

가시거리 실내 무선 환경에서 새로운 UWB 채널 모델에 대한 연구

서유정* · 안재성* · 하덕호* · 이영환**

*부경대학교 정보통신공학과 **한국전자통신연구원 기술기준연구팀

A Study of New UWB Channel Model in LOS Indoor Wireless Environment

Yu-Jung Seo* · Je-sung Ahn* · Deock-Ho Ha* · Young-hwan Lee**

*Department of Telecommunication Engineering, Pukyong National University ·

**Technical Regulation Research Team, ETRI

e-mail : skyssal@nate.com

요 약

최근 극단파의 펄스를 사용하는 UWB(Ultra WideBand) 기술이 다양한 무선 통신기기에 응용되고 있다. 이와 같은 UWB 기기들은 동일한 주파수 대역을 공동으로 사용하기 때문에 상호 간섭에 의한 장애가 발생하고 이를 방지하기 위해 적은 전력을 사용하여 수십미터 이내의 근거리 통신을 주로 하게 된다. 특히, UWB는 실내공간에서 기기간의 통신에 많이 사용하게 되는데 이를 위한 다양한 실내 환경의 채널의 모델링이 필요하다. 아울러 채널의 특징에 대한 정확한 정보는 통신 시스템 디자이너에게 채널의 성능을 예상할 수 있게 하므로 정확한 채널 모델링은 통신 시스템을 설계하는데 있어서 아주 중요하다. 본 논문에서는 가시거리 환경에서 기존의 모델보다 정확한 UWB 채널을 위한 새로운 모델을 정립하였다.

Abstract

Recently, ultra-wideband (UWB) technology based on the transmission of short duration pulses has gained much interest for its application to wireless communications. UWB small scale channel modeling work, including statistical characterization and potential models, are discussed. The significance, in terms of performance, of the channel impulse response model chosen for the simulation of UWB communications systems is also evaluated. Three traditional models are found to be useful for modeling NLOS UWB channels, but not LOS channels. In this paper, a new model for LOS UWB channels is presented and shown to represent LOS channels much more accurately than the traditional models.

키워드

Small scale, Impulse response model, LOS channels, a new UWB channel model

I. 서 론

정확한 채널 모델은 통신시스템을 설계하는데 있어서 매우 중요하다. 채널의 특징을 아는것은 통신시스템 설계자에게 성능을 예상할 수 있도록 정보를 제공해 주기 때문에 유용한 채널 모델의 개발은 통신 시스템 성능 개선을 위해 단지 채널을 확률적으로 매치시키는 것이 아니라 정확하게 예측 가능케 하는 것이어야 한다.

UWB(ultra-wideband)를 사용한 통신방식은 아직 상대적으로 신기술에 속하는 편이라 풍부한 연구가 이루어지지 않았기 때문에 특정한 채널

모델의 개발하는 연구가 이루어져야 한다. 본 논문에서는 가시거리 환경에서 기존의 모델보다 정확한 UWB 채널을 위한 기존의 채널모델의 파라미터를 수정하여 새로운 모델을 정립하였다.

II. 모델링을 위한 실험

A. 실험환경

실내에서의 UWB 채널 모델링을 위한 측정실험은 LOS(Line of Sight) 와 NLOS(Non Line of Sight)에 대한 측정이 모두 이루어졌다. 실험장비

로서 가우시안 형태와 유사한 펄스를 각각 200ps 이하의 주기동안 발생시키는 펄스 제너레이터, 20GHz 디지털 샘플링 오실로스코프, TEM horn 안테나 그리고 biconal 안테나를 사용하였다. 측정의 신비성을 확보하기 위하여 상세한 측정 시나리오의 경우는 참고문헌 [1]의 내용을 많이 참고하였다.

