

2.4GHz ISM 대역에서 IEEE 802.11b 기반의 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 분석

Analysis of Radio Interference between RF Lighting Device and IEEE 802.11b WLAN

박진아 (J.A. Park)

기술기준연구팀 연구원

박승근 (S.K. Park)

기술기준연구팀 책임연구원

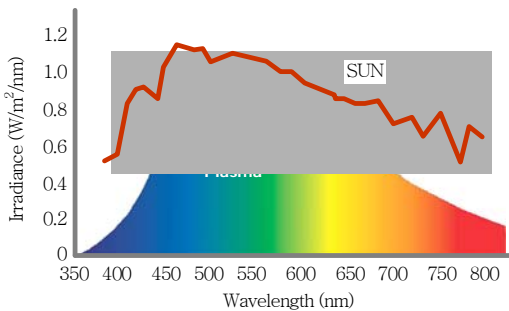
목 차

-
- I. 서론
 - II. RF 전구와 IEEE 802.11b 무선랜의 전파간섭 분석
 - III. 결론

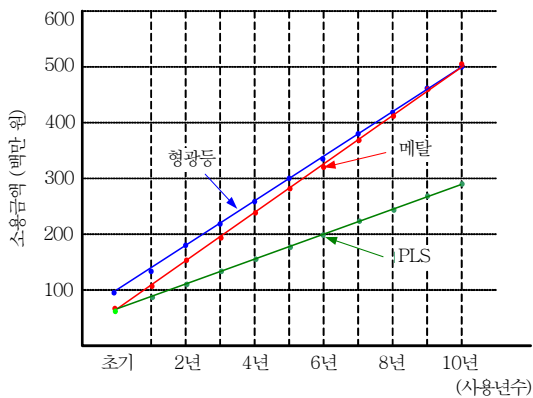
본 논문에서는 2.4GHz 마그네트론을 이용하는 RF 전구에 대하여 동 대역을 사용하는 IEEE 802.11b 기반의 무선랜과 전파간섭을 분석하였다. RF 전구가 무선랜에 미치는 전파간섭을 분석한 결과, LOS 환경(무선랜 수신전력 -63dBm/MHz)에서는 무선랜 채널 9, 10에 약 1~2Mbps의 전송속도 저하를 유발하였으며, Non-LOS 환경(무선랜 수신전력 -78dBm/MHz)에서는 무선랜 채널 6-11번에 통화절단 현상을 야기하였다. 그러나, RF 전구 수에 따른 간섭전력의 누적효과는 없는 것으로 나타났다.

I. 서론

조명기기의 친환경, 고효율 및 빛의 고품질 추세에 따라 향후에는 기존의 전구 조명기기가 플라즈마(PLS), LED, 무전극 형광등 등 무전극 조명기기로 대체될 전망이다. 전극과 무전극램프의 차이점은 원자 안의 전자가 높은 에너지를 갖도록 해주는 발광 방법에 있다. 기존의 전극램프는 +, - 전극에 전압을 걸어 음극선으로부터 방출된 전자의 충돌을 통하여 원자 안의 전자를 높은 에너지로 만들어주는 것이고, 무전극램프는 외부의 전자기파를 이용하여 원자 안의 전자가 높은 에너지를 갖도록 만들어 주는 것이다. 그러나 이러한 과정에서 전극램프는 인체에 좋지 않는 수은을 함께 방출하게 되고, 수명도 길지 않은 반면, 무전극램프는 수은을 사용하지 않으며, (그림 1)과 같이 태양광과 거의 유사한 스펙트럼을 나타내기 때문에 눈의 피로가 적고, (그림 2)와 같이



