
900MHz 대역의 LR-WPAN에 의한 간섭영향 분석

강상기*

Analysis of Interference Effects Caused by LR-WPAN in the Frequency Band of 900MHz

Sanggee Kang*

요 약

IEEE 802.15.4로 알려진 LR-WPAN(Low-Rate Wireless Personal Area Network)은 현재까지 발표된 시스템 규격 중에서 가장 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 구현하기 적합한 시스템으로 인식되고 있다. 본 논문에서는 LR-WPAN이 900MHz 대역에서 이용되는 경우, 타 시스템에 미치는 간섭 영향을 시뮬레이션하였다. 국내의 900MHz 대역 주파수 이용 현황을 고려해보면, LR-WPAN이 RFID/USN으로 할당된 주파수를 공유해서 이용하는 것을 생각해볼 수 있다. LR-WPAN이 RFID/USN 대역을 공동으로 이용하는 경우에 대한 간섭 시뮬레이션 결과, CT1과 RFID에 미치는 간섭확률은 각각 2.5%와 2.1%로 계산되었으며, 공공통신에 미치는 간섭 영향이 없기 위해서는 약 100m 이상의 보호거리가 필요한 것으로 계산되었다.

ABSTRACT

LR-WPAN(Low-Rate Wireless Personal Area Network) known as IEEE 802.15.4 is considered as one of the most suitable specifications published until now to accomplish USN(Ubiquitous Sensor Network). In this paper we simulate interference effects to other systems if LR-WPAN will be used in 900MHz. In considering the current usage situation of 900MHz frequency band, we can think LR-WPAN shares the frequency band of 908.5 ~ 914MHz assigned for RFID/USN. The simulation results of the case of LR-WPAN and RFID/USN sharing the frequency band show that the probability of interference of LR-WPAN to CT1 and RFID is 2.5% and 2.1%, respectively. In order to avoid interference effects to public communications, simulation results show that the protection distance of about 100m is needed.

키워드

LR-WPAN(Low-Rate Wireless Personal Area Network), USN(Ubiquitous Sensor Network), 간섭분석(Interference Analysis), 무선식별(RFID: Radio Frequency Identification), 주파수 공유(Sharing Frequency)

I. 서 론

최근에 저가, 저전력, 저속의 데이터 통신을 목표로 IEEE 802.15.4에서 PHY와 MAC에 대한 표준화가 진행되어, 2003년 5월에 LR-WPAN에 대한 표준을 제정하였다[1]. 그리고 이 표준안에 대한 성능 개선을 위해서 IEEE 802.15.4b가 2004년부터 활동을 시작하여 2006년 3

월에 표준안을 발표하였다. 그림 1은 WLAN(Wireless Local Area Network)과 WPAN 표준을 만족하는 시스템들의 성능을 복잡도, 전력소모 및 데이터 전송률로 간략하게 비교하여 나타내었다[2]. 그림 1에서 IEEE 802.15.4 규격은 현재까지 발표된 기술 중에서 가장 효과적으로 저가, 저전력의 무선통신 시스템을 구현할 수 있는 규격을 알 수 있다.

* 군산대학교

IEEE 802.15.4에 기술된 유틸리티와 복미의 사용주파수는 각각 868 ~ 868.6MHz와 902 ~ 928MHz로 서로 다르며, 전세계에서 공통으로 사용할 수 있는 주파수는 2400 ~ 2483.5MHz이다. 그러나 현재 국내에서는 LR-WPAN에 주파수가 할당되어 있지 않다.