B. 데이터 처리와 분석방법

실험장비로부터 수신된 신호는 송신부에서 보낸 펄스 형태의 함수이며 양쪽 안테나의 전달함수이다. 채널의 전달함수와 안테나는 주파수 성질과 입체적인 안테나 구조나 환경의 영향을 받게 된다. 그러나 이 논문에서 응답신호의 각도에 대한 의존도는 채널 임펄스 응답에서 따로 분석하지 않았으므로 신호분석에 의해 추출된 채널 임펄스 응답은 안테나에 관한 것들이라 비슷한 안테나에서 보여지는 채널의 일반적인 특징으로 묘사할 뿐이다. 안테나의 공간적 패턴에서 가장 주가 되는 부분을 다루었다. 따라서, 수신된 신호는 다음과 같다.

$$r(t) = p_{rx,LOS}(t) * h_{chan}(t)$$

여기서 $p_{rx,LOS}(t)$ 는 LOS 경로에서 안테나 영향을 고려하지 않은 왜곡되지 않은 펄스이며 $h_{chan}(t)$ 은 채널의 임펄스 응답이다. 이와같이 채널의 임펄스 응답은 수신된 신호의 왜곡되지 않은 LOS 펄스를 디컨볼루션 함으로서 얻을 수 있다. 디컨볼루션을 위해 CLEAN 알고리즘을 사용했는데 CLEAN 알고리즘은 채널을 멀티패스 요소를 결합시키는 FIR 필터로 간주하기 때문에 연속된 임펄스 응답보다 이산된 임펄스 응답이 통계적인 특징을 표현하기가 더 쉬웠기 때문이다.

III. Small Scale Channel

일반적으로 채널 구조를 지연 함수로 표현하기 위해 몇 가지의 파라미터를 사용한다. 가장 일반적인 시 분산 파라미터는 mean excess delay, RMS delay spread, maximum excess delay 이다. 이 파라미터들의 평균값이 [표1]에 나타나있다.

표1. 주요 파라미터의 평균 지연[단위: ns]

		mean excess delay	RMS delay spread	max excess delay
TEM horns	LOS	0.44	0.53	4.15
	NLOS	1.52	2.30	23.90
bicones	LOS	4.20	4.55	36.41
	NLOS	11.47	9.87	65.77

또한, 개별적인 멀티패스 요소가 얼마나 많이 있는지 또한 중요한 관심거리다. 감지된 멀티패스의

평균수가 [표2]에 나타나있다. 멀티패스의 수는 LOS 채널이 NLOS 채널보다 적고 지향성이 있는 TEM horn 안테나가 무지향성인 biconical 안테나보다 더 적게 나타났다.

표2. 평균 멀티패스 수

		average number of paths
TEM horns	LOS	7.0
	NLOS	19.3
bicones	LOS	23.2
	NLOS	52.9

IV. 기존 임펄스 응답 모델의 보정

A. 기존 모델들의 성능 비교

채널 모델링이 지향하는 목표는 정확함, 단순함, 효율성을 가진 통신 시스템의 시뮬레이션이다. 그래서 시스템 설계자는 수신된 신호의 크기, 신호대 잡음률, 비트 에러율(BER)과 같은 시스템 성능을 고려하게 되고 제시되는 모델은 이러한 성능평가의 척도들을 신뢰성있게 보여주어야 한다.

본 논문에서는 기존에 사용되었던 single Poisson arrival time model, Saleh-Valenzuela model, Δ -K model을 기본으로 하여 새로운 측정에 대한 파라미터를 보정하는 것으로 결론을 유추하였다.

기본대역 bicone 펄스 신호의 평균 BER을 [그림1]에, 앞서 기술한 세 가지 모델에서 레이크 수신기로 수신된 각 에너지의 평균을 [그림2]에 나타내었다.

