
IEEE 802.15.4a를 활용한 TH UWB-IR 의료영상 전송 시스템에 관한 연구

이양선* · 강희조**

A Study on the TH UWB-IR Medical Image Transmission System using the IEEE 802.15.4a

Yang-Sun Lee* · Heau-Jo Kang**

요 약

본 논문에서는 WPAN 환경에서 IEEE 802.15.4a 규격을 활용한 TH UWB-IR 의료영상 전송 시스템을 제안하였다. 또한, 무선 의료영상 전송을 위해 ITU-R M.1225 다중경로 채널 모델을 이용하여 실내 다중경로 페이딩 환경에서의 송수신 성능을 분석하였다. 분석 결과, 제안한 방식은 동일 공간에서 사용되는 의료장비와의 간섭영향에 관한 문제의 해결이 가능하고 실내 다중경로 페이딩 환경에서 의료영상의 손실을 최소화 하면서 저전력 전송이 가능함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed TH UWB-IR medical image transmission system using the IEEE 802.15.4a specification in WPAN environment. Also, we analyzed reception performance of wireless medical image transmission system in indoor multi-path fading environment using ITU-R M.1225 channel model. As a results, the proposed scheme can solve the problem of interference from the medical equipment in same frequency band, and minimize the loss due to the indoor multi-path fading environment. Therefore, the transmission with low power usage is possible.

키워드

Ultra Wideband, IEEE 802.15.4a, Medical Image Transmission.

I. 서 론

기존의 의료서비스는 의료기관내에 의사가 근무하고 있을 경우에 환자가 의사의 진료를 받을 수 있는 형태를 취하고 있어, 시간적 제약과 공간적 제약을 갖고 있다. 대부분의 의료기관은 기관내의 의사의 수가 제한적이고, 의사가 기관에 근무하고 있는 시간이 정해져 있다. 따라서

의사의 위치여부에 따라 응급환자가 발생하였을 경우 적절한 응급 처치를 하지 못해 건강 상태가 악화될 수 있다 [1].

현대 사회에서 의료기술이 발달하고 그 의료기술을 이용하여 이동형태의 의료장비들이 만들어지고 있다. 이러한 의료장비들은 사용자들이 그 장비들을 통하여 간단한 정보만을 얻을 수 있는 형태이거나 측정된 의료정보를 유

* 목원대학교 대학원 IT공학과 박사과정

접수일자 : 2006. 10. 27

** 목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부 조교수

선으로 전송하여 네트워크에 연결된 의료진을 통해 검사를 받는 형태였다. 그러나 최근 들어 초고속 인터넷 기술과 무선 통신망의 발달로 다양한 데이터들을 지원할 수 있는 멀티미디어 시스템의 구현이 가능해짐에 따라 환자의 상태나 요구에 맞추어 효과적인 진료 및 질병 예방을 가능할 수 있게 되었다. 기존의 생체 계측기를 소형, 부착형, 저전력, 무선, 디지털화 함으로써 사용자가 항상 휴대하여 언제 어디서나 질병 및 건강을 모니터링하고 위험상황을 미리 예측하고 통지함으로써 이동 중에 양질의 의료 서비스를 제공 받을 수 있다.

그러나, 무선망을 이용한 휴대형 의료 단말로 제기되는 방식들은 ISM 대역을 사용하는 기존의 의료장비와의 주파수 간섭 영향의 문제와 함께 전력 소모로 인한 배터리 수명과 무선에서의 의료정보의 고품질 전송에 관한 문제가 제기되고 있다[2].

따라서, 본 논문에서는 WPAN 환경에서 IEEE 802.15.4a 규격을 이용하는 의료영상 전송 서비스를 제안하였다. 제안한 방식은 동일 공간에서 사용되는 의료장비와의 간섭 영향에 관한 문제의 해결이 가능하고 실내 다중경로 페이딩 환경에서 의료영상의 손실을 최소화 하면서 저전력 전송이 가능한 장점을 갖고 있다.

II. TH UWB-IR 시스템

2.1. IEEE 802.15.4a 주파수 현황

현재 IEEE 802.15.4a 그룹에서 표준화 작업이 진행중인 저속 WPAN 영역은 저비용, 저전력, 신뢰성 있는 데이터 전달 및 다수의 디바이스를 네트워크상에 적용이 가능하여 다양한 분야에서의 응용이 예상되고 있다[3]. IEEE 802.15.4a draft 버전의 물리계층을 살펴보면 15개의 채널을 할당하고 있다.

