

주 제

RFID dense 모드 지원을 위한 Medium Access기술

국민대학교 장병준, 박준석, 오하령, 성영락

차례

I. 서론

II. Gen 2 규격의 도입 배경 및 특징

III. RFID 전파 채널

IV. RFID에서 주파수 간섭

V. RFID Medium Access 기술

VI. 결론

요약

전세계적으로 RFID 기술에 대한 관심이 높아지면서 RFID 기술 및 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 다양한 응용분야에 적용되고 있다. 특히, 국내에서는 휴대폰과 RFID를 결합한 모바일 RFID 시스템을 도입하고 있으므로 가까운 미래에 RFID의 도입이 크게 확대될 것으로 기대되고 있다. 하지만 국내의 경우 미국에 비해 RFID 주파수 채널 수가 작은 채널의 점유 대역폭도 좁으므로 향후 RFID 도입이 확산됨에 따라 주파수 간섭 및 채널 용량의 제한 등의 문제가 대두될 것으로 예상된다. 본 고에서는 국내의 RFID 규격의 최신 동향을 살펴보고, RFID에서 발생하는 주파수 간섭 및 이를 해결하기 위한 Medium Access 기술의 최신 동향을 살펴보고자 한다.

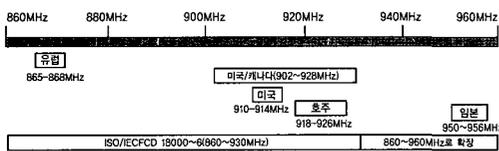
I. 서론

전세계적으로 RFID 기술에 대한 관심도가 증가하면서 유통물류 분야를 시작으로 국방, 환경, 의료, 항공 등 다양한 분야에 RFID 기술을 적용하려는 연구가 활발히 전개되고 있다. 특히 Wal-Mart와 Tesco와 같은 대형 유통회사를 시작으로 2005년부터 RFID 보급이 가시화되고 있으며, 특히 2005년에는 EPCglobal에서 제안한 2세대 RFID (Gen 2) 규격이 ISO 18000-6 Type C로 국제 규격화되면서 전세계 단일 표준의 RFID 규격이 도입되어 RFID 서비스의 확대가 가속화되고 있다[1].

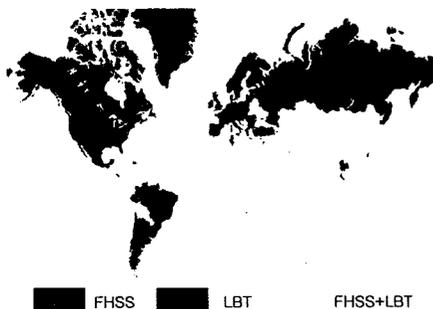
국내에서는 현재 ETRI를 중심으로 칩, 태그, 리더 및 미들웨어 분야에 대한 연구개발이 진행되고 있고, 한국정보사회진흥원에서는 2004년부터 시범 사업을 통해 관련 서비스의 보급을 촉진하고 있다. 최근에

는 RFID 응용 서비스를 물류에 국한하지 않고 전국적인 서비스로 발굴하고, 이를 유비쿼터스의 핵심 요소기술로 활용하기 위하여 ETRI, 한국정보사회진흥원, 한국RFID/USN협회 등 관련 기관을 중심으로 2005년 2월에 모바일 RFID포럼을 창립하여 휴대폰과 RFID를 융합하는 컨버전스 기술을 연구하고 있으며, 2006년부터는 모바일 RFID 시범사업을 실시하여 2006년 말에는 관련 제품이 출시될 예정이다[2-3].

하지만 RFID기술은 각국마다 주파수 대역, 채널 대역폭 및 다중 접속 규격이 상이하므로, 각국의 실정에 맞는 최선의 RFID 규격을 재정해야 한다. 국내에서는 908.5~915MHz의 5.5MHz의 주파수대역에서 한 채널 당 200kHz의 채널 대역폭을 선정하고 있으며, 유럽의 LBT(Listen Before Talk)와 미국의 FH(Frequency Hopping) 방식을 병행하여 사용하고 있다. (그림 1)에 국가별 UHF 대역 RFID 주파수 대역이, (그림 2)에는 국가별로 RFID 무선 접속 규격 동향을 나타내었다[4].



