

Beyin Lazer Tomografi Sistemi için Koordinat Belirleme Algoritması Geliştirilmesi

Development of Coordinate Definition Algorithm for Head Laser Tomography System

Hüseyin Özgür KAZANCI¹

¹ Klinik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Biyomedikal Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi
Akdeniz Üniversitesi
ozgurkazanci@akdeniz.edu.tr

Özetçe

Günümüzde Diffüz Optik Tomografi (DOT) cihazları ve gelişen teknolojiler ile birlikte tümör konumunun doğru bulunması ve görüntü kalitesinin iyileştirilmesi sağlanmıştır. Beyin görüntüleme için geliştirilen Lazer DOT çalışmalarında "Computerized Tomography" (CT) ya da "Magnetic Resonance Imaging" (MRI) yardımcı yöntemleri kullanarak tümleşik görüntüleme yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bunun sebebi kafatasının koordinatlarının bilinmemesi ve belirlenebilmesi için geleneksel görüntüleme yöntemlerinden yararlanılması gerekliliğidir. Bu çalışmada geleneksel görüntüleme yöntemleri kullanılmadan yalnızca DOT cihazı kullanılarak gerçekleştirilen bir beyin biyomedikal görüntüleme cihazı için koordinat belirleme sistemi geliştirilmiş ve sonuçlar test edilmiştir. Bu ön çalışmada "Monte Carlo" (MC) simülasyon yöntemi kullanılarak foton akısı dağılımı oluşturulmuş ve koordinatların bulunması için yeni bir yöntem üzerinde çalışılmıştır. Öncelikle insan kafasının anatomik şeklinin modellenmesi hazırlanan sistemde koordinatların belirlenmesi için gereklidir. DOT cihazları için lazer kaynak ve fotodetektörlerinin konumlarının belirlenmesi ileri model ağırlık matrisinin oluşturulması bakımından önemlidir. Kaynak detektör pozisyonlarından çıkan lazer ışınlarının doku içerisinde oluşturacakları muz benzeri yörüngeler doğru biçimde çizdirilip ileri model ağırlık matrisi elde edildi. Bu çalışmada MC simülasyon verilerinden yararlanılarak elde edilen foton akı dağılımları kullanılarak minimum farklar yöntemi ile kaynak-detektör uzaklıkları tahmin edilip insan kafası şeklinin oluşturulması için gerekli olan mesafe tahminleri hesaplandı. Bu mesafeler daha sonra çizdirilip insan kafasının şekli oluşturulacak. Kafanın şekli oluşturulduktan sonra ileri model için foton akısı dağılımları MC simülasyonundan görüntü oluşturma algoritmasına transfer edilerek ters problem çözüm algoritmaları uygulanarak kanlanan bölgelerin görüntüleri oluşturulacaktır. Bu çalışmanın temel amacı geleneksel biyomedikal görüntüleme yöntemleri kullanılmadan yalnızca elimizdeki DOT cihazını kullanarak kaynak ve detektör pozisyonlarının belirlenmesini sağlayacak bir yöntem geliştirmektir.

Anahtar Kelimeler — Diffüz Optik Tomografi (DOT); Beyin görüntüleme; Monte Carlo (MC) simülasyon.

Abstract

Nowadays, the Diffuse optical tomography (DOT) systems have been successfully designed and developed for getting better localization and image quality of the human brain. The Computerized Tomography (CT) or the Magnetic Resonance Imaging (MRI) assisted combined imaging modalities have been used for coordinate definition problems in head DOT imaging systems. In this work, the independent coordinate definition imaging modality for head biomedical imaging device is presented without using auxiliary traditional imaging tools. In this pre-work, MC (Monte Carlo) simulation data have been used to generate photon fluence rate distribution inside the tissue model and the coordinate definition has been determined. The source and detector coordinates are defined by using the models of anatomical shape of human head. The definition of laser source and photodetector positions are important to generate forward model weight matrix. The laser pencil beam transmitted from source position and received through detector positions are generating banana shape forward model weight matrix functions. The banana weight functions should be generated correctly. The photon fluence rate distributions are generated by using MC simulation output data and the minimum differences of mathematical method has been applied. The distances have been calculated to guess or pre-estimate the source-detector separations to be able to draw the human head boundaries. After human head shape modelled, the forward model photon fluence rate distributions are transferred through image reconstruction algorithm environment. The inverse problem solution algorithms are applied to recover the bloody voxels to reconstruct the bloody regions. The main purpose of this work is to develop a new method for defining the source and detector positions using just DOT device without using any other auxiliary traditional imaging by modalities.

Keywords — Diffuse Optic Tomography (DOT); Brain imaging; Monte Carlo (MC) simulation.

