

생체 신호의 무구속 측정을 위한 근 적외선 특성 연구

허수진* · 정찬수**

= Abstract =

A Study on the Characteristics of near IR lights for non-restrained Biotelemetry

Soo Jin Huh*, Chan Soo Chung**

The propagation, reflection and scattering characteristics of the near infra-red lights were experimented in order to check the feasibility of non-restrained biotelemetry using indirect transmitted light.

The results of the experiments show that 3 kinds of walls examined are not specular reflectors but almost perfect diffuse surfaces with slight directivity and that light in a local point is spread out and fills the room uniformly by repeating the reflection and scattering at walls, ceiling, floor.

These results also explain the fact that the diffusely reflected light can be utilized as the carrier of biotelemetry even after several scattering and reflections.

1. 서 론

생체 신호 측정에 있어서 중요 문제는 가능한 정확하게 원하는 신호 변수를 측정하는 것이다. 피 측정체가 사람인 경우에 따른 정신적 영향, 측정 장비에 의한 불안감, 활동의 제한등은 측정해야 할 변수를 변화시킬 수 있으며 실제로 동물 실험에서 위폐양을 일으킨다는 보고도 있다[1]. 이러한 영향을 최소화하면서 생체 신호를 측정할 수 있는 수단으로서 Biotelemetry가 대단히 유용하다.

Biotelemetry 란은 생체 시스템과 측정 장비 사이가 무선으로 구성되는 생체 신호의 원격 측정이 라고 일반적으로 정의되고 있으며[2] 현재는 주로 전기적 신호를 매개로 측정되고 있다.

최근 광통신의 발달로 여러 분야에서 광의 특성을 이용한 연구가 진행되고 있다. Biotelemetry 분야에서도 광학 기술을 이용한 많은 응용이 연구되고 있고 광 Biotelemetry라고 부르는 분야가 형성되고 있다[3]. 값이 싼 반도체 광전 소자의 개발에 따라 비교적 좁은 폐공간 내에서 여러 방향으로 산란되어 가는 빛을 반송파로 하는 새로운 광통신 방식이 연구되고 있다[4]. 이러한 산란광 통신 방식은, 발광 소자를 나온 빛이 수광소자로 직접 입사하는 직접 전파광을 이용하는 방식과, 일단 벽 등에 입사하여 반사, 산란을 반복한 후에 수광소자에 입사하는 간접 전파광을 이용하는 방식으로 나누어 진다.

빛에 의한 정보의 전송은 비교적 쉽게 광대역의

〈접수 : 1992년 7월 13일〉

* 울산대학교 의과대학 의공학과

* Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Ulsan Univ.

**충실대학교 공과대학 전기공학과

**Dept. of Electrical Engineering, College of Engineering, Soongsil Univ.

신호전송을 할 수 있으며 주위의 환경으로부터 전자적인 간섭을 받기 어렵고 또한 다른 전자 기기에도 간섭을 주는 것이 작으며, 전파 관리법의 규제와 무관하다[5]. 반면에 빛은 전파에 비교하여 대단히 파장이 짧고 직진성이 강하기 때문에 빛의 전파로써 장애물이 존재하면 광도가 차단되어 정보전송이 불가능하다는 결점을 갖는다. 그러므로 빛은 일반적으로 피 측정체의 자유로운 행동을 제한하지 않는 무구속 원격 측정에는 적합하지 않다고 생각되어 왔다. 그러나 실내라고 하는 특별한 상황, 즉 비교적 좁고, 벽, 바닥, 천정등에 의해 둘러싸인 곳에서 여러 방향으로 퍼져가는 산란광을 반송파로서 생체 신호를 원격 측정하는 경우에는 발광소자로 부터의 국소적인 발광도 폐공간내에서 반사, 산란을 반복하는 것에 의해 실내 전체로 균일하게 확산하여 가는 것이 기대되며 이렇게 여러 광도를 거처온 간접 전파광을 반송파로서 이용하는 것이 가능하다면 피 측정자의 자유로운 활동을 제한하지 않는 원격 측정이 실현될 수 있다.

이러한 광 원격측정에 사용되는 빛은 750nm-1500nm 파장의 근 적외선이 적합하다[6]. 340nm 이하의 자외선은 인체에 유해할 뿐 아니라 200nm 이하의 자외선은 공기에 흡수되기 쉬우며[7], 이를 감지하는 반도체의 감도도 나쁘고, 가시광선은 눈에 보임으로 피 측정자에게 부담을 주게 된다.