UWB 기술의 사용대역인 3.1~10.6 GHz 대역 중에서 크게 Low 주파수 대역과 High 주파수 대역으로 분류하여 채널 2번은 Low 주파수 대역에서 우선 운용하고 채널 8번은 High 주파수 대역에서 우선 운용하는 규격을 채택하고 있다. 그림 1은 UWB 전체 주파수 대역에서 할당되어진 주파수대역을 구체적으로 나타내고 있다.

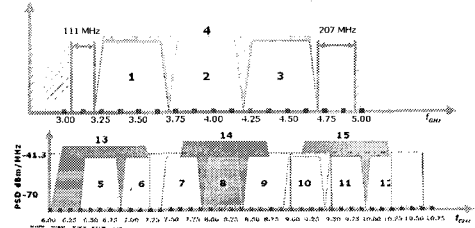


그림 1. IEEE 802.15.4a 주파수 할당 계획
Fig. 1. The plan of IEEE 802.15.4a frequency assignment

2.2. IEEE 802.15.4a TH UWB-IR 방식

TH UWB-IR 시스템의 펄스 $p(t)$ 는 주기 T_p 와 에너지

$$E_p = \int_{-\infty}^{\infty} [p(t)]^2 dt \text{ 를 갖는다.}$$

$$p(t) = t \exp(-2\pi[\frac{t}{t_n}]^2) \quad (1)$$

여기서 t_n 은 펄스의 폭을 결정하는 파라미터로, 수 나노초 이하의 매우 작은 값을 사용한다. 식(1)과 같은 가우시안 모노사이클 펄스가 수신기에 입사되는 경우 수신단 입력파형 $p_{RX}(t)$ 는 다음 식(2)와 같이 나타낼 수 있다[4].

$$p_{RX}(t) = (1 - 4\pi[\frac{t}{t_n}]^2) \exp(-2\pi[\frac{t}{t_n}]^2) \quad (2)$$

여기서, 신호의 스펙트럼과 시간영역 구조는 t_n 에 의해 결정된다.

TH UWB-IR 시스템에서 복조는 상관기를 이용하며, 정규화된 신호상관함수 $\gamma_p(\tau)$ 는 다음과 같이 정의된다 [5].

$$\begin{aligned} \gamma_p(\tau) &= \int_{-\infty}^{+\infty} p_{RX}(t)p_{RX}(t+\tau) dt \\ &= [1 - 4\pi[\frac{\tau}{t_n}]^2 + \frac{4\pi^2}{3}[\frac{\tau}{t_n}]^4] \exp(-\pi[\frac{\tau}{t_n}]^2) \end{aligned} \quad (3)$$

UWB-IR 시스템의 전송신호는 그림 2와 같고 다중접속을 고려한 TH UWB-IR 시스템의 전송 신호는 그림 3과 같다.

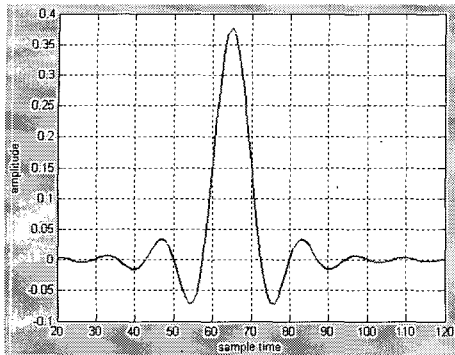


그림 2. UWB-IR 전송신호
Fig. 2. UWB-IR transmission signal

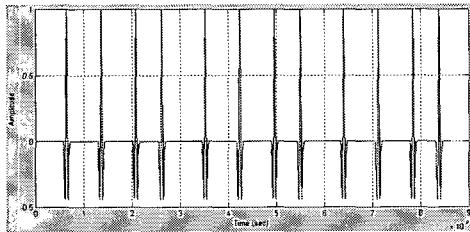


그림 3. TH UWB-IR 전송신호(TH code word=4)
Fig. 3. TH UWB-IR transmission signal (TH code word=4)