1. Giriş

Diffüz Optik Tomografi (DOT) görüntüleme yöntemi fotonların doku içerisindeki yayılımlarının modellenmesi

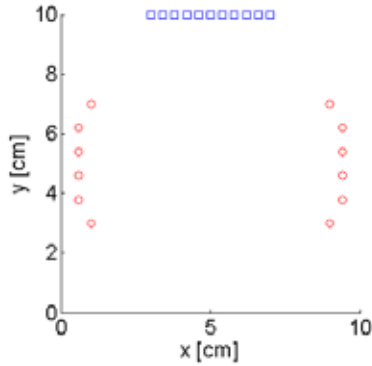
Tıbbi Cihaz Tasarımı 4

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

prensibine göre çalışan bir biyomedikal optik görüntüleme yöntemidir. Fotonların doku içerisindeki dağılımları sürekli dalga DOT cihazları için zamandan bağımsız sürekli dalga diffüzyon modeli ile teorik veya fotonların parçacık özelliklerinden yararlanılarak Monte Carlo (MC) simülasyonları kullanılarak simülasyon ortamında hesaplanabilir. Literatürde fotonların doku içerisindeki dağılımlarının belirlenebilmesi için geliştirilen MC modelleri [1-7] önemli bir yer tutmuştur. DOT cihazlarında görüntünün oluşturulması aşaması ileri ve ters model olmak üzere iki kısımda incelenir. İleri model oluşturabilmek için fotonların doku içerisindeki dağılımlarının belirlenmesi gerekmektedir. İlgilenilen doku tipinin sahip olduğu doku absorpsiyon (μ_a) ve doku saçılma (μ_s) optik katsayılarına bağlı olarak MC simülasyonu çalıştırıldı. Bu işlem silindirik koordinat sisteminde belirlenen r radyal ve z derinlik mesafesinde ve g anisotropi katsayısı kullanılarak MC simülasyonu ile yapıldı. MC simülasyonu neticesinde elde edilen foton akısı dağılımları ANSI C MC simülasyon ortamından MatLAB™ görüntü oluşturma algoritması ortamına aktarıldı. Bu aktarma işlemi farklı ölçümler ve sistemler için kullanılabilir [10-16]. MC simülasyonları çalıştırıldıktan sonra görüntü oluşturma algoritmalarının yazıldığı programlama ortamına geçildi.

2. Yöntem

2.1. Deney Düzenegi



Şekil 1: 12 kaynak 11 detektörden oluşan kaynak-detektör yerleşiminin kuşbakışı görünümü 10 cm x 10 cm x 2 cm.

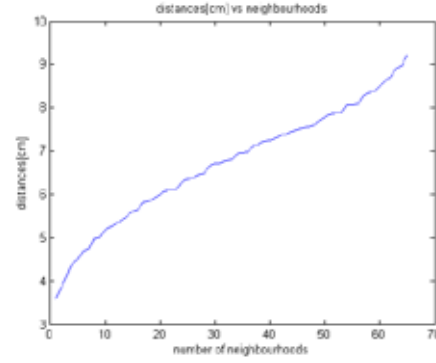
Şekil 1.'de kaynak-detektör yerleşiminin kuşbakışı görünümü vardır. Kaynaklar ve detektörler kafanın iki tarafına sağına ve sol tarafına gelecek şekilde 6'şar adet yerleştirilmiştir. 11 adet detektör ise kafa alın pozisyonundadır. Toplam 12x11=132 adet kaynak-detektör eşleşmesi dolayısıyla 132 adet denklem kurulmuştur.

Komşuluk türüne (çeşitliliğine) bağlı olarak değişen kaynak-detektör arası mesafelerin cm cinsinden değerleri Şekil 2.'de görülmektedir. Üzerinde çalışılan geometri için toplamda 65 adet komşuluk türü bulunmaktadır.

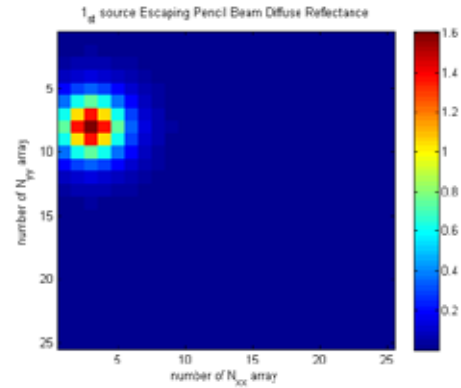
2.2. Foton Dağılımları

İlk kaynak pozisyonundan noktasal olarak yayılan fotonların beyin dokusu içerisindeki dağılımları Şekil

3.'de görülmektedir. MC simülasyonları neticesinde elde edilen foton akısı dağılımları görüntü oluşturma algoritma ortamına taşındıktan sonra oluşturuldu. x ve y eksenleri her katman 0.4 cm olacak şekilde 25 adet katmana bölündü. Böylelikle x ve y ekseninin toplam uzunlukları 10 cm oldu.

