

UHF 대역 RFID 전파경로에서의 전파간섭 모델링 및 채널 운용 방안 제안

論 文

57-11-25

Modeling of Propagation Interference and Channel Application Solution Suggestion In the UHF Band RFID Propagation Path

文永周* · 呂善美* · 田富元* · 盧衡煥** · 鄭明燮*** · 吳夏嶺*** · 成榮洛*** · 朴准奭†
 (Young-Joo Moon · Seon-Mi Yeo · Bu-Won Jeon · Hyoung-Hwan Roh ·
 Myoung-Sub Joung · Ha-Ryoung Oh · Yeong Rak Seong · Jun Seok Park)

Abstract - Auto-ID industries and their services have been improved since decades ago, and radio frequency identification (RFID) has been contributing in many applications. Product management can be the foremost example. In our industrial experiences, RFID in ultra high frequency (UHF) band provides much longer interrogation ranges than that of 13.56MHz; many more applications exist thereby. There should be several interesting and useful ideas on UHF RFID; however, those ideas can be limited due to the inevitable environmental circumstances that restrict the interrogation range in shorten value. This paper discusses the propagation interference among different types of readers (e.g, mobile RFID readers in stationary reader zone) in dense-reader environment. In most cases, UHF RFIDs in Korea will be dependent on the UHF mobile RFIDs. In this sense, the UHF mobile users accidently move into the stationary reader's interrogation zone. This is serious problem. In this paper, we analyze propagation loss and propose the effective channel allocation scheme that can contribute developing less-invasive UHF RFID networks. The simulation and practical measurement process using the commercial CAD tools and measurement equipments are presented.

Key Words : Propagation interference, Dense-reader environment, Propagation loss, Channel allocation scheme

1. 서 론

RFID(Radio Frequency identification)는 각 사물에 부착된 태그로부터 사물의 정보 및 주변 환경을 무선으로 인식하고, 해당 정보를 수집, 저장, 가공함으로써 사물에 대한 측위, 원격처리, 관리 및 사물 간 정보 교환 등 다양한 서비스를 제공하는 기술이다. 900MHz 대역의 RFID는 비교적 긴 인식거리를 제공함으로써 유통·물류·모바일 시스템 등을 포함한 보다 다양한 영역에서 활용될 수 있어 전 세계 RFID 기업의 관심이 집중되고 있다.[1] UHF 대역의 RFID는 900MHz대 이동(Cellular) 통신과 일정한 공간에서 여러 리더를 사용하는 밀집리더 환경에서의 리더와 리더 사이 또는 리더와 태그 사이의 주파수 간섭 등의 문제가 발생하기 때문에 시스템 성능에 제약을 받는다. 국내의 경우 모바일 RFID의 이용이 활성화되면 현재의 협소한 주파수 대역 내에서 기존의 서비스인 고정형 및 이동형 RFID가 동시에 운용할 경우 리더와 리더 사이의 간섭으로 인하여 안정적인 서비스 제공이 곤란하다. 본 논문에서는 국내 UHF대역 RFID Air Interface 환경에 대하여 상용 CAD 툴과 측정장비를 활용한 실 측정 데이터를 바탕으로 전파경로손실 및 RFID

시스템 사이의 전파간섭 특성을 분석하고, 이를 토대로 UHF 대역 RFID 시스템의 효율적인 채널운용 방안을 제안하였다.

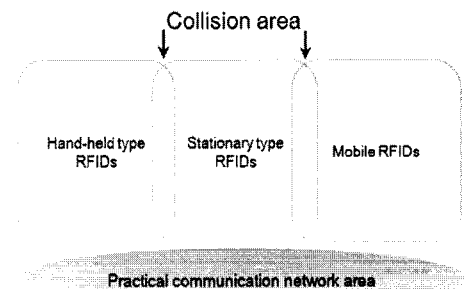


그림 1 국내 RFID 서비스 환경
 Fig. 1 Domestic RFID environment in present time

2. 본 론

2.1 전파 경로[air channel] 모델 및 RFID 수신단에서의 BER과 SNR 상관관계

RFID 리더 시스템에서 간섭 신호는 거리에 따라 신호의 감쇄가 나타난다. 따라서 후리스 공식(Friis free-equation)을 이용하여 수신단으로 입력되는 간섭 신호의 크기를 구한다. 후리스 공식은 수신 전력을 송신전력, 안테나 이득, 거리, 파장으로 표현한 것으로 식 1에 나타나 있다. [2]

* 學生會員 : 국민대학교 전자공학과 석사
 ** 正會員 : 국민대학교 전자공학과 박사
 *** 正會員 : 국민대학교 전자공학과 교수
 † 교신저자, 正會員 : 국민대학교 전자공학과 교수
 E mail : jspark@kookmin.ac.kr
 接受日字 : 2008年 8月 21日
 最終完了 : 2008年 9月 3日

$$P_{rec} = P_{PA} G_{TX} G_{TAG} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

