

# 간섭계 형태에 따른 광단층 촬영장치의 SNR 비교

양승국\* · 박양하\* · 장원석\* · 오상기\* · 김현덕\*\* · 김기문\*\*\*

\*한국전기연구원, \*\*진주산업대학교, \*\*\*한국해양대학교

## Comparison of Signal to Noise Ratios in different configuration of optical coherence tomography systems

Sung-Kuk Yang\* · Yang-Ha Park\* · Won-seok Jang\* · Sang-Ki Oh\* · Hyun-Duk Kim\*\* ·  
Ki-Moon Kim\*\*\*

\*Korea Electrotechnology Research Institute, \*\*Korea Maritime University, \*\*\*Jinju national  
university

E-mail : opticalgyro@hanmail.net

### 요 약

인체에 무해하며 고분해능의 단층영상과 저가격 및 소형으로 제작이 가능하여 전세계적으로 많은 여구가 진행중인 광영상 단층촬영기(Optical coherence tomography system : OCT)에 관한 것이다. 샘플에서 흡수와 산란으로 인하여 샘플로부터 반사된 광신호는 매우 미약하다. 게다가 커플러등에 의한 손실로 인하여 광검출기에 도달하는 신호는 매우 미약하다. 이러한 OCT시스템의 신호대 잡음비를 향상시키기 위하여 기본적인 마이켈슨 간섭계와 마흐젠더 간섭계를 구성하여 시뮬레이션과 기준샘플을 이용하여 측정하였다. 실험결과 마흐젠더 간섭계를 사용한 샘플로 반사된 광신호는 OCT 시스템의 신호대 잡음비 향상시키기 위하여 두 가지 형태의 간섭계를 구성하였으며 시뮬레이션을 통한 비교 분석과 기준 샘플의 측정에 의한 비교분석을 하였다. 실험결과 마흐젠더 간섭계형 OCT 시스템이 신호대 잡음비가 향상됨을 확인 하였다.

### ABSTRACT

As a noninvasive imaging meathod, optical coherence tomography system has been extensively studied because it has some advantage such as imaging of high resolution, low cost, and compace size configuration. The optical power of the sample signal reflected from an object is usually very small in optical coherence tomography(OCT) due to absorpction and scattering in a sample material. Furthermore, there happens a serious loss of sample signal power in a fiber coupler because it does not transfer to a photodetector but return to the optical source. In order to improve the SNR of OCT system, basic Michelson and Mach-Zehnder interferometer types were configured then, we compared simulation with measurement of reference sample Therefore, an OCT in configuration of Mach-Zehnder interferometer was demonstrated in order to improve the signal to noise ratio

### 키워드

OCT, Coherence, Tomography, Michelson, Mach-Zehnder

### 1. 서 론

현재 사용되고 있는 X선촬영기, 자기공명영상촬영기, 초음파 촬영기 등은 생물학 및 의료분야 뿐

만아니라 공학에서 측정장비로 많이 활용이 되고 있다. 그러나 인체의 유해성 문제와 장비의 가격 그리고 측정분해 등이 문제점으로 인하여 새로운 단층 촬영기를 필요로 하고 있다. 이러한 문제점을

보완하기 위하여 광단층촬영기(Optical coherence tomography system : OCT)에 대한 연구가 활발히 진행중에 있다. OCT의 기본적인 원리는 마이켈슨 간섭계를 이용한 것으로서 연구 시초는 1991년 MIT의 D. Huang에 의해서 처음 소개 되었으며 실시간으로 살아 있는 조직 및 세포의 측정이 가능함을 언급함으로써 급속한 발전을 가져오게 되었다 [1]. 근적외선 파장의 광원을 사용하여 측정샘플과 접촉하지 않고 측정할 수 있는 OCT 시스템은 기존의 단층촬영기법과는 다른 차세대 첨단의료영상 기법으로서 다음과 같은 장점을 가지고 있다[2].

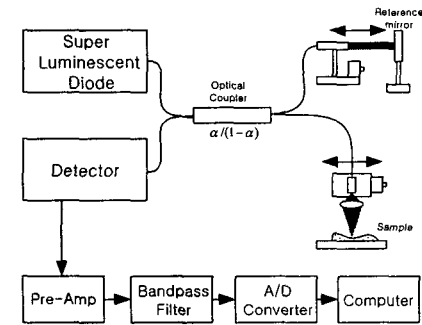
첫째, 비절개적인 방법을 통하여 실시간으로 생체 내부를 볼 수 있다. 둘째, X-ray처럼 생체 이온화를 야기시키지 않으므로 인체에 무해하다. 셋째, 극초단 펄스 레이저를 광원으로 사용하면 초음파 단층촬영기를 훨씬 능가하는 sub-micro급 고분해능 영상을 얻을 수 있다. 넷째, 특정한 파장을 사용하여 기능성이 추가된 FMRI (Functional magnetic resonance imaging : FMRI)처럼 기능적 정보를 얻을 수 있으며, 이는 화학적인 구성성분의 분석에도 이용이 가능하다. 다섯째, 다른 영상계로는 분석해 내기 어려운 부드러운 조직 간의 차이를 구분해 낼 수 있으므로 보다 정밀한 영상을 얻을 수 있다. 마지막으로, 광섬유를 이용하여 시스템을 구성하는 경우 소형으로 제작할 수 있으므로 이동성에 큰 장점을 지닐 수 있다[3][4].

