

광 간섭 단층촬영(OCT)용 원통형 압전소자

광경로 지연기에 대한 디지털 신호처리

Digital signal processing for an Optical Coherence

Tomography with Cylindrical PZT Optical Delay Lines

김영관, 김용평

경희대학교 전자정보대학 / 레이저공학연구소

ykk2000@khu.ac.kr

1. 서론

OCT(optical coherence tomography, OCT)는 마이크로미터 단위의 해상도를 갖는 광 단층촬영 기술로서 살아있는 생체의 내부구조 영상을 비침습, 비파괴적으로 획득할 수 있다^[1]. OCT는 크게 광원, 간섭계, 광경로 지연기(optical delay line, ODL), 탐침용 주사장치(probe scanner), 신호검출 장치로 구성된다. 본 실험에서는 광경로 지연방법으로 광섬유의 길이 가변^[2,3]을 이용하였으며 광섬유의 길이 변화는 원통형 압전소자(piezoelectric transducer, PZT)에 단일모드 광섬유를 감아서 구현하였다. 본 발표에서는 PZT 광경로 지연기를 사인과 구동을 함으로써 축 방향 주사(axial scan)속도 증가와 삼각과 구동 시 스캐닝 침투 부분의 비선형구간을 제거하고, PZT 사인과 구동에 따른 광 지연시간(optical delay time)에 대한 광 지연거리(optical delay length)의 비선형적인 변화를 공간좌표변환(spatial transformation)함으로써 선형성을 확보하는 디지털 신호처리에 대해 설명하고자 한다.

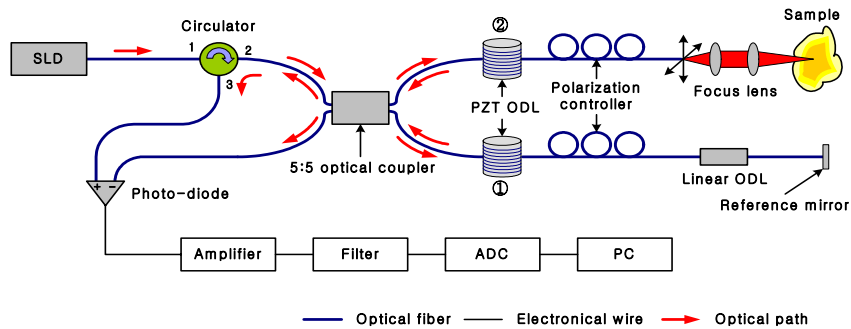


그림 1. 장치 구성도

2. 본론

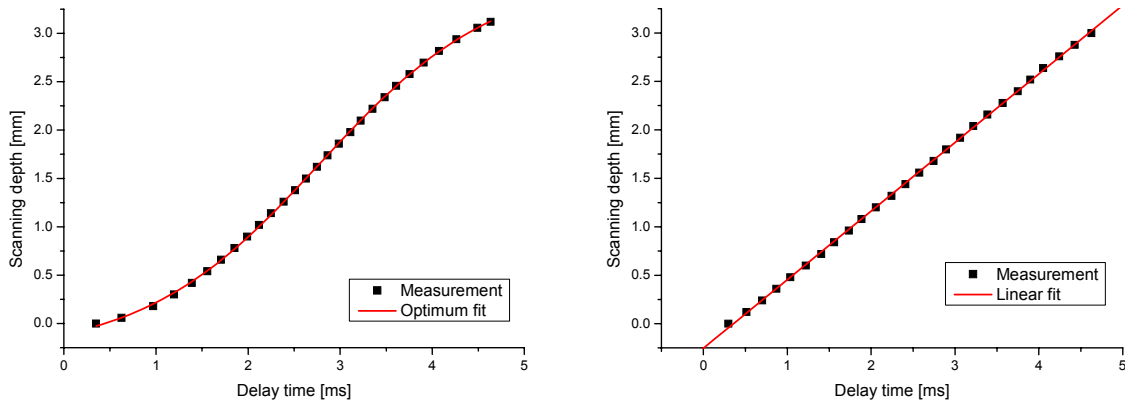
원통형 PZT 광경로 지연기는 PZT에 인가된 삼각파 전압에 따라 그 둘레에 일정한 힘으로 감겨있는 광섬유의 길이가 연속적으로 가변된다. 그림 1에서 ①은 구동하고 ②는 구동하지 않는 것이 단일 광경로 지연기이고, ①과 ②를 동시에 구동하는 것이 이중 광경로 지연기이다^[4]. 단일 및 이중 광경로 지연기를 각각 삼각파 200V_{p-p}로 구동하여 광 지연시간에 대한 광 지연거리의 선형성을 확인하고, 이에 맞추어 200V_{p-p}사인파로 구동하고 이를 선형 공간좌표변환을 실행하였다. 단일 광경로 지연기에서는 아크 사인 값에 따라 공간좌표변환을 함으로써 선형성을 확보하였고, 이중 광경로 지연기에서는 PZT를 사인

파로 구동하여 지연시간에 따른 스캐닝 위치를 측정하고 그림 2와 같이 이에 대한 최적화 함수를 구하여 역함수를 취함으로써 공간좌표변환을 하였다. 이중 광경로 지연기에서의 광경로 지연시간에 대한 측정 깊이의 최적화 함수는 식(1)과 같고, 공간좌표변환 함수는 이에 대한 역함수인 식(2)가 된다.

$$y = A_2 + (A_1 - A_2)/(1 + \exp((x - x_0)/dx)) \tag{1}$$

$$y = [\ln((A_1 - x)/(x - A_2))]dx + x_0 \tag{2}$$

여기서 A_1 , A_2 는 아날로그 디지털 변환(ADC)시 샘플링 속도에 따른 상수 값이다.



(a)

(b)

그림 2. 이중 PZT 광경로 지연기를 사인파로 구동하고 거울 샘플로부터 돌아오는 간섭광의 최대점을 이용한 광경로 지연시간에 대한 스캐닝 깊이, (a) 공간좌표변환을 하지 않은 경우, (b) 공간좌표변환을 한 경우.

3. 결론

본 연구는 원통형 PZT 이중 광경로 지연기를 사인파로 구동하여 비선형적인 형태의 스캐닝을 선형으로 공간좌표변환 하였고, 측정 깊이 3 mm를 나타내었다. 공간좌표변환은 기준단(reference arm)과 검침단(sample arm)의 PZT를 각각 사인파로 대칭 구동하였고, 이에 대한 최적화 함수를 구하여 역함수를 취함으로써 얻었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 우수연구센터(R11-2002-103) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] D. Huang, E. A. et. al., "Optical Coherence Tomography," *Science* 254, 1178-1181 (1991).
 [2] G. J. Tearney, et. al., "Rapid acquisition of in vivo biological images by use of optical coherence tomography," *Opt. Lett.* 21, 1408-1410 (1996).
 [3] B. E. Bouma, et. al., "*Handbook of Optical Coherence Tomography*", Marcel Dekker AG (2002).
 [4] 김영관 외., "광간섭 단층촬영(OCT)용 PZT 광경로 지연기에서의 편광모드분산 및 열요동 보상." 한국광학회지 16, 547-552 (2005).