

레이저빔 제어 전자셔터 구동 알고리즘에 관한 연구

Study on the Laser Beam Controlled Driving Algorithm of the Electronic Shutter

이영욱
세명대학교

Lee Young-Wook
Semyung University

요약

본 연구는 레이저빔을 제어하기 위한 전자 셔터의 디지털 I/O 인터페이스와 온도 제어 알고리즘을 개발함으로써 레이저 치료 시 열적 피이드백을 통한 치료의 가능성을 제시하였다. 이러한 전자셔터 구동 인터페이스와 제어 알고리즘의 개발로 어느 일정한 범위의 온도가 자동제어 되도록 설계하였다.

Abstract

This study proposed the possibility of the medical cure by thermal feedback as the laser medical treatment had given and by the development of digital I/O interfaces of the electronic shutter to control the laser beam and of the temperature controlled algorithm. The development of the electronic shutter driving such interfaces and its controlled algorithm was designed to be automatically controlled within the range of an extent temperature.

I. 서론

오늘날 레이저는 여러 가지 응용분야에 이용되고 있다. 그 중에서도 의학용으로 쓰여지는 레이저는 열적 피이드백을 이용하여 고 에너지의 레이저빔을 사용함으로써 외과적 수술이나 암세포 또는 비정상세포 등의 치료뿐만 아니라 피부 색소질환 치료 등에 널리 이용되고 있다. 의학용으로 이용되는 레이저빔에는 여러 가지 종류가 있다. CO₂, Nd:YAG, Er:YAG, Argon 레이저 등이 있으며 레이저빔의 파장도 514nm에서 2,940nm까지 상이하다[1]. 치료 시 열 확산의 영향을 받는 피부조직의 깊이 등도 각기 수 mm에서 수 cm까지 상이하다.

일반적으로 레이저빔의 특성은 고 에너지의 빔으로 조사(irradiation)된다. 이 고 에너지의 레이저빔이 개방되어 있는 전자셔터를 통과하는 경우, 계속적인 온도 상승으로 피부조직이 타서 손상되는 현상이 발생하게 되므로 전자셔터의 개폐(Open and Close)에 의한 적절한 제어로 온도를 제어한다면 어느 일정 온도범위 내에서 레이저빔에 의한 치료가 가능하다[2][3]. 예를 들면, 암세포 또는 비정상적으로 비대해진 전립선 등의 비정상 세포만 죽임으로써 치료 효과를 볼 수 있는 연구결과들이 나타나고 있다[4][5][6].

따라서, 본 연구는 이러한 레이저 치료에 이용할 수 있는 전자셔터(Electronic Shutter)의 인터페이스 기술 및 레이저빔을 제어하여 온도를 제어하는 자동제

어 알고리즘을 개발함으로써 의학용 레이저 치료에 이용할 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

본 연구에서 전자셔터(Electronic Shutter)는 0-5V DC에서 동작하는 적절한 구동회로를 갖도록 하여 PC와 인터페이스 시켜 Argon 레이저빔을 제어하도록 하여 온도를 자동제어 함으로써 레이저 치료의 가능성을 제시하였다.

레이저빔은 광학장치를 통하여 그대로 전자셔터를 통과하거나 적절히 빔의 방향을 변경시킬 수 있다.

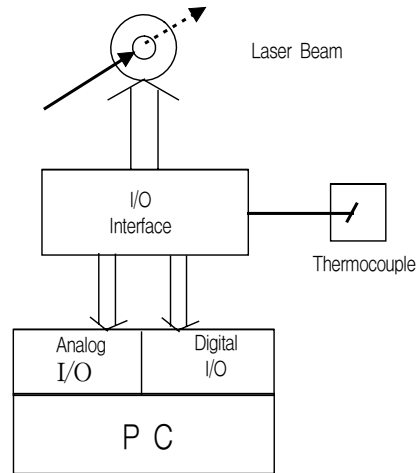
제1장에서는 서론으로서 레이저빔 제어 전자셔터의 알고리즘 개발 배경과 전자셔터와 레이저빔을 소개하고 제2장에서는 전자셔터의 인터페이스에 관하여 기술하였다. 제3장에서는 제어 알고리즘과 제어 결과를 기술하였고 제4장에서는 결론으로 레이저빔 제어 전자셔터의 온도 자동제어 알고리즘에 의한 레이저 치료 가능성을 제시하였다.

II. 전자셔터 인터페이스

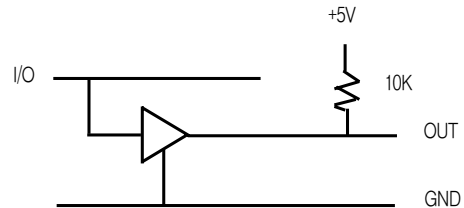
그림 1은 전자셔터를 구동시키기 위한 PC와 전자셔터와의 인터페이스를 보여주고 있다. 전자셔터는(Uniblitz Model LS672) 레이저빔을 통과시키거나 차단시킬 수 있는 기능을 가지고 있다. 조사(irradiation)된 레이저빔은 온도센서인 thermocouple과 결합된 인터페이스를 통하여 PC의 ADC(Analog-To-Digital Converter)로 입력되고 PC는 현재의 온도를 검사하여 어느 온도 범위 내에서 자동 제어 알고리즘에 의하여 제어되도록 한다.

