

主題

UWB 신호에 의한 실내 무선랜 장치의 전파간섭

한국전자통신연구원, 전파자원연구팀 최 상 성, 조 상 인

차 례

- I. 서론
- II. UWB 및 무선랜 신호의 스펙트럼 분석
- III. 간섭영향 측정
- IV. 결론

요 약

UWB 무선기술은 초광대역 특성에 의한 높은 전송속도와 기존의 무선장치들과 상호 간섭영향 없이 주파수를 공유하여 사용할 수 있다는 장점 때문에 새로운 방식의 근거리 무선통신 기술로 급부상되고 있다. 특히 IEEE802.15.3에서 UWB 무선기술을 WPAN으로 사용하기 위한 표준화 작업이 진행되고 있어 현재 가장 널리 사용되고 있는 IEEE802.11 및 Bluetooth 장치와 향후 실내 환경에서 공존할 가능성이 매우 높아지고 있으며 이에 따른 장치 상호간 간섭영향 평가가 요구되고 있다. 본 논문에서는 2.4 GHz 대역 IEEE 802.11b 무선랜 장치를 사용하는 실내 환경에서 UWB 무선장치가 공존할 경우 무선랜 장치의 Packet Failure Rate 및 Throughput 측정을 통해 UWB 신호가 무선랜 장치에 미치는 간섭영향을 분석하였다.

I. 서론

UWB 무선기술은 매우 넓은 주파수 대역에 걸쳐 아주 미약한 전파를 사용함으로 기존에 사용하고 있는 무선장치들과 상호 간섭 영향 없이 주파수를 공유하여 사용할 수 있는 새로운 무선 기술로 급부상 되고 있다. 특히 UWB 무선기술은 IEEE 802.11 및 Bluetooth에 비해 높은 전송 속도가 가능하기 때문에 근거리 무선통신 장치로의 응용에 관심이 고조되고 있으며 IEEE802.15.3에서 WPAN으로 사용하기 위한 표준화 작업이 진행되고 있다[1][2].

최근, 언제, 어디서나 다양한 멀티미디어 서비스를 받고자 하는 국내 정보통신 사회의 급속한 발전은 무선통신 사용자의 폭발적인 증가를 가져왔으며, 특히 PC 사용자가 기존의 유선랜 인프라에 무선으로 손쉽게 접속할 수 있는 2.4 GHz 대역을 사용하는 IEEE 802.11b 무선랜 장치의

사용이 급속히 증가되고 있다. 만약 UWB 장치가 국내에 도입될 경우 사용주파수 및 방사 전력 제한 등과 같은 국내 기술 기준 설정이 필요하며, 이를 위해 기존의 중요 무선 장치와의 간섭 영향 평가가 요구되고 있다. 특히 UWB 무선기술이 WPAN 장치로 도입될 경우 현재 널리 사용되고 있는 IEEE802.11b 무선랜 장치와 실내 환경에서 공존할 가능성이 매우 높으며 이에 따른 장치 상호간 간섭영향 평가가 요구되고 있다.

미국의 연방통신위원회(FCC)에서는 UWB 무선장치를 허가 받지 않고 사용할 수 있는 무선장치로 사용하기 위한 사용 주파수 및 방사 전력을 제한하는 1st Report & Order(R&O)를 발표하였다. 여기서는 실내 UWB 통신장치의 경우 3.1-10.6 GHz 주파수 대역에서 Part15의 비허가 방사 규정을 따르며 GPS 장치와 같은 매우 민감한 장치들에 대한 심각한 간섭 영향을 방지하기 위해 이들 장치들이 사용하고 있는 주파수 대역에서 UWB 장치의 방사전력을 보다 엄격하게 제한하고 있다. 그러므로 이 규정에 따르면 IEEE802.11b 무선랜 장치가 사용되는 2.4 GHz 주파수 대역에서는 part 15의 비허가 방사 규정보다 10dB 이상 엄격하게 UWB 장치의 방사전력이 제한되므로 UWB 신호에 의한 무선랜 장치의 간섭 영향은 거의 없을 것으로 예상되고 있다[3].