(그림 1) 국가별 UHF 대역 RFID 주파수 규격



(그림 2) 국가별 UHF 대역 RFID 무선접속 규격 동향

UHF대역의 RFID의 특성을 주요 국가별로 살펴 보면, 미국은 902~928MHz의 ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 대역을 RFID 주파수 대역으로 사용함에 따라 한 채널의 점유 대역폭이 500kHz로 50개 이상의 채널을 사용하는데 비해, 유럽의 경우 한 채널의 점유 대역폭이 200kHz로 제한되어 있으며 총 채널 수도 15개 밖에 되지 않는 형편이다. 국내의 경우도 유럽과 비슷하게 200kHz의 점유 대역폭을 가지고 있으나 전체 주파수 대역은 유럽보다 넓은 5.5MHz를 사용하고 있으므로 상측 보호 대역과 하측 보호대역을 빼더라도 27개의 채널이 있어 유럽보다는 유리한 형편이다. 이렇게 상이한 국가별 전파 규격을 만족하기 위하여 Gen 2 규격에서는 다양한 코딩 방식 및 모뎀 방식을 제안하고 있다. 따라서 나라별로 RFID를 사용할 경우 Gen 2 규격 중 각각의 전파기술 기준에 맞는 규격을 선별적으로 사용하여야 한다[5].

또한 Gen 2 규격에서는 리더의 동작환경을 RFID 신호가 존재하는 영역 (Operating Environments)에 따라 단일 리더 (single reader) 환경, 다중 리더 (multiple reader) 환경 및 밀집리더 (dense reader) 환경으로 분리하고, 밀집리더 환경에서는 리더의 개수가 채널수만큼 많으므로 리더간 간섭 (reader interference) 확률이 높으므로 리더와 태그간의 주파수 간섭을 방지하기 위하여 Forward 링크에서는 스펙트럼 마스크를 엄격하게 분리하고, Reverse 링크에서는 Miller sub-carrier 방식을 채용하도록 권고하고 있다. 하지만 아직도 밀집리더 환경을 100% 지원하는 관련 제품이 출시되어 있지 않은 상태이므로 나라별로 RFID를 사용할 때 정확한 가이드라인이 없다면, Gen 2 규격을 채용한다고 하더라도 다양한 규격 및 환경을 지원하는 여러 제품이 혼재될 확률이 매우 높다. 현재 RFID 관련한 국내 기술기준에서는 Gen 2 규격에서 말하는 다양한 규격

및 환경을 고려하고 있지 않으므로 국내 기술기준을 밀집리더 환경까지 고려하려는 연구가 필요한 실정이다[6-8].

본 고에서는 RFID 동작환경 중 dense mode의 경우에 RFID간의 주파수 간섭을 줄여 RFID 채널용량을 증가시키기 위한 다양한 medium access 방식을 조사하여 각각의 장단점을 분석하고자 한다. 특히, Gen 2 규격에서 제시하고 있는 medium access 방식을 정밀하게 분석하여 국내 기술기준에 기초자료로 제공하고자 한다.

II. Gen 2 규격의 도입 배경 및 특징

EPCglobal은 비영리 기구로서 EPC (Electronic Product Code) 코드의 보급과 EPC 시스템의 표준화, 코드관리 등을 담당하고 있다. EPCglobal에서는 상품 한개 한개에 96bit나 128bit 등의 EPC code를 붙여 그 상품에 관한 생산정보나 유통 이력 등을 인터넷을 통해 알 수 있도록 하는 것을 목표로 하는데, 96bit의 경우 1,600만 제조자번호와 2억 7천만 상품번호 및 687억 개의 상품 시리얼 번호가 부여될 수 있도록 하고 있다. EPCglobal에서는 태그의 종류에 따라 Class 0부터 Class 5까지 분류하며, 현재 Class 0와 Class 1에 대한 규격이 완료되어 있다.

2004년부터 이뤄진 EPCglobal의 EPC Class 1 Gen 2 표준은 과거 EPC 표준의 단점을 보완하고, ISO 규격과의 통합을 고려한 진보된 표준이라고 할 수 있다. 최근 ISO/IEC는 ISO 18000-6의 수정작업을 하면서 EPC Class1 Gen 2를 ISO 18000-6 Type C로 새롭게 받아들일 것을 결정하였으며, 앞으로 900MHz 대역의 RFID 시스템은 EPC Class 1 Gen 2 표준을 따를 것으로 기대되고 있어 더욱 관심을 모으고 있다.