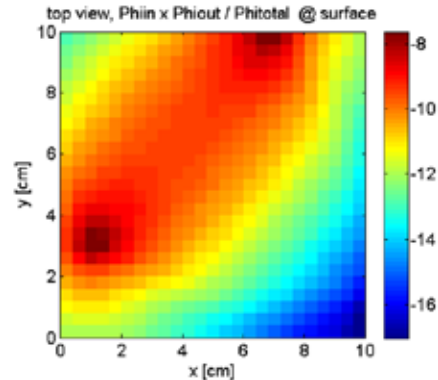


Şekil 2: Kaynak-detektör komşuluk çeşitlerine bağlı olarak değişen kaynak-detektör mesafeleri.



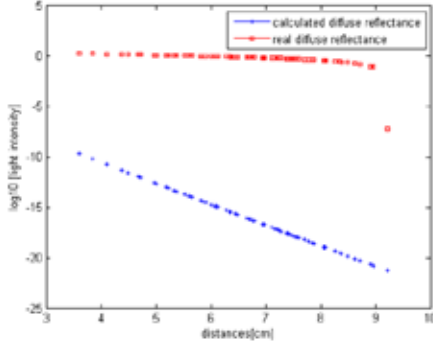
Şekil 3: 1. Kaynak pozisyonundan çıkan fotonların beyin dokusu içerisindeki dağılımları.

Fotonlar proba girdikleri gibi çıktıkları için detektör pozisyonları da kaynak gibi düşünülerek benzer şekilde detektör pozisyonları için de şekiller hazırlandı.

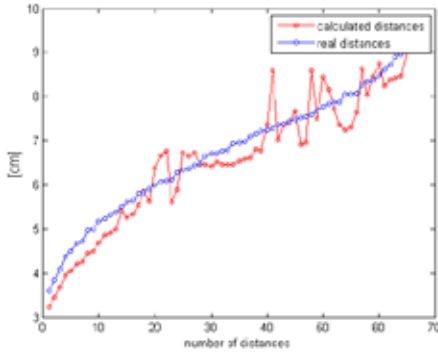


Şekil 4: 1. Kaynak pozisyonu ile 11. detektör pozisyonu arasında meydana gelen foton akısı kuşbakışı görünümü.

3. Sonuçlar

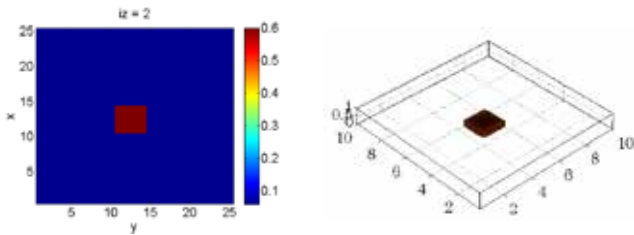


Şekil 5: Gerçek diffüz geri yansıma ile hesaplanan geri yansıma.

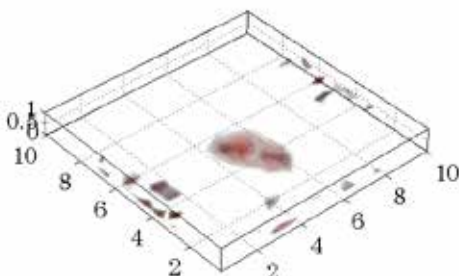


Şekil 6.: Gerçek mesafeler ile hesaplanan mesafeler.

Şekil 6.' da hesaplanan kaynak-detektör mesafelerinin gerçek değerlerle olan ilişkisi görülmektedir. Bu değerler kullanılarak yapay bir tümör görüntülenmeye çalışıldı.

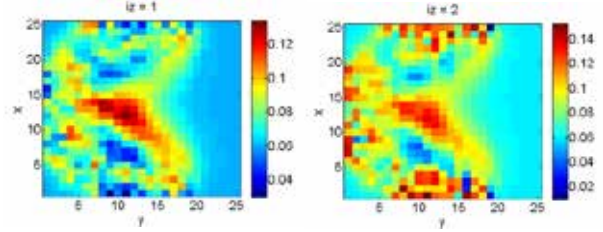


Şekil 7: Tümör pozisyonu (a) kuş bakışı (b) 3D görünümü

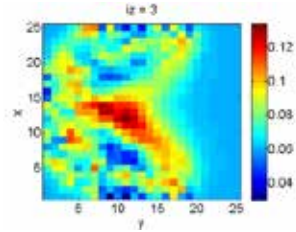


Şekil 8: CG algoritması ile yeniden oluşturulmuş tümör görüntüsü 3 boyutlu şekli.