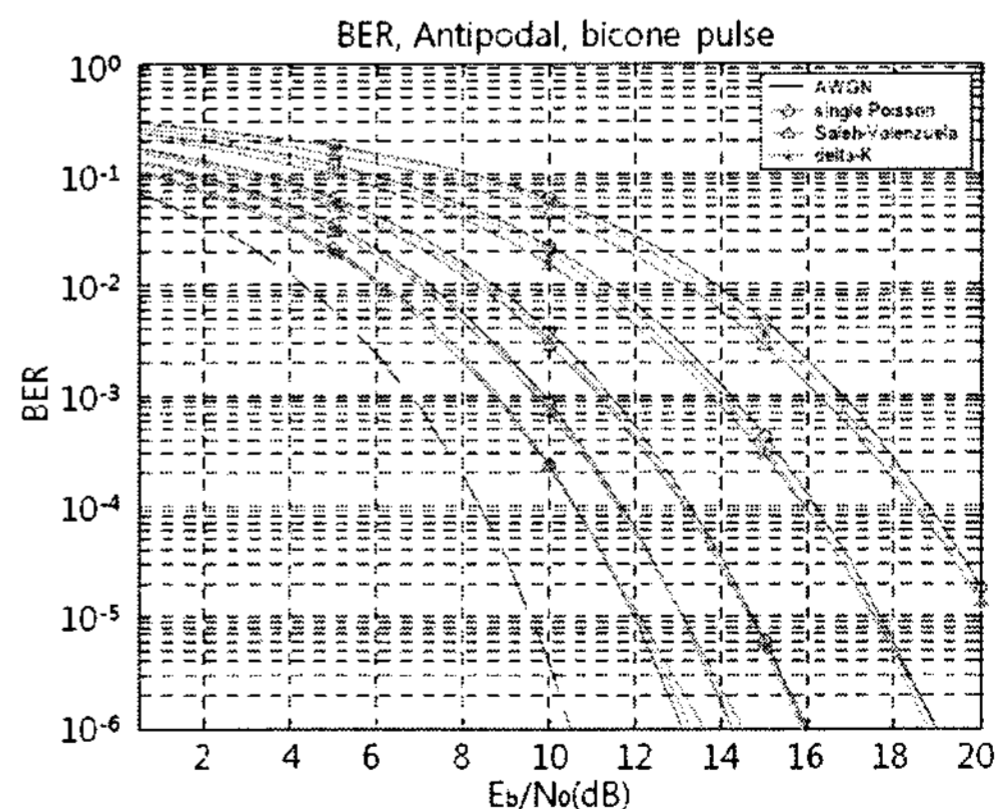


그림1. 레이크 수신기와 안티포달 신호를 적용했을 때 각 채널 모델에서 비교한 평균 BER (맨 오른쪽이 ping-pong일 경우, 순서대로 2, 5, 10, 20)

[그림1]과 [그림2]에서 알 수 있듯이, 각 모델의 시뮬레이션 결과는 전반적으로 큰 차이가 없고 감쇠의 정도는 레이크 수신기 수에 비례한다. 따

라서 통신 시스템 시뮬레이션대로라면 세 가지 모델에서 어느 것을 선택하더라도 성능은 대체로 동일할 것으로 예상된다.

B. LOS 환경에서의 기존 모델의 비교

Bicone을 사용한 LOS 환경에서 수신된 에너지와 BER 성능의 평균이 [그림2]와 [그림3]에 나타내었다. BER 그래프에서 곡선간 분간이 어려워 single Poisson의 경우만 나타내었다.

한편, 레이크 수신기 핑거순서에 따라 수신된 임펄스 응답의 세기를 확인한 결과, LOS 환경으로 인해 처음 들어온 가장 강한 세 개의 신호의 합이 다중경로를 통해 들어온 나중의 신호의 합보다 크게 나타났다.

