

RFID/USN 주파수 간섭 환경 및 기술 기준

장 병 준
국민대학교 전자공학부

요 약

RFID/USN 서비스가 활성화되기 위해서는 그 근간이 되는 주파수 할당 및 기술 기준 제정이 선행되어야 한다. 하지만 현재의 RFID/USN 기술 기준은 주파수 간섭 문제를 해결하기 위한 RFID Gen. 2 규격의 도입 및 Sub-GHz 대역의 USN 기술 발전 추이를 반영하고 있지 못하고 있다. 이에 UHF 대역 주파수 재배치 계획과 맞물려 현행 기술기준을 개정하려고 하는 움직임이 방송통신위원회를 중심으로 이루어지고 있다. 본 고에서는 이러한 RFID/USN 주파수 할당 및 기술 기준 개정 현황을 소개하고, 이를 주파수 간섭 측면에서 분석하고자 한다.

I. 서 론

전 세계적으로 유비쿼터스 사회의 도래에 따라 정보화의 중심이 인간 중심의 정보화에서 사물 중심의 정보화로 발전하고 있으며, 이러한 유비쿼터스 사회의 핵심 기술인 RFID/USN 기술 또한 진화하고 있다^[1].

RFID(Radio Frequency IDentification)의 경우, 유통/물류 분야를 시작으로 국방, 환경, 의료, 항공, IT 등 다양한 분야에 RFID 기술을 적용하려는 연구가 활발히 전개되고 있다. 특히 Wal-Mart와 Tesco와 같은 대형 유통회사를 시작으로 2005년부터 RFID 보급이 가시화되고 있으며, Gen. 2 규격이 ISO 규격화되면서 전 세계 단일 표준의 RFID 규격이 도입되어 RFID 서비스의 확대가 가속화되고 있다^[2].

USN(Ubiquitous Sensor Network)은 주변 환경 및 물리계에서 감지된 정보가 인간 생활에 활용되도록 센

서 노드 간에 형성되는 유무선 통신 기술 기반의 네트워크로 u-City 등에서 광범위하게 활용될 것으로 예상된다. u-City는 첨단 정보통신 인프라와 유비쿼터스 정보 서비스를 도시 공간에 융합하여 도시 생활의 편의 증대와 삶의 질 향상, 체계적인 도시 관리에 의한 안전 보장과 시민 복지 향상, 신사업 창출 등 도시의 제반 기능을 향상시킬 것으로 예상된다^[3].

이와 같이 서비스 및 응용 기술 측면에서 RFID/USN 기술의 필요성 및 연구 개발은 활발히 진행되고 있다. 하지만 RFID/USN 기술을 주파수 할당 및 기술 기준 측면에서 보면 국내 여건은 개선의 여지가 많은 실정이다. 먼저 RFID 주파수 대역은 현재 908.5~914 MHz의 5.5 MHz가 할당되어 있으나, 현재 대부분의 제품이 채용하고 있는 주파수 호핑(Frequency Hopping) 방식의 경우 910~914 MHz의 4 MHz 만이 할당되어 있으며, 이 또한 중심 주파수가 지정되어 있지 않아 RFID 리더 간 간섭에 취약한 실정이다. 할당된 5.5 MHz 대역 전체를 사용할 경우 LBT(Listen Before Talk) 방식을 사용하여야 하는데, 이 경우 기술 기준이 매우 엄격하게 제정되어 실제 제품에 적용하기가 어려운 상황이다. 또한, USN 기술 기준의 경우, RFID/USN 대역에서 구체적인 기술 기준이 없어 Sub-GHz 대역에서 사용되지 못하고 기존의 무선 LAN 등과 공유하는 2.4 GHz ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 대역만을 사용하고 있는 상황이다^[4].

다행히 최근 국내의 UHF 대역 주파수 재배치 계획에 따라 2008년 하반기에 이러한 문제점을 보완하는 'RFID/USN 기술 기준 작업반'을 방송통신위원회 중심으로 조직되어 2008년 말에 새로운 기술 기준이 발표될 예정이다^[5].

이에 본 고에서는 먼저 RFID/USN 기술의 전세계적인 주파수 할당 및 기술 기준 현황을 살펴보고, 현재 'RFID/USN 기술 기준 작업반'에서 개정하고 있는 새로운 기술 기준에 대하여 논하고자 한다. 이를 위해 RFID/USN 환경에서의 주파수 간섭 분석을 수행하여 개정될 기술 기준의 타당성을 검증한다.

