

APD 통계 모델에 의한 디지털 무선 통신 성능 저감 특성 연구

°임성진, 허민호, 권세웅, 윤영중
연세대학교 전기 전자 공학부 안테나 & 마이크로파 연구실 *
limchan@hanmail.net

A Study on Performance Reduction Characteristics of Digital Wireless Communication by APD

°Sung Jin Lim, Min Ho Hur, Se Woong Kwon, and Young Joon Yoon
Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei Univ. 134, Shinchon-Dong, Seoul,
KOREA, 120-749

ABSTRACT

To protect digital communications and broadcasting that are expected to be increasingly used at frequencies above 1GHz, there is a need to determine permissible disturbance limits for frequency bands above 1GHz according to indicates that better correlates with interference level in digital systems. The quality of digital communications is expressed in terms of bit error rate(BER) or throughput. In this regard, it has been reported that degradation of BER or throughput can be estimated from the amplitude probability distribution (APD) of disturbance amplitude. Therefore, if the APD can simply be measured with a high accuracy, APD will be an optimal index for the assessment of interference in digital communications. In this paper, we show that a measurement method using statistic model of APD has compatibility about performance reduction estimation of WLAN. And through approach of this inspection, we propose numeral models about interference effects of peak value and time rate of spurious.

keyword : permissible disturbance limits, APD, performance reduction characteristics, MWO, WLAN

I. 서 론

최근 기가헤르츠 대역에서 사용되는 무선통신 서비스가 급속도로 증가됨에 따라 높은 불요파를 방사하는 장비에 의한 무선통신 성능 저감 문제가 심각하게 대두되고 있다[1]. 그러나 불요파 간섭 평가에 대한 표준화된 측정 방법과 전자파 장해를 규제할 수 있는 허용기준에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다[2]. 최근 무선 통신 서비스의 임펄스 잡음에 의

한 장해 여부를 결정할 때 유용한 APD (Amplitude Probability Distribution) 통계 모델이 주목을 받고 있으며, 이는 전송속도나 비트 에러율과 같은 디지털 무선 통신 서비스의 품질 평가 방법과 매우 밀접한 상관관계가 있어 CISPR(International Special Committee on Radio Interference)에 제안되고 있다[3]. 따라서 본 논문에서는 APD의 통계적 모델을 이용하여 불요파 방사의 침투치와 시간율이 통신 품질에 미치는 영향을 고찰하여 무선통신 서비스의 장해 현상을 평가하

였다. 이에 따라 APD가 무선통신 서비스의 장애 현상을 평가하는 유용한 측정방법임을 보였다. 또한 실험적 접근을 통하여 침투치와 시간율에 대한 불요파 간섭 영향을 수치적 모델로 제시하였다.

II. 측정 파라미터

2-1. 전자파 장애 방사 허용기준

CISPR에서는 1~18 GHz 주파수 범위의 전자파 장애 측정방법과 허용기준에 대한 국제 표준을 제정하기 위해 H 위원회와 I 위원회로 나누어 심의중에 있다[4]. 무선 통신 서비스 보호 위원회인 CISPR H에서는 허용 가능한 전계강도를 목적신호로부터 통계적 파라미터 값으로 산출하며, 여기에는 확률적 요소와 측정 수신기와 무선 통신 서비스 대역폭 비율등을 고려한 이론적 해석 방식을 사용하고 있다. 그러나 이러한 파라미터는 다수의 통계적 데이터 추출이 필요하게 됨에 따라 현실적으로 데이터 확보가 어려워 이러한 방식으로 접근하기는 쉽지 않다. CISPR H는 표 1과 같이 허용기준을 제시하고 있다.

표1. CISPR H에서의 허용기준

주파수 범위	허용기준(3 m)
1-3 GHz	45 dBμV/m
3-6 GHz	48 dBμV/m
6-18 GHz	55 dBμV/m

CISPR I 위원회는 현재 규제중인 1 GHz 이하의 허용기준을 이용하여 1 GHz 이상의 허용기준을 산출해 내는 방식이며, 허용기준을 표2와 같이 제시하고 있다.