본 연구에서는 간접 전파광을 이용한 생체 신호의 원격측정의 가능성을 확인하기 위해 원격 측정 시스템을 모의한 근 적외선, 송·수신 장치를 사용하여 신호광에 의한 벽면의 반사, 산란 특성의 조사 및 벽면에서의 반사율을 측정하고, 실내에서의 간접 전파광에 의한 수신 신호광의 강도 분포를 조사함으로써 간접광에 의해서도 생체 신호의 원격측정에 충분한 신호광의 강도와 균일성이 얻어진다는 것을 입증하고자 한다.

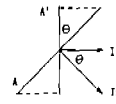
2. 이 론

2.1 완전확산

휘도(radiance)라 함은 점광원(point source)이 아닌 크기가 있는 광원(extended source)으로부터 발생하는 복사(radiation)의 합이다[7]. 즉 단위 입체각 당, 단위 표면적에서 표면으로 부터의 산란, 반사, 투과, 방사 되는 복사광속의 합이며, 단

위 면적당의 광도(intensity)라고도 말할 수 있다. 여기서의 면적은 투영 면적을 의미하며, θ 방향의 휘도를 L , 광도를 I 라하면 다음과 같이 표기된다 (그림 1).

$$L = \frac{\Phi}{(A \cos\theta) \Omega} = \frac{I}{A \cos\theta} \quad (1)$$



θ : 발산 표면에서의 법선과 복사 방향과의 각도

θ 방향으로의 광도는 식(2)로 표시되며

$$I = I_n \cos \theta \quad (2)$$

그림 1 휘도의 설명

Fig. 1 Explanation of Radiance

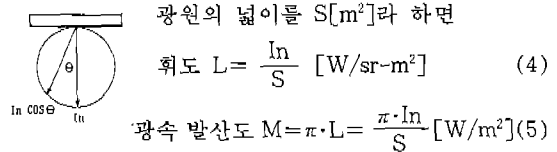
이를 람버트의 법칙이라 한다. 식 (1), (2)에서

$$L = \frac{I_n \cos \theta}{A \cos \theta} = \text{일정} \quad (3)$$

즉, 방향, 거리에 관계 없이 휘도가 일정하게 되는데 이러한 면을 완전확산면(Lambertian surface, 또는 Uniform diffuser)이라 한다. 완전확산면은 람버트의 법칙을 따르는 면이며, 여기에 빛이 입사한 경우 반사, 산란되는 빛의 광도 분포는 원형이 된다.

2.2 반사율

완전 확산면에서 광도는 그림 2와 같이 분포된다.



광원의 넓이를 $S[m^2]$ 라 하면

$$\text{휘도 } L = \frac{I_n}{S} [W/sr \cdot m^2] \quad (4)$$

$$\text{광속 발산도 } M = \pi \cdot L = \frac{\pi \cdot I_n}{S} [W/m^2] \quad (5)$$

그림 2 완전 확산면에서 광도의 분포

Fig. 2 Distribution of radiant intensity on uniform diffuser

따라서 완전 확산 평판 광원의 최대 광도가 I_n 일때 전광속 Φ 은

$$\text{전광속 } \Phi = M \cdot S = \frac{\pi \cdot I_n}{S} \cdot S = \pi \cdot I_n \quad (6)$$

반사율은(반사, 산란 되는 빛의 복사속)/(입사되는 빛의 복사속)이 되므로 완전 확산면에서는 반사되는 빛의 최대 광도 I_n 을 측정 한 후 이를 π 배 한 후 입사되는 빛의 복사속으로 나누면 완전 확산면의 반사율을 구할 수 있다.

2.3 광 펄스 간의 중첩, 간섭

간접 전파광을 반송파로 사용하는 경우 다중 반사되는 신호의 중첩에 의해 수광 펄스간에 간섭이 일어날 것으로 생각이 되나 아래의 이유로 간접 전파광을 이용한 Biotelemetry에서 그 영향은 거의 문제가 없음을 알 수 있다.

- 1) 예를들어 10m 떨어져 마주보는 반사율 0.8인 벽면 사이를 빛이 왕복하는 경우에는 발생하는 광 펄스 간섭을 생각할 때, 고차의 반사광 강도는 벽면에서의 반사에 따라 등비 급수적으로 감쇠하여 광도가 1/100로 되는데 $0.7\mu s$ 밖에 걸리지 않는다. 간접 전파광 Biotelemetry에서의 반송파의 펄스 주파수가 보통 수 KHz 정도 인것을 생각하면 펄스간의 간섭은 전혀 없다고 생각해도 좋다.
- 2) 10m×10m 크기의 방에서 직접 전파광과 간접 전파광이 수광 소자에 입사할 때 그 빛의 진행 거리의 차이는 30m 정도이다[2]. 따라서 광 펄스간의 영향을 없애려면 수신 신호의 주기는 100ns가 되어야 하며 이것은 최대 동작 주파수가 10 MHz이하로 되어야 함을 의미한다. 그러나 앞서 말한 것처럼 광 Biotelemetry 사용 주파수가 수 KHz이므로 광 펄스간의 상호 영향은 없다고 할 수 있다.