본 연구에서는 OCT의 광 서클레이터를 이용한 마흐젠더 광섬유 간섭계 구성하여 기본적인 광섬유 형태의 마이켈슨 간섭계와 SNR 비교 분석을 통해 OCT시스템을 특성을 향상시키고자 하였다.

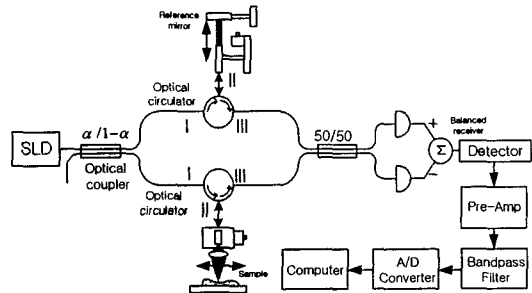
## II. OCT 시스템의 기본원리 및 구성

광섬유 이용한 기본적인 마이켈슨 간섭계의 OCT시스템을 구성하였으며, 또한 간섭계의 구성을 광섬유를 이용한 마흐젠더 간섭계의 OCT 시스템을 구성하였다. 각각의 구성은 그림 1과 같이 구성하였다. OCT 시스템의 기본원리는 대역폭이 넓은 광원의 광이 광커플러를 통해 두개 광경로로 나누어지며, 하나의 광은 기준거울로 진행하고, 다른 광은 측정할 샘플로 진행한다. 기준거울과 샘플에서 반사된 각 광은 광커플러를 통해 합쳐져서 검출기로 돌아오게 된다. 검출기로 돌아온 광은 샘플 내의 반사광과 기준거울 위치에 따른 반사광의 광경로가 일치하였을 경우 샘플 내부에 대한 각 지점의 반사계수 차이에 의해 발생한 간섭신호세기가 발생하게 된다. 이러한 간섭신호를 신호처리를 거친 후 한 지점에 대한 샘플내부의 신호를 얻을 있다[5][6]. 샘플에 대한 횡방향의 내부 단층 신호를 검출한 후 종방향으로 샘플을 이동하여 검출된 단층 신호를 종합하면 샘플의 2차원 단층영상을 얻을 수 있다. 가장 이상적인 광원으로 출력의 세기가 크고 대역폭이 커야한다. OCT에서 가장 많이 이용되는 광원으로 가간섭 길이가 짧은 SLD

Superluminescent diode)를 주로 이용하고 있다. 그러나 이러한 반도체 형태의 SLDsms 출력의 제한을 가지며, 게다가 샘플에서의 광흡수와 산란에 의해 검출할 수 있는 광 신호는 아주 미약하다. 그림 1(a)와 같이 마이켈슨 간섭계는 검출된 간섭신호가 광원부와 수광부로 다시 나누어지게 되므로 검출되는 간섭신호의 세기가 미약하여 높은 신호대 잡음비(Signal to noise ratio : SNR)을 얻기가 어렵게 된다. 높은 SNR을 얻기 위하여 그림 1(b)와 같이 입력광을 광섬유 커플러를 이용하여 샘플부와 기준거울부로 나누는 후 3개의 단자가 대칭적으로 배치되어 단자로부터의 입력광이 그 이웃의 한 단자에서만 출력광으로 나오는 광 서클레이터를 각각 이용하여 반사되어온 광을 다시 50:50의 광섬유 커플러를 이용하여 광 검출기를 간섭신호를 검출하도록 하였다. 검출된 신호는 미약한 신호를 증폭하고 필터를 이용하여 잡음신호를 제거한 후 DAQ보드를 이용하여 얻은 데이터를 영상으로 나타내게 하였다.



(a) 기본적인 마이켈슨 간섭계형 OCT 시스템



(b) 마흐젠더 간섭계형 OCT 시스템

그림 1 OCT 시스템 구성도

Fig. 1 Configuration of OCT system

## III. 시뮬레이션 및 측정에 의한 SNR의 특성

간섭계의 구성형태에 SNR특성을 알아보기 위하여 이론식에 의한 비교분석과 기준샘플을 이용하여 측정된 값의 비교분석을 통해 SNR의 이득특성

을 확인하였다[7].