P_{rec} : 수신전력 P_{PA} : 송신전력
 G_{TX} : 송신 안테나 이득 G_{TAG} : 수신 안테나 이득
 λ : 파장 d : 송수신 안테나 이격 거리

RFID 시스템의 성능의 기준을 제시하기 위해 간섭리더가 없는 경우에 BER(Bit Error Ratio)과 SNR(Signal-to-noise ratio)의 상관관계를 그림 2에 나타내었다. BER 10^{-3} 인 경우를 시스템 성능의 지표로 정하게 되면, Miller 코드(M=4) 일 때는 4.2dB 정도의 SNR 성능이 요구된다. 실질적인 채널과 시스템 환경을 고려하여 3.0dB 정도의 마진을 고려하면 7.2dB 정도의 SNR 성능이 요구된다. 또한 FM0 코드(M=1)인 경우 11.8dB 정도의 SNR 성능이 요구되며, 3.0dB 정도의 시스템 마진을 고려하면 14.8dB 정도의 SNR 성능이 요구된다. [3]-[4]

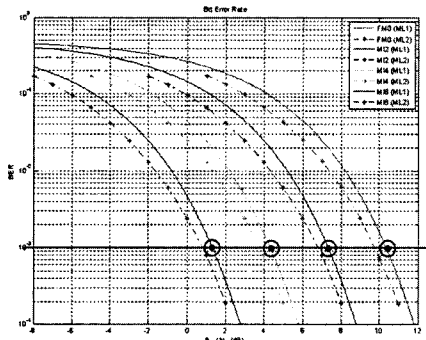


그림 2 RFID 수신단에서의 BER과 SNR의 상관관계
 Fig. 2 Illustrated relationship between BER and SNR of the received RF signals

2.2 RFID 리더 모드 환경

2.2.1 복수 리더 모드 환경

그림 3과 같이 복수리더 환경은 UHF대역 RFID 리더 적용 환경에서 동일 채널을 다수의 리더가 동시에 공유하지 않는 환경을 말한다. 태그는 FM0 코드를 사용하고, 리더는 DSB-ASK 변조 방식을 사용하기 때문에 태그와 리더 사이의 보호 대역이 없어서, 다수의 리더를 동시에 공유할 수 없다. 따라서 복수 리더는 리더 존(Zone) 격리, 고정 채널 할당, 채널접근 기술, 리더 중재기(Arbitrer) 등을 이용한 리더 충돌 방지 기법이 필요하다. 그림 4는 EPC global Gen2 규격의 복수리더 환경에서의 채널 스펙트럼을 나타내었다 [1]-[5]-[6].

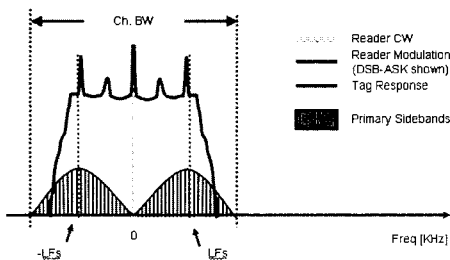


그림 3 복수리더 모드에서의 채널의 운용
 Fig. 3 Channel allocation in multi-reader mode.

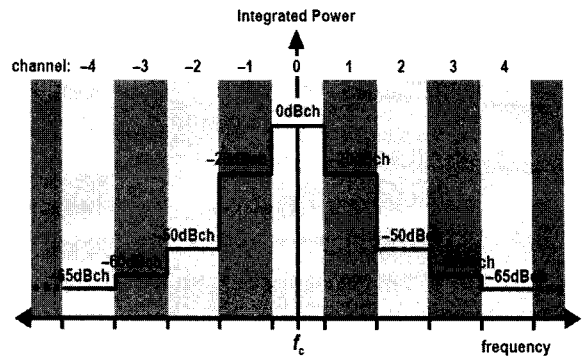


그림 4 복수리더 모드에서의 스펙트럼 마스크
 Fig. 4 Spectrum mask in multi-reader mode.

2.2.2 밀집 리더 모드 환경

그림 5와 같이 밀집리더 모드는 UHF대역 RFID 리더 적용 환경에서 동일 채널에 대하여 다수의 리더의 공유를 허용하는 환경을 말한다. 태그는 Miller 코드를 사용하고, 리더는 PR-ASK 변조 방식을 사용하기 때문에 태그와 리더 사이에 보호 대역이 발생하기 때문에 다수의 리더의 공유를 허용한다. 또한 포화(Saturation) 방지 및 최소 SNR 확보를 위해 리더 존 플래닝(Zone Planning)이 요구된다. 그러나 존 플래닝 이외의 리더 충돌 방지 기법은 필요가 없다. 그림 6은 EPC global Gen2의 밀집리더 환경에서의 채널 스펙트럼 마스크를 나타내었다 [5]-[6]-[7].

