

Complex spectral optical coherence tomography 내에서 측정된 영상잡음 제거를 위한 Arbitrary-bucket 알고리즘

Artifact removal in complex spectral optical coherence tomography by Arbitrary-bucket algorithm

오정택*, 이상원**, 손상륜**, 김법민**

* 연세대학교 의료공학연구원

** 연세대학교 보건과학대학 의공학과

* cliff@dragon.yonsei.ac.kr

Spectral Domain Optical Coherence Tomography (SD-OCT) 기술은 1998 Gerd Husler 에 의해 제안된 OCT 기술 중에 하나이다.⁽¹⁾ 기존의 Time Domain Optical Coherence Tomography (TD-OCT) 기술에서는 광시간지연(optical time delay)이 필수적으로 요구되었으나, SD-OCT의 경우 분광기를 이용하여 기계적 구동부가 완전히 제거된 OCT시스템을 구성할 수 있다. 분광기를 통해 획득된 광주파수 공간에서의 SD-OCT 신호는 광시간지연에 의한 TD-OCT 신호와 푸리에(Fourier) 변환 관계를 가지고 있어, 분광신호의 역 푸리에 변환으로 TD-OCT와 동일한 신호를 얻어 낼 수 있다.⁽¹⁾ Complex SD-OCT기법은 광주파수 공간에서 간섭신호의 크기뿐만 아니라 위상을 위상천이 기법을 통해 얻어내어, 일반적인 SD-OCT를 통해 생체단면이미지를 얻게 될 경우 발생하게 되는 D.C 잡음과 미러 이미지(mirror image)에 의한 잡음을 제거하기 위해 제안된 방법이다.⁽²⁾ 하지만 complex SD-OCT를 이용해 실제 생체 측정에 적용함에 있어서 대상 물체의 미세한 움직임에 의한 위상천이 오차가 발생하여 미러 이미지 제거가 이루어지지 않는 문제점이 있다. 본 연구에서는 대상체의 움직임이나 위상천이기구의 불완전성에 의해 발생하는 위상천이 오차에 둔감한 A-bucket 알고리즘을 이용하여 complex SD-OCT에서 측정하는 간섭신호의 위상오차를 최소화하고 위상 오차에 의한 이미지 노이즈 제거를 수행한다.⁽³⁾

본 론

complex SD-OCT은 탐침광을 조사하여, 대상 조직에 의해 역산란된 광과 기준광에 의한 간섭신호를 각 파장에 따라 각각 획득하고, 간섭신호의 크기와 위상을 위상천이방법에 의해 추출한다. 각 파장에 따른 간섭신호는 대상 조직을 이산화 된 다중 반사체로 간략화 할 경우 아래와 같이 기술할 수 있다.

$$I_{\delta_j}(k) = S(k) \left\{ 1 + 2 \sum_n \alpha_n \cos(2kz_n + \delta_j) + \sum_{n \neq m} \alpha_n \alpha_m \cos[2k(z_n - z_m)] \right\} \quad (1)$$

이때 $S(k_i)$, α_n , z_n , Δz_j 는 각각 광원의 스펙트럼분포, n 번째 다중반사체의 반사율, 광경로차, 그리고 위상천이를 위해 기준거울이 이송된 거리를 나타낸다. 기존 complex SD-OCT연구에서는 위상천이값 $\delta_{ij} = 2k_i \Delta z_j$ 을 정해진 상수로 놓고 위상을 측정하는 반면, 본 연구에서는 δ_{ij} 를 파장과 이송거리의 곱으로 나타내진 미지수로 놓고 이를 A-bucket 알고리즘으로 추정하여 물체의 미세한 움직임에 의해 발생하는

위상오차와 넓은 스펙트럼을 가지는 광원자체에 의한 위상천이값 변화를 보상한다. 그림. 1은 A-bucket 알고리즘을 도식화 하고 있다.

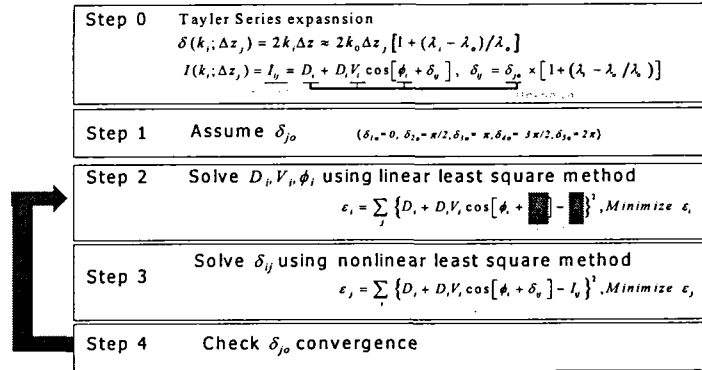


Fig. 1 Sequence of modified A-bucket phase shifting algorithm for the complex SD-OCT

본 연구의 타당성확인을 위해서 커버글래스 앞뒤면을 그림.2에 묘사된 complex SD-OCT시스템을 이용하여 측정하였으며, 위상천이 오차에 의한 미러이미지의 형성과 A-bucket 알고리즘을 통한 제거를 확인해 보았다. 그림. 3 결과에서 기존의 N-bucket 알고리즘에 비해 미러이미지를 13 dB 이상 제거 할 수 있음을 확인할 수 있다.

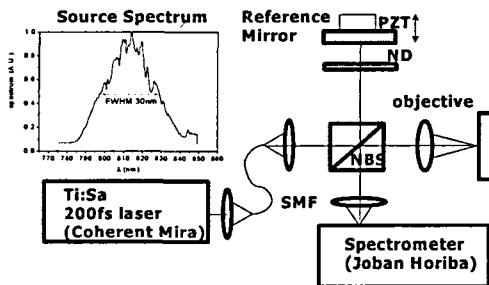


Fig. 2 Schematics of the complex SD-OCT experiment setup

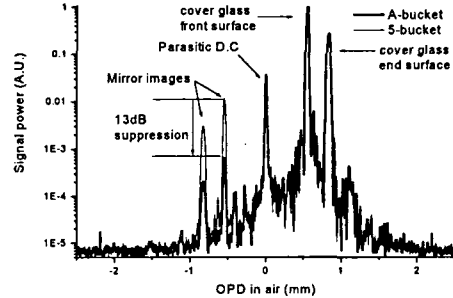


Fig. 3 A-scan data of cover glass measured from the complex SD-OCT; Both A-bucket and 5-bucket algorithms are compared to verify reduction of mirror image by the phase stepping error in the apparatus.

참고 문헌

1. G. Hausler and M. W. Lindner, "Coherence Radar" and "Spectral Radar"-New Tools for dermatological diagnosis, J. Biomed. Opt. 3, 21, (1998)
2. M. Wojtkoski and A. Kowalczyk, High Full range complex spectral optical coherence tomography in eye imaging, Opt. Lett. 27, 16, (2002)
3. G. S. Han et. al., Numerical correction of reference phases in phase-shifting interferometry by iterative least-squares fitting, Appl. Opt. 33, 31, (1994)