표2. CISPR I에서의 허용기준

분류	주파수 범위	허용기준(3 m)	
		평균치	침투치
B급	1-18 GHz	54 dBμV/m	74 dBμV/m
A급	1-18 GHz	60 dBμV/m	80 dBμV/m

* A급 : 산업용, B급 : 가정 또는 개인용 정보기기

이러한 허용기준 설정 방법에 있어 CISPR H가 CISPR I 보다 규제 방법이 더 엄격한 반면 다수의 확률적 요소를 고려하고 많은 통계적 데이터 추출이 필요하다는 단점으로 인해 현재 CISPR I에서 제시한 허용기준이 주목을 받고 있는 실정이다.

2-2. 진폭 확률 분포(APD)

APD를 이용한 잡음의 표현은 무선통신 서비스에서의 장애 현상을 평가할 때 가장 유용한 통계적 방법이다[5]. 그림 1에서 처럼, i 번째 장애 펄스 $W_i(k)$ 의 주기는 잡음의 포락선이 임계레벨 E_k 내에 있을 때의 주기로 정의되며, APD는 다음과 같이 정의된다.

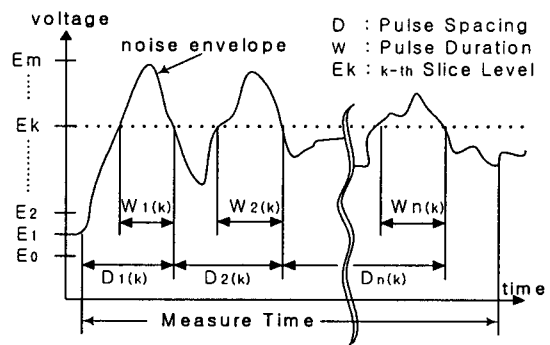


그림 1. 시간에 따른 잡음 신호의 변화

$$APD = D(E_k) = \frac{\sum_i^{n(E_k)} W_i(E_k)}{T_o}$$

여기서, $n(E_k)$ 는 잡음 신호가 임계 전압 E_k 의 레벨을 초과하는 펄스의 수이며, T_o 는 전체 측정시간을 의미한다. 즉, 어떤 측정시간 T_o 동안 주파수 잡음 전계 강도의 파형이 그림 1과 같을 때, 측정된 신호의 크기가 특정한 레벨 이상이 되는 잡음의 시간을 확률로 나타내는 것이다. 또한 APD는 시간 영역 측정에서 수집된 데이터에서 임의의 임계레벨을 설정하였을 때, 그 레벨을 넘어서는 펄스들의 총 시간을 전체 시간으로 나누어 그것의 백분율로 나타낼 수 있으며 그에 대한 수식은 다음과 같다.[5]

$$A(\%) = \frac{n(E_i > E)}{T_o} \times 100(\%), \quad i=1, 2, \dots, m$$

이와 같이 측정된 APD는 잡음의 임퍼스성 정보를 제공해 준다.

III. 측정 시스템

다중 경로(Multi Pass) 환경에서는 측정된 신호가 무선 통신 서비스에서 방사된 신호인지 MWO 또는 기타 공간에 존재하는 신호들인지 식별이 곤란하다. 따라서 다른 장애원이 존재하지 않는 환경에서 APD에 의한 무선 통신 서비스 성능 저감 특성을 측정하기 위해 그림 2와 같이 유선으로 측정 시스템을 구현하였다.