(그림 1) 플라즈마 전구의 스펙트럼



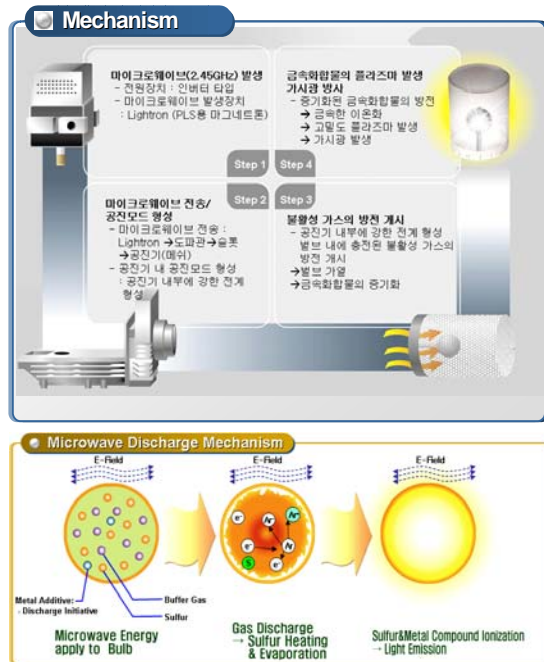
(그림 2) 사용년수에 따른 조명기기별 소요금액 비교

사용년수에 따른 경제적인 이점도 가지고 있다.

앞서 언급한 바와 같이 전극대신 전파를 이용하는 조명기기를 RF 전구라 하고, 사용하는 주파수에 따라 저주파(200~300kHz) 전구, 중파(2.2~3MHz) 전구, 초고주파(2.4~2.5GHz) 전구로 분류된다. 최근 2.4GHz 주파수를 이용하여 호텔과 도로 가로등을 대체할 수 있는 대형 RF 전구가 개발되었으며, 사무실과 가정에서 이용할 수 있는 소형 RF 전구의 연구가 활발하다.

(그림 3)은 2.4GHz를 이용한 초고주파전구의 개발과정 및 동작원리를 나타낸다.

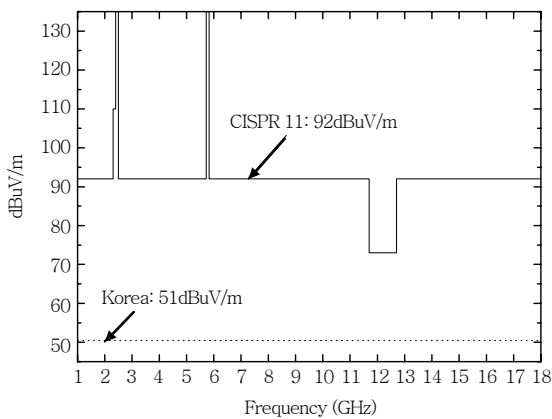
RF 전구의 요구 및 개발열기가 고조됨에 따라, 미국 FCC에서는 중파전구에 대한 기술기준을 1990년대에 마련하였으나, 현재 2.4GHz ISM 대역을 사용하는 초고주파전구에 대한 기술기준을 마련하지 못한 상황이다[1]. 일본은 저주파 및 중파전구에 대한 기술기준을 마련하였다. 우리나라의 경우, 무선설비규칙 제3장 고주파용설비의 기술기준에서 별도의 RF 전구 기술기준을 마련하고 있지 않고, 타 전파용설비와 동일한 기준을 적용하고 있다. 또



(그림 3) RF 전구 개발과정 및 동작원리

〈표 1〉 국내외 ISM 대역을 이용하는 RF 전구 이용제도 비교

분류 국가	전계강도 규제여부		RF 전구 별도 규정			RF 전구 설치		
	대역 내부	대역 외부	분류	기준치	비고	사례	방법	적용기준
한국	○	○	X	X	타 전파응용설비와 동일한 기준 적용	없음	허가	검토중
일본	X	○	○	○	저주파·중파전구에 대한 규정만 정비	없음	설비인증	일본총무성에 요청
미국	X	○	○	○	중파전구에 대한 규정만 정비	있음	설비인증	마련중
유럽	X	○	○	X	전자레인지 기준 적용	있음	설비인증	-



(그림 4) 국내 기준과 CISPR 11 기준 비교

한, ISM 대역에서는 ISM 기기의 기본파를 규제하지 않는다는 ITU-R 전파규칙(radio regulation)과 달리, 국내에서는 ISM 대역에서 ISM 기기의 기본파를 제한하고 있다. <표 1>은 ISM 대역을 이용하는 RF 전구에 대하여 국내외 기술기준 및 이용제도를 비교한 결과이다. [붙임]은 RF 전구의 규격 적합 측정 사진을 나타낸다.

(그림 4)는 RF 전구에 적용되는 유럽의 CISPR 11 기준치와 국내 기준치를 비교한 것이다[2]-[4].

