

광섬유 기반의 스펙트럼영역 광결맞음단층영상 시스템을 이용한 실시간 고속 생체 이미징

Real-time, *in vivo*, high-speed imaging

by fiber-based spectral-domain optical coherence tomography

민은정*, 나지훈, 신준근, 이병하
광주과학기술원 정보통신공학과 응용광학 연구실
e-mail: tasansan@gist.ac.kr

Optical coherence tomography(OCT)는 광을 이용하여 비접촉, 비파괴적인 방법으로 생체시료에 대한 내부 구조 이미지를 고해상도로 얻을 수 있는 광학단층영상 기법으로 최근 여러 분야에서 마이크로 단위의 미세구조 분석을 위한 용도로 많은 각광을 받고 있다. 특히 기존의 컴퓨터단층촬영(CT), 양전자 단층촬영(PET), 초음파촬영(USI), 자기공명영상(MRI)등과 같은 시스템으로는 접근하기 어려웠던 안구내부와 생체 국소부위에 대한 고해상도 실시간 이미징을 가능하게 하는 장점을 가지고 있다.

OCT는 시료의 단층정보를 획득하기 위해서 저가간섭성 광원이 적용된 마이켈슨 간섭계를 이용하는 데, 초기에 개발된 time-domain OCT(TD-OCT) 시스템들은 2D 단층영상을 얻기 위해서 기준단과 샘플 단 각각에 대한 기계적인 스캐닝이 필수적이었다. 반면 spectral-domain OCT(SD-OCT)는⁽¹⁾ 간섭 스펙트럼을 신호로 사용함으로써 TD-OCT에서 요구되었던 기준단의 스캐닝이 필요하지 않다. 따라서 샘플 단의 횡방향 스캐닝만으로 2D 단층정보를 얻으므로 고속 작동이 가능하다. 이러한 고속측정은 해상도와 신호 대 잡음비를 향상⁽²⁾시키므로 생체 내부에 대한 실시간 이미징⁽³⁾을 수월하게 한다.

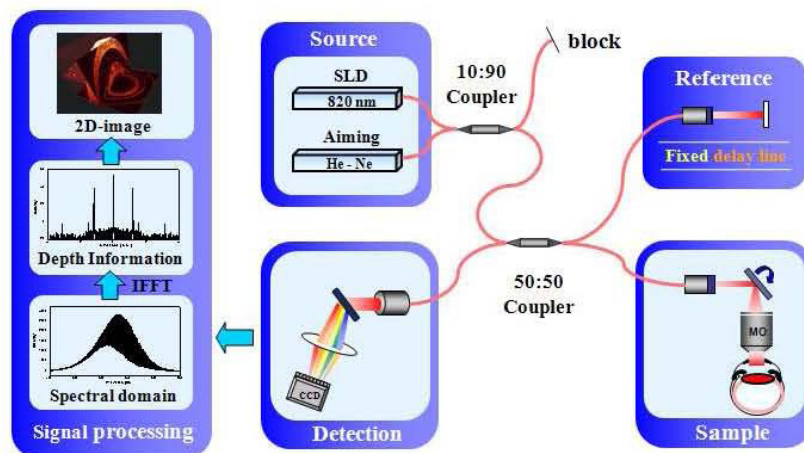


그림 1. SD-OCT 시스템의 개략도

[그림 1]은 SD-OCT 시스템의 개략도로써 50:50 광섬유 커플러를 구성하는 4개의 포트에 각각 입력 단, 샘플단, 기준단, 그리고 검출단을 위치시키는 것으로 구성되어 있다. 광원은 중심파장이 830 nm, 반

치폭이 40 nm인 SLD를 사용하였다. 입력단으로 입사된 빛은 50:50으로 광분할 된 후 샘플단과 기준단으로 각각 진행한다. 각 단으로부터 역 산란된 빛이 검출단의 회절격자와 렌즈를 거쳐 line-CCD에 파장별로 검출된다. 검출단으로부터 얻은 간섭 스펙트럼은 역 푸리에 변환을 통하여 생체에 대한 깊이 정보를 제공하게 된다.

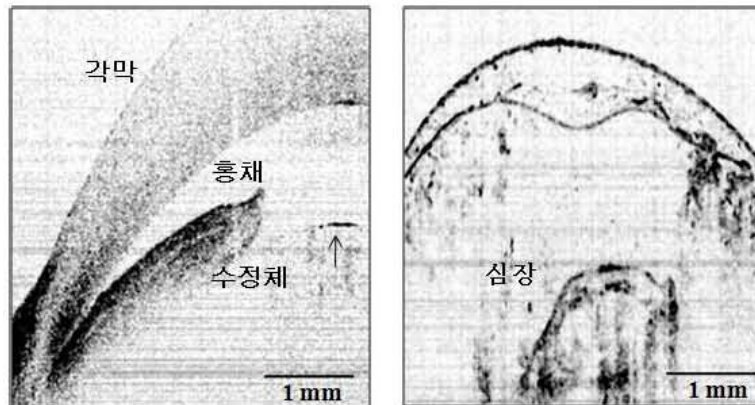


그림 2. SD-OCT로 획득한 실시간 이미지: (a) 토끼의 안구, (b) 올챙이의 심장.

[그림 2]는 본 실험실에서 구현된 SD-OCT를 가지고 실시간으로 획득한 이미지들이다. [그림 2(a)]는 토끼 안구의 횡단면 OCT 이미지로써, 안구 앞부분에 블록하게 나와 있는 각막(cornea), 안구의 동공 뒤에 있는 볼록렌즈모양의 수정체(crystal lens). 그리고 그 사이에 있는 등근 모양의 홍채(iris)를 확인할 수 있다. [그림 2(b)]는 올챙이 하복부의 실시간 단층 영상 중 한 프레임을 보여주는 이미지로써, 하복부 아래에 보이는 올챙이의 심장이 초당 2번 정도의 주기로 수축과 팽창 운동을 반복하는 것을 관찰 할 수 있었다.

본 실험에서는 고분해능을 가지며 고속측정이 가능한 SD-OCT를 구현하여 안구내부와 생체 내부의 실시간 이미징이 가능함을 보여 주었다. 이미지 획득 (실시간 재생) 속도는 8 frames/s (4000 lines/s)로 video-rate에 근접한 실시간 2D이미지 영상이 가능하였다. 또한 비록 실시간은 아니지만 축적된 2D이미지를 재구성하여 3D이미지를 최종적으로 얻을 수 있었다. 이러한 연구는 SD-OCT 시스템이 안구질환, 유방암, 피부암 등의 조기 진단을 위한 의료영상 방법으로 적합함을 보여주고 있는데, 향후 이미지 획득 속도와 영상처리속도를 단축시켜 좀 더 빠른 속도의 고해상도 실시간 이미징을 구현할 계획이다. 더불어 약 2 mm인 영상가능 깊이의 한계를 고려하여 내시경 형태⁽⁴⁾로 제작함으로써 인체 내부 장기에 대한 병변의 조기 진단에도 적용해 볼 계획이다.

본 연구는 광주과학기술원 의료시스템공학연구소, 한국과학재단, GTI 과제의 일부 지원으로 수행되었음.

Reference

1. Gerd Häusler et. al., J. of Biomed. Opt. 3(1), 21 (1998).
2. Johannes F. de Boer et. al., Optics Letters 28(21), 2067 (2003).
3. Maciej Wojtkowski et. al., Optics Letters 28(19), 1745 (2003).
4. Zahid Yaqoob et. al., J. of Biomed. Opt. 11(6), 063001 (2006).