2.3. 실내 다중경로 채널 모델

UWB 시스템은 펄스 열을 사용하여 직접 기저대역으로 정보를 전송하고 수신기에서는 수신된 신호에서 δ 값에 의존하여 정보를 구분한다. 따라서 간접 경로를 통하여 수신되는 신호의 시간지연이 δ 값과 유사한 경우, 상관기에서 신호를 검출하는데 영향을 미칠 것이다. 그러므로, 직접파와 간접파간의 시간 지연차는 다음 식과 같이 구할 수 있으며, 여기서 c 는 전파의 속도를 나타낸다.

$$\Delta t = (R - D)/c \quad (4)$$

그림 4는 경로 지연 시간에 따른 직접파에 대한 간접파의 영향을 나타내었다.

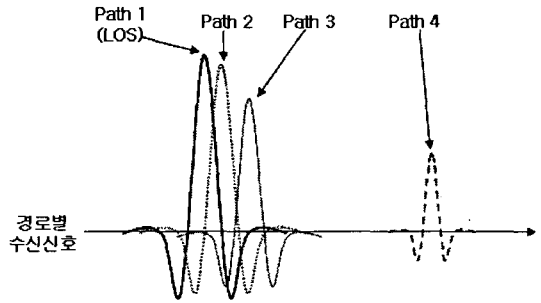


그림 4. 경로 지연 시간에 따른 직접파에 대한 간접파의 특성
Fig. 4. The effect of between direct wave and path wave due to the path delay time

그림 4에서 path4의 경우, 직접파 펄스 폭 보다 더 큰 시간 지연 Δt 을 가지는 간접파 펄스는 수신된 직접파 펄스에 영향을 미치는 범위에서 벗어나게 된다. 그러나, path2, path3과 같이 직접파 펄스 폭 보다 더 작은 시간 지연 Δt 을 가지는 간접파 펄스는 지연 시간에 따라 수신 신호를 검파하는데 있어서 치명적인 간섭요인으로 작용할 수 있다.

본 논문에서는 경로 지연에 의해 발생하는 다중경로 채널을 모델링하기 위해 ITU-R M.1225에서 권고한 실내 사무실 환경에서의 다중경로 파라미터를 이용하여 시스템 성능을 분석하였다[6]. 표 1에 ITU-R M.1225에서 제시한 다중경로 채널에 대한 파라미터를 나타내었다. 제시된 무선 채널 환경은 상대적으로 작은 지연 확산을 가지는 채널 A와 중간 지연 확산을 가지는 채널 B로 구분된다.

표 1. 실내 사무실 환경 TDL 파라미터
Table 1. Parameter of TDL in indoor office environment

Tap	ITU-R M.1225		Modeling Parameter	
	Channel A	Channel B	Channel A	Channel B
	Delay (ns)		Tap Weight	
1	0	0	0.6172	0.5784
2	50	100	0.3093	0.2525
3	110	200	0.0617	0.1102

III. 시스템 성능 분석

표 2는 본 논문에서 제안된 TH UWB-IR 시스템을 적용한 의료영상 전송 시스템을 시뮬레이션 하기 위한 파라미터이다.

그림 5는 TH UWB-IR 의료영상 전송 시스템에서 1Mbps의 속도로 데이터를 전송할 경우에 다중 경로 페이딩 채널 환경에 따른 BER 성능 그래프를 보여주고 있다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation parameter

시뮬레이션 파라미터	
의료 영상	128×128 크기의 그레이스케일 비트맵
의료영상 전송 시스템	TH UWB-IR
채널 환경	AWGN + 3-ray multi-path fading
TH UWB-IR 파라미터	
주파수 대역	8.112 GHz (center frequency) 507 MHz (3dB bandwidth)
data rate	1 Mbps
변조지수	2 (binary PPM)