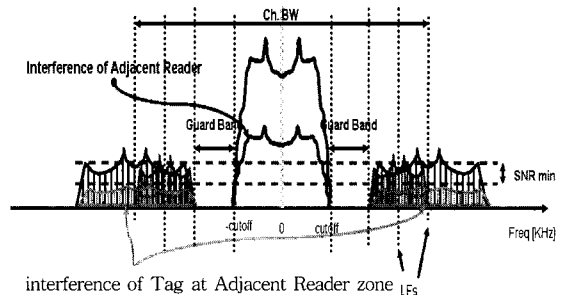


그림 5 밀집리더 모드에서의 채널의 운용
 Fig. 5 Channel allocation in dense-reader mode.

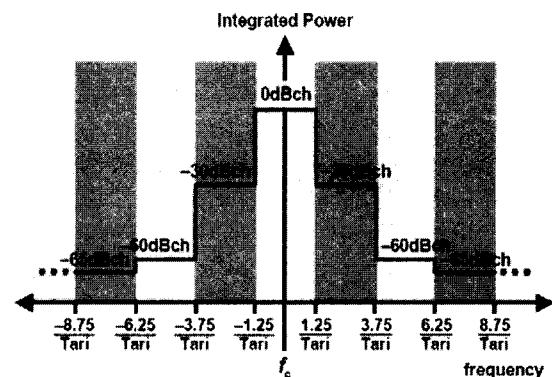


그림 6 밀집리더 환경에서의 스펙트럼 마스크
 Fig. 6 Spectrum mask in dense-reader mode.

2.3 UHF대역 RFID 간섭 분석 환경 모델링

2.3.1 시뮬레이션 블록도

UHF 대역 RFID 리더의 환경을 모델링하기 위하여 그림 7과 같은 시뮬레이션 환경을 구축하였다. 기저대역(baseband)은 매틀랩(MATLAB)을 이용하여 RFID 리더의 송신 신호인 PIE 코드와 태그의 송신 신호인 Miller 코드 또는 FM0 코드를 구현하였다. 매틀랩으로 구현된 기저대역 플로트(Float) 타입 신호를 샘플링 레이트(Sampling Rate)를 이용해 시간영역(Timed) 신호로 변환하였다. 변환된 신호는 ADS 시뮬레이터의 RF 소자인 필터(Filter), 혼합기(Mixer), 증폭기(Amp)등을 이용해 RFID 리더 시스템을 모델링 하였다. 모델링 된 RFID 리더 시스템의 출력 신호는 EPC global Gen2의 규격에 맞는 스펙트럼 마스크 및 전파경로를 모델링하였으며, 리더의 간섭 신호를 구현하였다. 또한 레인지 코릴레이션 이펙트(range correlation effect)와 리더의 전송 누설 전류(TX leakage) 등을 고려했다.

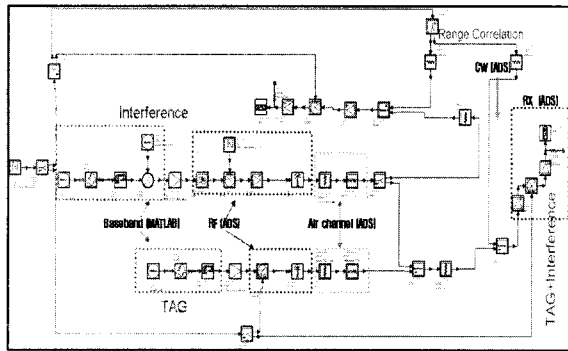


그림 7 시뮬레이션 환경
Fig. 7 Simulation environment

2.3.2 RFID 리더 신호 생성

본 논문에서 구현한 국내 UHF대역 모바일 리더와 고정형 리더는 EPC global Gen2를 따르며 밀집리더 모드 환경 및 복수리더 모드 환경으로 나타내었다.[5] 모바일 리더의 안테나 이득은 핸드폰이나 PDA의 안테나를 이용하므로 -4dBi로 제한하였으며, 고정형 리더의 안테나 이득은 6dBi로 나타내었다. 표 1은 본 논문에서 구현한 RFID리더의 파라미터이다. 그림 8은 본 논문에서 구현한 스펙트럼 마스크이다. 구현한 RFID 리더 출력 스펙트럼의 인접채널전력비(ACPR : Adjacent Channel Power Ratio)는 EPC global Gen2 규격에 약 1~4dB 정도의 마진을 가지도록 모델링 하였다.