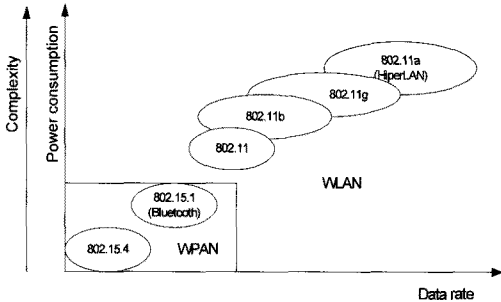


그림 1. WLAN과 WPAN 표준의 비교
Fig. 1. Comparison of the specifications of WLAN and WPAN

IEEE 802.15.4에서 언급된 868 ~ 868.6MHz와 902 ~ 928MHz 대역은 국내의 주파수 할당과 일치하지 않기 때문에 LR-WPAN이 국내에서 이용되려면, 우리나라 실정에 맞게 주파수가 분배되어야 한다. 따라서 LR-WPAN에 새로운 주파수 대역을 할당하려면, 인접 대역의 주파수를 사용하고 있는 기존 시스템에 미치는 간섭 영향을 고려해서 주파수를 분배해야 한다. 더욱이 이미 다른 시스템이 사용 중인 주파수를 공유하고자 하는 경우에는 타 시스템에 미치는 간섭 영향의 정도를 충분히 검토해서 주파수 공유 여부를 판단해야 한다.

본 논문에서는 900MHz 대역에서 국내의 주파수 이용 현황과 국제표준을 고려해서 LR-WPAN에 할당 가능한 국내 주파수 대역을 조사한 다음, 할당 가능한 주파수 대역을 LR-WPAN 시스템이 이용하는 경우, 그 주파수 대역을 사용하고 있는 타 시스템과 인접 주파수 대역을 사용하고 있는 타 시스템에 미치는 간섭 영향을 분석하고 검토함으로써 900MHz 대역에서 LR-WPAN의 이용 가능성을 검토하고자 한다.

II. 900MHz 대역 주파수 이용현황과 LR-WPAN

그림 2는 우리나라 900MHz 대역의 주파수 이용 현황이다[3]. 그림 2로부터 우리나라의 경우 900MHz 대역에는 ISM 밴드가 없기 때문에 902~928MHz를 LR-WPAN 주파수로 할당할 수 없고, 902~928 MHz 대역의 일부인 908.5~914MHz 대역이 RFID/USN으로 할당되었음을 알 수 있다. 또한 그림 2로부터 RFID/USN 대역을 LR-WPAN이 공유하는 경우, RFID, CT1 및 공공통신에 미치는 간섭 영향을 분석할 필요가 있음을 알 수 있다. RFID/USN에 할당된 주파수는 간섭을 허용하는 조건으로 주파수를 할당하였기 때문에, LR-WPAN 시스템이 RFID 시스템에 미치는 간섭 영향이 미미하다면, 두 시스템은 이 주파수 대역에서 서로 공존할 수 있다.

900	908.5	914	915	923.55	924.45	936	940	959	960
	RFID	CT1		양방향 Pager		무선 데이터	방송 중계		CT1
8.5MHz	5.5MHz	1MHz	8.55MHz	0.9 MHz	12.5MHz	2MHz	19MHz		1MHz
공공	RFID/USN	상행	공공	사입 추진	공공	에어머 디어 통	방송사		허용

그림 2. 900MHz 대역 주파수 이용 현황
Fig. 2. The situation of frequency usage of 900MHz frequency band

국내 주파수 할당 현황과 국제 표준을 고려해보면 LR-WPAN에 할당 가능한 주파수 대역으로는 RFID/USN용으로 할당된 908.5 ~ 914MHz 대역 및 무선데이터 통신용으로 주로 이용되고 있는 2400 ~ 2483.5MHz 대역에서 LR-WPAN의 사용을 고려해볼 수 있다. 908.5 ~ 914MHz는 향후에 LR-WPAN을 USN으로 이용할 가능성이 많기 때문에 긍정적인 검토가 필요하다. 2.4GHz 대역은 무선 데이터 통신 시스템, 무선 랜 및 기타 용도로 많은 시스템이 사용하기 있기 때문에 서로 간의 간섭 영향은 피할 수 없을 것으로 예상된다.