그림 2는 관련 Digital I/O 인터페이스와 Analog I/O 인터페이스를 보여주고 있다.

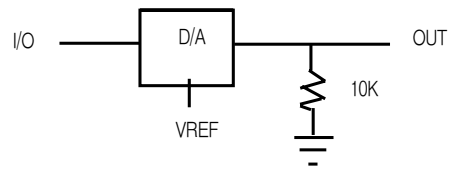
그림 1 및 그림 2로부터 전자셔터의 출력은 아날로그 입출력 인터페이스를 거쳐 PC 화면상에 나타난다. 온도 데이터는 전자셔터의 ON-OFF 시간제어에 의하여 thermocouple로부터 OFF 시간에 얻어진다.



▶▶ 그림 1. 전자 셔터 개폐 및 온도 제어 인터페이스
▶▶ Figure 1. Open-Close and Temperature Control of the Electronic Shutter



Digital I/O Interface



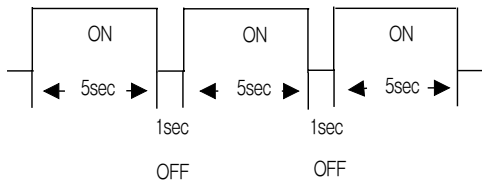
Analog I/O Interface

▶▶ 그림 2. 디지털/아날로그 I/O 인터페이스
▶▶ Figure 2. Digital/Analog I/O Interface

III. 전자셔터 제어 알고리즘

1. 온도 비 제어

온도 비 제어 과정은 그림 3과 같다. 레이저빔의 조사 기간 중에 전자셔터는 5초간의 on-time과 1초간의 off-time의 과정을 반복하는 동작을 하게 된다.



- ▶▶ 그림 3. 전자셔터의 온도 비 제어 ON-OFF 과정
- ▶▶ Figure 3. Temperature uncontrolled on-off procedure of the electronic shutter

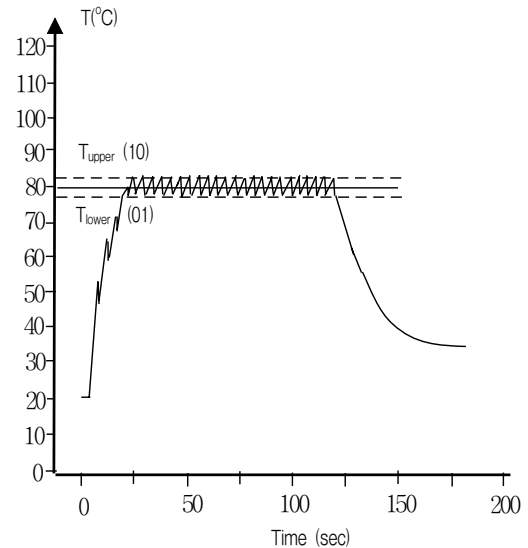
온도가 피이드 백(feedback)되지는 않으므로 온도 비 제어 시 온도는 계속 상승하게 될 것이다.

2. 온도 제어

레이저빔의 계속적인 조사(irradiation)시 고 에너지의 레이저빔은 시간이 지남에 따라 급격한 온도 상승으로 피부조직을 태워버리게 되므로, 온도 제어의 경우는 전자셔터가 그림 3의 과정을 반복할 뿐만 아니라 Thermocouple로부터 측정된 온도가 피이드 백(feedback) 되어 온도가 T_{lower} 와 T_{upper} 사이의 일정한 범위 내에서 자동으로 제어되도록 한다. 제어 알고리즘에 의하여 전자셔터가 상한과 하한 온도 ($80^{\circ}\pm 2.5^{\circ}\text{C}$)에 따라 자동으로 개폐된다. 그림 3은 온도 제어 결과 예를 보여주고 있다.

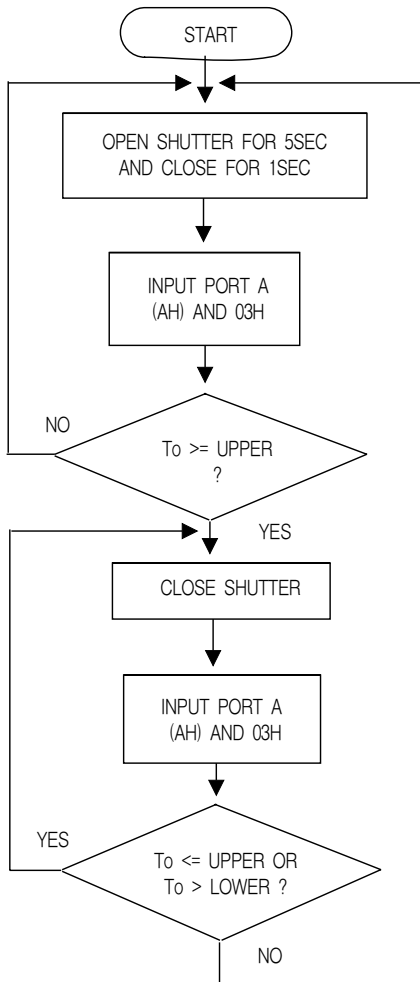
그림 4에서 보여준 바와 같이 온도 제어의 경우, 온도가 상한에 이르면(10), 전자셔터는 닫혀지게 되고 온도는 하강하게 된다. 온도가 하한에 이르게 되면(01), 다시 전자셔터는 열려지게 되고 레이저빔이 전자셔터를 통하여 조사되기 시작하여 온도가 다시 상승하게 된다. 이러한 일련의 과정을 통하여 전자셔터

는 자동적으로 개폐동작을 반복하게 되고 어느 일정한 범위 내에서 온도가 제어된다.