표 1 RFID 리더 파라미터
Table 1 parameters of the RFID reader

파라미터	모바일	고정형
주파수 범위	908.5~914MHz	
안테나 이득	-4dBi	6dBi
커플러 손실	10dB	
저잡음 증폭기 이득	12dB	
혼합기 이득	2dB	

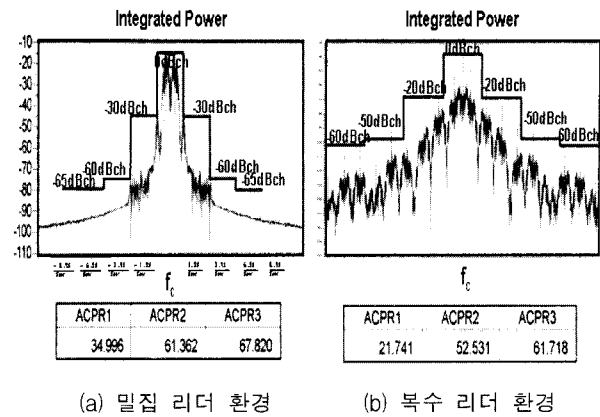


그림 8 스펙트럼 마스크
Fig. 8 Spectrum Mask

2.3.3 RFID 태그 신호 생성

태그 모델은 EPC global Gen2의 규격에 준하여 구현하였다.[5] 본 논문에서는 FM0 코드와 Miller(M=4) 코드를 구현하였으며 그림 9에 나타내었다. 그림 10의 (a)와 (b)는 시간영역에서의 데이터 비트가 011인 경우의 FM0와 Miller(M=4) 코드를 나타내었고, 그림 9의 (c)와 (d)는 주파수 영역에서의 FM0와 Miller(M=4) 코드를 나타내었다. 그림 9, (d)에서 Miller 코드인 경우 주엽이 중심 주파수에서 떨어져 있는 것을 확인 할 수 있다. 중심 주파수와 주엽이 떨어져 있어, 밀집 리더 모드 환경인 경우에 리더와 태그사이에 보호 대역이 발생하여 다중 리더 사용이 가능하다.

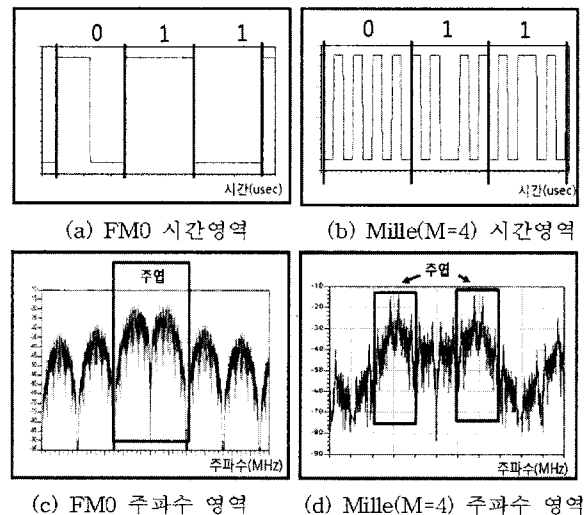


그림 9 RFID 태그 모델링
Fig. 9 Modeling job of the RFID tags

2.4 시뮬레이션 결과

2.4.1 다중 리더-태그 사이의 간섭 특성

다중 리더-태그 사이의 간섭이란 그림 10과 같이 여러

리더가 동시에 동일한 태그를 읽는 경우, 후방산란 방식을 이용하는 태그가 여러 리더의 명령을 구별할 수 없는 상황이다. 다중 리더-태그 사이의 간섭은 존 플래닝 방식을 사용하면 고정형 RFID 시스템에서는 큰 문제가 되지 않으나, 모바일/이동형 RFID 시스템에서는 리더가 이동하므로 시스템에 간섭을 일으킬 수 있다. 이러한 간섭을 해결하기 위해 RFID 리더 충돌방지 알고리즘이 요구된다. 제안된 알고리즘으로는 MIT에서 제안한 DCS (Distributed Color Selection) 와 VDCS(Variable-Maximum DCS, Colorwave)가 있으며, 또한 RF shower 시스템을 이용한 중재 방식 등이 있다. 그림 11과 12는 다중 리더-태그 사이 간섭의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그림 11은 동일 주파수의 두 리더가 한 태그에 접근할 경우, 리더와 태그와의 거리가 2m, 간섭리더와 태그와의 거리가 5m 이며, 간섭리더 신호와 리더신호 사이의 딜레이(delay)가 5usec 인 경우를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과를 보면 딜레이와 리더와 태그의 거리차이 때문에 데이터가 왜곡된 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 12는 리더와 간섭리더의 주파수 차이가 1MHz이고 딜레이 차이가 5usec이며, 태그와의 거리가 같은 경우를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과를 보면 데이터를 확인 할 수 없을 정도로 왜곡된 것을 확인할 수 있다.