II. RFID/USN 주파수 할당 및 기술기준 동향

2-1 RFID 주파수 할당 및 기술기준

RFID 주파수 대역은 전 세계적으로 13.56 MHz의 낮은 주파수에서부터 2.4 GHz의 높은 주파수까지 다양한 주파수가 사용되고 있다. 이 중에서 13.56 MHz와 2.4 GHz 주파수 대역은 전 세계 공통으로 사용되는데 반하여 860~960 MHz의 UHF 대역은 나라별로 차이가 있다. 본 고에서는 유통/물류 분야에서 사용되는 900 MHz를 중심으로 주파수 할당 현황 및 기술 기준 동향을 살펴보고자 한다. <표 1>은 국내외 UHF 대역의 RFID 주파수 할당 현황을 보여주고 있다. 태그 주파수는 전 세계 공통으로 사용되어져야 하므로 860~960 MHz 대역 전체에서 동작되도록 되어 있으며, 리더의 경우는 각 국가별로 별도의 기술 기준을 만족하도록 되어 있다. 하지만 태그의 경우에도 기술적인 어려움으로 인해 각 국의 실정에 맞게 튜닝해서 사용하고 있는 상황이다.

RFID 기술 기준을 논하기 전에 Gen. 2 규격의 도입에 따른 RFID 기술의 발전 추이에 대해 언급해야 한다. RFID 시스템은 태그(Tag)와 리더(Reader)로 구

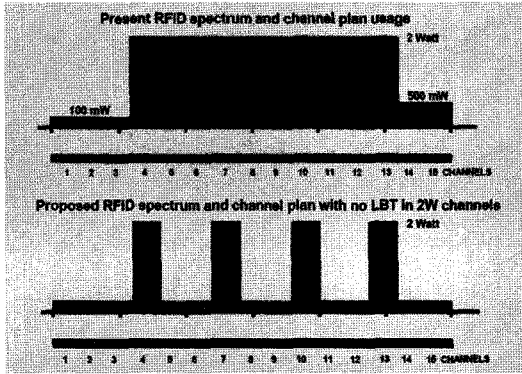
성되어 있는데, 태그는 자체 전원을 가지고 있지 않으므로 리더가 고출력의 RF 전력을 송출하여 태그에 전원을 공급하게 된다. 반면에 태그 신호는 역산란(backscattering) 방식으로 신호를 반사하므로 매우 약한 전력을 갖는다. 따라서 이 과정에 리더가 점유하는 주파수 채널과 태그가 점유하는 주파수 채널간의 구분이 없다면, 즉 적절한 기술 기준이 없다면 인접 리더 간의 간섭에 의해 복수 개의 RFID 리더가 있을 경우 태그의 인식거리가 급속히 줄어들게 된다^{[6]~[8]}. 이를 극복하기 위하여 Gen. 2 규격의 DRM(Dense Reader Mode) 기술이 도입되었고, 이 규격이 2005년 ISO 18000-6c로 규격화되면서 전 세계 RFID 시스템의 사실상의 표준이 되었다^[2].

미국의 경우, 902~928 MHz의 ISM 대역을 RFID 주파수 대역으로 사용함에 따라 한 채널의 점유 대역폭이 500 kHz로 50개 이상의 채널을 사용하고 있어 Gen. 2 규격의 도입에 큰 지장이 없는 실정이나, 일본, 유럽, 한국 등은 한 채널의 점유 대역폭이 200 kHz로 제한되어 있어 기술 기준의 변경없이 Gen. 2 규격을 바로 도입하기 어려운 상황에 있다^[4].

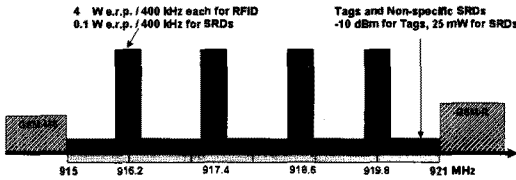
이에 유럽에서는 기존의 865~868 MHz 대역 중 LBT로 사용하는 10개의 채널 중 4개의 채널(4, 7, 10, 13)을 LBT 방식없이 고정으로 할당하도록 하여 DRM 방식을 채용하고 있다. 또한, 2009년 이후에는 915~921 MHz의 6 MHz 대역을 별도로 RFID/USN용으로 추가하여 할당하고자 계획하고 있다^{[9]~[11]}. [그림 1]은 유럽의 RFID 주파수 할당 현황을 보여주고 있다. 일본의 경우에는 950 MHz 대역을 사용하며, 1 W

<표 1> 국내외 UHF 대역 RFID 주파수 현황

구분	미국	유럽	일본	한국
태그 주파수	860~960 MHz			
리더 주파수 (대역폭)	902~928 MHz (ISM대역 26 MHz)	865~868 MHz (3 MHz)	950~956 MHz (6 MHz)	908.5~914 MHz (5.5 MHz)