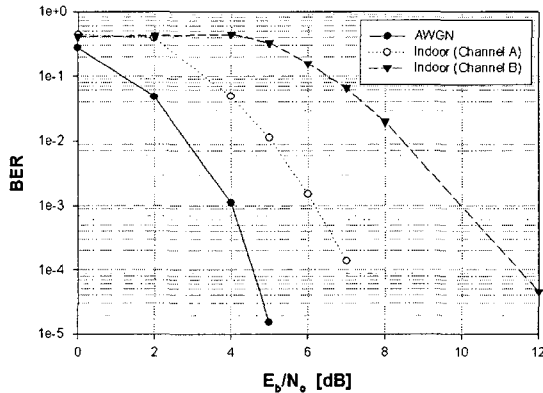


그림 5. 다중경로 페이딩 환경에서 TH UWB-IR 전송시스템 BER 성능

Fig. 5. BER performance of TH UWB-IR system in multi-path fading environment

채널 A보다 큰 지연확산을 가지는 채널 B의 경우 실제 사무실 환경에서 채널 A와 같은 10^{-3} BER을 만족하기 위해서 SNR 5dB 정도의 성능 차이를 보임을 알 수 있다.

그림 6은 TH UWB-IR 의료영상 전송 시스템에서 다중 경로 페이딩 채널 환경에 따른 수신 영상의 PSNR을 비교한 것이다. 복호 화상의 화질 판정은 최종적으로 사람이 판단해야 하지만, 객관적인 평가척도로서 S/N비가 자주 사용된다. 이것은 일반적인 전송 S/N비와는 다르다. 아래의 식은 PSNR의 정의식으로 분자 단은 8비트/화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력값 255를 갖은 신호를 나타낸다. 분모 단은 잡음을 표현한 식으로 복호 화상과 원화상의 차이를 이용한다[7].

$$PSNR(a,b) = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{\frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} [a(x,y) - b(x,y)]^2} \right] \text{ [dB]} \quad (5)$$

위 식에서 a는 원영상이고, b는 복원된 영상이다. (x, y)는 pixel의 조합을 나타내고 있다.

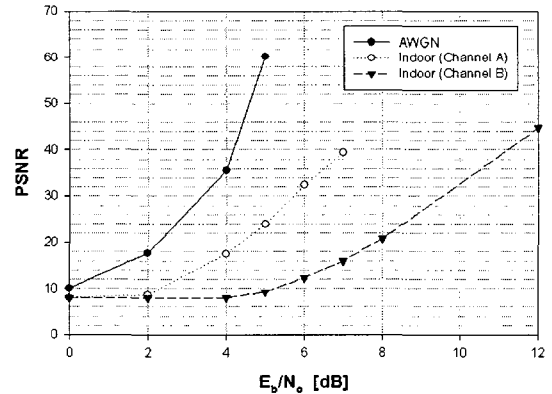


그림 6. 채널 환경에 따른 의료영상 전송 시스템의 PSNR의 변화


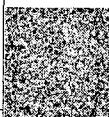


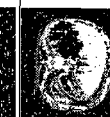
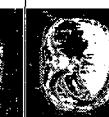


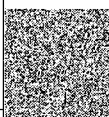
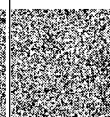
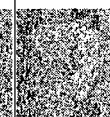
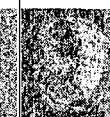
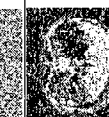
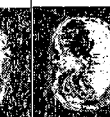
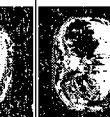
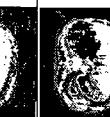
Fig. 6. Variation of PSNR Medical Image Transmission System according to channel environment

이미지의 경우 PSNR이 30dB이상일 경우는 열화가 없다고 가정할 수 있다. 그림 6에서 30dB의 PSNR에서 채널 A에 대한 수신 SNR은 약 6dB임을 알 수 있다. 그러나, 채널 B의 경우는 11dB 이상의 높은 SNR이 요구됨을 알 수 있다.

표 4는 TH UWB-IR 의료영상 전송 시스템이 다중 경로 페이딩의 영향을 받았을 때, 다중경로 페이딩 채널 상태에 따른 수신된 영상의 성능을 시각적으로 판단하기 위한 표이다.