본 논문에서는 2.4 GHz 대역 IEEE802.11b 무선랜 장치를 사용하는 실내 환경에서 UWB 무선장치가 공존할 경우 무선랜 장치의 Packet Failure Rate 및 Throughput 측정을 통해 UWB 신호가 무선랜 장치에 미치는 간섭영향을 분석하였다. 제2장에서는 본 실험에서 사용한 UWB 신호 발생장치와 IEEE802.11b 표준과 호환성을 갖는 무선 접속장치(AP & PC Card)에 대한 간단한 설명과 두 장치의 신호 스펙트럼을 통해 주파수 공유 상태를 소개한다. 제3장에서는 양호한 채널 환경에서 UWB 신호와 무선랜 장치 사이의 거

리에 따른 신호대 잡음비(SNR) 변화 및 Packet Failure Rate(PFR) 측정을 통한 간섭영향 분석을 소개한다. 또한 제4장에서는 비가시 실내 환경에서 세 가지 채널 환경에 따른 Throughput 측정을 통해 간섭영향 분석을 소개하고, 마지막장에서 측정 결과 분석을 통한 전파간섭 영향 요약 및 향후 연구방향을 제시한다.

II. UWB 및 무선랜 신호의 스펙트럼 분석

2.1 UWB 신호 스펙트럼

간섭원으로 사용된 UWB 신호 발생기는 미국 Time Domain에서 최근 제작된 <그림-1>과 같은 UWB Signal Generator/Tag(SG/T)를 사용하였다. 이 SG/T는 PulsOn200 칩셋을 사용

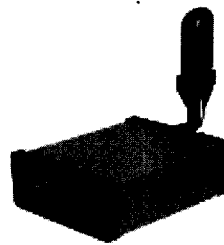


그림 1. UWB 신호 발생기

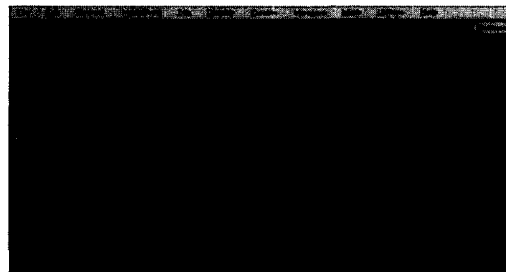


그림 2. UWB 펄스 신호

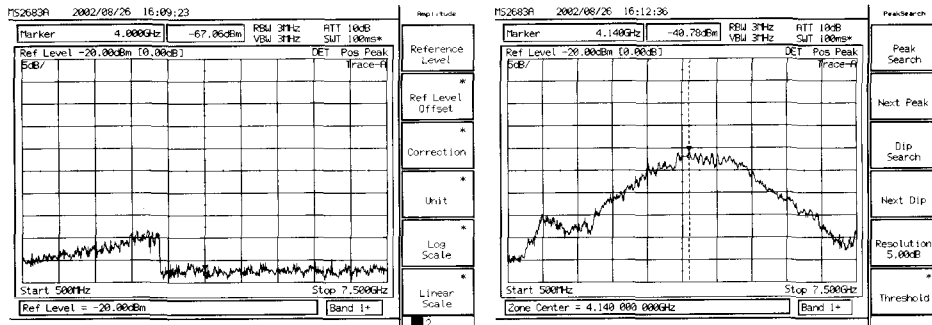


그림 3. UWB SG/T TSC 모드 신호의 스펙트럼

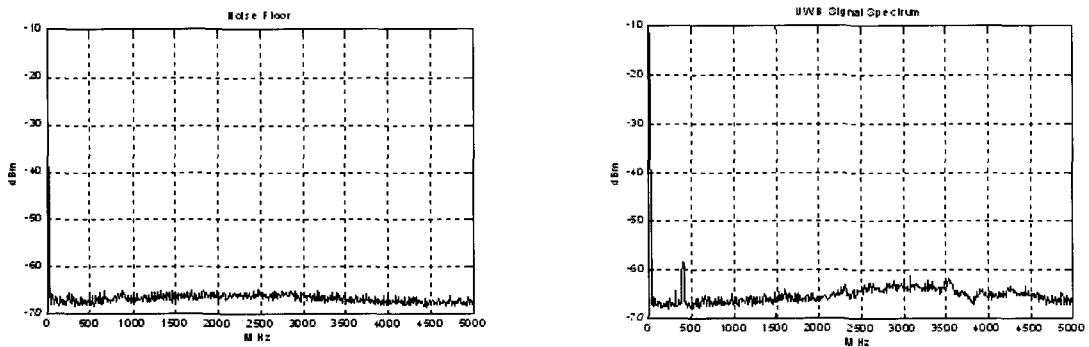


그림 4. 안테나를 통한 UWB 신호의 스펙트럼

(그림 4-1) Heterodyne 방식

하였으며, 현재 개발중인 UWB Evaluation Kit의 송신장치로 변조 방식과 채널 상태를 고려한 5가지 형태의 전송모드를 갖고 있다. 본 실험에서는 Pseudorandom 부호에 따라 <그림-2>와 같은 가우시안 노노펄스 형태의 펄스가 104ns 프레임 안에서 각각 시간도약(Time-Hopping)되어 위치하는 Time Shifted Continuous(TSC) 전송모드를 사용하였다[4].