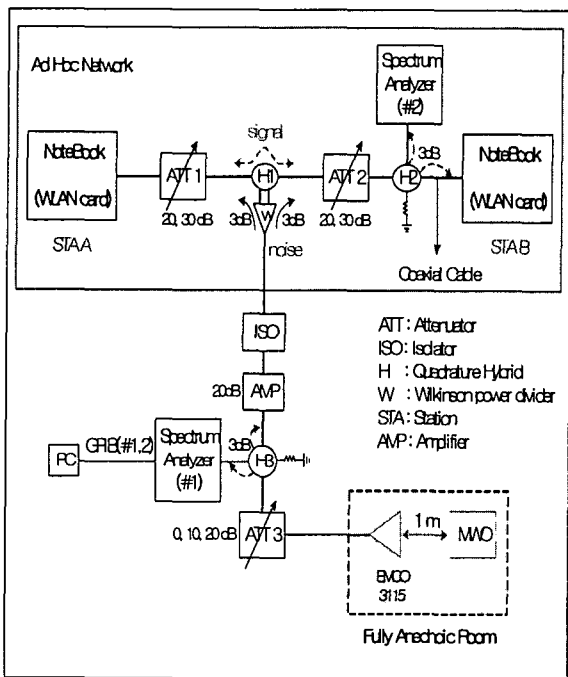


그림 2. 측정 시스템 구성도

이 측정 시스템은 디지털 통신 시스템의 네트워크 방식인 Ad Hoc 모드, 완전무반사실 그리고 이들을 연결해주는 부품으로 구성되어 있다. 또한 이를 이용하여 다른 간섭원이 존재하지 않는 환경 구현으로 무선 통신 서비스의 성능을 재현할 수 있으며, 감쇄기를 조절하여 전자레인지의 잡음 환경과 무선통신 서비스의 통신 거리를 다양하게 구현할 수 있다. 그리고 이들을 동시에 측정함으로써 장애원의 직접적인 간섭 영향을 확인할 수 있다. 이러한 측정 시스템의 감쇄기의 감쇄 레벨을 조절하여 각 레벨별 전자레인지의 통계적 특성과 APD 특성 그리고 APD와 무선

통신 서비스의 통신 성능 평가간의 상관관계를 규명함으로써 APD의 통계적 측정방법의 적합성과 방사 허용기준의 수치적 모델을 제시하였다.

IV. APD에 의한 무선랜 통신 성능 저감 평가

4-1. 전자레인지의 통계적 간섭 특성

MWO로부터 방사되는 불요파에 대해 주파수 영역과 시간 영역에서의 통계적 특성을 측정함으로써, 무선랜 채널별 간섭에 의한 통신 성능 감쇄를 평가하였다. 전자레인지의 측정거리별 방사패턴과 방사세기는 그림 3과 같으며, 시간에 따른 주파수 특성은 그림 4와 같다. 전자레인지의 주파수 특성은 높은 진폭 간섭 신호와 반복적 방사 특성을 나타내고 있다.

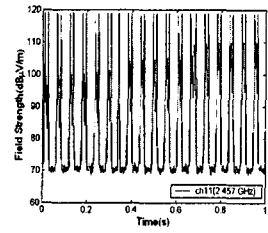
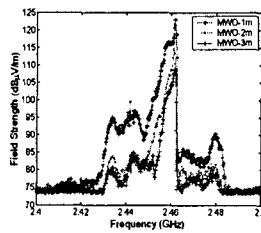


그림 3. 주파수영역 특성 그림 4. 시간영역 특성

이러한 전자레인지의 특성에 의해 무선랜의 전송 속도가 크게 저하됨을 알 수 있었다. 그림 5는 ATT 레벨별로 무선랜 채널 7의 전송속도에 대해 전자레인을 동작시킬 때와 정지시킬 때의 감쇄 정도를 비교한 결과이다. 전체 샘플링 수는 18,000개이며 측정 시간은 5분으로 동일하게 설정하여 측정하였다.

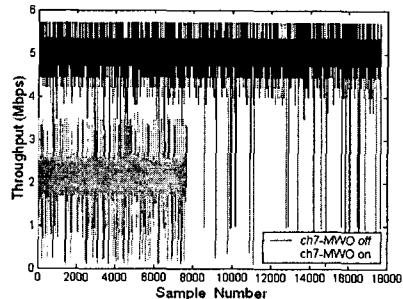


그림 5. 전자레인지 간섭에 의한 전송속도 변화

전자레인지의 정지시켰을 때 5~5.5 Mbps의 전송속도를 나타내었다. 그러나 전자레인지를 동작시킬 때, 측정 샘플링 수는 동일한 측정 시간 동안에 8,000개 이하로 감소되었다. 그리고 전자레인지를 동작시킨 상태에서 무선랜의 샘플링 수 18,000 개를 모두 전송하기 위해서는 13분 이상의 긴 시간이 소요되었다.

