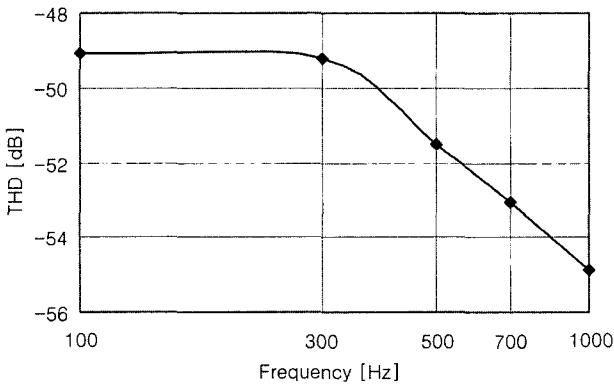
신호처리기 자체의 성능을 시험하기 위해 식 (5)과 같이 일정한 위상을 가진 간섭계 출력이나 정현파 형태로 위상이 변화하는 이상적인 간섭계 출력 신호를 발생시키는 장치(emulator)를 제작하고, 이의 출력을 신호처리기에 연결하여 신호처리기만의 성능을 확인하는 실험을 수행하였다.

$$1 + B \cos[\phi_m \cos \omega_m t + \phi_s(t)],$$

$$\phi_s(t) = \phi_s \sin \omega_s t \text{ or } \phi_s: \text{ 피측정신호} \quad (5)$$



(a) 정현파와 피측정신호에 대한 신호처리기의 출력 파형



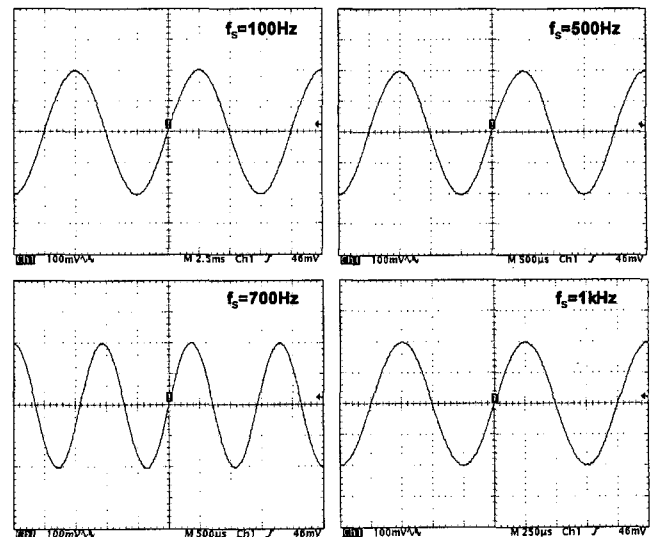
(b) 주파수(f_s) 변화에 따른 전고조파 왜율

그림 6. 에뮬레이터신호를 이용하여 측정된 신호처리기의 전고조파 왜율($\phi_s = \pi/2$ 일 때).

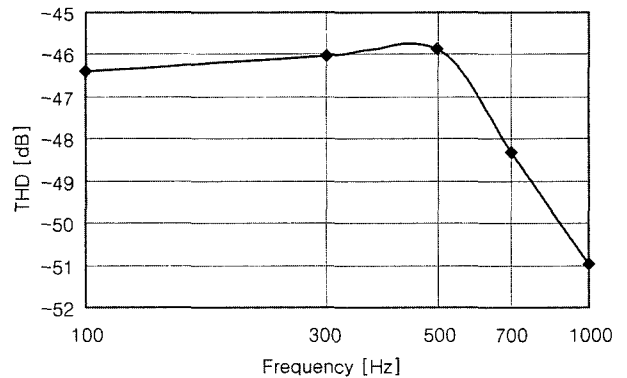
그림 6은 ϕ_s 가 $\pi/2$ rad이고, 주파수가 ϕ_s 일 때의 피측정신호에 대한 간섭계 출력을 에뮬레이터로 구현하여 신호처리기에 인가하였을 때 신호처리기의 성능을 보이기 위한 것으로 그림 6(a), 그림 6(b)는 주파수(f_s) 변화에 따른 신호처리기의 출력 파형과 THD 측정결과를 보인 것이다.

그림 6(b)로부터 신호처리기는 변조진폭이 $\pi/2$ rad일 때, 측정 주파수범위 내(0~1 kHz)에서 THD < -49 dB 이하로 측정이 가능함을 알 수 있다.