Gen 2의 기원은 2003년 6월 EPCglobal 내에 HAG (Hardware Working Group)의 설립으로부터 시작되며, Gen 2의 목표는 Gen 1 (Class 0 및 Class 1)에서 문제되었던 다양한 기술적인 문제를 해결하고 Gen 1에 비해 우수한 성능의 규격 제정과 전세계적으로 공통 표준을 목표로 다양한 RFID 업체의 의견을 받아들여 규격 제정을 시작하였다. 초기에는 고성능 태그를 목표로 할지, 저가의 태그를 목표로 할지 논의가 이루어졌으나, 반도체 기술의 발달 및 대량생산으로 고성능을 목표로 하더라도 태그 당 5 센트라는 목표를 맞출 수 있을 것이라는 합의에 도달해 태그의 고성능을 목표로 추진하게 되었다.

EPC Gen 2 규격의 주요 특징 중 하나는 다른 규격에 비하여 다양한 세부 규격 및 선택 규격을 가지고 있다는 것이다. 예를 들어 모뎀방식 하나만 보더라도, DSB-ASK, SSB-ASK, PR-ASK의 3가지 방식의 모뎀을 규격에 포함하고 있다. 따라서 태그의 경우 이러한 모든 모뎀을 지원하여야 하나, 리더의 경우 Gen 2를 선택적으로 만족하는 다양한 종류의 리더가 존재할 수 있게 된다. 리더 제조업자는 규격 중 자신에게 유리한 다양한 종류의 리더를 만들 수 있다.

Gen 2 규격 중 대표적인 특징 중의 하나가 Dense 모드를 적용한 것이다. Dense 환경이란 리더의 송신 출력이 인접리더에 영향을 주지않을 정도까지 감소되는 영역(보통 1km 정도) 내에 채널 수만큼 리더가 있는 경우를 의미한다.

예를 들어 우리나라 주파수의 경우 27개 채널이 있으므로 1km 반경 내에 27개의 리더가 있으면 Dense 환경이라고 생각할 수 있다. 이 경우 주파수 호핑 (Frequency Hopping)이나 LBT를 사용하더라도 동일한 채널을 사용하는 리더가 존재할 확률이 높으며, 인접 리더의 신호가 태그 응답신호보다 큰 경우 태그 응답신호에 간섭을 줄 수 있다. 따라서 Gen 2에서는 리더의 송신대역과 태그의 응답대역을 분

리하여 간섭을 최대한 억제하기 위한 dense 모드 규격을 설정하였다.

Dense모드란 리더의 점유주파수 대역과 태그의 점유주파수 대역을 주파수 채널 측면에서 분리(FDD : Frequency Division Duplexing)하도록 주파수 점유 스펙트럼을 엄격하게 규정하는 것이다. 이렇게 되면 태그와 리더간의 주파수 채널이 정확히 분리되므로, 태그는 태그끼리, 리더는 리더끼리 주파수 간섭은 발생할 수 있으나, 태그와 리더가 주파수 간섭은 억제할 수 있다. Dense 모드 규격은 Medium access기술과 밀접한 관련이 있으므로 제 5 장에서 자세히 검토할 것이며, 기타 자세한 Gen 2 규격을 기존 규격과 비교한 결과는 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> Gen 2 규격과 기존 규격과의 비교

Parameter	Type A	Type B	Gen 2
순방향링크 (리더-태그) 인코딩	PIE	Manchester	PIE (Nominal 90%)
Modulation index	27% ~ 100%	18% or 100%	80% ~ 100%
데이터 전송률	33 Kbps (평균) Tari=20usec	10/40 Kbps (국가나 지역의 규격에 따른)	128~26.7 Kbps Tari:6.25~25usec Data-1:1.5~2 Tari
역방향 링크 (태그-리더) 인코딩	FMO	FMO	FMO 혹은 Miller modulated subcarrier
Collision arbitration	ALOHA	Binary Tree	ALOHA
태그 unique identifier	64 bits (40 bit SUID)	64 bits	Protocol 상에서는 최대 256bits
순방향 링크 오류 검지	모든 명령에 대한 5/16 bit CRC	16 bit CRC	16 bit CRC
역방향 링크 오류 검지	16 bit CRC	16 bit CRC	16 bit CRC
Collision arbitration 선형성	250 태그 이하	2 ²⁶ 태그 이하	32767 태그 이하
Kill 명령	없음	없음	있음
보안 고려	없음	없음	RN-16을 이용 encryption 32 bit access와 Kill password
Multi session	없음	없음	4개의 inventory flag와 selected flag
CMD 길이	6 bit	8 bit	2-16 bit (사용 빈도 고려)
메모리 addressing	256 bit 이하의 blocks	Byte blocks, 1,2,3,4 바이트 쓰기	16 bit 단위로Read/write Memory bank 전체를 한번에 read 가능

