

광소자 기반의 광단층 영상 시스템 구현

Fiber-device based Optical Coherence Tomography System: the application of fiber-optics to optical imaging

최은서, *이병하, 임태중, 성재희, 이종민, 고도경
 광주과학기술원 고등광기술연구소, *정보통신공학과
 cesman@gist.ac.kr

건강한 삶에 대한 사회적 관심의 증진은 생명연장기술 발달에 중요한 원동력을 제공하였다. 이로 인해 환자의 진료에 있어서 보다 향상된 편의와 정확한 진단을 위한 관련기술의 발달은 필수불가결하게 되었다. 또한 발병한 질병의 치료뿐만 아니라 발병 초기 단계에서의 조기 진단에 대한 중요성이 크게 부각되어지면서 이와 관련된 의공학적 기술에 대한 수요가 가파르게 증가되고 있다. 질병의 조기 진단을 행하는데 있어서 진료비용의 경감과 관독자의 주관적 판단에 의한 오류를 줄이고자 보다 객관적인 방법으로 시각적 진단방법이 최근 들어 많은 각광을 받으며 발달하고 있다. 가장 보편적으로 행해지고 있는 생검(biopsy)의 문제점을 극복하면서 보다 상세한 진단을 비절개적으로 수행할 수 있는 여러 방법들이 발달되어 왔다. 최근에 많이 사용하고 있는 기술로는 전자기과를 이용하거나(CT) 동위원소를 이용한 방법(PET) 또는 초음파를 이용한 검사법(US)을 들 수 있겠다. 그러나 이러한 방법들이 가지고 있는 저분해능의 단점을 극복하고 보다 높은 해상도의 해부학적 정보를 제공하고자 광학적 검사법에 원리를 둔 광학적 생검법(optical biopsy)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그 중에서도 광결맞음(optical coherence)을 이용한 OCT(optical coherence tomography)는 수 마이크로미터 정도의 해상도를 가진 영상을 실시간으로 제공할 수 있다는 장점⁽¹⁾으로 인해서 그 효용성이 매우 높게 평가되고 있다.

OCT 시스템은 저간섭성 광원과 마이켈슨 간섭계 내지는 마흐젠더 간섭계를 기반으로 광학적 간섭무늬를 생성하고 이를 전기적 신호처리과정으로 통해서 생체 내부의 단층영상을 추출하는 원리를 따른다. OCT는 저간섭광을 이용함으로써 해부학적인 조영에 있어서 현미경으로 보아오던 영상에 근사한 수준으로 단층영상을 할 수 있게 되었다. 또한 기존의 해부학적 정보 이외에도 간섭계를 이용하여 얻은 정보를 위상 정보를 분석함으로써 보다 다양한 생체의 정보를 실시간 제공할 수 있게 되었는데 이러한 장점을 시스템으로 구현한 것이 바로 기능성 OCT(functional OCT)이다. 그 결과 혈류의 속도와 방향의 측정⁽²⁾, 화상 깊이의 진단⁽³⁾, 콜라겐과 같은 특정 성분의 영상화⁽⁴⁾ 그리고 성분물질에 따른 특정 파장에서의 흡수 정도의 관찰⁽⁵⁾이 가능하게 하였다. OCT 시스템의 개발은 초창기에는 렌즈와 같은 기존 광학부품을 이용하여 진행되었으나 최근 들어서는 광섬유 기반의 광소자를 적극적으로 이용하여 보다 실용성이 향상된 기기의 개발로 연결되고 있다. 최근 OCT 시스템의 많은 부분들은 광통신 연구 기술과 그의 산물로 개발된 광소자들을 차용함으로써 지속적인 발달을 이룰 수가 있었다. 또한 실용성을 결정하게 되는 샘플단의 구조물을 소형화하는데 있어서도 중요한 역할을 하고 있다.

본 논문에서는 광통신 부문에서의 기술 및 관련 소자들이 OCT 시스템을 구성하는데 있어서 어떻게 사용되고 있으며 동시에 보다 향상된 시스템을 구성하는데 어떻게 기여 할 수 있는가에 대한 내용을 소개하고자 한다. 먼저 광섬유 수동 광소자를 이용하여 구성된 시스템을 이용하여 얻은 광학적 단층 영상들을 소개하고 다음으로 특별히 제작된 특수 광소자를 이용하여 구성된 시스템을 통해 얻은 다양한 생체 단층 영상들을 소개하고자 한다. 특수 광소자로서 광섬유 필터 기능을 이용한 분해능의 향상에 대한 연구⁽⁶⁾에 대한 결과를 소개하고 특수 광섬유인 광자결정광섬유를 이용한 광대역 광원의 넓은 파장대역을 손실 없이 사용하기 위한 광대역광섬유 결합기의 개발에 대한 내용⁽⁷⁾ 그리고 광섬유 격자 소자를 이용한 광섬유 기반 광지연선로의 성능에 대한 내용⁽⁸⁾을 설명하고자 한다. 더불어 최근 연구 중인 광지연선로가 없는 시스템 개발에 대한 연구 내용을 설명하고자 한다.