광섬유 Mach-Zehnder 간섭계와 연결되었을 때 신호처리기의 성능을 보기 위해 그림 4의 PZT₅를 이용하여 위상변조진폭이 각각 $\pi/2, \pi$ rad인 정현파 위상변조, $\phi_s(t) = \phi_s \sin \omega_s t$ 를 인가한 후 신호처리기 출력신호의 THD를 측정하였다. 그림 7, 그림 8은 변조진폭과 주파수에 따른 신호처리기 출력 파형과 THD를 보인 것으로 피측정신호의 변조진폭, ϕ_s 가 $\pi/2, \pi$ rad일 때 THD는 각각 약 -46, -49 dB 이하인 것으로 측정되었다. 신호처리기의 최대 위상추적속도는 THD = -30 dB를 기준할 때 약 50 mrad/ μ s로 측정되었으며, 따라서 피측정신호의 주파수가 1 kHz일 때 측정가능한 위상변화의 최대진폭은

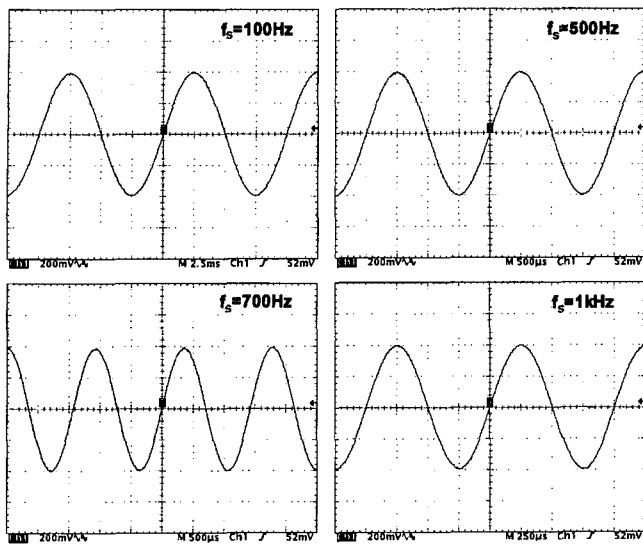


(a) 정현파와 피측정신호에 대한 신호처리기의 출력 파형

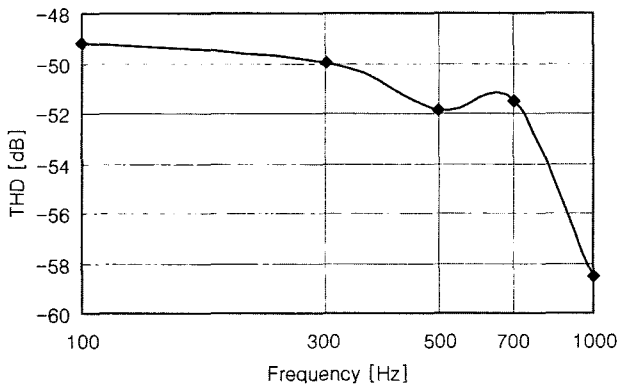


(b) 주파수에 따른 전고조파 왜율의 변화

그림 7. Mach-Zehnder 간섭계를 사용하여 측정된 신호처리기의 성능($\phi_s = \pi/2$ 일 때).



(a) 신호처리기의 출력 파형



(b) 주파수에 따른 전조조파 왜율의 변화

그림 8. Mach-Zehnder 간섭계를 사용하여 측정된 신호처리기의 성능($\phi_s = \pi$ 일 때).

8 rad이다. 본 연구에서는 신호처리기가 위상변조 진폭이 수 radians 이상인 신호까지 측정할 수 있도록 신호처리기 출력의 주파수 대역을 1 kHz 이내로 제한하였다.

그림 7과 8은 그림 4와 같은 센서시스템을 구성한 후 PZTs를 이용하여 피측정신호를 인가하고 그림 4의 DAC출력단에서 측정된 출력의 THD를 피측정신호 주파수의 함수로 보인 것이다. 변조 진폭이 작을 때 THD가 커지는 것은 DAC에서의 양자화 잡음에 의한 것으로 판단되며, 주파수가 증가함에 따라 THD가 줄어드는 것은 신호파형을 매끄럽게(smoothing)하기 위해 DAC 다음 단계에 추가된 차단주파수 2 kHz의 LPF(low pass filter)에 의한 것으로 판단된다.

위의 신호처리기를 파장이 1550 nm인 광원, 센싱암의 길이가 20 cm인 Mach-Zehnder 간섭계를 사용하는 스트레인 센서에 적용하여 스트레인을 측정하는 것으로 가정할 때 1000 $\mu\epsilon$ 크기의 스트레인은 약 156 μm 의 광경로차(길이변화의 78%)를 유발하게 되며, 신호처리기의 측정속도를 1 kHz로 할 경우 감도가 약 40 μrad (광경로차 약 20 pm에 해당)이므로 측정감도 약 $1.5 \times 10^{-4} \mu\epsilon$, THD -45 dB로 스트레인을 측정할 수 있다.