이와 같이 전자레인지의 간섭 잡음에 의해 무선랜의 데이터 전송 시간과 전송량이 현저히 저하되고 있음을 알 수 있었다

4-2. APD와 무선랜 성능평가간의 상관관계

본 절에서는 전자레인지로부터 방사되는 불요파의 침투치와 시간율에 대한 APD 특성과 이러한 장애로부터 간섭을 받는 무선랜의 전송속도 특성을 측정하여 이들간의 상관관계를 확인하였다. 이러한 상관관계를 명확히 하기 위해, APD와 무선랜의 전송속도는 ATT 1,2와 ATT 3의 감쇄량에 따라 동시에 측정되었으며 측정 시간 5분 동안 추출된 데이터로부터 분석되었다. 그리고 APD의 측정 주파수는 무선랜 채널의 중심 주파수로 설정하였다. 그림 6은 감쇄기 ATT3-10 dB, ATT1,2-20 dB로 설정 후 측정된 APD 특성을 보여주고 있다. 이러한 감쇄기 레벨은 무선환경에서 측정된 전자레인지와 수신안테나간의 측정거리 3 m에서의 방사세기와 유사한 값을 갖는다. 측정결과로부터, 전자레인지의 방사세기는 채널별로 차이를 보이고 있으며, 전자레인지의 중심 주파수에 근접할수록 침투치와 시간율이 높아지는 경향이 있다. 또한 그래프 형태에 따라서 무선랜 통신에 미치는 영향이 다를 수 있다.

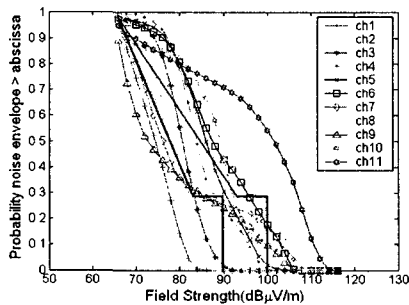


그림 6. 전자레인지의 APD 특성

그림 7은 전자레인지 간섭에 의한 무선랜 채널별 전송속도의 성능 감쇄 특성을 보여주고 있다. ATT3-10 dB와 ATT1,2-20 dB로 설정 후 측정된 결과로

써 전자레인지의 간섭 신호에 의해 통신 성능이 심하게 감소됨을 보여준다. 전송속도 감쇄 특성은 전자레인지의 중심 주파수에서 먼 채널일수록 간섭 영향이 적으며, 불요파의 침투치와 시간율에 따라 무선랜 통신 성능이 반비례한다. 이러한 결과로부터 APD와 무선랜 성능 평가간의 상관관계를 규명할 수 있으며, APD의 침투치 및 시간율은 잡음에 대한 영향 평가에 유용한 통계적 모델임을 알 수 있다.

또한 이러한 실험적 접근을 통해 침투치와 시간율에 대한 간섭의 기준값을 그림 6의 굵은 실선과 같이 설정하여 수치적 모델을 제시하였다.