UWB SG/T의 TSC 모드 신호는 무변조 신호로서 시간도약에 의해 Dithering 효과를 얻어<그림-3>와 같이 매우 평탄화된 스펙트럼을 얻을 수 있다. 이때 신호의 방사전력은 -10dB Fractional Bandwidth 에서 약 -65dBm의 잡음 레벨보다 약 20 dBm 정도 높은 정도로 FCC Part15 비허가 무선 장치의 최대 방사전력 -41.3 dBm/

MHz를 만족하고 있다. 이는 2000년 5월 발표된 NPRM에서 설명하고 있는 스펙트럼 마스크 형태이다[5].

한편, UWB SG/T에서 발생된 신호가 안테나를 통해 방사되면 안테나의 대역제한 특성 때문에 수신되는 UWB 신호의 스펙트럼 대역은 제한되게 된다. <그림-4>는 송·수신 안테나를 10cm 이격시키고 스펙트럼 분석기를 통해 측정된 UWB 신호의 스펙트럼이다. 대부분의 신호 에너지는 약 2-5 GHz의 중심 대역에 갖고 있으며, IEEE802.11b 무선랜에서 사용하고 있는 2.47 GHz에서의 침투전력은 약 -63dBm/MHz로 잡음 레벨 -65dBm/MHz와 비교하면 거의 잡음 수준의 전력임을 알 수 있다.

2.2 무선랜 신호의 스펙트럼

2.4GHz ISM대역에서 비허가 무선장치로 가장 널리 사용되는 IEEE802.11b 무선랜 장치는 100m 이상의 거리에서 11Mbps 이상의 전송속도로 사무실이나 가정과 같은 실내 환경에서 무선으로 인터넷 접속, 전자우편, 파일 공유, 등의 서비스를 간편하게 제공하기 때문에 그 사용이 계속 증가되고 있다.

IEEE802.11b 표준에 따르면 송신기는 Direct Sequence Spread Spectrum Phase Shift Keying (DSSS PSK) 변조기를 사용하며, 변조 방법과 채널 코딩에 따라 4가지 전송속도(1, 2, 5.5, 11Mbps)로 사용된다. 즉 1Mbps의 데이터 전송율에서는 Differential Binary Phase Shift Keying(DBPSK), 2Mbps 전송속도에서는 Differential Quadrature Phase Shift-Keying(DQPSK), 5.5Mbps와 11Mbps 전송 속도에서는 M-ary Bi-Orthogonal Keying(MQBOK) 형태의 Complementary Code Keying(CCK) 변조가 사용되며 11-chip Barker code 및 Walsh code가 사용된다[6].

IEEE 802.11b 무선랜 장치는 Distributed Coordination Function (DCF) and Point Coordination Function (PCF)의 두가지 형태의 접속 방법이 있으며, DCF 접속 형태는 접속이 지연될 경우 채널이 정상이 될 때까지 기다렸다 데이터 전송하는 방법으로 <그림-5>와 같이 매디움 접속은 연속된 전송 프레임 사이의 시간 간격인 Inter

Frame Space(IFS)에 의해 조종되며 Short IFS (SIFS), PCF IFS (PIFS), DCF IFS (DIFS) and Extended IFS (EIFS)의 4개 IFS 간격이 이용된다[7].

본 실험에서는 IEEE802.11b 표준과 완전히 호환성을 갖는 <그림-6>과 같은 ㈜알에프티엔티에서 제작된 RFLiNK-1100A Wireless Access Point(AP)와 Lucent사의 ORiNOCO PC card를 사용하였다[8][9]. 무선랜 AP는 기존의 유선랜 인프라에 연결되며 PC 카드는 노트북 컴퓨터에 삽입하여 Client Management Tool과 함께 사용되었다.