또한, 현재 국내 2.4GHz ISM 대역에서는 Nespot, Anyway 등 IEEE 802.11b 기반의 무선랜을 이용하여 상용화 서비스를 제공하고 있으므로 RF 전구의 도입시 상용무선랜 서비스와 전파간섭이 야기될 가능성이 높다. 그러나, ITU-R 전파규칙에 근거하여 ISM 대역에서는 ISM 기기에 우선권이 있고, ISM 대역을 사용하는 비신고(소출력, 근거리) 무선 기기는 전파간섭을 용인해야 한다는 규정에 기초하

여 실제로 미국에서는 ISM 대역에서 ISM 기기인 RF 전구의 우선순위를 인정하였다. 또한, 국내에서도 2003년 RF 전구와 무선랜, 전자레인지, 영상전송 장치 등 전파간섭을 분석한 바 있다[5].

본 논문에서는 RF 전구의 도입과 관련하여 2.4 GHz ISM 대역을 이용하는 IEEE 802.11b 기반의 무선랜과 RF 전구의 전파간섭을 분석하였다. II장의 1절에서는 무선랜과 RF 전구의 규격 및 스펙트럼을 살펴보고, 2절에서 전파간섭 시나리오를 설명하였으며, 3절에서는 전파간섭 결과를 분석하였다.

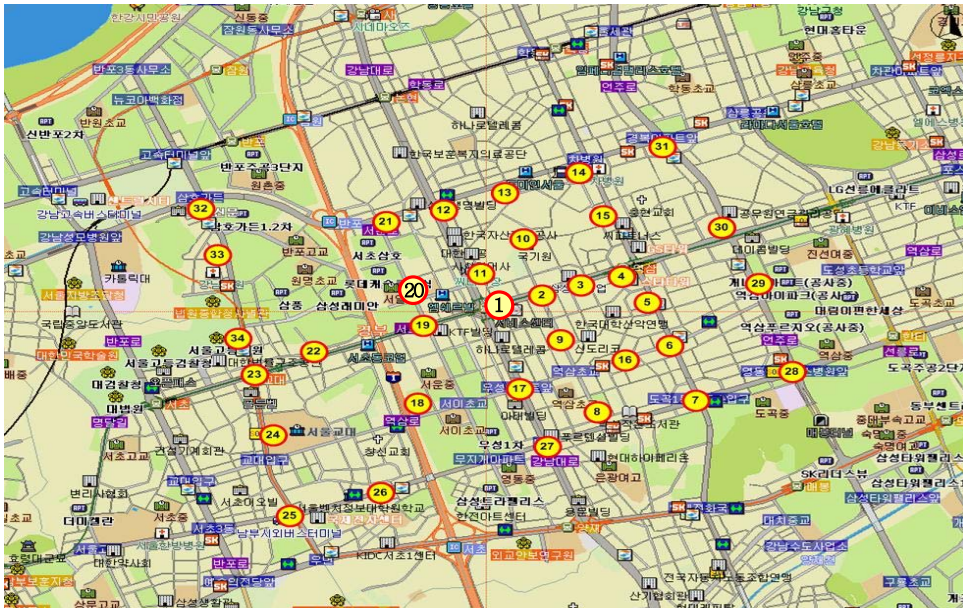
II. RF 전구와 IEEE 802.11b 무선랜의 전파간섭 분석

1. RF 전구와 무선랜의 스펙트럼 측정

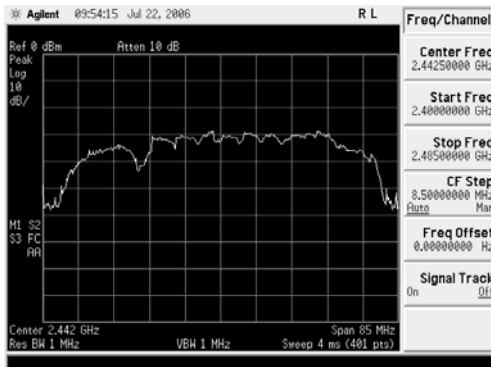
실제 2.4GHz 대역을 사용하는 무선랜의 밀도를 측정하기 위해 2006년 7월 25일 서울 강남역 주변에서 전파환경을 분석하였다.

(그림 5)는 서울 강남역 주변의 34측정 지점을 나타낸다. 또한, (그림 6)은 각 1번과 20번 지점에서 측정한 스펙트럼을 나타낸다.