III. RFID 전파 채널

RFID 전파 채널은 리더와 태그 사이의 거리가 가깝고 주로 고정형이므로 채널의 시간상관도보다는 수신신호의 전력 레벨이 중요한 의미를 지닌다. 수동형 RFID 시스템에서는 리더에서 송신한 신호의 전력이 일정 수준 이상이어야 태그가 동작하며, 태그가 동작해야지만 리더가 태그를 인식하기 때문이다.

수신신호의 전력레벨을 모델링하는 방법은 크게 실험적인 방법과 해석적인 방법으로 나눌 수 있으나, 대부분의 경우에 두 방법을 결합하여 모델링하는 것이 일반적이다. 실험적인 방법은 곡선 맞춤 (curve fitting)이나 측정 데이터를 이용해 새로운 수식을 찾는 방법으로, 현재까지 알려진 것과 알려지지 않은 모

든 전파 (propagation) 요소들까지 고려할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 모델이 유도된 주파수 대역과 전파환경이 다른 경우에는 모델에 대한 추가적인 실험적 검증이 필요하므로 사용이 제한적이다. 해석적인 방법은 전자기학 필드 이론에 기초하여 수신안테나에 도착하는 신호를 계산하는 방법으로, 실험적 방법보다 시간과 노력이 적게 드는 반면, 전파환경에 대한 정확한 전자기적 특성을 알고 있어야 모델의 신뢰성이 높아진다. 두 방법은 상호보완적이어서 정확한 채널 모델을 유도하기 위해서는 어느 한가지 방법만 사용하기 보다는 두 방법을 결합하여 전파채널을 모델링하는 것이 권장되고 있다.

RFID에서 현재까지 제시되고 있는 전파 채널 방법으로는 Log-

distance 경로손실 (path loss) 모델[9]과 이론적 모델인 3차원 광선추적법(ray-tracing)이 있다. RFID 시스템에 맞는 Log-distance 경로손실 (path loss) 모델로는 측정 데이터를 통해 RFID 시스템에 맞는 모델을 제시한 Cole 모델[10]이 있다. Cole 모델이 제시한 평균 RFID 경로손실은 다음 식 (1)과 같다.

$$PL(d)_{dB} = \begin{cases} 32 + 25 \log(d), & 0 \leq d < 8m \\ 23 + 35 \log(d), & d \geq 8m \end{cases} \quad (1)$$

여기서 8m 거리를 기준점으로 한 것은 태그와 리더 사이의 인식거리 내를 의미하며 태그와 리더 사이가 인식거리 내에 있을 때는 가시거리를 가정하여 거리의 2.5 자승배로 반비례하여 감소한다고 가정하였으며, 그 이상의 거리에서는 거리의 3.5 자승배로 반비례하여 감소한다고 가정하였다.

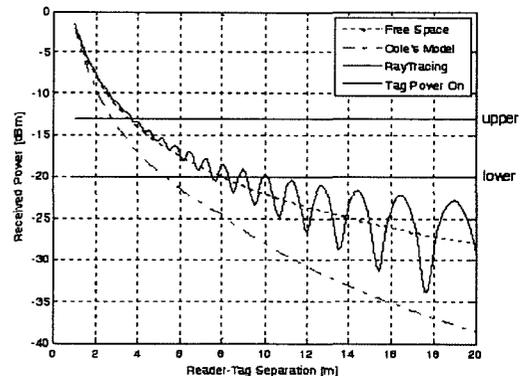
RFID의 전파경로손실에 대한 이론적 모델로는 광선추적 (Ray tracing) 모델이 많이 사용된다. 광선추적 모델은 전자기학 필드 이론에 기초한 것으로 송신 안테나에서 수신안테나까지의 전파경로를 찾고, 찾은 경로를 따라 반사점과 반사계수를 계산하여 수신 안테나에서의 전기장 (electric field) 혹은 자기장 (magnetic field)을 구해, 수신 전력을 계산하는 방법이다.