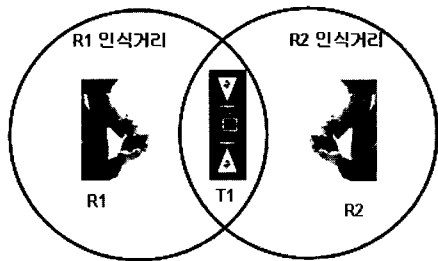


그림 10 다중 리더-태그 사이의 간섭
Fig. 10 Collision between the multi-readers and the tag

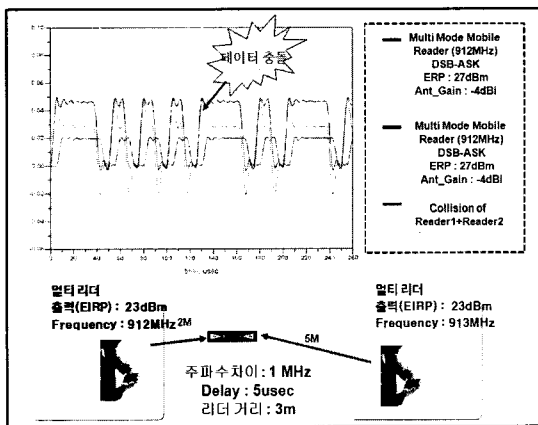


그림 11 동일 주파수의 두 리더가 한 태그에 접근시 리더의 data 손실
Fig. 11 Reader data loss when the two readers approach the same tag (identical reader operation frequency)

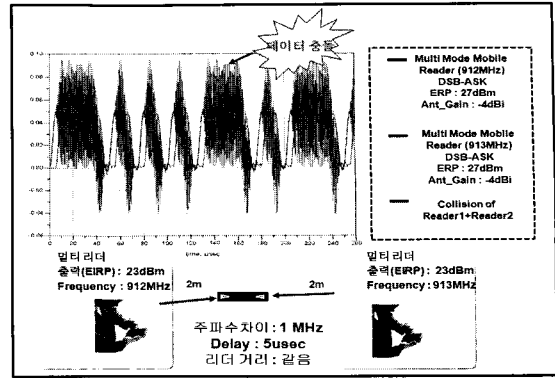


그림 12 서로 다른 주파수의 두 리더가 한 태그에 접근시 리더의 data 손실
Fig. 12 Reader data loss when the two readers approach the same tag (different reader operation frequency)

2.4.2 리더와 리더사이의 간섭 특성

리더와 리더 사이의 간섭이란 그림 13과 같이 신호처리 공간이 같거나 물리적으로 인접한 리더들이 태그 인식 과정에서 이웃한 리더와 리더 사이에 발생하는 간섭이다. 태그에 비해 리더는 민감도가 낮을 뿐만 아니라 먼 거리에서도 신호가 도달할 수 있기 때문에 하나의 리더로부터 송신되는 신호는 다른 리더에 간섭을 줄 수 있기 때문에 고려되어야 한다. 리더간의 간섭은 태그와 통신하는 리더와 이웃한 간섭 리더가 동시에 동일 주파수 혹은 인접하는 주파수를 사용함으로써 발생하는 주파수 간섭으로 동일 채널간섭(co-channel interference) 및 인접 채널 간섭(adjacent-channel interference)으로 분리할 수 있다. 다음의 2.4.2.1과 2.4.2.2는 복수리더 모드와 밀집리더 모드의 리더 사이의 간섭을 시뮬레이션 한 결과를 나타내었다.

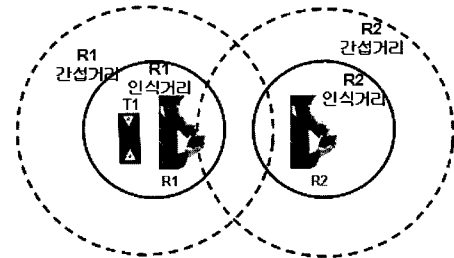


그림 13 리더와 리더사이의 간섭
Fig. 13 Reader collision

2.4.2.1 복수리더 모드 리더와 리더 사이의 간섭 특성

그림 14는 복수 리더 모드의 시뮬레이션 환경을, 그림 15, 16은 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 리더 송신단의 전송속도는 40kHz이며, 리더의 증폭기 출력 27dBm, 안테나 이득 -4dBi로 설정하였다. 또한 변조(Modulation) 방식은 DSB-ASK를 사용하였다. 태그 신호는 FM0(M=1)인 경우, 접속 주파(LF: Link Frequency) 40kHz와 전송 속도 40kHz로 설정하였다. 또한 주파수 대역은 200kHz로 설정하였다. 그림 15의 동일