Görüntü oluşturma algoritması CG Kaynakça [9]' da tanımlanan yöntemler kullanılarak elde edildi.



Şekil 9: CG algoritması ile yeniden oluşturulmuş tümör görüntüsü kuşbakışı şekli (a) 1. derinlik (b) 2. derinlik kesiti.



Şekil 10: CG algoritması ile yeniden oluşturulmuş tümör görüntüsü kuşbakışı şekli 3. derinlik kesiti.

İnsan vücudu için zararlı olmayan radyasyon (iyonize olmayan radyasyon) kullanan optik görüntüleme sistemleri ve geliştirilen yöntemler biyolojik dokuların yapısal ve işlevsel fonksiyonları hakkında bilgiler sunar. Geliştirilen metotla MC simülasyon verileri kullanılarak DOT cihazları için kaynak-detektör uzaklıkları tahmin edildi. Koordinatlar belirlendikten sonra ters problem çözüm algoritmaları uygulanarak kanlanan bölgelerin görüntüleri oluşturuldu. Geliştirilen yöntem sayesinde geleneksel biyomedikal görüntüleme yöntemleri kullanılmadan yalnızca elimizdeki DOT cihazını kullanarak kaynak ve detektör pozisyonları belirlenmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilen yöntemden elde edilen sonuçların oldukça iyi olduğu ve ileride üretilecek olan cihazlarında kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğunu gördü.

4. Kaynakça

- [1] Wang, L. ve Jacques, S. L., "Optimized radial and angular positions in Monte Carlo modeling," *Medical physics*, vol. 21, pp. 1081-1083, 1994.
- [2] Wang, L., Jacques, S. L. ve and Zheng L., "MCML—Monte Carlo modeling of light transport in multi-layered tissues," *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 47, pp. 131-146, 1995.
- [3] Jacques, S. L. ve Wang, L., "Monte Carlo modeling of light transport in tissues," in *Optical-thermal response of laser-irradiated tissue*, ed: Springer, 1995, pp. 73-100.



Tıbbi Cihaz Tasarımı 4

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

- [4] Wang, L., Jacques, S. L., ve Zheng, L., "CONV—convolution for responses to a finite diameter photon beam incident on multi-layered tissues," *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 54, pp. 141-150, 1997.
- [5] Jacques, S. L., "Modeling tissue optics using Monte Carlo modeling: a tutorial," in *Biomedical Optics (BiOS) 2008*, 2008, pp. 68540T-68540T-9.
- [6] Prah, S. A., Keijzer, M., Jacques, S. L., ve Welch, A. J., "A Monte Carlo model of light propagation in tissue," *Dosimetry of laser radiation in medicine and biology*, vol. 5, pp. 102-111, 1989.
- [7] Feng, S. C., Zeng, F., ve Chance, B., "Monte Carlo simulations of photon migration path distributions in multiple scattering media," in *OE/LASE'93: Optics, Electro-Optics, & Laser Applications in Science & Engineering*, 1993, pp. 78-89.
- [8] Jacques, S. L., "Spectral imaging and analysis to yield tissue optical properties," *Journal of Innovative Optical Health Sciences*, vol. 2, pp. 123-129, 2009.
- [9] Gaudette, R. J., Brooks, D. H., DiMarzio, C. A., Kilmer, M. E., Miller, E. L. ve Gaudette, T., *et al.*, "A comparison study of linear reconstruction techniques for diffuse optical tomographic imaging of absorption coefficient," *Physics in medicine and biology*, vol. 45, p. 1051, 2000.
- [10] Kazancı, H. O., "Weight Matrix Analysis for Back Reflection Continuous Wave Diffuse Optical Tomography (CWDOT) systems: Translational Method," *Submitted August 23rd 2015*.
- [12] Kazancı, H. O., Mercan, T., ve Canpolat, M., "Design and evaluation of a reflectance diffuse optical tomography system," *Optical and Quantum Electronics*, vol. 47, pp. 257-265, 2015.
- [13] Kazancı, H. O. ve Canpolat, M., "Mathematical method for diffuse optical tomography imaging: A Research Study," *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, vol. 1, pp. 40-48, 2014.
- [14] Kazancı, H. O. ve Canpolat, M., "Depth Normalization Algorithm for Continuous Wave Reflectance Diffuse Optical Tomography System," *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, vol. 2, pp. 40-46, 2015.
- [15] Kazancı, H. O. ve Canpolat, M., "Continuous Wave Diffuse Optical Tomography System with High Resolution Current to Voltage Analog Digital Converter," *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, vol. 2, pp. 68-77, 2015.
- [16] Jacques, S. L. ve Kazancı, H. O., "Biophotonics Internet Invited Lecture," *Optical Technologies in Biophysics & Medicine XVI, Saratov Fall Meeting*, 2014.