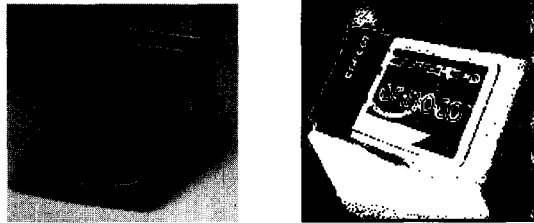


그림 6. RFLiNK-1100A Wireless Access Point(AP)와 ORiNOCO PC card

이 장치들은 ISM 대역인 2400-2483.5 MHz에서 채널당 22MHz의 대역폭을 사용하며 측정된 한 채널의 스펙트럼은 <그림-7>과 같다. 스펙트럼 측정에서 사용된 수신 안테나는 Time Domain의 UWB SG/T에 사용된 안테나로서 2.4 GHz 대역의 무선랜 신호를 측정하는데 충분한 대역폭

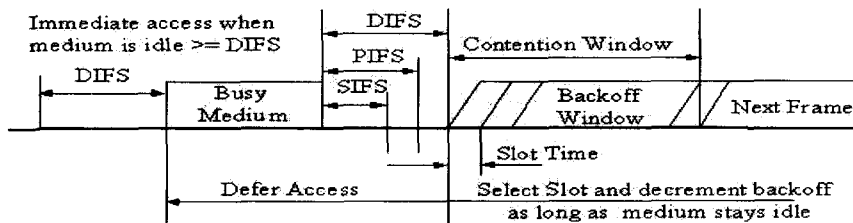


그림 5. IEEE802.11b MAC Sublayer(7)

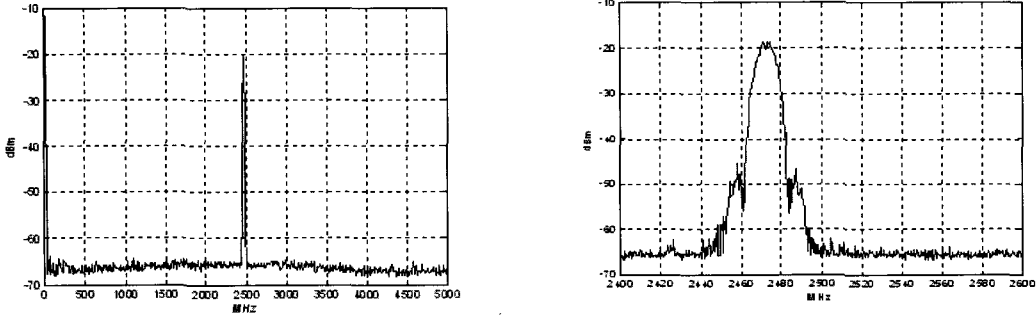


그림 7. IEEE802.11b 무선랜 신호의 스펙트럼

을 가지고 있으며 AP로부터 10cm 거리에서 측정하였다. 최대 침투전력은 2.475 MHz에서 약 -18.67 dBm을 나타내고 있다.

2.3 신호의 스펙트럼 공유

UWB 무선 기술은 IEEE802.15.3에서 WPAN으로 사용하기 위한 표준화가 진행되고 있으며 FCC에서 발표한 1st Report & Order에서는 실내 UWB 통신장치의 사용 주파수 및 방사 전력을 <그림-8>와 같이 3.1-10.6 GHz에서 방사전력 -41.3 dBm/MHz를 만족하도록 규정하고 있으며 GPS 장치를 보호하기 위해 이들 사용 주파수 대역에서는 보다 엄격하게 방사전력을 규제하고 있다. 그러므로 이 규정에 따르면 UWB 장치

가 2.4GHz 대역의 무선랜 장치와 공존하기 위해서 FCC Part15의 비허가 무선장치 규정보다 약 10dBm 낮은 방사 전력을 만족해야함으로 실제로 이 상황에서 간섭영향은 거의 없을 것으로 예상된다. 그러나 UWB 장치와 무선랜 장치가 근접해 사용할 경우 간섭영향이 우려되며 국내 UWB 도입을 대비한 기술 기준 설정을 위해서는 FCC의 사용 주파수 제한을 고려하지 않고 국내에서 사용되는 중요 무선장치와의 간섭 영향 분석이 요구된다.