LR-WPAN 시스템이 타 시스템에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 우선 LR-WPAN 시스템의 전기적 특성이 결정되어야 한다. 900MHz 대역에서 고려한 LR-WPAN 시스템의 주요 전기적 특성은 표 1과 같다[1,4]. 표 1의 전기적 특성과 더불어 LR-WPAN의 듀티 사이클(duty cycle)은 1% 이하를 고려하였고, 타 시스템과의 주파수 공유를 위하여 타 시스템의 주파수 사용 여부를 확

인하기 위한 수단으로 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)를 이용하는 것으로 하였다. 표 1에서 LR-WPAN의 채널간격은 600kHz 시스템을 고려하였는데, 그 이유는 복미와 같이 채널간격을 2MHz로 고려하는 경우, RFID/USN 대역에서 2개의 채널 밖에 이용할 수 없기 때문에 실제 사용이 어려울 것으로 판단하였다. 그리고 600kHz 시스템은 유럽의 시스템 규격이며, 국내에서도 ETRI의 개발 실적이 있기 때문에 채널간격을 600kHz로 설정하였다[5]. 표 1에서 간섭원의 밀도(AID:Active Interferer Density)는 반경 10m에 10개의 간섭원이 있는 경우를 기준으로 계산한 결과를 적용하였다. 900MHz 대역에서 대역외 방사 특성은 ETSI의 규격인 -36dBm/100kHz를 적용하였다. 그리고 스펙트럼 마스크는 그림 3을 적용하였는데, 그림 3은 0dBm 출력에서 스펙트럼 마스크 특성이다. 따라서 0dBm 이하의 출력에서는 -36dBm/100kHz의 절대값을 만족하도록 하였다.

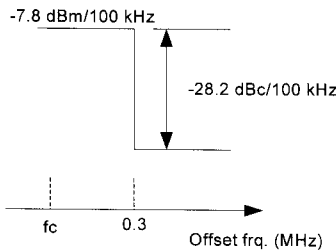


그림 3. LR-WPAN의 스펙트럼마스크
Fig. 3. Spectrum mask of LR-WPAN

표 1. 900MHz 대역 LR-WPAN의 시스템 특성
Table 1. System characteristics of 900MHz LR-WPAN

Parameters	IT(간섭송신기)	IR(간섭수신기)
CH Spacing	600 kHz	600 kHz
Tx Power	0 dBm	0 dBm
Cell Radius	10 m	10 m
Ant. Height	1.5 m	3 m
Ant. Gain	0 dBi	3 dBi
AID in Range	3184개/km ²	3184개/km ²
Duty Cycle	1 % 미만	1 % 미만
Sensitivity	-92 dBm	-92 dBm
C/I	15.2 dB	15.2 dB
Rx Blocking	Adj:0dB, Alt:30dB	좌동

III. 간섭분석 시나리오

간섭시나리오-1은 피간섭 수신기가 자신의 서비스 반경 내에 랜덤하게 분포하고, 피간섭 수신기와 간섭 송신기의 이격 거리가 1m, 2m, 3m, 5m로 고정되어 있을 때, 간섭 송신기가 피간섭 수신기에 미치는 간섭 영향을 확인하기 위한 시나리오이다. 따라서 임의의 위치에 있는 피간섭 수신기가 셀 내에서 원송신기로부터 원신호를 수신하고 있을 때, 즉 셀 범위 내에 임의의 위치에 수신기가 있는 경우, 간섭 송신기와 피간섭 수신기의 거리(d)를 고정하고, 피간섭 송신기를 피간섭 수신기 주위에 랜덤하게 분포하는 것으로 설정하고 시뮬레이션하였다. 그림 4와 그림 5에서 MS는 피간섭 수신기, BS는 피간섭 송신기이다.

간섭시나리오-2는 피간섭 수신기가 자신의 서비스 반경 내에 랜덤하게 분포하고, N개의 간섭송신기도 서비스 반경 내에서 랜덤하게 분포하는 경우에 간섭 송신기들이 피간섭 수신기에 미치는 간섭영향을 확인하기 위한 시나리오이다. 결국 시나리오-2는 서비스 반경 내에서 동작중인 간섭원이 N개가 분포되어 있을 때, 이들 간섭원이 피간섭 수신기에 미치는 영향을 확인하기 위한 시나리오이다.