- ▶▶ 그림 4. 온도 제어 결과 예
- ▶▶ Figure 4. An example of the controlled temperature

그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 온도 비 제어 및 제어간의 차이점은 온도 비 제어 시는 온도 상승이 계속될 것으로 예측되나, 온도 제어 시는 온도 상승이 일정한 온도범위($80^{\circ}\pm 2.5^{\circ}\text{C}$)에서 유지된다는 점이다. 즉, 제어시의 온도 유지는 제어 알고리즘에 의해 전자셔터의 개폐가 그림 4의 알고리즘에 따라 제어됨으로써 일정범위의 온도를 유지할 수 있다는 것이다. 그림 5는 온도를 제어하기 위한 알고리즘에 관한 플로우 차트이다.



▶▶ 그림 5. 온도 제어 알고리즘 플로우 차트
 ▶▶ Figure 5. Flowchart of the Algorithm for controlling the temperature

IV. 결론

전자서터의 온도 자동제어는 전자서터를 통과하는 레이저빔을 제어하기 위한 디지털 I/O 인터페이스와 온도제어 알고리즘을 개발함으로써 이루어졌다.

온도 비 제어 시에는 온도가 계속적으로 상승할 것으로 예측되며 레이저 치료에 적용할 수 있는 경우는 온도 제어의 경우이다. 본 연구에서는 전자서터가 일

정한 온도범위에서 자동 개폐되도록 제어하는 알고리즘을 개발하였다.

제어 알고리즘에 의하여 상한온도와 하한 온도사이에서 온도가 자동으로 제어되도록 함으로써 필요한 온도 범위 내에서 온도가 자동 제어되는 결과를 얻었다. 그 결과 레이저 치료 시 어느 일정한 온도 범위 내에서 레이저 치료의 가능성을 제시하였다.

■ 참고문헌 ■

- [1] Chester.A.N., Martellucci.S. and Scheggi A.M., "Laser Systems for Photobiology and Photomedicine", Plenum Press, N.Y. and London, Series B : Physics Vol. 252, Nato ASI Series, 1991.
- [2] Kim B.M., "An Analysis of the Effect of Coupling between Temperature Rise and Light Distribution in Laser Irradiated Tissue Using Finite Element and Monte-Carlo Methods", M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, 1991.
- [3] Cohen H., Lee G., Rink J. and Mason D.T., "Application of a New Real-Time Temperature Control Surgical Laser to Enhance Cutting and Coagulation", Lasers in Surgery and Medicine Supplement 3, pp.35, 1991.
- [4] Daikuzono N., Suzuki M. and Joffe S.N., "Computer Controlled Contact ND:YAG Laser System for Interstitial Local Hyperthermia", Lasers in Surgery and Medicine, Vol.6, pp.217, 1996.
- [5] Defers J.G., "Principles of Feedback Control and Their Applications to the Respiratory Control System", Handbook of Physiology, Vol.1, Sec3, Baltimore : Waverly Press, 1964.
- [6] Derbyshire G.J., Bogen D.K. and Unger M., "Thermally Induced Optical Property Changes in Myocardium at 1.06 μm ", Lasers in Surgery and Medicine, Vol.10, pp.28-34, 1990.
- [7] Doss J.D., "Simulation of Automatic Temperature Control in Tissue Hyperthermia Calculations", Medical Physics, Vol.12, No.6, pp.693-697, 1993.
- [8] Jacques S.L. and Prahl S.A., "Modeling Optical and Thermal Distributions in Tissue during Laser Irradiation", Lasers in Surgery and Medicine,

- Vol.10, pp.494-503, 1987.
- [9] Jacques S.L. and Gaeeni M.O., "Thermally Induced Changes in Optical Properties of Heart", IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 11th Annual International Conference, pp.1199-1200, 1989.
- [10] Jerath M.R. and Welch A.J., "A Theoretical Analysis of the Light Interaction with Coagulated Tissue", SPIE Vol.1646, pp.391-398, 1992.
- [11] Kumbhani S.S., "Simulation of Optical Absorption and Scattering in Gel and Egg White", Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, 1992.
- [12] McKenzie A.L., "Physics of Thermal Processes in Laser-Tissue Interaction", Physics and Medicine and Biology", Vol.31, No.9, pp.1175-1209, 1990.
- [13] Prahl S.A., "Light Transport in Tissue", Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Austin, TX, 1988.