본 실험에서 사용한 UWB 신호 발생기는 FCC의 1st R&O의 3.1-10.6 GHz 사용 주파수 규정보다 낮은 주파수 대역인 2-5GHz에 중심 스펙트럼을 갖는 신호가 발생되므로 만일 2400-2483.5

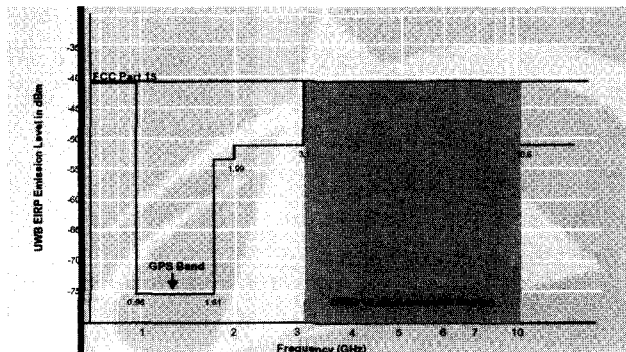


그림 8. FCC 실내 UWB 장치의 스펙트럼 방사 마스크

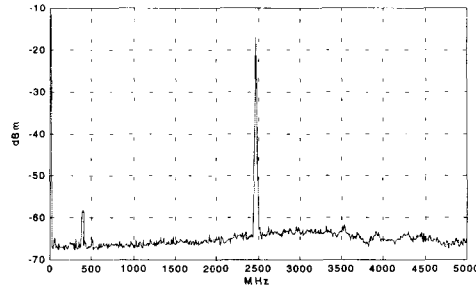


그림 9. UWB와 WLAN 장치의 주파수 공유

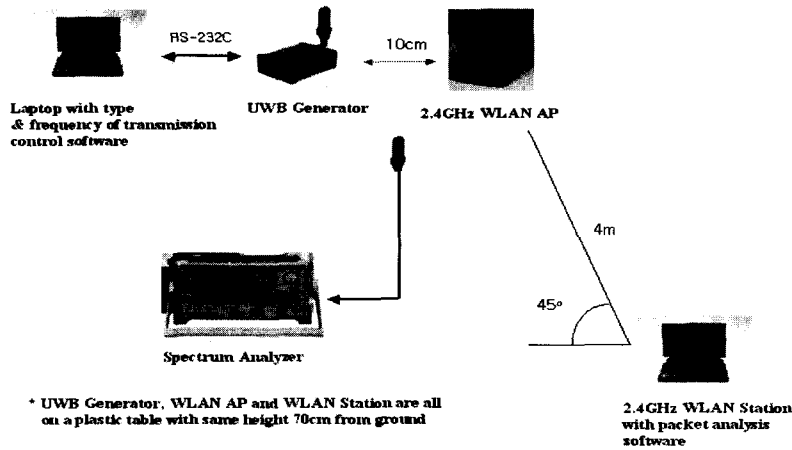


그림 10. 간섭 영향 측정 구성

MHz 대역에서 운용되는 IEEE 802.11b 무선랜 장치와 근접된 실내 환경에서 같이 사용된다면 UWB 신호와 무선랜 장치는 <그림-9>와 같이 일정한 부분의 주파수 대역에서 주파수를 공유하며 동작하게 된다. 이때 무선랜 신호에 비해 UWB 신호의 전력은 잡음과 같이 매우 낮은 수준이다. 무선랜 AP로부터 10cm 떨어진 지점에서 무선랜 장치와 UWB 장치가 같이 사용될 경우 2.47 GHz에서 Carrier-to-Interference Rate(CI R)는 약 45 dBm 정도로 무선랜에 미치는 UWB 신호의 간섭영향은 아주 적다. 그러나 무선랜

AP가 PC Card와 멀리 떨어져 있거나 채널 환경이 좋지 않을 경우 무선랜 장치 신호의 수신 전력은 감소할 것이며 UWB 신호에 의한 간섭 영향은 증가할 것이다. 그러므로 본 실험에서는 두 장치가 근접한 장소에서 주파수를 공유할 경우를 고려하였다.

III. 간섭영향 측정

3.1 측정 구성

간섭 영향 분석을 위한 기본 측정 시험의 구성은 <그림-10>과 같다. 간섭신호 발생 장치는 미국 Time Domain 사의 송수신 안테나가 포함된 UWB 신호 발생기를 사용하였으며 IEEE 802.11b 표준의 (주)알에프티엔티의 AP 및 ORiNOCO PC Card를 사용하였다. 스펙트럼 측정을 위해 스펙트럼 분석기를 사용하였으며 Packet Failure Rate 와 Throughput 측정을 위해 ORiNOCO Client Management Tool이 설치된 Notebook 컴퓨터를 사용하였다.

