

# 치아매질내 광신호해석을 위한 LabVIEW 시뮬레이션 코드 개발

황대석\* · 이승용\* · 김신자\* · 고대영\* · 류광렬\* · 이호근\*\* · 이영우\*

\*목원대학교 · \*\*(주)한백전자

## Development of Simulation code for Optical Signal Analysis in Dental Medium using LabVIEW

Dae-seok Hwang\* · Seung-Young Lee\* · Sheen-ja\*, Kim, Dae-young Ko\* · Kwang-Ryol Ryu\* ·  
Ho-Guen Lee\*\* · Young-Woo Lee\*

\*Mokwon University · \*\*Hanback electronics co., ltd.

E-mail : ywlee@mokwon.ac.kr

### 요 약

치아 매질내에서 전파되는 광신호 해석을 위한 몬테 카를로 수치해석을 National Instrument사의 LabVIEW를 이용하여 개발하였다. 수치해석 결과 치아 조직 내 깊이에 대해 서로 다른 전파 특성을 갖는 두가지 신호를 얻었으며, 검출 신호는 약  $60\mu\text{m}$  이상의 깊이에서 잡음 신호가 특성 신호에 비해 커짐으로 검출이 어려워짐을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

We developed the numerical analysis program using LabVIEW for the monte-carlo simulation code for OCT signal in dental medium. In calculation, we obtain the two different signals as a function of the probing depth. These two signals are very different in their angular distributions, and the numbers of scattering in dental medium. Signal 2 begins to exceed the signal 1 at a very small probing depth ( $\approx 60\mu\text{m}$ ).

### 키워드

Dental Medium, Monte-Carlo Simulation, Optical Coherence Tomography, LabVIEW

## I. 서 론

몬테 카를로 시뮬레이션은 광자의 행적, 성질, 생성 및 소멸을 예측하는데 사용된다. 특히 우연 현상의 결과를 난수를 사용하여 수치적, 모형적으로 실현하여 편미분 방정식이나, 연립방정식등에 의한 방법에 비해 간단히, 직관적으로 이해할 수 있는 장점이 있다. 특히 입자의 경계조건 및 계를 구성하거나, 불확정성을 측정할 때에는 매우 유연한 대처가 가능하게 된다.

본 논문에서는 생체 조직 중, 치아 매질 모델에 대해 치아 매질에 입사된 빔의 몬테 카를로 t 수치 해석을 National Instrument사의 LabVIEW를 사용하여 작성하여 수행하였다.

## II. 치아 매질내에서의 광자 운동

그림 1은 몬테 카를로 시뮬레이션을 이용한 치아 매질내 광자 산란의 순서도를 보인다.

순서도에 의한 광자의 매질내에서 운동은 다음과 같은 순서에 의해 설계되어진다[1].

### i. 초기의 입사광의 성질 결정

광원으로부터 입사되는 광자는 등방적 위상 함수로부터 통계적으로 방향등에 대한 광자의 성질(광자수, 굴절율, 흡수계수, 산란계수, 등방성,...)을 부여하며 부여되는 등방적 위상값은 난수적으로 0~1의 값을 갖는다.

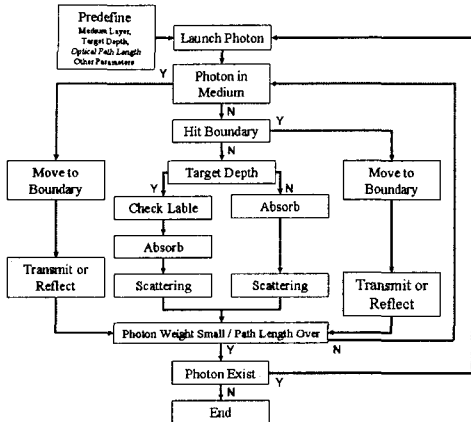


그림 1 치아 매질에서의 광신호 분석을 위한 몬테-카를로 수치해석 순서도

ii. 산란 구간 결정

매질로부터 광자가 이탈되는 것을 고려하고, 처음위치에서 충돌에 의해 다음 산란체가 있는 위치로 진행할 때 거리의 함수로 표시한다. 산란된 구간은 식 (1)과 같다.

$$\Delta S = \frac{1}{\mu_1} = \frac{1}{\mu_a + \mu_s} \quad (1)$$

이러한 광자의 진행하는 방향에 따라 3개의 공간 좌표와 2개의 방향 각도로 나타내며, X, Y, Z축 위치에서 ΔS가 움직인 거리 μ<sub>x</sub>, μ<sub>y</sub>, μ<sub>z</sub>에 따라 새로운 좌표 x', y', z'는 식 2와 같이 나타낼수 있다.

$$\begin{aligned} x' &= x + \mu_x \Delta S \\ y' &= y + \mu_y \Delta S \\ z' &= z + \mu_z \Delta S \end{aligned} \quad (2)$$

iii 진행된 광자의 새기, 진행거리, 위치 계산

광자가 입사됨에 따라 매질에서 광자의 흡수가 발생하며 최초 광자의 질량은 1로 간주하고 경로에 따라 감소하게 된다, 광자가 굴절율이 다른 경계에 도달할 경우 Fresnel 반사에 의해 반사하거나 경계를 통과하여 다른 영역에 도착하게 된다.

iv. 광자의 위치에 따른 경계값 및 광자의 수명 설정

경계값은 표면 반사에 대해 확산이 일어나지 않는 경계 조건을 고려하는 매질의 두께 d에서 표면 z=0와 바닥에서 z=d를 경계조건으로 할 경우 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\int_{2\pi, \mu' > 0} L_d(r, s)(s, z) d\omega = 0 \quad (3)$$