그림 2는 간섭신호원과 잡음원을 수직적으로 계산하여 광커플러의 나뉘비에 따른 SNR 특성을 나타낸 것이다. 여기서 X축을 SNR의 이득이고 Y축은 광커플러의 나뉘비로서 1에 근접 할수록 기준 미러로 향하는 광커플러의 나뉘비가 커짐을 나타낸다. 이론식의 결과에 의하면 평균적으로 마흐젠더 간섭계형 OCT 시스템이 약 13dB 정도 SNR이 향상 되었음을 확인하였다[8]. 그림 3은 구성된 OCT 시스템에서 기준샘플을 이용하여 기준거울부와 샘플부의 광커플러 나뉘비를 10:90에서 90:10까지 10%씩 변화하여 측정한 그래프이다. 측정결과 이론식에 의한 이득 곡선과 비슷한 형태를 가졌으며 SNR은 마흐젠더 OCT 시스템이 약 6dB 개선됨을 확인할 수 있었다. 이론값과 측정값의 비교시 전체 이득의 차이는 광섬유 결합시 커넥터에서 발생하는 손실값과 광지연선로부 및 스캐너부의 광섬유 입출력 단자에서 발생하는 손실값 그리고 샘플에서 발생하는 산란 및 반사계수의 손실값을 고려하지 않아 발생한 결과로 사료된다. 또한 각각의 간섭계에 따른 SNR 향상 차이에서 측정에 의한 마흐젠더의 SNR향상이 계산값에 의한 이득 향상이 적게 측정이 되었는데 이러한 원인으로는 마흐젠더 간섭계 구성시 광서클레이터등의 간섭계 구성이 증가함으로 인해 광커넥터 연결시 발생하는 손실량이 증가하여 발생한 것으로 사료된다.

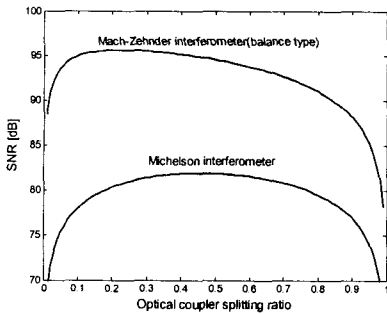


그림 2 간섭계 구성 따른 계산값에 의한 SNR 특성  
Fig. 2 Simulation of SNR for interferometer type

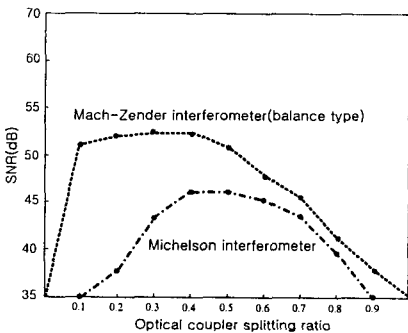


그림 3 간섭계 구성 따른 측정값에 의한 SNR 특성  
Fig. 3 Measurement of SNR for interferometer type

#### IV. 결 론

본 연구에서는 OCT의 광 서클레이터를 이용한 마흐젠더 광섬유 간섭계 구성하여 기본적인 광섬유형태의 마이켈슨 간섭계와 SNR 비교 분석을 통해 OCT시스템을 특성을 향상시키고자 하였다. 먼저 이론값에 의한 SNR 이득 특성은 마흐젠더 간섭계가 약 13dB 향상됨을 확인하였으며, 기준샘을 이용한 측정값 비교에서 마흐젠더 간섭계가 약 6dB 향상됨을 확인 할 수 있었다. 따라서 마흐젠더 간섭계를 OCT 시스템에 적용할 경우 SNR의 향상으로 인해 보다 우수한 영상특성의 OCT시스템을 구현할 수 있을 것이다. 이론값과 측정값의 비교시 전체 이득의 차이는 계산시 정확한 손실값을 이론식에 적용함으로 더욱더 정확한 이론값을 얻을 수 있을 것이다. 또한 간섭계 구성시 광커넥터 연결부분의 감소로 보다 향상된 SNR 이득을 얻을 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- [1] D. J. M. Schmitt "Optical Coherence Tomography (OCT): A Review" IEEE J. Select. Topict Quantum Elec tron. vol.5 pp 1205-1215, 1999
- [2] D. Huang, E. A. Swanson, C. P. Lin, J. S. Schuman, W. G. Stinson, W. Chang, M. R. Hee, T. Flotte, K. Gregory, C. A. Puliafito, and J. G. Fujimoto, "Optical coherence tomography," Science, vol. 254, pp. 1178-1181, 1991.
- [3] A. F. Fercher, C. K. Hitzenberger, W. Drexler, G. Kamp, and H. Sattmann, "In vivo optical coherence tomography," Amer. J. Ophthalmol., vol. 116, pp. 113-114, 1993
- [4] F. L. Pedrotti and L. S. Pedrotti, Introduction to Optics, Prectice-Hall International, Inc., 2. edition, 1996.
- [5] J. M. Schmitt, A. Knuttel, and R. F. Bonner, "Measurement of optical properties of biological tissues by low-coherence reflectometry," Appl. Opt Lett., vol. 32, pp. 6032-6042, 1993.
- [6] L. Thrane, Optical Coherence Tomography (OCT) : A Review, IEEE Journal of Selected Topictics in Quantum Electronics 5(4), 12 05-1215 1999.
- [7] Oliver, B. M., "Signal-to-Noise Ratios in Photoelectric Mixing," Processing of the IRE. 49 : 1960-1961, 1961.
- [8] Andrew M. Rollins and Joseph A. Izatt "SNR analysis of conventional and optimal fiber-optic low-coherence interferometer topologies" SPIE proceeding vol. 3915 pp. 60 -67, 2000