3.2 Packet Failure 측정

양호한 채널 환경에서 UWB 신호에 의한 무선랜 장치의 간섭영향을 분석하기 위해 <그림-11>과 같은 무선랜 AP 장치가 설치되어 있는 실험실에서 UWB 신호 발생기를 노트북 컴퓨터에 부착된 PC Card에 접근 시키면서 신호대 잡음 비 및 Packet Failure 비율을 측정하였다. 무선랜 AP는 기존 유선 인터넷망에 연결되어 철제 골조의 목재 칸막이가 있는 실험실 한편 구석 상단에 설치되었으며 무선랜 카드 및 UWB 신호 발생기와는 비가시 환경일지라도 비교적 채널 환경이 양호하다. UWB 신호발생기와 PC Card가 장착되어 있는 노트북 컴퓨터를 약 1m 높이의 실험 테이블 위에 놓고 UWB 신호발생기를 노트북에 접근시키면서 측정하였다.

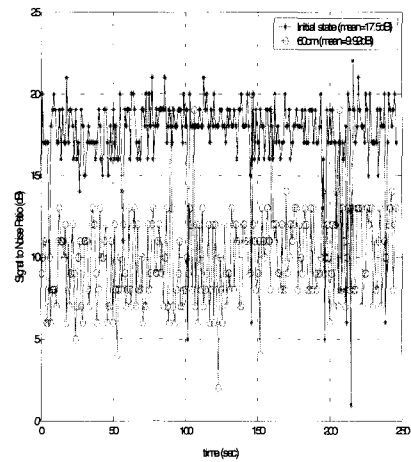
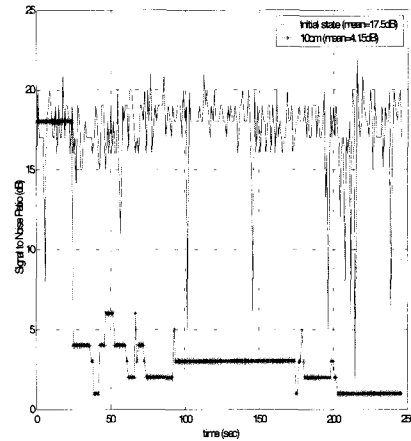


그림 12. 무선랜 장치의 신호 대 잡음비 변화

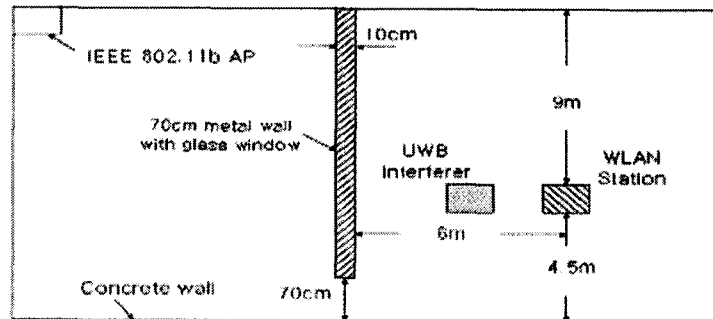


그림 11. Packet Failure 측정 구성

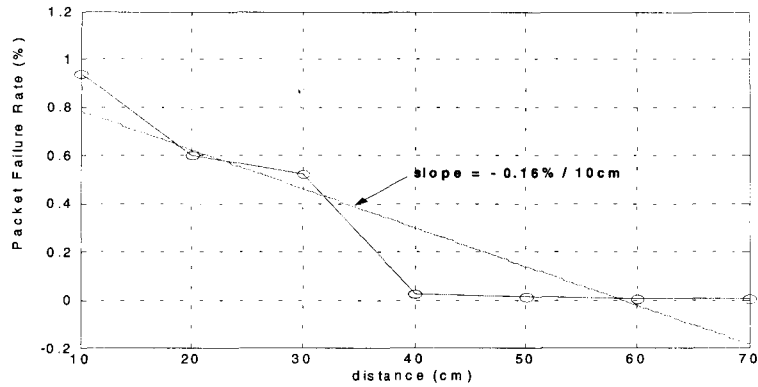


그림 13. Packet Failure 측정 결과

UWB 신호가 없을 경우(UWB 신호발생기 OFF 상태) 무선랜 장치의 신호 대 잡음비는 평균 17.5 dBm을 유지하고 있다. 그러나 <그림-12>에서 보듯이 UWB 신호 발생장치를 무선랜 장치에 가까이 접근 시킬수록 초 광대역의 UWB 신호의 무선랜 장치 동작 주파수 대역에서는 잡음과 같이 작용하여 무선랜 장치의 신호대 잡음비는 낮아지고 있다.