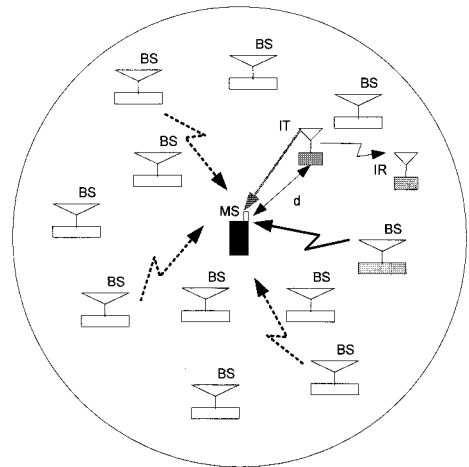


그림 4. 간섭원이 1개인 시나리오-1
(IT:간섭송신기, IR 간섭수신기)
Fig. 4. Scenario-1 with one interferer
(IT: Interfering Transmitter, IR: Interfering Receiver)

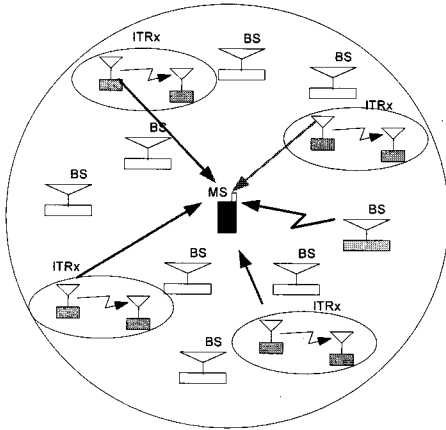


그림 5. 간섭원이 N개인 시나리오-2 (ITRx: 간섭송신기와 수신기)

Fig. 5. Scenario-2 with N interfeerer(ITRx: Interfering Transmitter and Receiver)

IV. 900MHz 대역 간섭분석결과

900MHz 대역에서 LR-WPAN이 이용가능한 주파수 대역은 RFID/USN에 할당된 908.5 ~ 914 MHz 이다. 따라서 이 주파수 대역을 LR-WPAN이 사용하는 경우 타 시스템, 즉 RFID, CT1 및 공공통신에 미치는 간섭 영향을 분석해야 한다. 표 2 ~ 표 4에는 RFID, CT1 및 공공통신의 주요 시스템 파라미터를 기술하였다[6,7,8,9]. RFID 시스템이 LBT(Listen Before Talk) 기능을 갖는 경우에는 908.5 ~ 914MHz의 주파수 범위를 이용가능하고, 주파수 호핑 기능만을 갖는 경우에는 910 ~ 914MHz 대역을 이용할 수 있다.

표 2. RFID의 시스템 파라미터
Table 2. System parameters of RFID

Parameters	Reader(Victim Rx)	Tag(Wanted Tx)
CH spacing	200 kHz	200 kHz
Tx power	1W	-25 ~ 0dBm
Receiver BW	200kHz	200 kHz
Cell Radius	10 m	-
Ant. height	1.5 m	0.1 ~ 10 m
Ant. gain	6 dBi	~ 2 dBi
Sensitivity	-70 dBm	-
C/I	9 dB	9 dB
Rx. blocking	-35dBm, >1MHz	-

표 3. CT1의 시스템 파라미터
Table 3. System parameters of CT1

Parameters	단말(Wanted Tx)	고정(Victim Rx)
CH spacing	25 kHz	25 kHz
Tx power	10 mW	10 mW
Rx BW	25 kHz	25 kHz
Cell Radius	10 m	10 m
Ant. height	1.5 m	0.5 m
Ant. gain	0 dBi	~ 2.15dBi
Sensitivity	-100 dBm	-100 dBm
C/I	15 dB	15 dB
Rx blocking	adj. ch.:51dB	좌동