표 4. 멀티패스 페이딩 환경에서 TH UWB-IR 의료영상 전송 시스템의 수신영상 비교

Table 4. Comparison of received image to TH UWB-IR Medical Image Transmission System in multi-path fading environment

		SNR	0	2	4	5	6	7	8	12
실내 사무실 환경 (Channel A)	PSNR		7.9686	8.6408	17.4943	23.9237	32.3637	39.4186		
	BER		0.4383	0.3868	0.0486	0.0111	0.0015	1.3725e-004		
	원이미지									
실내 사무실 환경 (Channel B)	PSNR		5.4055	5.4474	7.9872	9.2685	12.2935	15.8998	20.7995	44.7138
	BER		0.4882	0.4734	0.4393	0.3278	0.1565	0.0650	0.0199	4.5748e-005
	원이미지									

채널 A의 경우 4dB이상의 SNR에서 의료영상의 시각적인 분석이 가능함을 알 수 있고 채널 B의 경우에는 8dB 이상의 SNR에서 시각적인 분석이 가능함을 알 수 있다. 따라서, 의료영상과 같이 최소의 왜곡을 요구하는 영상 전송을 위해서는 낮은 수신전력에서도 고품질 전송이 가능하도록 강력한 에러정정기법이 적용되어야 할 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 WPAN 환경에서 Low-Rate 전송을 위한 IEEE 802.15.4a 규격을 이용하는 의료영상 전송 서비스를 제안하였다. 또한, 실내 다중경로 페이딩 환경에서 의료영상 전송을 위해 IEEE 802.15.4a의 TH UWB-IR 시스템을 이용하여 의료영상의 송수신 성능을 분석하고 수신영상의 품질을 분석하였다.

분석 결과, 작은 지연 확산을 가지는 A채널의 경우 SNR=10dB이하에서 약 10^{-4} BER 성능을 보였다. 그러나 B채널의 경우 다중경로의 큰 지연 확산으로 인하여 ISI가 증가 하게 됨으로써 A 채널에 비해 성능 열화가 심함을 알 수 있었다. 따라서 TH UWB-IR 의료영상 전송 시스템을 이용하여 의료 영상을 전송 할 때, 채널 B와 같은 채널 환경의 경우 큰 지연확산의 영향으로 인한 멀티패스 간섭을 억압 할 수 있는 기법을 연구해야 하겠다. 결과적으로, 본 논문에서 제안한 방식은 동일 공간에서 사용되는 의료장비와의 간섭영향에 관한 문제의 해결이 가능하

고 실내 다중경로 페이딩 환경에서 의료영상의 손실을 최소화 하면서 저전력 전송이 가능함을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 이택규, 김영길, "무선공중망을 이용한 의료 정보 데이터 원격 모니터링 시스템에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 학술대회, 제4권 제2호, pp. 278-283, 2000.
- [2] 서인혜, 강희조, "이동 다중경로 환경에서 의료정보 전송을 위한 OFDM 무선 전송 시스템에 관한 연구," 한국해양정보통신학회 학술대회, vol. 10, pp. 153-156, May. 2006.
- [3] IEEE 802.15.4a, "TG4a drafting," IEEE P802.15-05/0733r2, Dec., 2005.
- [4] M. Z. Win and R. A. Scholtz, "Impulse Radio : How It Works," *IEEE Comm. Lett.*, vol. 2, pp. 36-38, Feb. 1998.
- [5] YangSun Lee, HeauJo Kang, MalRey Lee, TaiHoon Kim, "A Study on the Effect of Interference on Time Hopping Binary PPM Impulse Radio System", *Advances in Intelligent Computing/LNCS3645*, pp. 665- 674, Aug. 2005.
- [6] REC ITU-M.1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000.
- [7] King N. Ngan, Chi W. Yap, and Keng T. Tan, "Video Coding for Wireless Communication Systems," Marcel Dekker, 2001.

저자소개



이 양 선(Yang-Sun Lee)

2001년 동신대학교 전기전자공학과
졸업(공학사)

2003년 동신대학교 대학원 전기전자
공학과 졸업(공학석사)

2004년 3월 ~ 현재 목원대학교 대학원 IT공학과 박사
과정

※관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, UWB통신, 무선통신시스템



강 희 조(Heau-Jo Kang)

1994년 한국항공대학교 대학원 항공
전자공학과 졸업(공학박사)

1996년 8월~1997년 8월 오사카대학교
공학부 통신공학과 객원교수

1990년 3월~2003년 2월 동신대학교 전자정보 통신공
학부 교수

2003년 3월~현재 목원대학교 컴퓨터공학부 교수

※관심분야 : 멀티미디어 통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신, 가시광통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, 밀리미터파, 디지털콘텐츠