<그림-13>은 노트북 컴퓨터를 고정 시키고 UWB 신호발생기를 10cm 간격으로 접근 시키면서 측정한 Packet Failure rate이다.

ORiNOCO Client tool을 이용하여 1000개의 packet을 전송하여 Loop back Test를 시행하였고

정확도를 위해 같은 지점에서 5회 반복하여 측정하였다. 두 장치간의 간격이 40cm 반경 밖에서는 변화가 나타나지 않았으며 40cm 반경 이내에서는 Packet Failure가 다소 증가함을 보여 주고 있다.

3.2 Throughput 측정

간단한 간섭 영향 측정을 위해 <그림-14>와 같이 UWB 장치와 WLAN 접속장치를 각각 1명의 사용자가 사용하는 사무실 환경에서 측정 하였다.

IEEE802.11b AP는 사무실 한쪽 구석에 설치 되었으며 목재 칸막이가 설치된 개인 사용 공간

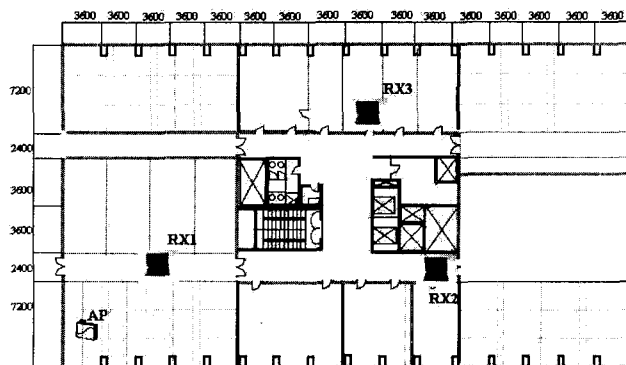


그림 14. Throughput 측정 환경

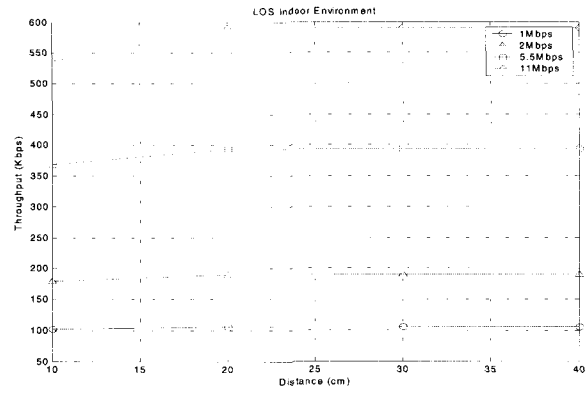


그림 15 (a) RX1 지점에서 Throughput

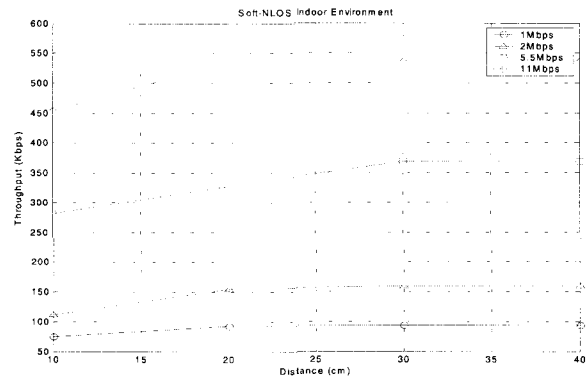


그림 15 (b) RX2 지점에서 Throughput

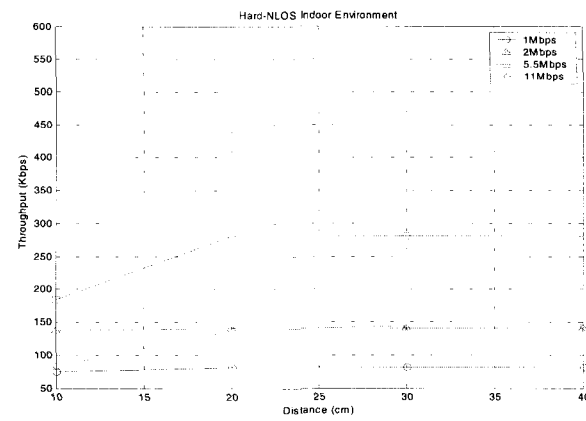


그림 15 (c) RX3 지점에서 Throughput

을 선택하여 무선랜 PC Card를 장착한 노트북 컴퓨터를 테이블 위에 고정하고 UWB 신호 발생기를 10cm 간격으로 접근하면서 신호 대 잡음비(SNR)에 따라 선택된 장소에서 무선랜 장치의 Throughput을 측정하였다.