채널 간섭인 경우, 안정적인 태그 응답을 위해서는 간섭리더와의 거리가 700m이상의 이격이 필요함을 알 수 있다. 반면에, 그림 16에 따르면, 주파수가 2채널 이격된 경우에는 바로 옆 채널 이격된 경우보다 간섭이 급격히 줄어들어, 간섭리더와의 거리가 1.5m이상만 되면 안정적인 태그 응답을 얻을 수 있다. 또한 3채널이상 확보될 경우는 45cm이상만 확보되면 안정적인 응답이 가능하다. 따라서 동일채널 간섭인 경우는 먼 거리에 있는 리더 사이에서도 간섭이 발생 할 수 있으므로, 리더간의 주파수 이격이 필요하다.

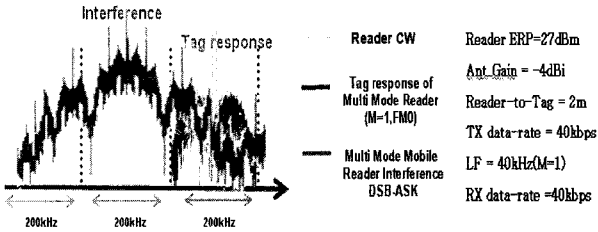


그림 14 복수리더 모드 시뮬레이션 환경
Fig. 14 Simulated multi-reader mode

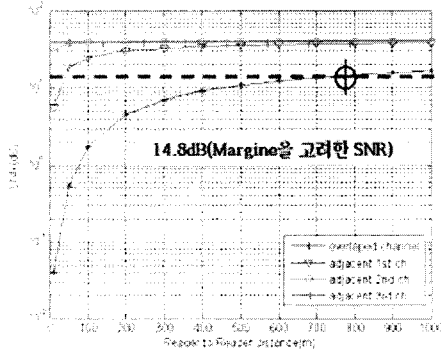


그림 15 복수모드를 운용할 경우의 SNR(동일채널)
Fig. 15 SNR of simulated multi-reader mode using identical channel

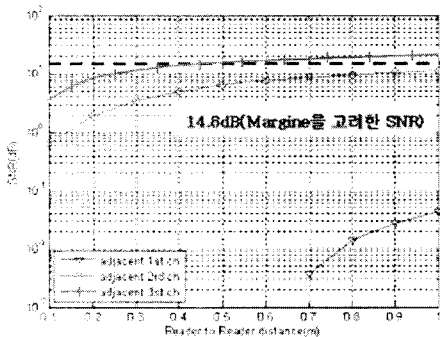


그림 16 복수모드를 운용할 경우의 SNR(인접채널)
Fig. 16 SNR of simulated multi-reader mode using adjacent channel

2.4.2.2 밀집리더 모드 리더사이의 간섭 특성

그림 17은 밀집 리더 모드의 시뮬레이션 환경을, 그림 18

은 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 리더 송신단의 전송속도는 40kHz이며, 리더의 증폭기 출력 27dBm, 안테나 이득 -4dBi로 설정하였다. 또한 변조방식은 PR-ASK를 사용하였다. 태그 신호는 Miller 코드(M=4)인 경우, 집속 주파수 160kHz와 전송 속도 40kHz로 설정하였다. 또한 주파수 대역은 600kHz로 설정하였다. 밀집 리더 모드의 경우는 동일한 채널에 다수 리더의 사용이 가능하며, 태그와 리더사이의 보호대역으로 인하여 복수 리더 모드에 비해 안정적인 태그 응답을 얻을 수 있다. 그림 18을 통해 간섭리더가 동일한 채널을 운용할 경우, 태그의 안정적인 응답을 얻기 위해서는 간섭리더의 이격 거리가 약 1m이상이 필요함을 알 수 있다. 밀집 모드의 경우는 1채널 옆 인접한 간섭 리더와 동일 채널을 운용하는 리더의 간섭은 같기 때문에 마찬가지로 약 1m정도 간섭리더와 이격이 필요하다. 리더가 2채널 옆에서 운용될 경우는 약 45cm정도만 확보되어도 안정적인 태그 응답을 얻을 수 있어 태그의 안정적인 응답이 필요한 서비스에 적합하다.

