

## 고출력 전자기 펄스에 따른 PC 시스템의 민감성 분석

황선목\*, 홍주일\*, 한승문\*, 김광용\*, 허창수\*, 이기택\*\*  
 인하대\*, 한국전기연구원\*\*

### Susceptibility of PC-Systems to HPM(High-Power Microwave) Threats

Sun-Mook Hwang\*, Joo-Il Hong\*, Seung-Moon Han\*, Gwang-Yong Kim\*, Chang-Su Huh\*, Ki-Taek Lee\*\*  
 Inha University\* Korea electrotechnology research institute\*\*

**Abstract** - Disruption and upset of computer system from intentional unintentional electromagnetic wave is not tenable, if the equipment is used in a security or safety critical application. This paper examines susceptibility of computer network to the HPM. The susceptibility level for PC-systems has been assessed using anechoic chamber. The some failure mode were observed in PC-system. Based on the results, susceptibility of computer network can be applied to database to elucidate the effects of microwaves on electronic equipment.

실험에 사용된 고출력 전자기 펄스 발생장치는 작동 주파수 2.46 GHz, 최고출력이 1 kW의 마그네트론을 사용하였다. 고출력 전자기 펄스는 WR-340인 구형 도파관(Rectangular Waveguide)을 사용하여 도파관 끝단을 개방시켜 도파관으로 전달되는 고출력 전자기 펄스를 자유공간으로 방사하였다. 펄스의 측정결과 주기는 약 17 ms이고 1초에 약 60번 갖는 파형이 측정되었다. 펄스의 전계강도의 크기는 평균값을 기준으로 약 ± 5 %의 범위를 가지는 것으로 나타났다. 측정된 전자기 펄스의 파형은 그림 2와 같다.

### 1. 서 론

현대 사회는 컴퓨터 보급의 일반화로 인터넷의 급속한 발달과 더불어 인터넷 사용자가 급증하고 있는 추세이다. 인터넷 쇼핑, 화상회의, 금융기관의 결제 등이 컴퓨터를 통해 이루어지고 있으며, 회사나 극장, 심지어 한 지역의 도시 조차도 가상으로 가볼 수 있도록 컴퓨터상에서 이루어지고 있다. 또한 네트워크(Network)의 발전은 LAN(Local Area Network)을 기업체나 기타 기관으로 확산시켰으며, 이러한 랜 네트워크 망을 이용해서 파일의 공유뿐만 아니라 프린터 팩시밀리 기타 장치들을 공유함으로써 작업능률 향상에도 이바지하고 있다. 현재 인터넷과 관련된 장비들의 개발은 매우 활발하게 이루어지고 있으며, 심지어 인공유성을 이용한 무선인터넷의 개발도 실용화단계에 이르러 있다[1][2]. 만약 주요한 기능을 수행하던 컴퓨터에서 오동작이 발생할 때 경제적, 사회적으로 큰 피해가 일어날 것으로 예상된다.

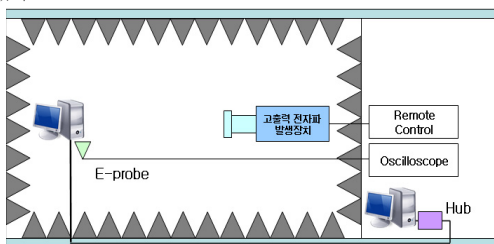
최근에 연구 개발하고 있는 고출력 전자파 발생장치[HPEM: High Power Microwaves(HPM), Ultra Wideband(UWB)]들을 짧은 펄스(~100 nsec)에서 Giga-Watts 수준의 전자파를 발생하는데 주로 중심 주파수는 1-10 GHz이나 기타 파생 주파수는 이를 중심으로 30 GHz 이상까지도 방출할 수 있다. 미국, 러시아, 유럽 등 여러 나라에서 개발하고 있는 고출력 전자파 발생장치들은 주로 군사적인 목적으로 연구되어지고 있다. 그러나 앞서 기술된 바와 같이 의외적으로 발생하는 전자파는 정보기에 심각한 수준의 피해를 줄 수 있다. 실제로 컴퓨터와 같은 전자장비에 고출력 전자기 펄스가 인가되었을 때 나타나는 오동작 등의 여러 현상들에 대해서도 많은 연구가 이루어지고 있다[3][4].