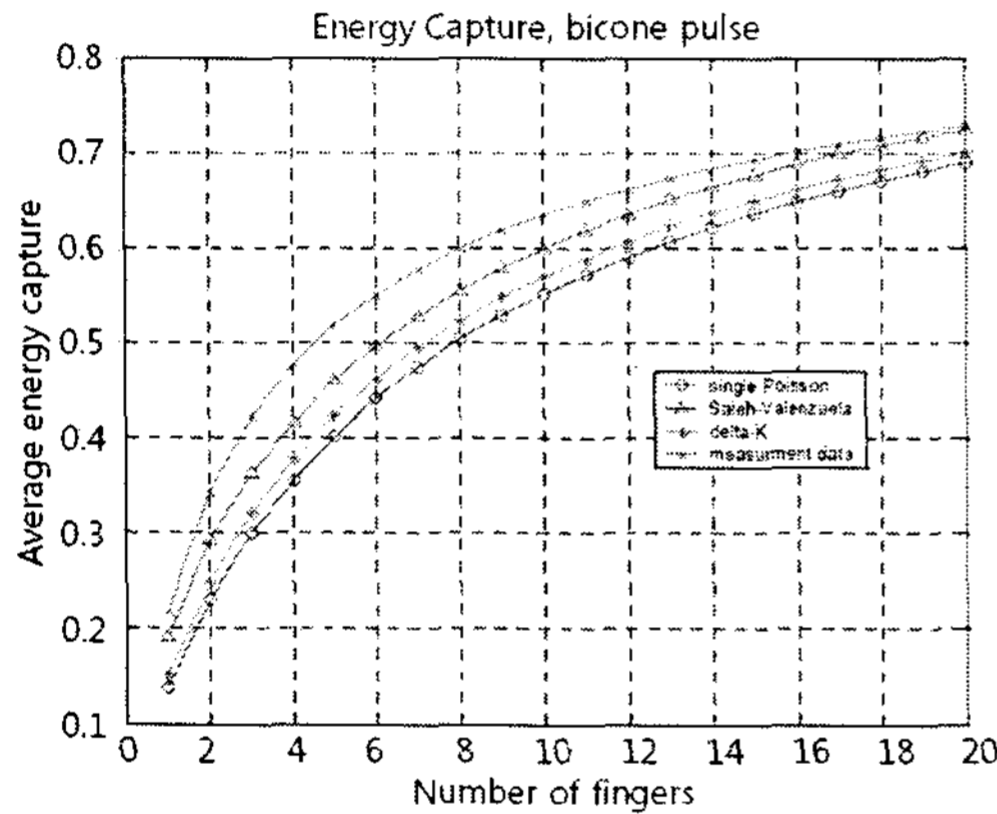


그림2. LOS 채널에서 레이크 수신기 핑거에 의해 각 채널 모델에 모아진 에너지 평균

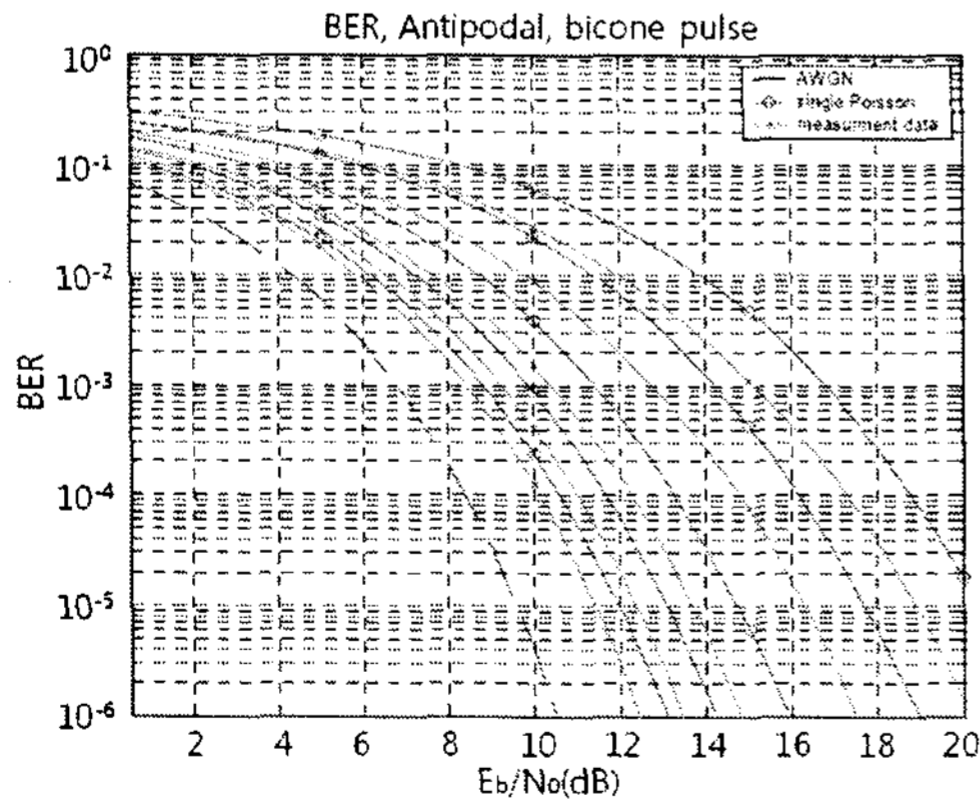


그림3. 레이크 수신기와 안티포달 신호를 적용했을 때 single Poisson 모델과 LOS 채널에서 측정된 값의 평균 BER (맨 오른쪽이 핑거1일 경우, 순서대로 2, 5, 10, 20)