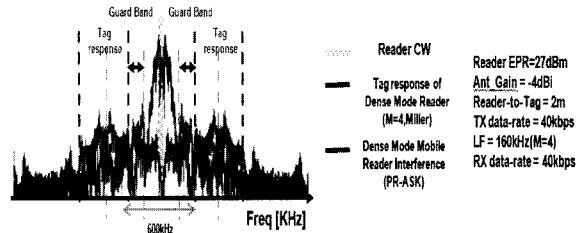


그림 17 밀집리더 모드 시뮬레이션 환경
Fig. 17 Simulated of dense-reader mode

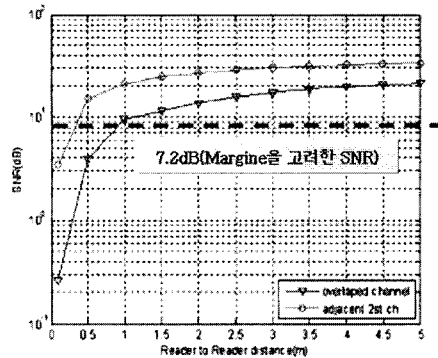


그림 18 밀집모드를 운용할 경우의 SNR
Fig. 18 SNR of simulated dense-reader mode

2.5 국내 RFID 서비스 환경에서의 효율적인 채널 운용방안 제안

국내 UHF대역 RFID 현황 및 기술기준의 문제점과 향후 여러 이종리더들이 산재되었을 경우의 간섭문제를 조기에 해결하고, UHF 대역 RFID 리더의 수요촉진과 관련 산업 및 신규 서비스의 지속 가능한 성장기반을 마련하기 위해서 국내 기술기준의 개정이 필요하다. 따라서 본 절에서는 고정형 RFID 리더 대역과 이동형(휴대형/모바일) RFID 리더 대역의 재분배를 제안하였다. 고정형 리더의 안정적인 응답

을 위해서 고정형 리더와 이동형 리더의 대역을 분리 하였다. 그림 19의 대역1은 908.5~910MHz의 대역에서, 200kHz 채널간격으로 6개 리더를 사용할 수 있다. 고정형 RFID 리더의 채널접근을 허용하지 않으며, 이동형 RFID 리더만 사용하게 하였다. 이때 대역1을 이용하는 이동형 RFID 리더는 FH(Frequency Hopping)을 사용하며 채널을 점유하기 위해 송신하기 전에 대역 감지(Band LBT)를 하여야 한다. 또한 908.5~910MHz의 주파수 대역은 RFID 뿐만 아니라 USN도 사용이 가능하므로, USN 센서노드 및 싱크노드는 채널감지(Channel LBT)를 필수로 하고, FH를 사용해야 한다. 대역 내 모든 채널감지를 위한 감지 레벨, 모니터링 시간, 채널 점유시간 등도 지정해야 한다.

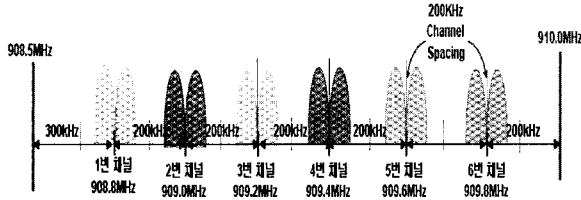


그림 19 대역1(200kHz 채널간격)
Fig. 19 Band plan regarding 200kHz channel interval

그림 20의 대역2는 910.2~914MHz의 대역에서 600kHz 채널간격으로 6개 채널을 사용한다. 고정형 RFID 리더는 동기화를 위해 고정 채널 할당이 가능하다. 효율적인 주파수 이용을 위해서 이동형[모바일/휴대형] RFID 리더는 대역2를 사용할 때에는 FH를 사용하여, 송신을 하기 전에 대역 감지를 해야 한다. 대역1과 마찬가지로 USN 센서노드 및 싱크노드는 채널 감지를 필수로 하고, FH를 사용해야 한다. 채널 감지를 위한 감지 레벨, 모니터링 시간, 채널 점유 시간 등을 지정하여야 한다. 또한 대역 1과 2사이에는 대역1의 이동형/모바일 리더가 대역2의 고정형 리더의 간섭을 줄이기 위해 300kHz의 보호 대역을 두었다.

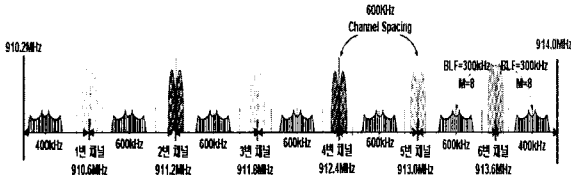


그림 20 대역2(600kHz 채널간격)
Fig. 20 Band plan regarding 600kHz channel interval

3. 결 론

현재의 기술기준상으로 운용되는 고정형/휴대형 RFID는 신규 서비스인 모바일 RFID가 도입될 경우 리더간의 간섭으로 인하여 안정적인 서비스 제공의 어려움이 발생된다. 본 논문에서는 UHF대역 RFID 리더의 간섭을 분석하였으며, 국내 UHF대역 RFID 관련 산업의 확산과 활성화를 대비하여 현재의 기술기준 환경에서 발생되는 문제점을 예측하여, 이를 해결하기 위한 방안을 제안하였다. 제시된 방안은 900MHz대 이동(Cellular) 통신과 일정한 공간에서 여러 리