본 논문은 컴퓨터가 네트워크로 연결되어 있는 환경을 모사하여 전자기 펄스가 인가될 때 어떤 현상이 일어날 수 있는지 알아보았다. 그리고 전계강도의 크기를 변화키면서 네트워크로 연결된 컴퓨터의 데이터 전송률이 어떻게 변화 되는지 분석하였다.

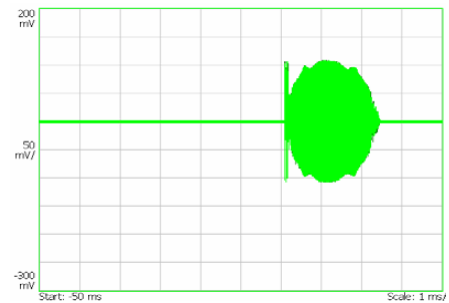
### 2. 본 론

#### 2.1 실험방법 및 장치

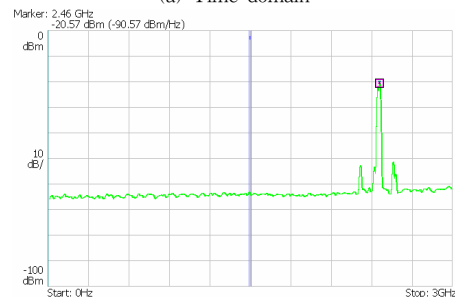
그림 1은 무반사실에서 컴퓨터 네트워크의 민감성을 알아보기 위해 네트워크를 구성하여 고출력 전자파를 방사하였다. 이때 컴퓨터 네트워크는 일정한 거리에 놓고 민감성을 조사하였고, 전계강도의 세기는 E-probe를 사용하여 측정하였다. 그리고 고출력 전자파가 인가되는 동안에 발생하는 데이터 전송률의 변화는 차폐실에 있는 컴퓨터를 통해서 관찰하였다.



<그림 1> 실험 구성도



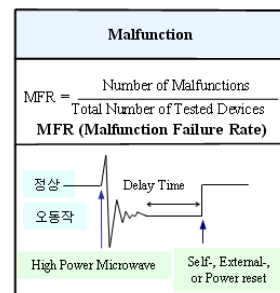
(a) Time domain



(b) Frequency domain

<그림 2> 고출력 전자기 펄스의 주파수 및 전압 파형

본 실험은 허브와 개인용 컴퓨터를 사용하여 네트워크를 구성하였다. 10/100Mbps 랜 카드가 내장된 펜티엄 III(451 MHz)의 성능의 컴퓨터가 사용되었고, 네트워크를 구성하기 위해서 100Mbps 허브를 사용하였다. 고출력 전자기 펄스에 의해 컴퓨터 네트워크에 영향을 주는 오동작을 그림 3과 같이 정의하였다. 여기에서는 오동작(Malfunction)은 물리적 손상을 의미하지 않고 단지 reset (self-, external- or power reset)을 통해 원래의 기능으로 회복되었을 경우를 의미하는 용어로 사용하였다.