표 4. 공공통신의 시스템 파라미터
Table 4. System parameters of public communications

Parameters	이동(Victim Rx)	고정(Wanted Tx)
CH spacing	500 kHz	0.5 ~ 3.3MHz
Tx power	15W	15W
Rx BW	500 kHz	0.5 ~ 3.3MHz
Cell Radius	10 km	10 km
Ant. height	15 m	15 m
Ant. gain	6 dBi	6 dBi
Sensitivity	-81 dBm	-
C/I	18 dB	18 dB

간섭분석에서 RFID 시스템은 910 ~ 914 MHz에서 균일한 분포로 주파수 호핑하는 시스템으로 설정하였다. CT1의 경우 상향 주파수(단말국에서 고정국으로 송신)는 914 ~ 915MHz이고, 하향 주파수(고정국에서 단말국으로 송신)는 959 ~ 960 MHz 이므로 가장 간섭영향을 많이 받도록, 고정국의 수신 주파수를 914.0125 MHz로 설정하였다. 공공통신의 이동국 수신주파수는 guard 밴드를 고려해서 907.75MHz로 설정하였다.

표 5 ~ 표 7은 시나리오-1를 적용한 경우에 900MHz 대역에서 LR-WPAN의 간섭영향을 시뮬레이션한 결과이며, 표 8과 표 9는 시나리오-2를 적용한 경우이다. 표 5 ~ 표 9에서 듀티(dyty)는 LR-WPAN의 duty cycle을 나타낸다. 시나리오-1을 적용하는 경우, LR-WPAN이 CT1, RFID 및 공공통신에 미치는 간섭확률은 각각 2.5%, 2.1% 및 17.2%로 계산되었다. 시나리오-2를 적용하는 경우, LR-WPAN이 CT1과 RFID에 대한 간섭확률은 각각 0.96%와 1.26%로 계산되었다. 간섭영향은 간섭송신기

와 피간섭 수신기의 거리가 가장 중요한 요소로 작용하며, 시뮬레이션 시나리오-1과 시나리오-2를 비교해 보면, 시나리오-1의 간섭이격 거리가 서비스 반경 내의 간섭원의 수 보다 많은 간섭영향을 미치는 것으로 계산되었기 때문에 간섭시나리오-1이 간섭시나리오-2 보다 간섭영향이 많은 것으로 계산되었다. 공공통신과 LR-WPAN의 서비스 반경의 차이가 크고, 실제 이용되는 장소도 다르기 때문에 공공통신에 대해서는 시나리오-2를 적용하지 않았다. 공공통신은 주로 외곽 지역에서 사용되고 LR-WPAN은 도심의 실내에서 사용되기 때문에 실제 간섭확률은 없을 것으로 예상되나, 간섭분석의 결과인 표 7로부터 100m의 보호거리를 유지하면 간섭확률은 없는 것으로 계산되었다.

표 5 CT1에 대한 간섭 확률(시나리오 1)

Table 5. Probability of interference to CT1(scenario-1)

서비스 환경 (도심,실내)		간섭원과 피간섭수신기 거리			
		1m	2m	5m	10m
CT1 반경, 0.1% duty	5m	0	0	0	0
	10m	0.0002	0	0	0
CT1 반경, 1% duty	5m	0.003	0.0001	0	0
	10m	0.025	0.001	0	0

표 6. RFID에 대한 간섭 확률(시나리오-1)

Table 6. Probability of interference to RFID (scenario-1)

서비스 환경 (도심,실내)		간섭원과 피간섭수신기 거리			
		1m	2m	5m	10m
RFID 반경, 0.1% duty	5m	0.0003	0	0	0
	10m	0.0007	0	0	0
RFID 반경, 1% duty	5m	0.0088	0.0002	0	0
	10m	0.0212	0.0016	0.0001	0

표 7. 공공통신에 대한 간섭 확률(시나리오-1)

Table 7. Probability of interference to public communications(scenario-1)