(a) RFID 기존 주파수 할당 현황



(b) RFID 신규 주파수 할당 현황

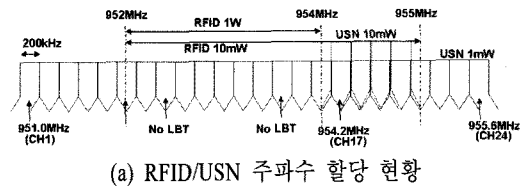
[그림 1] 유럽의 RFID 주파수 할당 현황

를 전송하는 고출력 모드와 10 mW를 전송하는 저출력 모드의 두 가지 방식을 허용한다. 이 주파수 대역은 국내와 유사하게 USN 주파수와 공유하고 있다. 고출력 모드는 허가를 필요로 하며 952.0~954 MHz까지 200 kHz 대역폭을 갖는 9개의 채널이 할당되어 있으며, 저출력 모드는 952.0~955.0 MHz로 14개 채널이 할당되어 있다. 고출력과 저출력에 상관없이 송신하려는 대역폭을 타 시스템이 점유하고 있으면 사용할 수 없도록 규정하고 있다. 단, 채널 8번과 채널 14번의 경우, DRM 모드를 사용한다면 LBT를 사용하지 않아도 가능하다. LBT 기술 기준으로 고출력 모드의 경우, 5 msec 이상 캐리어 센싱하여야 하며, 캐리어 센싱 기준 레벨은 -74 dBm이다. 캐리어 센싱하여 채널을 점유하는 시스템이 없으면 전송이 시작되는데 4초 이하로 전송한 후 50 msec 이상 멈추도록 되어 있다. 저출력 모드의 경우, 캐리어 센싱 레벨이 -64 dBm으로 10 msec 이상 센싱하여야 하며, 신호

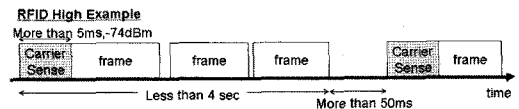
전송은 1초 이하로 전송한 후 100 msec 이상 멈추도록 되어 있다. [그림 2]는 일본의 RFID 주파수 할당 현황 및 Timing Diagram 중 고출력 모드의 예를 나타낸다^[12].

2-2 USN 주파수 할당 및 기술기준

현재 USN 기술로 각광을 받고 있는 IEEE 802.15.4를 기준으로 전 세계 주파수 할당 현황을 살펴보면 [그림 3]과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 채널 0번은 600 kHz 대역폭으로 유럽의 USN 주파수 대역에 해당하며, 채널 1번에서 10번은 미국의 902~928 MHz ISM 대역에 해당하며, 2.4 GHz 대역은 전 세계 공통이며 5 MHz 간격으로 16개의 채널을 사용하고 있다. IEEE 802.15.4는 초기에 홈네트워크와 같은 소규모 센서 네트워크를 위해 개발되어진 네트워크로서 저속, 저전력 특성은 보장하지만, 통신 반경이 작고,

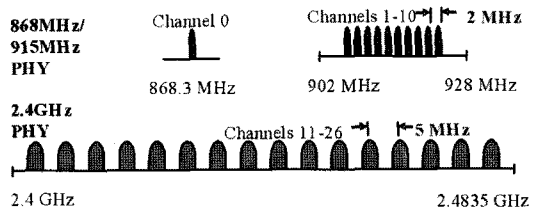


(a) RFID/USN 주파수 할당 현황



(b) Timing diagram

[그림 2] 일본의 RFID 주파수 및 Timing diagram



[그림 3] 전세계 USN 주파수 할당 현황

이동성을 보장하지 않으며, QoS가 보장되지 않아 국내에서 고려하고 있는 USN 서비스에 최적이라고는 말하기 어렵다. 또한, 주파수 특성이 우수한 Sub-GHz 대역의 경우, 최대 40 kbps까지 밖에 성능이 되지 않았다. 하지만 최근에는 위치 인식 기능을 갖는 IEEE 802.15.4a와 Sub-GHz 대역에서 250 kHz를 보장하는 IEEE 802.15.4b 규격 등이 새롭게 등장하고 있고, 중국, 일본 등이 USN 서비스로 IEEE 802.15.4c와 IEEE 802.15.4d를 국제 규격화함에 따라 USN 서비스가 활발하게 연구되어질 예정이다. [그림 4]는 IEEE에서 논의하고 있는 USN 관련 표준화 단체를 나타내었다^[13].

미국의 USN 주파수 대역으로는 902~928 MHz 및 2.4~2.4835 GHz의 ISM 대역이 이용되고 있다. 이 주파수 대역은 연방통신위원회(FCC)의 관련 법규인 CFR47에 따라서 인증만으로 무선국을 개설할 수 있는 비허가 무선국에 관한 규정인 FCC CFR47 part 15.247을 적용하며, 이 규정에 따르면 우리나라의 용도별 형식 인증과 달리, 전파법의 규정을 준수하면 용도별 형식 인증 없이 자유로이 사용할 수 있다. 광대역 동작을 하고 있는 시스템에 대해서 기술하고 있는 Part 15.247에 기술된 규정에 따르면 송신 출력은 최대 1 W, 6 dB 대역폭은 500 kHz 이상으로 규정하고 있다^[14].