C. LOS 환경에서의 새로운 UWB 모델

기존 모델로부터 LOS 환경에 적합한 새로운 모델을 정립하기 위해, mean excess delay, 평균 RMS 지연분산, 멀티패스 수 등 각각에 대한 수정

된 파라미터를 구하였다. 즉, LOS 환경에서 BER 성능의 측정값이 모델 채널과 차이가 나므로 single Poisson 모델을 수정하여 정확성을 꾀하였다. 멀티패스 요소들은 그 평균 도착률은 달라지지만 전체적으로 지수적 분포를 갖으며, 진폭의 페이딩 파라미터도 일반적으로 lognormal 변수로 표현되었다. 이렇게 적절하게 수정된 주요 파라미터를 [표3]에 나타내었다. 이 파라미터들은 샘플 임펄스 응답을 발생시키는데 사용되어 실험에서는 15dB 이내의 강한 요소들만 모아 결과에 나타내었다. 측정데이터에서 레이크 수신기의 평균 에너지에 대한 결과를 [그림4]에, 안티포달 신호에 대한 BER 곡선을 [그림5]에 각각 나타내었다. [그림4], [그림5]에서 알 수 있듯이 새 모델을 사용했을 때 평균 BER 곡선이 측정값과 거의 동일하게 일치하지는 않지만 앞서 고려했던 [그림2], [그림3]의 모델들의 것과 비교해서 훨씬 개선되어 있음을 알 수가 있다.