(그림 6)에 의하면, 대도교변에 위치한 1번 측정 지점(강남역 1번 출구)의 경우, 2.4GHz 주파수 거의 대부분의 대역을 점유하고 있는 것으로 나타났으나, 1번 측정지점에 비해 약간 외각에 위치한 2번 측정지점(서초초등학교)의 경우, 주파수 스펙트럼이 간헐적으로 이용되는 것으로 나타났다.



(그림 5) 강남역 주변 측정지점



(a) 1번 측정지점의 스펙트럼



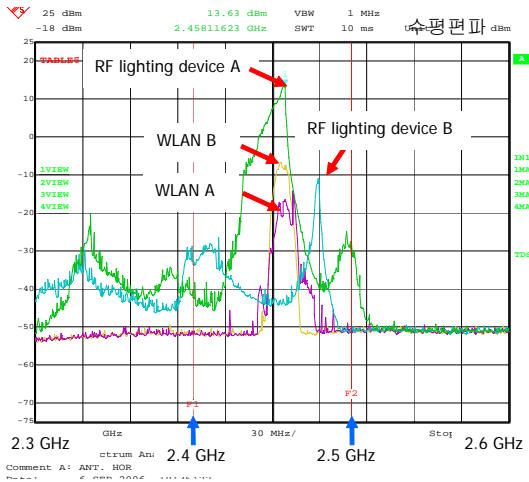
(b) 20번 측정지점의 스펙트럼

(그림 6) 측정지점의 스펙트럼 비교

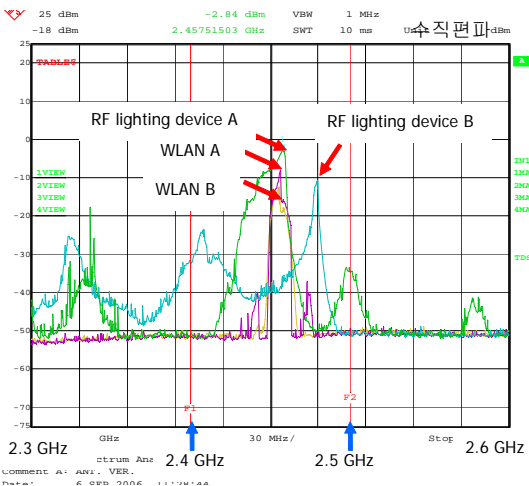
<표 2> IEEE 802.11b 무선랜 채널

채널번호	주파수(MHz)
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472

RF 전구는 2.457GHz의 중심주파수를 사용하여 2.4GHz ISM 전 대역에 방사되는 반면, IEEE 802.11b 기반의 무선랜은 2.4~2.4835GHz 사이에 5 MHz 간격으로 13채널(미국의 경우, 11채널)이 가용하며, 채널대역폭은 22MHz이고, 각 채널별 중심 주파수는 <표 2>와 같다.



(a) 수평편파



(b) 수직편파

(그림 7) RF 전구와 무선랜간의 스펙트럼 비교

본 측정에서는 최악의 상황을 연출하기 위해 RF 전구의 기본파가 2.457GHz를 사용할 때, 정확히 주파수가 일치하는 무선랜 채널 10번(2.457GHz)에 고정하여 측정하였고, RF 전구 및 무선랜 각각 두 모델이 이용되었다. 이때 측정된 스펙트럼을 (그림 7)에서 나타낸다.

(그림 7)에서 두 개의 RF 전구 중에서 출력이 높은 스펙트럼을 나타내는 A기기를 간섭기로 결정하였고, 무선랜은 제품회사에 따른 성능차이를 감안하여 외산제품과 국내제품을 모두 사용하여 측정하였



(그림 8) RF 전구 외관

<표 3> RF 전구 규격

Lumen	Photopic	62,000lm	61,000lm	58,000lm
	Mesopic	83,700lm	88,900lm	86,900lm
CCT (K)		4,500K	6,000K	7,500K
(x,y)	x=0.3418	x=0.3009	x=0.2881	
	y=0.4254	y=0.3746	y=0.3554	
CRI		80Ra	80Ra	80/90Ra
Beam Angle		120°		
Power		730W		
V		220V/60Hz, 50Hz		
Kg		19kg		

주) 실험에 사용한 RF 전구는 CISPR 11, Group 2, Class B 규격을 만족함

다. (그림 8)은 이번 실험에 사용된 RF 전구((그림 7)의 RF lighting device A에 해당)의 외관을 나타내며, 건물을 비추는 경관용 조명으로 이용된다. <표 3>에서 세부 규격을 정리하였다.