채널상태는 WLAN 장치의 평균 SNR을 측정하여 채널상태 양호(RX1): 평균 SNR 19dB 이상, 채널상태 보통(RX2): 평균 SNR 13-19dB, 채널상태 불량(RX3): 평균 SNR 7-13 dB 과 같이 3가지 상태로 구분하여 측정 장소를 선택하였다.

<그림-15>는 수신지점 RX1, RX2, RX3에서 신호발생기를 10cm 간격으로 무선랜 PC Card가 장착된 노트북에 접근 시키면서 측정한 Throughput 결과이다. 5.9 Mbyte 크기의 데이터 파일을 FTP(File Transfer protocol)를 이용하여 1, 2, 5.5 11 Mbps 속도로 전송될 때 각각의 경우에서 throughput을 측정하였다. RX1 지점과 같은 아주 채널 상태가 양호한 경우 Throughput 변화는 <그림-15.a>와 같이 아주 적었으며, 채널 상태가 나빠질수록 <그림-15.c>와 같이 Throughput 변화가 증가함을 볼 수 있다. 그러나 20cm 이하로 가깝게 접근시키지 않을 경우 Throughput 변화는 거의 무시할 정도로 변화가 없음을 알 수 있다. 또한 고속 데이터 링크(5.5, 11Mbps)가 저속 데이터 링크(1, 2Mbps)보다 Throughput 변화가 적음을 보여준다.

IV. 결 론

FCC에서 발표한 실내 UWB 통신 장치의 주파수 및 방사 기준을 적용한다면 UWB 신호에 의한 IEEE802.11b 무선랜 장치의 간섭은 무시할 정도로 작을 것이다. 그러나 UWB 무선기술의 도입을 앞두고 있는 국내 상황에서는 기존에 사용하고 있는 중요 무선장치와의 상호 간섭 영향

평가를 통한 국내 UWB 기술기준 설정이 시급하게 요구되고 있다. 그러므로 본 실험에서는 FCC에서 규정하고 있는 UWB 사용 주파수를 무시하고 UWB 장치와 IEEE802.11b 무선랜 장치가 같이 사용될 경우를 가정하고 미국 Time-Domain에서 제작된 UWB 신호 발생기를 이용하여 실제 무선랜 장치가 설치된 실내 환경에서 무선랜 장치의 Packet Failure Rate 및 Throughput 측정을 통해 간섭 영향을 분석하였다.

간섭 영향 측정 결과를 분석하면 UWB 신호에 의한 IEEE802.11b 무선랜의 간섭 영향은 가시거리 환경과 같은 채널상태가 양호한 경우에는 거의 영향을 받지 않는다. 그러나 비가시 환경과 같은 채널 상태가 나쁜 경우 Packet Failure Rate는 두 장치간의 거리가 40cm 이내로 접근할 경우, Throughput은 20cm 이내로 근접될 경우 그 성능이 저하됨을 알 수 있다. 그러므로 두 장치간의 이격 거리가 최소 20cm 이상에서는 UWB 신호가 무선랜 장치에 거의 간섭 영향을 미치지 못하고 있다. 그러나 본 간섭 영향분석은 두 장치 모두 다중 사용자를 고려하지 않았으므로 만일 이를 고려한다면 두 장치간의 간섭 영향을 피하기 위한 최소 이격 거리는 다소 넓어질 것이다. 그러므로 이러한 조건을 고려한 간섭 영향분석 연구가 요구되고 있다.

참고문헌

- [1] J. Foerster, E. Green, S. Somayazulu and D. Leeper, "Ultra-Wideband Technology for Short or Medium Range Wireless Communications", Intel Technology Journal, Q2, 2001.
- [2] Channel Modeling Sub-Committee Report Draft, IEEE 802.15-02 /368r4-SG3a,

Oct. 2002.

- [3] FCC Notice of Proposed Rule Making, "Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra Wideband Transmission Systems," ET Docket, 98-153
- [4] "User Manual for UWB Signal Generator and Tag," TDC, 2002
- [5] FCC Notice of Proposed Rule Making, "Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-wideband Transmission System," ET-Docket 98-153.
- [6] J. Lansford, A. Stephens, and R. Nevo, "Wi-Fi(802.11b) and Bluetooth: Enabling Coexistence," IEEE Network, Sep/Oct 2001
- [7] "Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specifications," IEEE Press, Jan. 14, 1999.