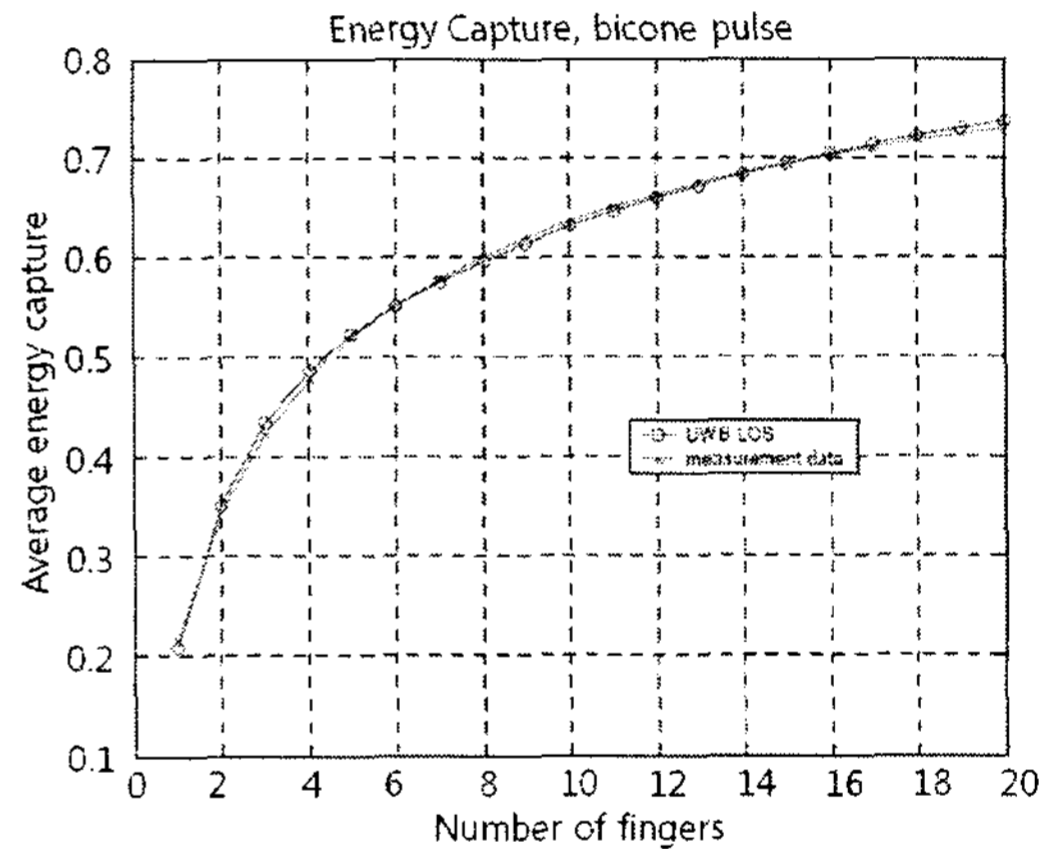


그림4. 레이크 수신기 핑거수에 따라 새로운 LOS 모델과 측정된 LOS 채널이 수신한 평균 에너지

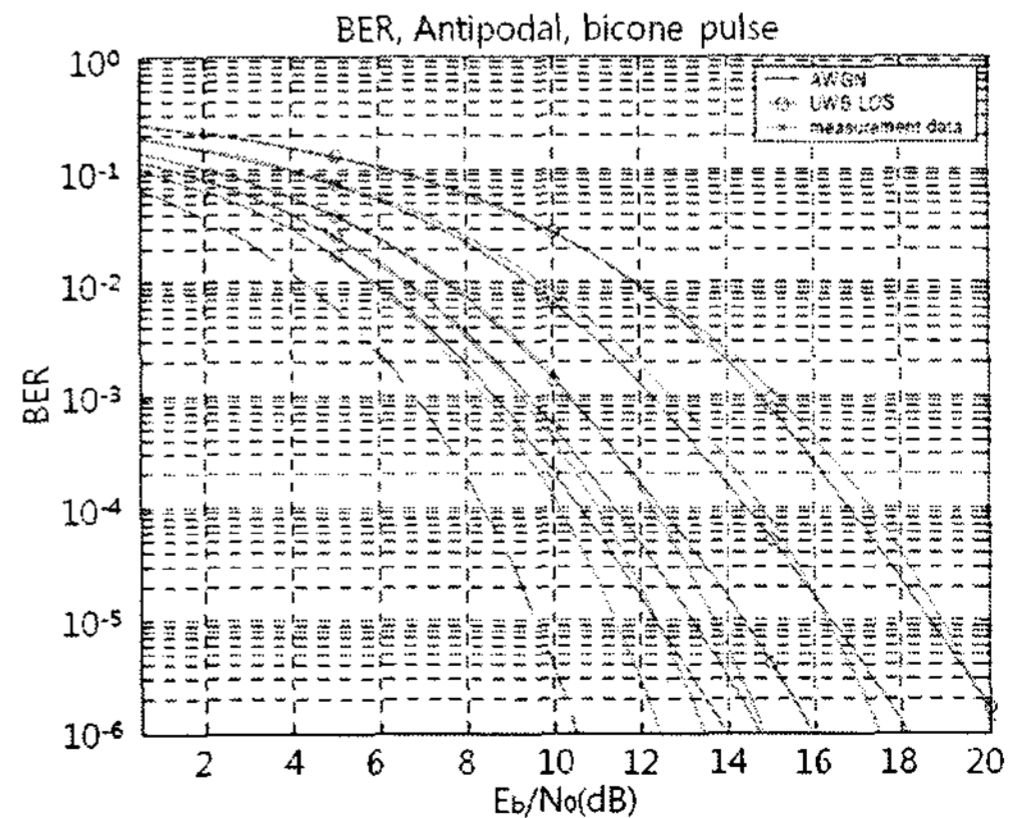


그림5. 레이크 수신기와 안티포달 신호를 적용했을 때 새로운 LOS 모델과 측정된 LOS 채널을 비교한 평균 BER (맨 오른쪽이 핑거1일 경우, 순서대로 2, 5, 10, 20)

표3. 새로운 LOS UWB 모델 파라미터[단위: ns]