2. 전파간섭 시나리오

본 논문에서는 RF 전구가 무선랜에 미치는 전파간섭을 분석하기 위해 <표 4>와 같이 RF 전구를 간섭무선국(interferer)으로, 무선랜을 피해무선국(victim)으로 가정하였다. 실험은 2006년 7월부터 9월까지 약 두 달간 경남 창원 LG전자 EMC 센터의 전파무반사실(chamber)에서 실시하였다.

<표 4> 전파간섭 분석 대상기기

피해무선국(victim)	간섭무선국(interferer)
IEEE 802.11b WLAN	RF 전구

또한, 전파간섭 분석 시나리오의 실험환경은 (그림 9)와 같이 피해무선국과 간섭무선국이 LOS인 환경과 Non-LOS 환경으로 나누어 실시하였다.

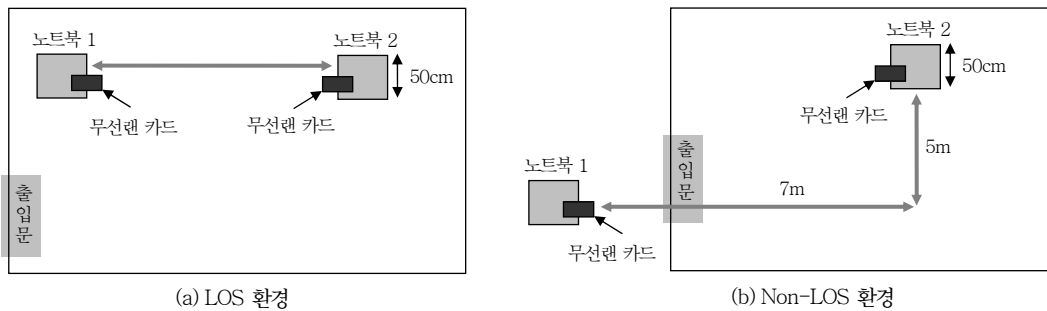
LOS인 환경은 수신신호세기가 강하여 간섭무선국이 있어도 전파간섭의 영향에 적게 보일 수 있으나, Non-LOS 환경에서는 작은 간섭신호에도 민감하게 반응할 수 있으므로 두 가지 실험환경을 설정하였다. 본 논문에서는 <표 5>와 같이 LOS의 환경

을 -63dBm, Non-LOS 환경은 -78dBm으로 설정하였다.

3. 전파간섭 분석 결과

가. 무선랜과 RF 전구의 전파간섭

<표 6>은 RF 전구에 의해 영향을 받는 무선랜의



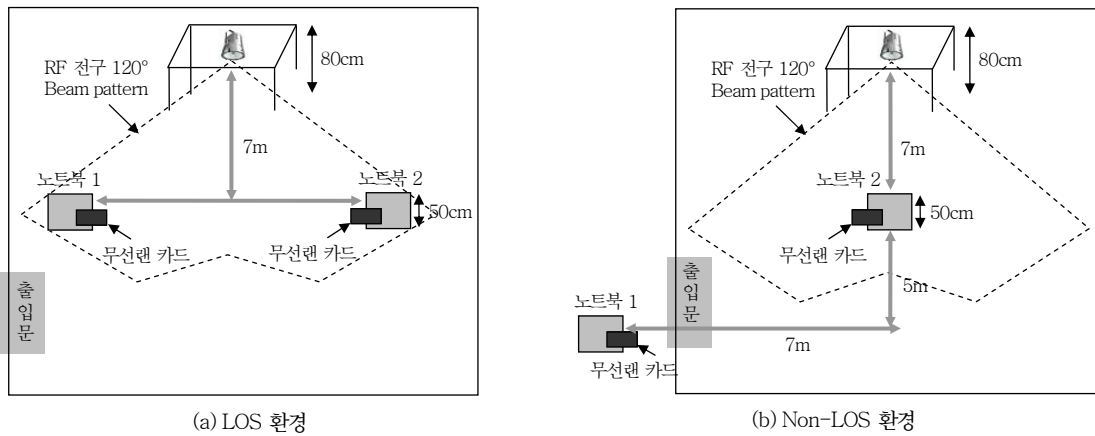
(그림 9) 실험환경

<표 5> 실험환경

실험 환경(experimental environments)	수신신호세기(received signal strength)
LOS	-63dBm/MHz
Non-LOS	-78dBm/MHz