광선추적 모델은 광선발사법(ray launching)과 영상법(image method)을 이용하는 방법으로 나뉜다. 광선발사법은 주로 송신안테나에서 일정한 간격으로 광선을 발사하고, 이 광선이 수신안테나의 유효 개구면(effective aperture)에 도달하면 수신된 반사파로 인식하여 수신전력 계산에 포함시키는 방법이다. 영상법은 반사가 생길 수 있는 모든 면에 대해 송신안테나의 영상점을 구하고, 각각의 영상점으로 부터 신호를 송신하여 수신안테나에서 수신된 신호

를 계산하는 방법이다.

RFID 전파 환경은 주로 실내 가시영역이 될 확률이 높으므로, 3차원 영상법을 이용한 광선추적법을 통하여 모델링하는 것이 가능하다. 이 방법은 또한 계산과정이 단순하며 정확도가 높은 편이므로 RFID 전파채널 모델링에 적합하다고 할 수 있다.

(그림 3)은 리더와 태그 사이의 거리에 따른 수신 전력 레벨을 시뮬레이션한 결과이다. 경로손실 모델에 따른 수신신호의 감쇄가 가장 크며, 자유공간 모델과 3차원 광선추적법을 사용한 결과는 비슷한 레벨을 보여주고 있다. 다만 3차원 광선추적법은 다중 반사파가 더해져서 수신신호 레벨이 결정되므로 전력 레벨에서 골과 마루가 형성됨을 확인할 수 있다. 일반적으로 통용되는 태그 동작 전력은 -20dBm ($10\mu\text{W}$)에서 -13dBm ($50\mu\text{W}$)으로 알려져 있으며 [11], 그림에서 이 값을 붉은 실선으로 표시하였다.

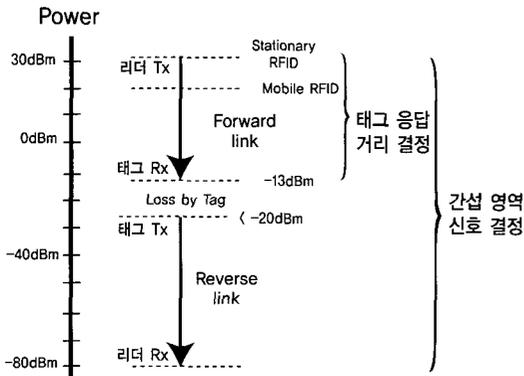


(그림 3) RFID 전파 채널 비교

IV. RFID에서 주파수 간섭

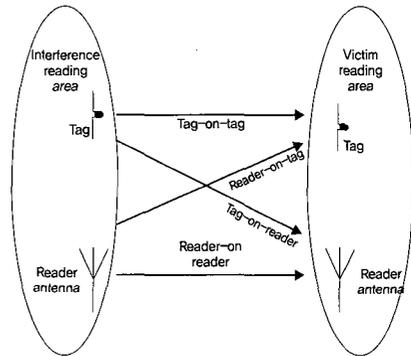
RFID 통신 방식은 다른 통신방식과 달리 리더와 태그간에 가역성 (reciprocity)이 존재하지 않아 회선이 비대칭 (link unbalance)하다는 특징이 있다. 이

를 다른 말로 표현하면, (그림 4)에서처럼 기지국에 해당하는 리더의 전파 전달거리가 단말기에 해당하는 태그의 전파 전달거리보다 훨씬 크다는 것이다. 따라서 리더는 수km 떨어진 다른 리더에 간섭을 줄 가능성이 있지만, 단말(태그)의 경우 수 m의 전파거리만을 가지게 된다. 따라서 Gen 2 규격의 밀집리더 스펙트럼 마스크를 준용하여 리더와 태그간의 간섭을 줄인다 하더라도 리더간의 간섭 및 동일태그에 대한 다중 리더 간섭은 완벽하게 피할 수는 없다.



(그림 4) RFID 채널의 Link unbalance

기서 Tag-on-tag 및 Tag-on-reader는 태그의 역산란 신호가 매우 작게 때문에 무시할 수 있으며, 주요 간섭은 리더간 간섭 및 단일태그에 대한 다중 리더 간섭이 된다. Gen 2 규격에서는 이 두가지 간섭 중에서 리더간 간섭을 해결하기 위하여 주파수 스펙트럼 상에서 리더의 신호와 태그의 신호를 분리하여 간섭문제를 해결하기 위한 밀집리더 환경을 제안하고 각 국가별로 적용하기 적합한 실례를 제시하고 있다.