	$1/\lambda_1$	σ_1	$1/\lambda_2$	W	γ	σ_2
LOS	2	0.7	0.7	12	23	0.5

D. NLOS 환경에서 각 모델의 측정 데이터 비교

Single Poisson과 Saleh-Valenzuela 모델에서 새로운 NLOS 파라미터로 각각 1000 임펄스 응답을 사용하여 측정한 에너지와 BER을 비교하여 [그림6]과 [그림7]에 나타내었다. 측정된 채널의 BER 성능이 모델과 잘 일치한다. 이처럼 LOS 환경에서와 마찬가지로, 새로이 수정된 파라미터를 적용한 새로운 모델은 NLOS 환경에서도 BER 성능이 각 모델에 있어서 잘 일치함을 확인할 수가 있었다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 새로운 UWB 모델은 아직까지 LOS 환경에서 다소 불확실한 결과를 해소하여, 새로운 UWB 채널모델로 적용될 수 있으리라 생각된다.

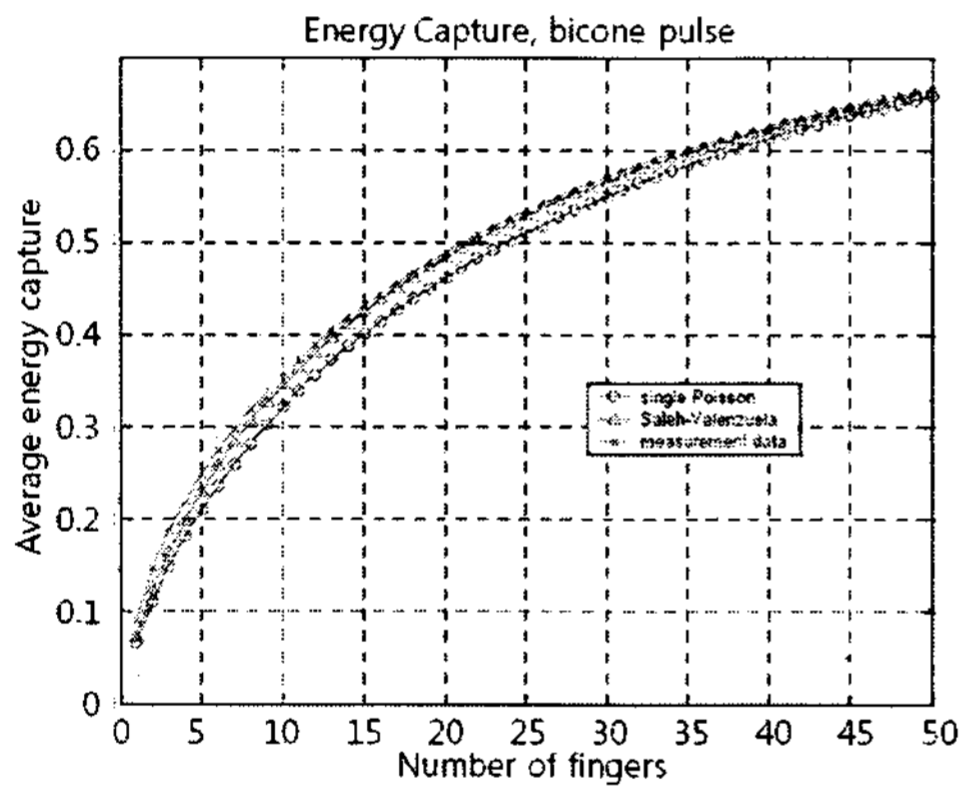


그림6. NLOS 채널에서 레이크 수신기의 핑거수에 따라 single Poisson과 Saleh-Valenzuela 모델이 수신한 평균 에너지

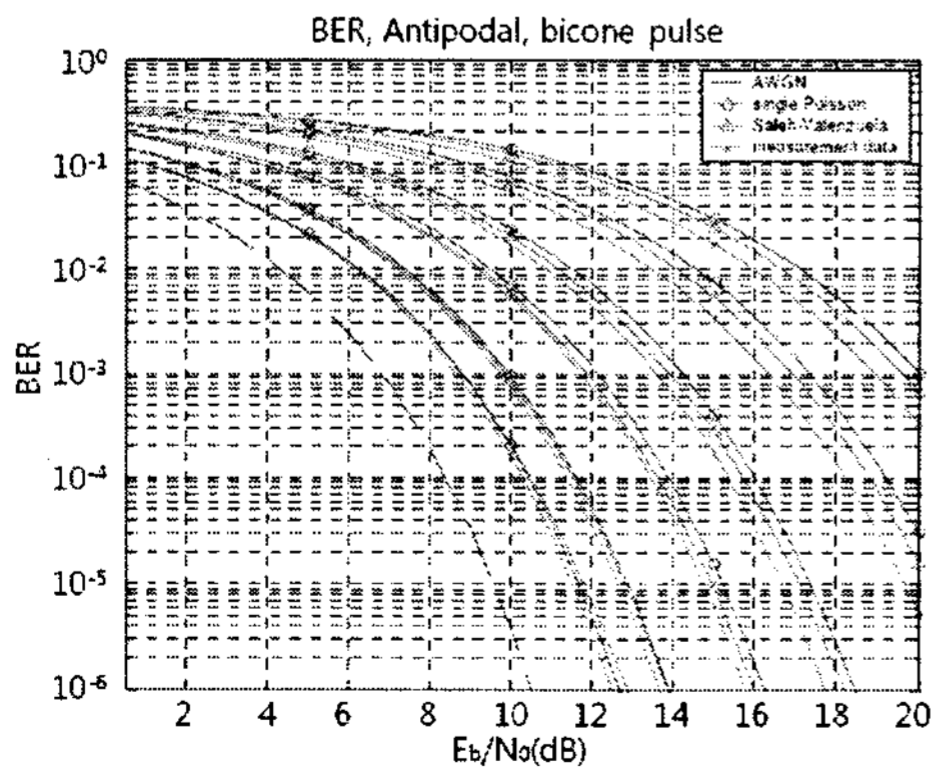


그림7. 레이크 수신기와 안티포달 신호를 적용했을 때 single Poisson과 Saleh-Valenzuela 모델을 NLOS 채널에서 비교한 평균 BER (맨 오른쪽이 핑거1일 경우, 순서대로 2, 5, 10, 20)

V. 결론

실내 LOS 환경에서, TEM horn 안테나 및 biconal에 대한 UWB 펄스의 멀티패스에 의한 성질을 통계적으로 분석했다. 기존 모델의 실내 환경 채널에 대한 UWB 시스템의 시뮬레이션에 의한 성능차이는 작은 편이었다. 이들 모델은 NLOS에 대해선 실용적이었으나 LOS에서 적절치 못했기 때문에 LOS 채널에 적합하도록 수정하여 에너지 캡처와 BER 수행을 개선했다. 이 모델은 원래 NLOS 채널을 위해 만들어졌으므로 LOS 채널의 최단일 경로에 의한 전파수신은 무시되었으나 LOS 채널을 위한 새로운 모델은 기존 모델에 비해 정확한 LOS 채널 예측을 하게 되었다. 