<표 6> 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 측정결과

WLAN Channel	전송속도(Throughput, Mbps)			
	LOS 환경		Non-LOS 환경	
	WLAN A	WLAN B	WLAN A	WLAN B
1	4.598	4.832	4.236	3.2795
2	4.646	4.822	4.029	3.2105
3	4.659	4.888	4.357	4.5485
4	4.651	4.916	3.558	4.947
5	4.567	4.901	0.0375	3.587
6	4.513	4.826	Blocking	2.263
7	4.571	4.726	Blocking	0.661
8	4.490	4.588	Blocking	Blocking
9	4.303	3.059	Blocking	Blocking
10	4.310	2.929	Blocking	Blocking
11	4.446	4.774	Blocking	0.423
12	4.483	-	0.557	-
13	4.614	-	4.624	-



(그림 10) 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 구성도

전송속도 변화를 나타내고, (그림 10)은 RF 전구와 무선랜의 전파간섭 측정 구성도를 나타낸다.

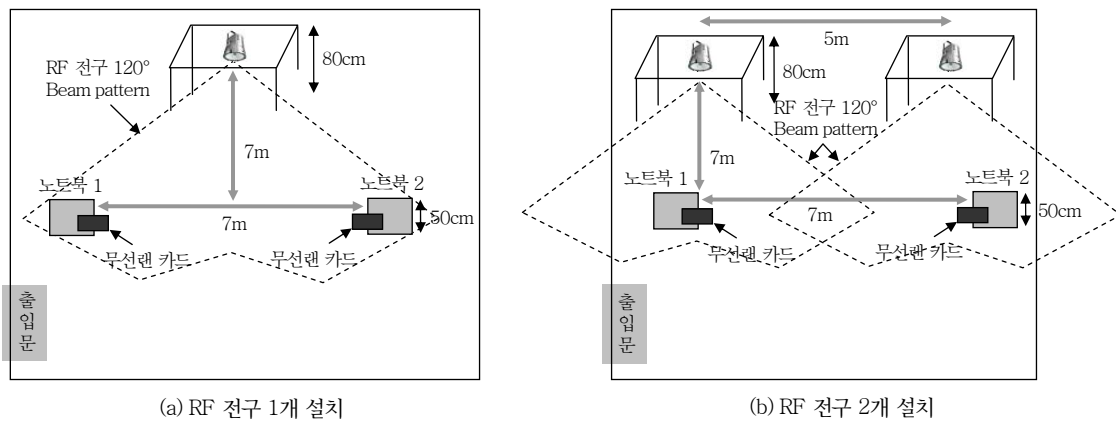
<표 6>에 의하면, LOS 환경에서는 RF 전구에 의해 영향 받는 무선랜 채널은 RF 전구와 중심주파수가 정확히 일치하는 9번, 10번에 약 1~2Mbps 정도의 전송속도 저하가 일어났다. 그러나, Non-LOS 환경에서는 약 8개 채널에서 통화절단 및 전송속도 저하가 나타났고, 무선랜 제품간 전송속도에도 차이가 나타났다.

나. 중첩효과

이 절에서는 간섭무선국 수에 따른 간섭의 중첩 효과를 확인하였다. 특히 RF 전구는 120° 빔 패턴

을 갖기 때문에 도로에 가로등으로 활용되면 최소 약 5~7m 간격으로 설치되기 때문에 RF 전구 수에 따른 간섭신호세기의 증가 및 효과를 확인할 필요가 있다. (그림 11)과 (그림 12)는 각각 LOS 환경과 Non-LOS인 환경에서 RF 전구 수에 따른 중첩효과를 확인하기 위한 측정구성도이고, <표 7>과 <표 8>은 RF 전구가 1개 설치된 경우와 5m 간격으로 2개 설치된 경우의 각각 LOS 환경과 Non-LOS인 환경에서의 무선랜 전송속도 변화를 나타내었다.