또한 이 신호처리기는 다수의 간섭계가 연결된 시분할 다중화 간섭형 광섬유 센서에 쉽게 적용이 가능하므로 다수의 지점에서 고속(또는 다이내믹한) 물리량을 고감도로 측정해야 하는 지능형 구조물용 센서를 위한 신호처리기로 사용할 수 있다.^[6]

VI. 결 론

ADPT 신호처리방식은 광섬유 자이로스코프용으로 개발된 방식으로 감도와 안정도면에서는 뛰어나지만 측정속도가 느리기 때문에 진동 등과 같이 빠른 속도로 변화하는 물리량을 측정해야 하는 지능형 구조물용 광섬유 센서에 적용하는 데에는 문제가 있다. 본 논문에서는 ADPT신호처리방식을 구현함에 있어 피드백량을 위상오차의 크기에 비례하도록 조정함으로써 위상추적속도를 높여 1 kHz까지의 센서신호까지 측정할 수 있도록 변형한 다이내믹 ADPT신호처리기를 구현하고 이의 성능을 평가하였다.

ADPT신호처리의 원리에 따라 변조용 위상변조기의 변조진폭을 2.77 rad로 고정하고, 신호용 위상변조기에 피측정신호에 해당하는 정현파 전압신호를 인가하였으며, 전압신호의 진폭을 조정하여 위상변조의 진폭이 $\pi/2$, π rad일 때의 주파수에 따른 신호처리기의 선형성을 측정하였다.

주파수 1 kHz까지의 측정신호에 대하여 위상변조의 진폭이 $\pi/2$, rad일 때 신호처리기의 전조조파 왜율은 각각 -46, -49 dB 이하로 측정되었으며, 이는 ADPT신호처리 방식 자체의 이론적 한계에 가까운 값이다. 따라서 다이내믹 ADPT신호처리기는 종래의 ADPT신호처리기와 유사한 성능으로 고속(1 kHz 이내)의 신호를 측정하는데 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

다이내믹 ADPT신호처리기를 파장이 1550nm인 광원, 센싱암의 길이가 20 cm인 Mach-Zehnder 간섭계를 사용하여 지능형 구조물용 센서로 구성된 다음 스트레인을 측정하는 것으로 가정할 때 감도가 $1.5 \times 10^{-4} \mu\epsilon$ 이고, 측정주파수 대역이 1 kHz인 고감도 광섬유센서를 구현할 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] M. Lequime, "Fiber sensors for industrial applications," in PROC. OFS-97, OThuD1-1, 1997.
- [2] W. W. Morey, J. R. Dunphy, and G. Meltz, "Multiplexed fiber Bragg grating sensors," in Proc. Distributed and Multiplexed Fiber Optic Sensors, SPIE Boston MA, vol. 1586, p. 216, 1991.
- [3] 김도익, 예윤해, "개회로 FOG의 폐회로 신호처리기의 구현," 한국광학회지, 제 8권 5호, pp. 426-430, 1997.
- [4] K. Toyama, K. A. Fesler, B. Y. Kim, and H. J. Shaw, "Digital integrating fiber-optic gyroscope with electronic phase tracking," Optics Letters, vol. 16 no. 15, pp. 1207-1209, 1991.
- [5] 예윤해, 조성목, 김종호, "광섬유 자이로스코프의 위상추적 신호처리 분석," 센서학회지, 제 6권 2호, pp. 15-25, 1997.
- [6] 안준태, 김병운, "광섬유 간섭계형 센서어레이의 구성 및 특성조사," 한국광학회지, 제 5권 1호, pp. 152-157, 1994.

Interferometric fiberoptic sensor signal processor for smart structures

Young-Jun Hong and Yun-Hae Yeh[†]

School of Electronics and Information, Institute of Laser Engineering, Kyung Hee University, Kyungki 449-701, KOREA

[†]*E-mail: yhyh@khu.ac.kr*

(Received July 24, 2003, Revised manuscript October 8, 2003)

A signal processor for interferometric fiber optic sensors, which measure dynamic quantities of frequency up to 1 kHz with high sensitivity, is developed. It is a high-speed version of the all-digital phase tracking (ADPT) processor that was used to measure static or slowly-varying quantities. The processor was applied to a fiber optic Mach-Zehnder interferometer to evaluate the performance. The measured total harmonic distortion was near to -50 dB, which is the theoretical limit of the ADPT signal processing.

OCIS Codes : FO. 060.0060 060.2370 120.4290.