유럽은 1998년 설립된 ETSI (European Telecommunication Standard Institute)의 표준을 따르고 있으며, ETSI에서는 유럽 내의 네트워크 및 서비스, 장비의 공동 사용을 위한 유럽의 공통 표준을 제정하고 있

다. 이 대역에서 스펙트럼 확산 방식으로 동작하는 시스템에 대해서는 ETSI 300-328 규정을 따르도록 되어 있다. 868 MHz 대역의 경우도 ERC Recommendation 70-03E를 따르며, non-specific SRD의 경우, 송신 출력은 25 mW 이하, duty cycle은 1 % 이하로 규정하고 있다^{[10][11]}.

일본은 우리나라와 마찬가지로 ISM 대역의 제3 지역에 속하기 때문에 868 MHz 및 915 MHz는 비허가 무선국으로 할당되어 있다. 하지만 [그림 3]과 같이 최근에 USN 주파수로 900 MHz를 할당하였는데, 0 dBm 출력 기준으로 950.8~955.9 MHz의 5 MHz 대역을 10 mW까지 고출력이 허용되는 주파수로는 954.2~954.8 MHz가 허용된다. 채널 대역폭은 200 kHz로 상측 및 하측 보호 대역을 제외하면 10 mW의 경우 4개 채널, 1 mW 저출력 모드는 24개의 채널을 허용하고 있다. 이 대역에는 RFID 주파수 대역 역시 공존하도록 되어 있다^[12].

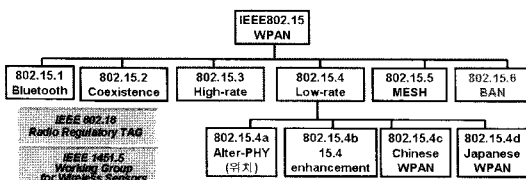
이상을 종합해 보면, UHF 대역의 RFID의 경우 동일 지역 내에서 리더 개수를 늘릴 수 있는 DRM 방식을 고려한 기술 기준 개정이 이루어지고 있고, 미국, 일본, 유럽 모두 UHF 대역에서 USN과 RFID를 공유하는 것이 일반적임을 알 수 있다.

Ⅲ. RFID/USN 주파수 간섭 분석

본 절에서는 RFID 시스템 단독 및 RFID 시스템과 USN 시스템이 공존할 경우 주파수 간섭의 정도를 분석한다. 먼저 RFID 시스템 상호 간의 간섭 환경을 분석하고, 다음으로 RFID와 USN이 공유하는 경우의 간섭환경을 분석한다.

3-1 RFID 주파수 간섭 환경

RFID 통신 방식은 다른 통신 방식과 달리 리더와 태그 간에 가역성(reciprocity)이 존재하지 않아 리더의 전파 도달거리가 태그의 전파 전달거리보다 매우



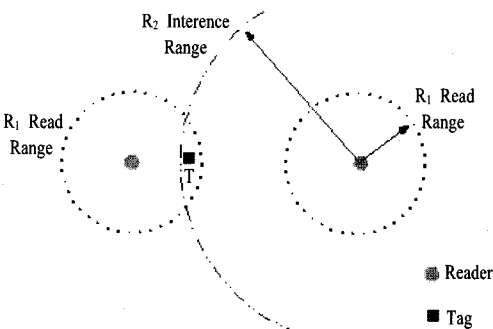
[그림 4] IEEE WPAN 표준화 동향

크게 된다. 따라서 리더는 수 km 떨어진 다른 리더에 간섭을 줄 가능성이 있지만, 태그의 경우 수 m의 전파거리만을 가지게 된다. 따라서 [그림 5]와 같은 리더 간 간섭(Reader Interference)을 겪게 된다. 그림에서처럼 R_1 의 인식거리를 갖는 리더와 R_2 의 인식거리를 갖는 리더가 공간적으로 분리되어 있음에도 불구하고 R_2 리더의 출력이 커서 R_1 의 인식거리 내에 있는 태그의 역방향 신호에 간섭을 일으키게 된다^[7].

이에 Gen. 2 규격에서는 DRM 모드를 도입하여 리더의 주파수 대역과 태그의 점유 주파수 대역을 분리함으로써 동일 지역에 복수개의 리더가 존재할 수 있도록 하였다. RFID 리더 간 간섭에 대한 시뮬레이션 및 실험 결과는 저자의 다른 논문에 발표되어 있으며, 연구 결과에 따르면 복수개의 리더가 존재하여도 DRM 모드를 채용하면 리더 간 간섭을 대폭 감소시킬 수 있음을 알 수 있다^{[6]~[8]}.

또한, 최근 유럽에서는 36개의 리더를 4개의 DRM 모드로 사용한 실증 실험에서 DRM 모드가 리더 간 간섭을 줄일 수 있음을 확인한 바 있다^{[2],[5]}.

이상을 종합해 보면 RFID 시스템 단독의 경우에 발생하는 주파수 간섭은 DRM 모드의 채용으로 어느 정도 해결이 가능함을 알 수 있다. 따라서 국내의 기술 기준 개정에서도 DRM 모드가 수용될 수 있도록 하여야 함을 알 수 있다.