더를 사용하는 밀집리더 환경에서의 리더와 리더사이의 전파 간섭과 리더와 태그 사이의 전파 간섭 등의 문제를 해결하여 안정적인 서비스 제공이 가능하며, 궁극적으로 수요자의 기호를 충족시킴으로써 RFID의 수요촉진 및 산업 활성화에 기여할 것으로 전망된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음[2008-F-050-01, 자기유지 WBAN/USN용 Scavenging 기술개발]

참 고 문 헌

- [1] 한국전파진흥협회, 900MHz 대역 RFID 기술기준 연구반 "900MHz 대역 RFID 기술기준 개정(안) 연구보고서" 2007.4
- [2] David M. Pozar, "Microwave and RF Design of Wireless System", WILEY, pp 120~124
- [3] Bernard Sklar "Digital communication" Second Edition, pp.104~135
- [4] Marvin Simon and Dariush Divsalar, "Some Interesting Observations for Certain Line Codes With Application to RFID", IEEE TRANSACTIONS COMMUNICATION, VOL.54, NO.4, APRIL 2006.
- [5] EPC Global, "EPCTM Radio-Frequency Identity Protocols Class-1 Generation-2 UHF RFID Protocol for Communications at 860 MHz~960 MHz version 1.09", 2005.
- [6] 정보통신부, "IT839 전략 기술 개발. Master Plan (RFID/USN)", 2005년. 5월.
- [7] K. S. Leong, M. L. Ng, A. R. Grasso, and P. H. Cole, "Synchronization of RFID readers for dense RFID reader environments", in Proceedings of the 2006 International Symposium on Applications and Internet Workshop(SAINT'06), pp. 48-51, 2006.

저 자 소 개



문 영 주 (文永周)

2006년 8월 국민대학교 전자공학과 졸업.
2006년 9월 ~현재 국민대학교 전자공학과(공학석사과정)
Tel : 010-3164-3342
Fax : 02-943-6072
E-mail : giant80@kookmin.ac.kr



여 선 미 (呂 善 美)

2006년 8월 국민대학교 전자공학과 졸업
2008년 8월 국민대학교 전자공학과 졸업
(공학석사)

Tel : 010-9021-4743

Fax : 02-943-6072

E-mail : sunmi@kookmin.ac.kr



오 하 령 (吳 夏 嶺)

1983년 서울대학교 전기공학과 졸업.
1988년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사). 1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사). 현, 국민대학교 전자정보통신공학부 교수

Tel : 010-9151-4708

Fax : 02-943-6072

E-mail : hroh@kookmin.ac.kr



전 부 원 (田 富 元)

2007년 2월: 국민대학교 전자공학과 졸업
2007년 3월 ~현재 국민대학교 전자공학과 (공학석사과정)

Tel : 010-8568-3852

Fax : 02-943-6072

E-mail : rudtn0219@gmail.com



성 영 락 (成 榮 洛)

1989년 한양대학교 전자공학과(공학사).
1991년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사). 1995년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사). 현 국민대학교 전자정보통신공학부 교수

Tel : 011-203-7586

Fax : 02-943-6072

E-mail : yeong@kookmin.ac.kr



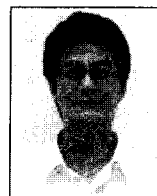
노 형 환 (盧 衡 煥)

2005년 2월 국민대학교 전자공학과 졸업.
2007년 2월 국민대학교 전자공학과(공학석사). 2007년 3월~현재 국민대학교 전자공학과(공학박사)

Tel : 011-9728-6118

Fax : 02-943-6072

E-mail : hhroh@kookmin.ac.kr



박 준 석 (朴 准 奭)

1987년 국민대학교 전자공학과 졸업.
1993년 국민대학교 전자공학과 졸업(공학석사) 졸업. 1996년 국민대학교 공학 전자공학과 졸업(공학박사). 이후 University of California at Los Angeles Ph. D 과정 수료. 현, 국민대학교 정보통신공학부 교수

Tel : 011-455-1330

Fax : 02-943-6072

E-mail : jspark@kookmin.ac.kr



정 명 섭 (鄭 明 燮)

1996년 홍익대학교 공학사 졸업. 1999년 국민대학교 공학석사 졸업. 2004년 국민대학교 공학박사 졸업. 현 국민대학교 전자공학부 BK21 연구교원

Tel : 010-2990-4708

Fax : 02-943-6072

E-mail : jms0610@gmail.com