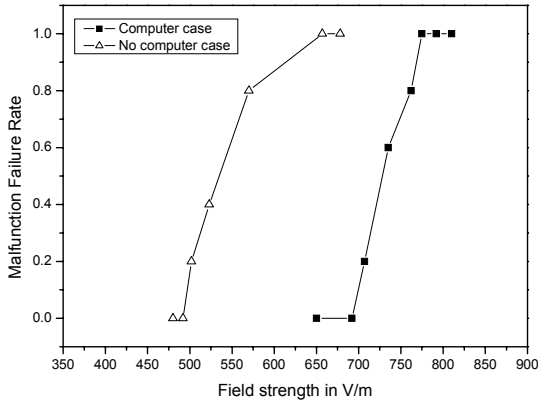


<그림 3> 오동작 정의

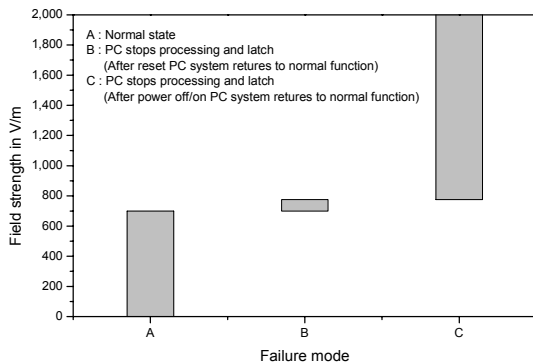
## 2.2 실험결과 및 고찰

그림 4는 동일한 조건에서 5회 실험하여 고출력 전자기 펄스에 따른 PC 시스템의 MFR을 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 PC 시스템이 오동작 될 때, 인가된 전계강도(MT: Malfunction Threshold)는 약 500, 700 V/m 이고, 오동작을 일으키는 전계강도의 범위(MR: Malfunction Range)는 약 500~650 V/m, 700~780 V/m이다. 그리고 컴퓨터 본체의 케이스가 없는 경우, 고출력 전자기 펄스에 따른 PC 시스템이 제대로 동작하지 않을 가능성이 매우 높았다.

컴퓨터 본체의 내부는 메인보드, CPU 랜 카드 등 수많은 트랜지스터와 수동소자 및 전송선의 복잡한 회로로 구성되어 있다. 이 때문에 외부로부터 강한 전자기 펄스가 인가 될 경우 PC 시스템은 민감하게 반응할 수 있다. 또한 각각의 구성요소 간 데이터를 교환 할 수 있도록 유기적으로 결합되어 있기 때문에 어느 한 부분에서 이상이 발생되면 PC 시스템이 오동작 되는 가능성이 매우 높다.



〈그림 4〉 고출력 전자기 펄스에 따른 PC 시스템의 MFR

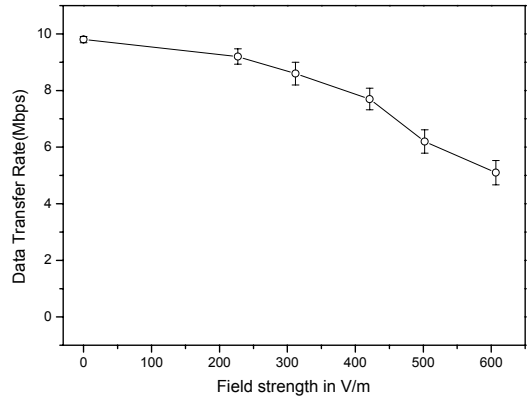


〈그림 5〉 PC 시스템의 오동작 유형(하드 케이스가 있는 경우)

그림 5는 고출력 전자기 펄스에 따른 PC 시스템의 오동작 유형 결과를 나타낸 그림이다. 이러한 PC 시스템의 취약성 분석은 현재 다양한 형태로 연구가 진행되고 있다[5]. 그림에서 알 수 있듯이 고장 유형 모두 PC 시스템을 정상적으로 사용할 수 없는 상태가 되었다. 그러나 재부팅 및 리셋 후에는 모두 정상적으로 동작하는 일시적인 오동작임을 알 수 있었다. 오동작은 키보드, 마우스, 화면, 그리고 프로세서가 멈춘 상태로 랜덤하게 또는 복합적으로 나타났다. PC 시스템의 오동작 유형 B는 리셋 후 정상상태로 동작하였으며, C는 전원을 OFF/ON 후 정상상태로 돌아가는 경우로 나타났다. 그리고 컴퓨터의 동작에 이상이 발생되면 데이터 전송이 불가능하였다. PC 시스템에서 오동작 되는 현상은 같은 조건에서도 항상 일정하게 일어나는 것은 아니다. 이는 PC 시스템의 내부가 서로 유기적으로 결합되어 있어서 오작동하는 부분을 정확하게 알아내기란 어려운 일이다.