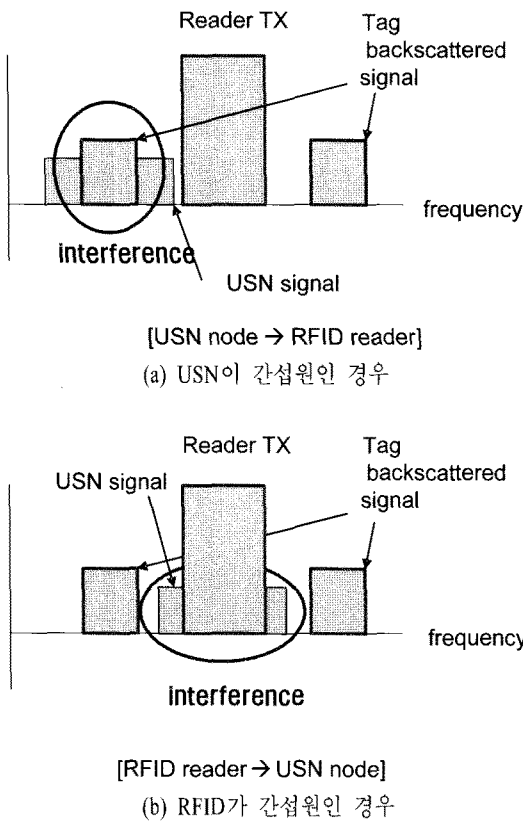
[그림 5] RFID 리더간 간섭

3-2 RFID-USN 주파수 간섭 환경

다음으로 RFID가 USN 시스템과 공유할 경우의 주파수 간섭 환경을 논의하면, UHF 대역에서 RFID와 USN과의 공유 시나리오는 다음과 같이 4가지로 나눌 수 있다.

- ① USN node → RFID reader
- ② USN node → RFID tag
- ③ RFID reader → USN node
- ④ RFID tag → USN node

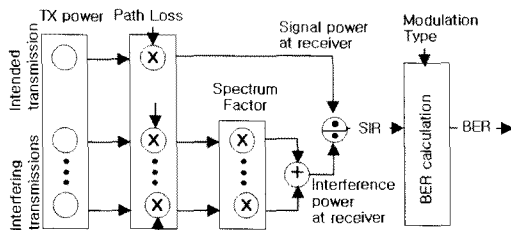
①의 경우, USN node에서 송신한 신호가 RFID 시스템의 태그 역산란 신호에 간섭으로 작용하는 경우로 [그림 6]의 (a)에 도식적으로 나타내었다. [그림 6]의 (a)는 RFID 리더 송신 신호와 태그 역산란 신호를 분리하기 위해, Miller sub-carrier sequence code를 사용하는 RFID 시스템에서 USN 노드에서 송신한 신호가 간섭을 주는 상황을 주파수 영역에서 나타낸 그림이다. ②의 경우, USN 노드에서 송신된 신호가 RFID 리더에서 송신한 신호에 간섭으로 작용하지만 RFID 리더와 태그 사이의 거리가 가까운 경우, 그 영향이 그리 크지 않아 이를 무시할 수 있다. 즉, 태그가 응답하기 위해서는 -13~-20 dBm의 리더 신호의 입력이 필요하며, 이 응답 레벨은 수십 cm 떨어진 노드에 의한 영향보다 큰 레벨이므로 USN 노드의 태그에 미치는 영향은 무시할 수 있다. [그림 6]의 (b)는 RFID 리더에서 송신한 신호가 USN 노드에 수신되는 신호에 간섭으로 작용하는 ③의 경우를 도식적으로 설명하고 있다. RFID 리더에서 송신한 command 신호가 USN 노드에 수신되는 신호에 간섭으로 작용하고 있는 것을 나타낸다. RFID 리더의 송신신호의 전력은 고정형의 경우는 최대 4 W EIRP까지 가능하다. 그리고 RFID 시스템이 FH이나 LBT에 따라 시간 상에서 동시에 동일 주파수 대역을 사용할 확률의 차이가 발생하지만, 시나리오의 단순화를 위해 본



[그림 6] RFID-USN 주파수 간섭 환경^[15]

고에서는 최악의 상황만을 가정한다. ④의 경우는 태그 역산란 신호가 USN 신호에 비해 미약하므로 무시할 수 있다^[15].

이러한 RFID와 USN 주파수 간섭을 분석하기 위하여 [그림 7]과 같은 시뮬레이션 환경을 가정하였다.