3. 실험결과 및 검토

3.1 실험의 전제 조건

송신기는 7개의 적외 발광 다이오드(발광 파장 940nm)를 병렬로 연결하여 500mA의 전류를 흐르게 하고 폭 $2\mu s$ 의 펄스를 단속적으로 발생시켰으며 수신기는 3개(전파 특성 실험에서는 6개)의 PIN 포토 다이오드를 사용하고, 빛의 강도는 포토 다이오드의 출력 전압(전류)치로 평가하였다.

3.2 근 적외선의 반산, 산란 특성

실내를 자유로이 이동하는 측정 대상이 빛을 반송파로서 생체 신호를 송신하는 경우 발광원과 수광소자간에 직접적인 광 전송로를 항상 유지하는 것은 어렵다. 실내에서의 산란광 통신에서, 발광소자를 나온 빛 중에서 수광소자로 직접 입사하는

빛은 극히 적고, 대부분은 벽, 천정, 바닥에서 반사 산란된다. 그러므로 간접적으로 수광소자에 입사되는 빛을 반송파로 하는 것이 가능하다면, 피 측정 대상의 이동, 자세의 변화등에 대하여도 안정한 원격측정이 가능하게 된다.

이상의 예측을 근거로 원격측정에서 간접광 이용의 가능성을 확인하기 위해 세가지 종류의 벽면(흰색 수성도료가 칠해진 콘크리트 벽, 흰색 흡음재로 된 벽, 노란색 철제 벽)의 반사, 산란 특성을 실측 하였다. 벽면의 법선 방향에 대해 0도, 20도, 40도, 60도, 80도의 방향에서 근 적외선(파장