그림 6은 고출력 전자기 펄스에 따른 컴퓨터 네트워크에서의 데이터 전송률을 알아보기 위해 나타낸 그림이다. PC 시스템의 오동작이 발생되면 데이터 전송이 불가능하기 때문에 네트워크에서의 데이터 전송률 변화를 알아보기 위해서는 PC 시스템의 동작에는 이상 없는 상태여야 한다. 따라서 PC 시스템의 동작에 이상 유무는 그림 5에 나타난 결과로 컴퓨터 네트워크의 데이터 전송률을 알아보았다. 컴퓨터 네트워크의 데이터 전송률은 전계강도가 높아짐에 따라 전송률이 감소하는 경향을 보

여주고 있다. 고출력 전자기 펄스가 방사되지 않을 때 전송률은 거의 10 Mbps의 속도로 전송이 이루어졌지만 전계강도의 크기가 높아지면서 전송률이 점차적으로 떨어지는 것을 알 수 있다.



〈그림 6〉 고출력 전자기 펄스에 따른 데이터 전송률의 변화(하드 케이스가 있는 경우)

## 3. 결 론

본 논문은 고출력 전자기 펄스에 따른 PC 시스템의 민감성 분석 및 컴퓨터 네트워크의 데이터 전송률을 알아보았다. PC 시스템의 오동작은 본체 케이스가 없는 경우가 더 민감하게 영향을 주었다. 오동작은 키보드, 마우스, 화면, 그리고 프로세서가 멈춘 상태로 랜덤하게 또는 복합적으로 나타났다. 따라서 실험의 횟수를 증가시켜 좀 더 정확한 통계적 접근 필요함을 알 수 있었다. 그리고 오동작 유형은 두 가지로 정상상태로 만들어주는 과정에서 다른 점을 알 수 있었다. 전자기 펄스가 인가될 때 컴퓨터 네트워크의 데이터 전송률은 전계강도가 증가 할수록 감소하는 경향을 보였다. 그리고 전계강도가 500 V/m부터는 네트워크가 오동작하여 데이터 전송이 불가능한 현상이 나타났다.

실험에 대한 변수 예를 들면 상승시간, 주파수 대역, 전기장의 방향 등 변화가 있는 경우에는 다른 결과를 보일 것으로 예상된다. 또한 PC 시스템의 사항, 케이스 종류, 히브, 케이블의 종류 등 네트워크에 필요한 장비들에 따라서 발생하는 결과도 달라질 것이다. 따라서 정확한 분석을 위해서는 변수를 고려한 해석이 필요하며, 전자기 펄스에 대한 영향을 분석하고 결과를 예측할 수 있는 연구가 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소 지원에 의한 연구결과입니다.

## 【참 고 문 헌】

- [1] Almuhtadi, W., Tang, J., Murphy, D., "Characterizing Performance of an Intelligent Satellite QoS Optimization System", pp. 781 - 783, 22-26 April 2007
- [2] Dunbar, "Plug-and-play sensors in wireless networks", IEEE Trans. on Instrumentation & Measurement Magazine, Vol. 4, No. 1, pp. 19-23, March 2001
- [3] Daniel Nitsch, et al., "Susceptibility of some electronic equipment to HPEM threats" IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 46, No. 3, August 2004
- [4] Richard Hoad, et al., "Trends in EM susceptibility of IT equipment" IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 46, No. 3, August 2004
- [5] Richard Hoad, et al., "Trends in EM Susceptibility of IT Equipment" IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 46, No. 3, pp390-395, August 2004