[그림 7] RFID-USN 시뮬레이션 환경^[16]

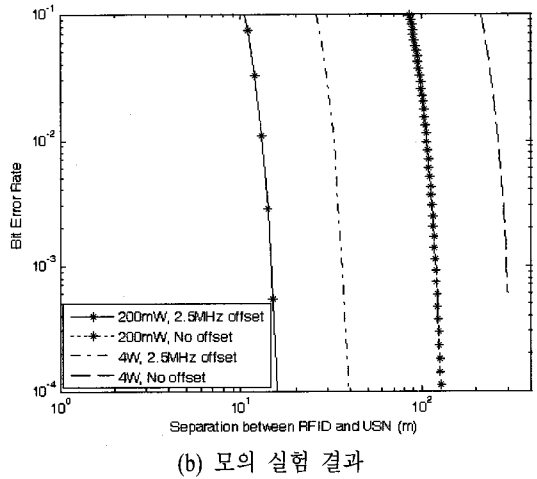
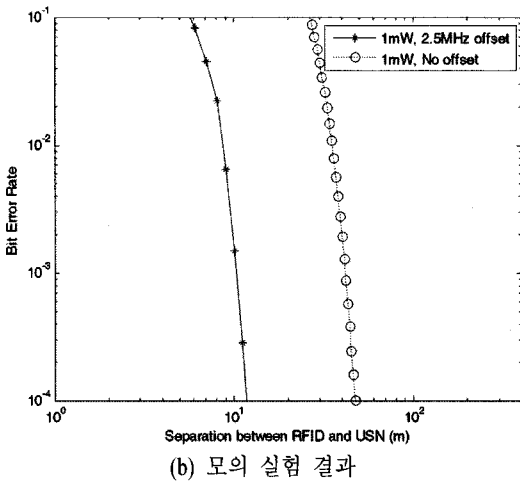
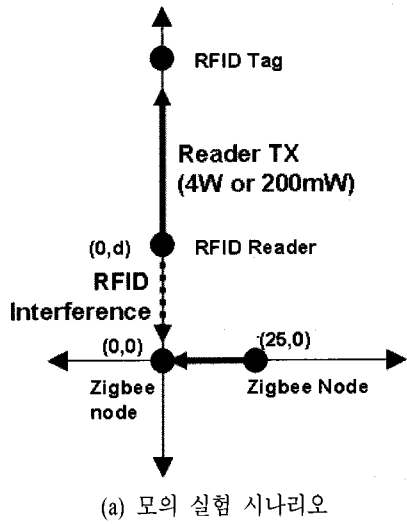
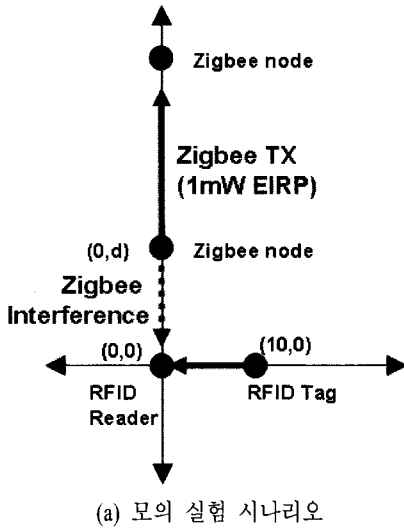
여기서 경로 손실은 900 MHz 대역에서 일반적으로 사용하는 경로 손실로 식 (1)과 같다^[16].

$$PL(d) = \begin{cases} 31.53 + 20 \log_{10}(d) & , d \leq 8m \\ 49.59 + 33 \log_{10}(d/8) & , d > 8m \end{cases} \quad (1)$$

두 시스템과의 중심주파수 차에 의한 간섭의 변화를 관찰하기 위하여 Spectrum Factor를 사용하였다. 경로손실과 주파수 차에 의한 신호원의 세기와 간섭원의 세기를 계산한 후 이를 나누어 신호 대 간섭비(SIR: Signal to Interference Ratio)를 계산할 수 있다. 이로부터 간섭이 있는 환경에서의 BER 값을 계산하였다. BER값은 USN 시스템의 경우 IEEE 802.15.4 중 2 Mbps의 Spread Spectrum이 있는 모뎀 방식을 가정하였고, RFID의 경우 태그가 ASK 변조한다고 가정하였다.

먼저 USN에 의한 RFID 시스템의 간섭 영향 시뮬레이션을 위하여 [그림 8]의 (a)와 같은 시나리오를 가정하였다. 본 시나리오 구성 시 IEEE 802.15.2에서 제안한 방식을 참조하였다^[16]. 그림에서처럼 RFID Tag는 RFID 리더의 최대 동작거리인 10 m 떨어져 있으며, 이 지점은 순방향 링크의 최대거리로 역방향 링크 최소 SNR값보다 10 dB 큰 값이다. USN 소자가 1 mW를 송신할 경우 RFID와 USN 기기간의 거리를 가변시키면서 BER 특성을 확인하였다. 이는 최악의 경우를 가정할 경우로 시뮬레이션 결과, 동일 채널에서는 50 m의 이격거리를, 인접 채널에서는 10 m의 이격거리를 가지면 최악의 상황에서도 USN 기기는 RFID에 간섭을 주지 않음을 확인할 수 있다.