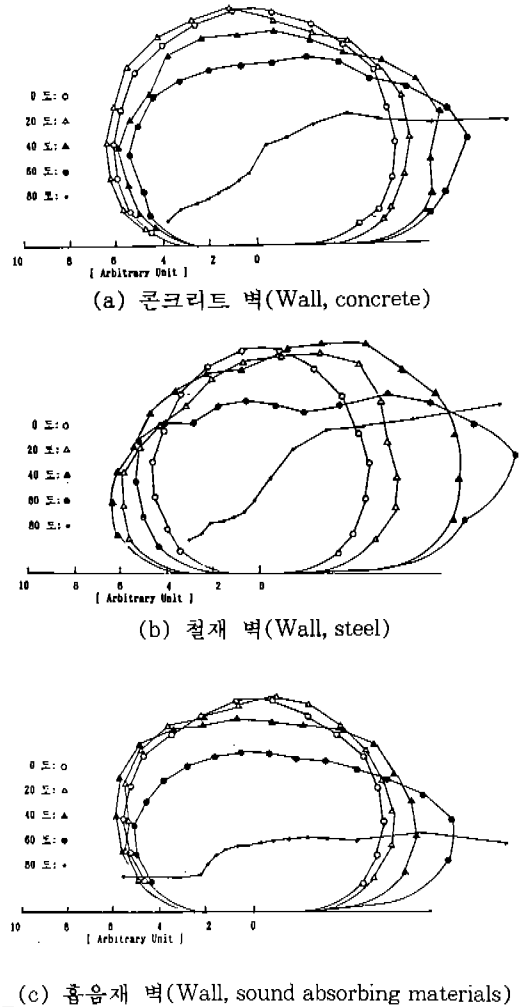


그림 3 3종류 벽의 반사, 산란 특성
Fig. 3 Scattering and reflection of 3 kinds of walls

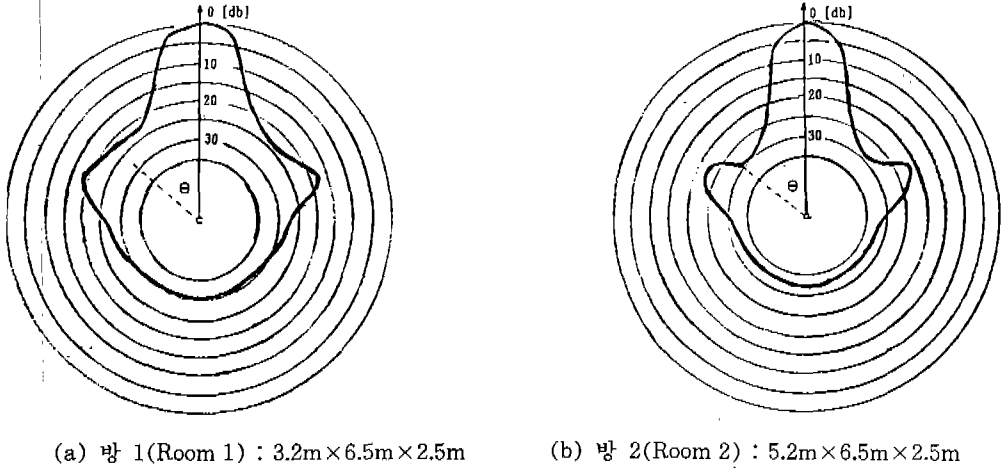


그림 4 두개의 방에서 송, 수광 각도 변화에 의한 수신 신호 강도의 변화
Fig. 4 Signal strength of infra-red receiver in 2 rooms

940nm)을 입사 했을때 각각의 경우에서 반사, 산광란의 복사 강도의 방향 분포를 측정 하였다.

송수광기가 전혀 다른 방향으로 향해도 간접전파광의 수신 강도의 차이는 30db 정도 이내임을 알 수 있다. 간접 전파에서 그 신호의 감쇠는 송광기와 바닥사이의 거리에도 좌우 되었다. 송광기와 수광기 사이에 장애물을 놓으면 추가적인 감쇠가 발생한다. 송광기와 수광기를 마주 보게 한 후, 장애물을 송, 수광기 사이에서 이동시키면 송광기에 10cm까지 접근한 후, 또는 수광기에 3cm까지 접근된 후에야 신호 강도가 급격히 감소된다.

두개의 방에서 송광기의 위치를 적절히 조정(높이, 방향)함으로써 수신 신호 강도를 개선할 수 있지만 위의 조건에서도 송, 수광기 사이의 이동 장애물 등으로 부터 아무 간섭 없이 적외선 biotelemetry 시스템 운용이 가능한 수신강도의 적외광이 폐공간내에 분포 되어 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

간접 전파광을 반송파로 사용하여 생체 신호의 원격 측정 시스템을 연구하기 위한 기본 단계로서 근 적외선을 이용한 원격측정의 가능성 확인을 위한 실험을 하였다.

근 적외선의 국소적인 발광도 벽등에 의한 반사, 산란을 반복하여 실내에 균일하게 퍼지는 것을 알 수 있으며 이를 확인키 위한 적외선 송, 수광실험

에서도 송수광기가 이루는 각도가 변하여도 광원격 측정이 가능한 수신 강도의 적외광이 실내에 분포하고 있음을 알 수 있다.

라디오 주파수 신호를 사용하는 기존의 생체 신호 원격 측정 시스템에서 발생하는 의료기기 상호간의 전자적인 간섭 문제 등으로 새로운 전송매체에 의한 원격 측정 시스템이 필요하게 되었으며, 이러한 새로운 전송매체로서 근 적외선의 이용은 Biotelemetry 분야의 새로운 발전을 기대할 수 있다.

이렇게 빛을 반송파로 사용하면 전자 잡음에 강하고, 많은 정보의 전송이 가능하며, 전파관리법의 규제와도 무관하다. 또한 신호광의 차폐가 용이하다. 최근 병원에서 복잡한 전자 의료기기나 고출력 에너지 기기가 많이 사용되고 있어, 그것들의 안전성, 신뢰성이 문제가 되고 있는 상황에서 빛의 이러한 특징들은 Biotelemetry 분야에서 중요한 의미를 갖을 것이다.

참 고 문 헌

- 1) E. J. Gallapher, D. A. Egner, J. W. Swen, Automated Remote Temperature Measurement in small Animals using a Telemetry/Microcomputer Interface, Comput. Biol. Med. 15(2), 103-110(1985).
- 2) John G. Webster, Encyclopedia of Medical De-

- vices and Instrumentation. John Wiley & Sons, Inc., 409-422, (1988).
- 3) K. Shimizu. Optical Biotelemetry, BME 2(2), 64-67(1988).
 - 4) N. Kudo, K. Shimizu and G. Matsumoto : Fundamental study on transcutaneous biotelemetry using diffused light, Frontiers Med. Biol. Eng., 1(1), 19-28(1988).
 - 5) Watanabe S. New Telemetry System for Medical Use, Masui, 38(7), 954-959(1989).
 - 6) M. Takahashi, V. Pollak : Near Infra-red telemetry system, Med. & Biol. Eng. & Comput., 23, 387-392(1985).
 - 7) Jurgen R. Meyer-Arendt, Introduction to Classical and Modern Optics. Prentice-Hall, Inc., 367-379(1989).