이러한 특수 광소자를 적극적으로 이용함으로써 차후에는 광소자들로 구성된 전광 OCT 시스템의 구성이 가능 하리라 예상하는 바이다.

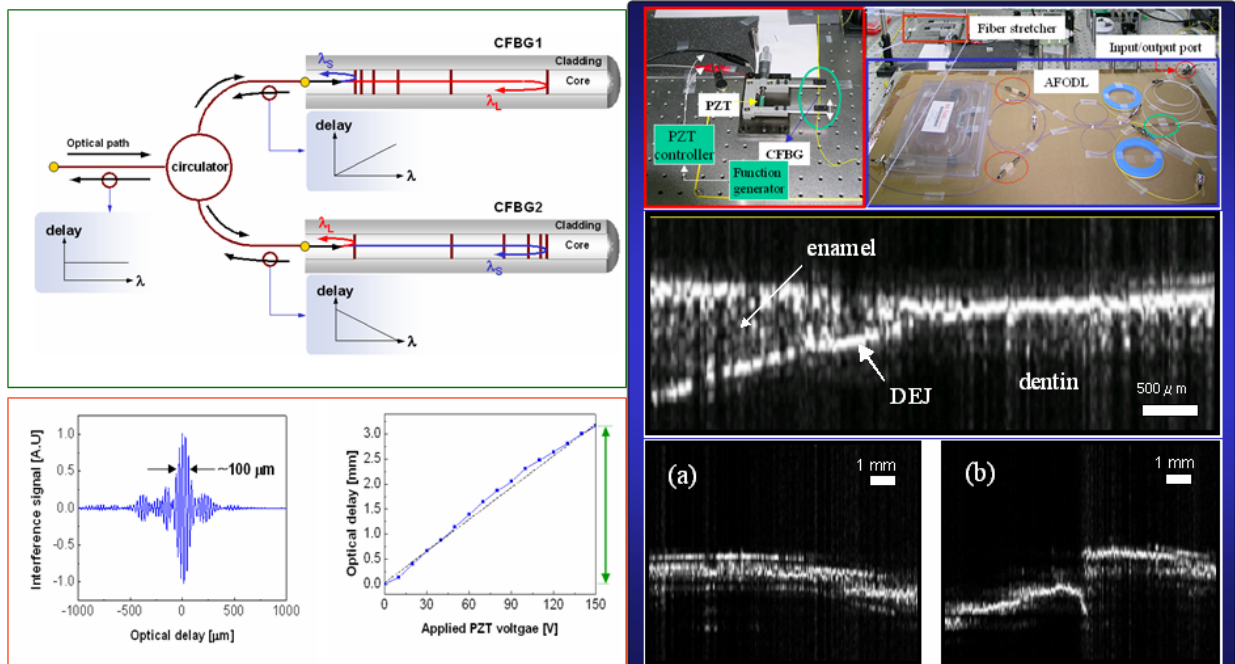


그림 1. 광섬유 격자를 기반으로 구성된 광지연선로의 개략도와 성능(오른쪽). 광소자들을 이용하여 구성된 OCT 시스템의 그림과 획득한 생체시료들(치아, 물고기 눈)의 비절개 단층영상(왼쪽).

본 연구는 산업자원부의 신기술실용화사업의 일부 지원에 의해서 수행되었습니다.

1. D. Huang, and et al, "Optical coherence tomography," Science 254, 1178-1181, 1991.
2. Zhongping Chen, and et al, "Optical Doppler Tomography: Imaging in vivo Blood Flow Dynamics Following Pharmacological Intervention and Photodynamic Therapy," Photochemistry and Photobiology, 67, 1-7, 1998.
3. U. Morgner, and et al, "Spectroscopic optical coherence tomography," Opt. Lett., 25, 111-113, 2000.
4. Yi Jiang, and et al, "Second-harmonic optical coherence tomography," Opt. Lett., 29, 1090-1092, 2004.
5. EunSeo Choi, and et al, "Spatial Resolution Enhancement with Fiber-based Spectral Filtering for Optical Coherence Tomography," J. Opt. Soc. Korea, 7, 216-223, 2003.
6. Dirk J. and et al, "Toward assessment of blood oxygen saturation by spectroscopic optical coherence tomography," Opt. Lett., 30, 1015-1017, 2005.
7. Seon Young Ryu, and et al, "Optical Coherence Tomography Implemented by Photonic Crystal Fiber," Opt. Quant. Electron., in printing, 2006.
8. EunSeo Choi, and et al, "All-fiber variable optical delay line for application of optical coherence tomography: optical imaging with dispersion-free optical delay," Opt. Express, 13, 1334-1345, 2005.