다음으로 RFID에 의한 USN 시스템의 간섭 영향 시뮬레이션을 위하여 [그림 9]의 (a)와 같은 시나리오를 가정하였다. 그림에서처럼 USN 노드는 USN 노드와 25 m 떨어져 있으며 USN 최소 SNR값보다 10 dB 큰 값이다. RFID 기기가 4 W 혹은 200 mW를 송신할 경우, RFID와 USN 기기간의 거리를 가변시키면서 BER 특성을 확인하였다. 이러한 상황은 [그림 8]에



[그림 8] USN에 의한 RFID 간섭 분석 결과

[그림 9] RFID에 의한 USN 간섭 분석 결과

서처럼 최악의 경우를 가정할 경우로 시뮬레이션 결과 4 W의 경우 동일 채널에서는 300 m의 이격거리를, 인접 채널에서는 40 m의 이격거리를 가지면 최악의 상황에서도 USN 기기는 RFID에 간섭을 주지 않음을 확인할 수 있다. 반면, RFID 기기가 200 mW를 송신할 경우에는 각각 100 m와 10 m의 이격거리로 줄어들음을 알 수 있다.

이 RFID가 USN에 미치는 영향보다 작으며, 저출력 RFID가 USN에 미치는 영향이 고출력 RFID보다 작다는 것을 알 수 있다.

이상의 결과로부터 USN이 RFID에 미치는 영향

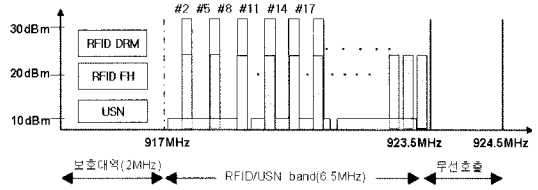
이러한 분석은 주파수 호핑이나 LBT를 사용하지 않고 필터링도 최소로 하는 등 최악의 상황을 가정한 것이므로 실제 공유 기술을 도입하고 안테나 배치 및 수신부 필터의 영향까지 고려하는 경우에는 간섭확률은 급속히 줄어들게 된다.

IV. 국내 RFID/USN 주파수 재배치 및 기술기준(안)

앞 절에서 RFID 및 USN의 주파수 할당 및 기술 기준에 대한 최신 동향을 살펴보고, RFID 시스템 간의 주파수 간섭 환경 및 RFID와 USN이 동일한 주파수를 공유하는 경우의 주파수 간섭 환경을 살펴보았다. 이를 통해 적절한 기술 기준이 있다면 RFID와 USN 간의 주파수 공유가 가능하고, 두 시스템 모두 최적으로 운용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

따라서 국내의 UHF 대역 주파수 재배치 계획에 따라 2008년 하반기에 구성된 ‘RFID/USN 기술 기준 작업반’에서는 이러한 상황을 반영하여 2008년 말에 새로운 기술기준을 발표할 예정이다. 주파수 재배치 시 기존 주파수 호핑 4 MHz에서 6.5 MHz까지 주파수를 확장하였다.

새로운 기술기준(안) 마련 시 고려한 주요 사항으로는 RFID의 경우 DRM 모드의 채널 할당 및 중심주파수 지정으로 리더 간 간섭을 줄이는 방안과 LBT 방식을 현실화한 것으로 볼 수 있다. 6.5 MHz 주파수 대역 중 앞 쪽 채널인 917~920.6 MHz를 RFID 우선으로 하여 DRM 방식의 RFID 기기를 할당하였으며, 920.6~923.5 MHz는 USN과 모바일 RFID 등이 공유토록 하였다. 만약 DRM 채널 수 증가 요청이 있을 경우, 주파수 소요량을 판별하여 순차적으로 증가시킬 수 있도록 하였다. DRM 모드에서 리더용으로 할당된 채널 이외에는 고출력 기기가 들어올 수 없으므로 태그 신호에의 영향을 최소화 할 수 있도록 하였다. DRM 모드를 위한 채널 간격 및 중심 주파수로는 4 W EIRP의 경우 917.5 MHz를 기준으로 600 kHz 간격으로 6개의 채널을 할당하였고, 리더 간 간섭을 줄이기 위하여 중심 주파수 허용 편차는 10 ppm으로 강화하였다. 또한, 모바일 RFID 등 저출력 RFID 서비스를 위해서는 DRM 채널 이후 주파수 대역에 대해 200 mW 이하로 출력 기준을 정하였다. LBT 기준



[그림 10] RFID/USN 주파수 재배치(안)

전력의 경우 -64 dBm으로 현실화를 하였고, Duty Cycle 규정을 신설하였다

USN의 경우, 주요 고려사항은 Sub-GHz의 주파수 대역에 다양한 특성을 갖는 USN 기술을 채널에 대한 제한없이 최대 10 mW까지 허용한 점이다. 하지만 RFID와의 간섭을 최소화하기 위하여 920.0~923.5 MHz 주파수를 우선적으로 사용토록 하였다. 이를 통해 RFID 및 USN 시장을 동시에 활성화함과 아울러 두 시스템이 상호 간섭없이 최대한의 주파수를 공유토록 하였다.