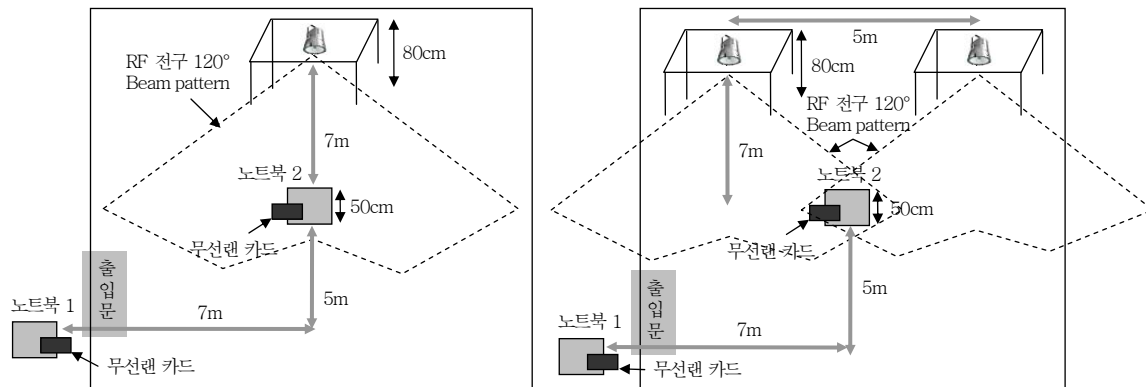
<표 7>에 의하면, LOS 환경에서는 RF 전구에 의해 무선랜 채널 9, 10번에서 전송속도 저하가 약 1~2Mbps 일어날 뿐 RF 전구 수에 따른 중첩효과는 보이지 않았으며, <표 8>에서도 중첩효과는 없



(그림 11) 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 구성도_중첩효과_LOS 환경

〈표 7〉 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 측정결과_중첩효과_LOS 환경

WLAN Channel	전송속도(Throughput, Mbps)			
	WLAN A		WLAN B	
	RF 전구 #1	RF 전구 #2	RF 전구 #1	RF 전구 #2
1	4.598	4.512	4.832	4.807
2	4.646	4.587	4.822	4.938
3	4.659	4.629	4.888	4.913
4	4.651	4.606	4.916	4.914
5	4.567	4.569	4.901	4.903
6	4.513	4.544	4.826	4.777
7	4.571	4.554	4.726	4.625
8	4.490	4.566	4.588	4.531
9	4.303	4.329	3.059	3.386
10	4.310	4.130	2.929	3.192
11	4.446	4.483	4.774	4.641
12	4.483	4.510	-	-
13	4.614	4.609	-	-



(a) RF 전구 1개 설치

(b) RF 전구 2개 설치

(그림 12) 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 구성도_중첩효과_Non-LOS 환경

〈표 8〉 무선랜과 RF 전구의 전파간섭 측정결과_중첩효과_Non-LOS 환경

WLAN Channel	전송속도(Throughput, Mbps)			
	WLAN A		WLAN B	
	RF 전구 #1	RF 전구 #2	RF 전구 #1	RF 전구 #2
1	4.236	4.379	3.2795	3.521
2	4.029	4.595	3.2105	3.686
3	4.357	4.468	4.5485	4.422
4	3.558	4.013	4.947	4.118
5	0.0375	0.574	3.587	3.533

(뒤에 계속)

(계속)

WLAN Channel	전송속도(Throughput, Mbps)			
	WLAN A		WLAN B	
	RF 전구 #1	RF 전구 #2	RF 전구 #1	RF 전구 #2
6	Blocking	Blocking	2.263	2.382
7	Blocking	Blocking	0.661	0.471
8	Blocking	Blocking	Blocking	Blocking
9	Blocking	Blocking	Blocking	Blocking
10	Blocking	Blocking	Blocking	Blocking
11	Blocking	Blocking	0.423	0.831
12	0.557	1.573	-	-
13	4.624	4.602	-	-

는 것으로 판단되었다. 오히려, 무선랜 제품별 전송 속도 차이가 큰 것으로 나타났다.

III. 결론

본 논문에서는 최근 환경친화적인 조명기기로 각광을 받고 있는 RF 전구를 소개하고, 2.4GHz ISM 대역을 사용하는 RF 전구가 도입될 경우, 현재 상용화된 IEEE 802.11b 기반의 무선랜과 전파간섭이 우려되어 몇 가지 시나리오로 RF 전구와 무선랜간의 전파간섭을 분석하였다.