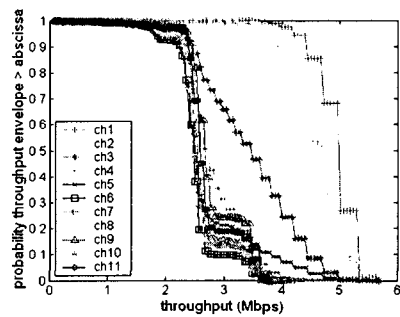


그림 7. 무선랜 채널별 전송속도 특성

이러한 기준값은 APD 특성과 무선랜 채널별 전송속도의 특성을 상호 비교하여 설정하였으며, 감쇄기 레벨 ATT3-10 dB, ATT1,2-20 dB에서 설정된 그래프이다. 침투치는 그림 6에서와 같이 90 dBμV/m와 100 dBμV/m로 설정하였으며, 시간율은 30%의 시간율을 설정하였다. 이러한 결과로부터 APD 간섭에 의한 채널별 전송속도 평가를 위한 기준값을 표 3에 나타내었다. 즉, 100 dBμV/m 이상인 간섭 신호는 무선랜 전송속도를 2.5 Mbps로 현격히 감쇄를 일으켜 통신 성능에 커다란 장애를 일으키고 있다. 그러나 100 dBμV/m 이하에서는 무선랜의 전송속도가 약간의 성능을 감쇄시키나 통신에는 커다란 장애를 받지 않는다. 이러한 결과로부터 APD의 침투치와 시간율로 설정된 기준값을 적용하여 무선랜 통신의 전송속도를 예측하고 평가할 수 있다. 즉, 잡음원이 존재하는 환경에서 무선통신 서비스의 성능을 평가할 때, 직접 이들의 전송속도나 비트 에러율을 측정하지 않고도 통신 성능을 평가할 수 있다. 따라서 이러한 기준값은 무선통신 서비스의 성능을 평가할 때 기본적인 평가 지표가 될 수 있다.

표 3. 채널별 전송속도의 기준값

무선랜 채널	MWO (dB μ V/m)	전송속도 (Mbps)	기준값 (dB μ V/m)
1	84	5.2	90 이하
2	95	4.7	90~100
3	94	4	
4	102	3	100 이상
5	103	2.6	
6	106	2.4	
7	109	2.5	
8	109	2.5	
9	106	2.5	
10	107	2.5	
11	115	2.5	

V. 결 론

본 논문은 APD의 통계적 방법을 이용하여 불요파 방사의 침투치와 시간율이 무선통신 품질에 미치는 영향을 고찰하고, 실험적 접근을 통하여 침투치와 시간율에 의한 불요파 간섭 영향을 수치적 모델로 나타내기 위해 2.4 GHz ISM 대역에서 사용되고 있는 전자레인지의 통계적 간섭 특성과 APD 특성 그리고 APD와 이로 인해 간섭을 받는 무선랜의 통신 성능 평가간의 상관관계를 규명하였다. 이에 따라 APD 통계적 모델은 아직 국내에서 연구되지 않은 기가헤르츠 대역 불요파 방사의 침투치와 시간율이 무선통신 서비스에 미치는 영향을 평가하는데 적합한 측정 방법임을 보였으며, 이러한 측정 방법을 통해 불요파 장해 방사를 규제함으로써 무선통신 서비스의 통신 품질을 보호하는데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 이러한 연구를 기반으로 향후 APD와 무선통신 서비스간의 관계에 대해 추가적인 연구가 수행될 경우 무선통신의 품질 향상에 주도적인 측정 방법이 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] S. Unawong, S. Miyamoto, N. Morinaga, "Effects of Microwave Oven Interference on the Performance of ISM-band DSSS System," *IEEE International Symposium*, Vol. 1, pp. 24-28, August 1998

[2] CISPR Publication 11: Limits and methods of

measurement of electronic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical (ISM) radio frequency equipment.

[3] M. Uchino, T. Shinozuka, R. Sato, "Development of APD measuring equipment and its faculty," in *Proc. on IEEE Int. Symp. on EMC*, Denver, Aug., 1998

[4] CISPR/H/21/INF, "Rational for Setting Emission Limits in the Frequency Range 1-18 GHz," April., 2001

[5] 전파연구소, "전파환경 종합 정보시스템 구축방안 연구," 연구보고서 제54-2호, 1997

[6] Y. Yamanaka, T. Shinozuka, "Measurement and estimation of BER Degradation of PHS due to Electromagnetic Disturbance form Microwave Ovens," *IEICE Trans.vol. J79-B-II, 11*, pp.827-834, Nov., 1996.