광자의 수명은 광자의 질량 변환에 의해 매질에서 순수한 흡수를 말하며 초기 질량이 1이고 광자의 경로에 따라 질량이 감소됨을 말한다. 광자 흐름은 흡수와 산란에 의해 발생하며 흡수되는 광량의 분율은 식(4)와 같다.

$$P_{ra} = \frac{\mu_a}{\mu_s + \mu_a} = 1 - \frac{\mu_s}{\mu_a + \mu_s} = 1 - a \quad (4)$$

광자는 질량이 0이 될 때까지 진행하게 되고 0이 되면 소멸한다.

v. 광자의 위치, 방향 및 계의 성질에 의해 산란되는 구간 결정

광자는 현재의 위치, 방향 및 계의 성질에 의해 새로운 산란되는 구간으로 진행한다. 광자의 위치와 운동 방향은 공간 좌표에 의해 식(5)와 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} u &= \sin(\varphi) \sin(\theta) = \text{reldir}[0] \\ v &= \sin(\varphi) \cos(\theta) = \text{reldir}[1] \\ \omega &= \cos(\theta) = \text{reldir}[2] \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)를 이용하여 현재의 광자 위치와 새로운 광자 위치를 결정하게 되고 새로운 광자 위치는 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} x' &= x + \Delta S u \\ y' &= y + \Delta S v \\ z' &= z + \Delta S \omega \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)에 의해 결정되어진 광자는 현 위치 x, y, z와 방향 θ, φ에서 새로운 위치 x', y', z'와 방향 θ', φ'로 산란에 의해 진행된다.

vi. iii ~ iv 의 과정이 광자 무게가 '0'가 되면 광자가 소멸하고, 또한 광자 개수가 '0'가 되면 시뮬레이션을 마치게 된다.

III. 몬테카를로 시뮬레이션 프로그램 및 결과

그림 2는 치아 매질내 광 신호 해석을 위한 LabVIEW로 작성한 몬테카를로 시뮬레이션 프로그램 창이다.

프로그램에는 Enamel층과 Dentin층의 계수 및

매질의 두께 등을 입력하여 결과 값을 출력하게 된다. 출력된 결과값은 기타 다른 계산 값과 함께 파일로 저장하게 된다.

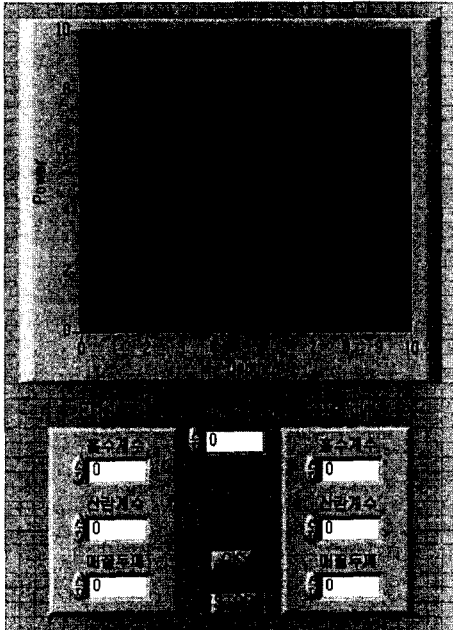


그림 5 LabVIEW로 작성한 치아 매질에서의 광신호 분석을 위한 몬테-카를로 수치해석 프로그램

이를 표 1의 상수값들을 적용하여 치아 매질내에서 광 전파 특성의 수치해석을 수행하였다[2].

표 1. 수치해석에 사용된 치아 매질 상수

Tissue	Constant	Value
Enamel	$\mu_s(cm^{-1})$	15±5
	$\mu_a(cm^{-1})$	< 1
Dentin	$\mu_s(cm^{-1})$	260±78
	$\mu_a(cm^{-1})$	3 - 4

그림 3에서 Signal 2는 약 60 $\mu$ m에서부터 급격히 증가하여 Signal 1보다 큰 값을 갖게 되어 검출 깊이가 증가함에 따라 Signal 2의 검출이 힘들어짐을 알 수 있다.

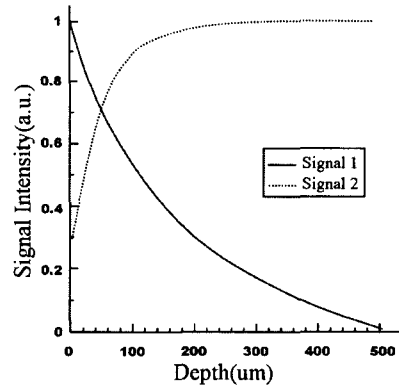


그림 6 깊이에 따른 Signal 1과 Signal 2의 광강도

#### IV. 결 론

치아 매질 모델에 대해 치아 매질에 입사된 빛의 몬테 카를로 t 수치해석을 National Instrument사의 LabVIEW를 사용하여 작성하여 수행하였다. 수치해석 결과 검출에 필요한 Signal 1이 검출 깊이에 따라 감소하며 약 60 $\mu$ m이상의 깊이에서 Signal 2(Noise)가 Signal 1보다 커져 검출이 어려움을 알 수 있었다.

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

- [1] L.H. Wang, S. L. Jacques and L. Q. Zheng, MCML-Monte Carlo modeling of photon transport in multi-layered tissue, Computer methods Programs in Biomedicine 47, 131-146, 1995
- [2] D. Fried, R. E. Glens, J. D. B. Featherstone, W. Seka, Nature of light scattering in dental enamel and dentin at visible and near-infrared wavelengths, Applied Optics, 34, 1278-1285, 1995