전파간섭 결과에 따르면, LOS 환경(수신신호세기: -63dBm/MHz)에서 RF 전구와 무선랜이 약 5 m 거리에 존재할 경우, RF 전구가 무선랜에 미치는 영향은 중심주파수가 정확히 일치하는 9, 10번 채널에서 약 1~2Mbps 정도의 전송속도 저하가 일어난

다. 또한, Non-LOS 환경(수신신호세기: -78dBm/MHz)에서는 무선랜 제품에 따라 약 6~8개 채널에 통화절단 및 전송속도 저하의 영향을 미쳤다. 또한, RF 전구가 도로에 가로등으로 활용될 경우를 감안하여 RF 전구 수에 따른 간섭전력의 중첩(누적) 효과를 확인하였으나, LOS 및 Non-LOS 환경 모두 중첩효과는 없는 것으로 나타났다.

본 논문에서는 2.4GHz ISM 대역을 사용하는 RF 전구에 대해 대역 내에서의 무선랜간의 전파간섭만 다루었다. 이외에도 2.4GHz 이하 및 2.5GHz 이상의 주파수 대역에서의 스푸리어스 및 상호변조(IMD)에 의한 전파간섭을 분석할 필요가 있으며, 필요에 따라 저감기술을 이용하여 사용대역 외에서 발생하는 RF 전구의 불요파를 제한해야 한다.

무엇보다 중요한 것은 미국, 유럽, 일본 등과는 달리 국내는 RF 전구를 별도 규정 없이 전파이용설비로 포괄하여 규제하므로 신개념 RF 전구인 RF 전구에 적용하기에 한계가 있음을 인식하고, RF 전구의 운용특성을 고려한 별도 규정 마련이 필요하다고 판단된다.

또한, 국내에서만 유일하게 ISM 대역 내에서 ISM 기기의 기본파 세기를 규제하고 있는 것으로 나타났고, 해외(ITU-R 전파규칙 및 미국 FCC 등)의 규제와 달리 ISM 대역을 사용하는 ISM 기기(국내 표현: 전파이용설비)의 전계강도를 대역 내부도 외부와 동일한 수준으로 규제하고 있어 이에 대한

● 용어해설 ●

ISM 대역: 산업, 과학, 의료용기기가 운용될 수 있도록 ITU-R에서 지정한 주파수 대역으로서, ITU-R에서는 ISM 대역으로 13553~13567kHz, 26975~27283 kHz, 40.66~40.70MHz, 902~928MHz, 2.4~2.5GHz, 5.725~5.875GHz, 24~24.25GHz를 지정함

CISPR(국제무선장해특별위원회): 국제전기표준회의(IEC) 산하의 위원회, 전자파에 관한 허용한도, 측정법, 측정 장비 등을 권고로 발표하고 참가국들은 CISPR의 권고안을 준용하여 기술기준 및 법적 장치를 마련함

검토 및 개선이 필요한 시점이라 하겠다.

현재 RF 전구 설치시 일일이 허가를 받아 사용하도록 되어 있으나, 사용상 불편을 초래하여 관련산업 발달을 저해할 가능성이 있으므로 국내도 해외사례를 참고하여 보다 편리한 RF 전구 도입 및 관리 방안을 마련할 필요가 있다고 판단된다.



(A) Magnetic Field Emissions Chamber: 0.15~30MHz



(B) Radiated Emissions Open Site: 30MHz~1GHz



(C) Radiated Emissions: 1~18GHz

(붙임 1) RF 전구 규격적합 측정방법

약어 정리

FCC	Federal Communication Committee
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMD	Intermodulation
ISM	Industrial, Science, Medical
ITU-R	International Telecommunication Unit-Radio communication
LED	Luminescent Diode
LOS	Line of Sight
PLS	Plasma
RF	Radio Frequency

참고 문헌

- [1] FCC, http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_05/47cfr15_05.html
- [2] CISPR Publications 11 Ed.4.0, "Industrial, Scientific and Medical (ISM) Radio-frequency Equipment - Electromagnetic Disturbance Characteristics - Limits and Methods of Measurement," Mar. 2003.
- [3] CISPR Publication 15 Ed. 6.0, "Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics of Electrical Lighting and Similar Equipment," 2003.
- [4] CISPR 22, "Information Technology Equipment - Radio Disturbance Characteristics - Limits and Methods of Measurement," 1997.
- [5] Jin-A Park, Seung-Keun Park, Dong-Ho Kim, Pyung-Dong Cho, and Kyoung-Rok Cho, "Experiments on Radio Interference Between Wireless LAN and Other Radio Devices on a 2.4GHz ISM Band," VTC-spring-2003, Apr. 2003.