USN의 경우, 전 주파수 대역에서 최대 출력 10 mW 출력 기준과 채널링 미부여로 다양한 USN 시스템이 들어올 수 있도록 하였다. 공유 조건으로는 FH과 LBT 및 Duty Cycle 규정을 포함하였다. [그림 10]에 RFID/USN 주파수 재배치(안)을 나타내었다.

V. 결 론

본 고에서는 RFID/USN의 주파수 할당 및 기술 기준에 대한 전 세계 동향을 파악하고, 이 두 시스템이 공존하기 위한 주파수 간섭 분석을 실시하였다. 이를 바탕으로 국내 실정에 맞는 RFID/USN 기술 기준(안)을 소개하였다. 새로 개정될 RFID/USN 기술 기준은 기존 기술 기준의 한계를 극복하고, 앞으로 출현할 다양한 RFID/USN 기술을 수용할 수 있도록 개방적으로 개정하였으므로 앞으로 다양한 RFID/USN 서비스가 출현할 것으로 기대된다. 물론 실제 관련 제품의 출시와 서비스의 확대를 위해서는 아직도 많

은 난관이 있으므로 이를 극복하려는 기술 개발 및 지속적인 관심이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 장병준, 안선일, 이윤덕, "RFID/USN 기술 개발 동향", 정보과학회지, 23(2), pp. 83-87, 2005년 2월.
- [2] EPCglobal Inc., "EPCTM radio-frequency identify protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID protocol for communications at 860~960 MHz", Version 1.0.9, Jan. 2005.
- [3] 이기형, USN 기술 동향 분석 연구 최종보고서, 한국전산원, 2005년 10월.
- [4] 장병준, 박준석, 성영락, 오하령, "RFID dense 모드 지원을 위한 Medium Access 기술", 한국통신학회지(정보와 통신), 23(12), pp. 17-28, 2006년 12월.
- [5] 정보통신부, RFID/USN 기술기준 작업반 최종 보고서, 2008년.
- [6] 장병준, 박준석, 조홍구, 임재봉, "UHF RFID 시스템의 순방향 및 역방향 인식거리에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 18(11), pp. 1243-1253, 2007년 11월.
- [7] 이윤덕, 김도윤, 윤현구, 육종관, 장병준, "리더 간섭에 의한 RFID 시스템의 인식 거리 감소에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 18(7), pp. 731-738, 2007년 7월.
- [8] D.-Y. Kim, J.-G.Yook, H.-G. Yoon, and B.-J. Jang, "Interference analysis of UHF RFID systems", *Progress in Electromagnetics Research B*, 4, pp. 115-126, 2008. (ISSN 1937-6472)
- [9] 장병준, 박준석, 오하령, 성영락, 송호준, "유럽의 dense mode RFID 기술 개발 동향", 주간기술동향 1252호, pp. 1-11, 2006년 6월.
- [10] ETIS TR 102-649-2 V1.1.1. (2008-05), www.etsi.org.
- [11] ETIS EN 302-208-1 V1.1.1. (2004-09), www.etsi.org.
- [12] 장병준, 김남, 윤현구, 김내수, 표철식, "Sub-GHz 대역 USN 기술기준 및 표준화 동향", 주간기술동향 1350호, pp. 14-21, 2008년 6월.
- [13] 김지은, 김세한, 정운철, 김내수, "USN 센서노드 기술동향", ETRI 전자통신동향분석, 22(3), pp. 90-103, 2007년 6월.
- [14] FCC Code of Federal Register(CFR), Part 47, Section 15.247, United States.
- [15] 윤현구, 강민수, 장병준, "908.5~914 MHz 대역에서 RFID와 USN 시스템의 주파수 공유 조건에 관한 연구", 한국전자과학회논문지, 19(6), pp. 647-656, 2008년 6월.
- [16] IEEE Std 802.15.2TM-2003, Coexistence of Wireless Personal Area Networks with Other Wireless Devices Operating in Unlicensed Frequency Bands, 2003.
- [17] IEEE Std 802.15.4TM-2003, Wireless medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), Oct. 2003.
- [18] IEEE Std 802.15.4TM-2006, Wireless medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), Sep. 2006.

≡ 필자소개 ≡

장 병 준



1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1992년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1997년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)

1995년 3월~1999년 1월: LG전자(주)

1999년 1월~2003년 9월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소

2003년 10월~2005년 8월: 정보통신연구진흥원

2005년 9월~현재: 국민대학교 전자공학부 교수

[주 관심분야] 마이크로파/밀리미터파 회로(MMIC, Hybrid), 무선 통신시스템, RFID/USN