본 논문에서 새로이 수정된 파라미터를 적용한 새로운 모델은 NLOS 환경에서도 BER 성능이 각 모델에 있어서 잘 일치함을 확인할 수가 있었다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 새로운 UWB 모델은 아직까지 LOS 환경에서 다소 불확실한 결과를 해소하여, 새로운 UWB 채널모델로 적용될 수 있으리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] A. H. Muqaibel, "Characterization of Ultra Wideband Communication Channels," Ph.D. Dissertation, Dept. of Electrical and Computer Engineering, Virginia Tech, 2003.
- [2] A. A. Saleh and R. A. Valenzuela, "A Statistical Model for Indoor Multipath Propagation," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. SAC-5, no. 2, pp. 128-137, Feb. 1987.
- [3] T. S. Rappaport, Wireless Communications: Principles and Practice, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996.
- [4] S. S. Ghassemzadeh, R. Jana, C. W. Rice, W. Turin, and V. Tarokh, "A Statistical Path Loss Model for In-Home UWB Channels," IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technology. 2002.
- [5] S. M. Yano, "Investigating the Ultra-wideband Indoor Wireless Channel," IEEE VTS 55th Vehicular Technology Conference, 2002, vol. 3, pp. 1200-1204.
- [6] H. Suzuki, "A Statistical Model for Urban Radio Propagation," IEEE Transactions on Communications, vol. COM-25, no. 7, pp. 673-680, July 1977.