서비스 환경 (외곽,실외)		간섭원과 피간섭수신기 거리		
		10m	50m	100m
공공통신반경, 0.1% duty	5km	0.0127	0	0
	10km	0.0297	0	0
공공통신반경, 1% duty	5km	0.1032	0.0007	0
	10km	0.1725	0.0034	0

표 8. CT1에 대한 간섭 확률(시나리오-2)

Table 8. Probability of interference to CT1(scenario-2)

서비스 환경 (도심,실내)		반경 10m내의 간섭원	
		간섭원 5개	간섭원 10개
CT1 반경, 0.1% duty	5m	0.0002	0.0002
	10m	0.0005	0.0006
CT1 반경, 1% duty	5m	0.0013	0.0030
	10m	0.0055	0.0096

표 9. RFID에 대한 간섭 확률(시나리오-2)

Table 9. Probability of interference to RFID (scenario-2)

서비스 환경 (도심,실내)		반경 10m내의 간섭원	
		간섭원 5개	간섭원 10개
RFID 반경, 0.1% duty	5m	0.0001	0.0005
	10m	0.0002	0.0015
RFID 반경, 1% duty	5m	0.0027	0.0054
	10m	0.0053	0.0126

V. 결론

본 논문에서는 RFID/USN 대역으로 할당된 대역을 LR-WPAN이 주파수 공유하는 경우, LR-WPAN이 RFID, CT1 및 공공통신에 미치는 간섭 영향을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과 공공통신의 경우에는 간섭영향이 있는 것으로 계산되었지만, 공공통신은 LR-WPAN과 사용지역이 다르기 때문에 실제 간섭 영향은 거의 없을 것으로 예상되나, 공공통신을 위한 보호거리를 100m 정도 유지하면, 간섭영향은 없는 것으로 나타났다. RFID와 CT1에 미치는 간섭 영향도 시나리오-1에서 이격거리가 1m 인 경우에 각각 2.1%와 2.5%로 계산되었으나, 이와 같은 간섭량은 아주 미미한 것으로 판단된다. 특히 RFID/USN 대역은 간섭을 용인하는 조건으로 주파수가 할당된 것이기 때문에 RFID와 LR-WPAN이 주파수 공유가 가능하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] IEEE Std 802.15.4, "IEEE Standard for Information

technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specification requirements - Part 15.4 : Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(WPANs),” 2003.

- [2] Jose A. Gutierrez, Marco Naeve, Ed Callaway, Monique Bourgeois, Vinary Mitter and Bob Heile, “IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Power Low-Cost Wireless Personal Area Networks,” IEEE Network, vol. 15 Issues 8, pp. 12 - 19, Sep./Oct. 2001.
- [3] 한국전자진흥협회: <http://www.rapa.or.kr>
- [4] ERO, SEAMCAT User Documentation, August 2001.
- [5] 한국전자통신연구원, WPAN 및 홈 센서 네트워크 표준개발, 2007.
- [6] ETSI EN 300 392-2 V2.5.1, “Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI),” July 2005.
- [7] 정보통신부, RFID/USN용 주파수 분배방안 연구, 2004. 12. 31.
- [8] ETSI EN 302 208-1 V1.1.1, “Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters(ERM); Radio Frequency Identification Equipment operating in the band 865MHz to 868MHz with power levels up to 2W; Part 1: Technical requirements and methods of measurement,” Sep. 2004.
- [9] I-ETS 300 235, “Radio Equipment and Systems (RES); Technical characteristics, test conditions and methods of measurement for radio aspects of cordless telephones CT1,” March 1994.

저자소개

강 상 기(Sanggee Kang)



1988년 단국대학교 전자공학과 (공학사)

1989년 삼성반도체통신

1989 ~ 1992 해군통신장교

1994년 단국대학교 전자공학과(공학석사)

2004년 충남대학교 전파공학과(공학박사)

1994 ~ 2005 한국전자통신연구원 선임연구원

2005 ~ 현재 군산대학교 전자정보공학부 조교수

※ 관심분야: RF/MW 부품 및 시스템