(그림 5) RFID 환경에서 발생하는 간섭의 종류

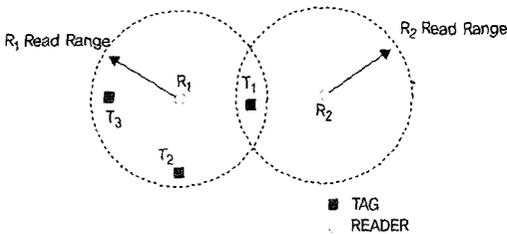
RFID 링크가 비대칭하다는 것은 전파 채널 모델링에서 살펴본 바와 같이 forward link의 영역이 reverse link의 영역보다 작기 때문이다. 이는 모바일 RFID 환경에서는 forward link는 휴대폰의 전력을 사용하기 때문에 1W이상의 전력을 공급하기 어려우며, 단말기의 안테나의 사용으로 안테나 효율이 작기 때문에 더욱 심각해진다. 모바일 RFID의 경우 forward link는 수십 cm의 거리를 reverse link의 경우 수백 m에 해당되어 더욱 심각해진다. 이는 모바일 RFID의 도입 시 중요한 이슈사항으로 앞으로 모바일 RFID 서비스 개시 시 지속적인 연구가 필요한 분야이다. RFID 환경에서 발생할 수 있는 간섭의 종류는 (그림 5)와 같이 4가지 종류가 있을 수 있다. 여

1. 다중 리더-태그 간섭

RFID 동일 태그에 대한 다중 리더 간섭은 두 개 이상의 리더가 하나의 태그에 동시에 접속할 경우 발생하게 된다. 태그는 자체 전지가 없으며, 리더로부터 수신한 신호로 응답을 하기 때문에 주파수를 선택할 수 없으며, 따라서 두 리더의 동작 주파수가 다를 경우에도 간섭은 발생하게 된다(주파수 독립적). (그림 6)에서처럼 간섭 리더에서 수신되는 전압이 태그에 간섭을 주지 않기 위해서는 동작중인 리더로부터 수신되는 전압보다 작아야 한다. 현재 Gen 2 태그에 대한 실증 실험 결과 동일 태그에 접속하는 간섭 리더는 현재 통신하고 있는 인접 리더 신호보다 13dB정도

이상되어야 다중 리더-태그 간섭이 해결된다고 보고되고 있다[12].

이는 유통물류환경에서는 리더간의 거리를 적절히 이격함으로써 해결할 수 있으나, 모바일 RFID 환경에서는 동일한 태그에 리더가 근접하게 되는 경우가 종종 발생하므로 해결하기 어렵게 된다. 태그 간섭은 태그를 구성하는 chip에 간섭 억제 능력이 있는냐에 따라 태그 간섭 정도가 달라질 수 있는데 최근 이에 대한 성능 지표로 Tag receptivity 등이 연구되고 있다.

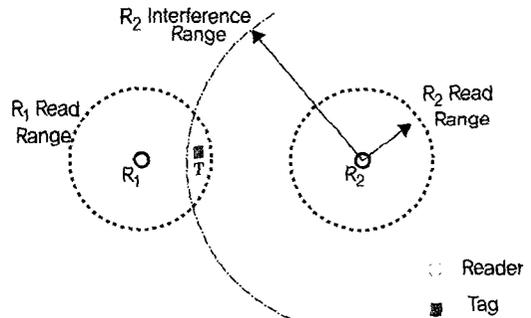


(그림 6) 다중 리더-태그 간섭

2. 리더간 간섭

리더간 간섭이란 처리 공간이 같은 리더들이 동시에 태그와 통신을 할 경우 발생하는 충돌현상으로 리더 충돌이 발생하면 리더들이 보내는 전파사이의 간섭현상으로 리더 사이에 존재하는 태그가 인식되지 않을 수 있다. 리더 간섭은 근접한 위치에 존재하는 리더가 동시에 동일 주파수 혹은 인접하는 주파수를 사용하여 발생하는 주파수 간섭으로 동일채널 간섭(co-channel interference), 인접채널 간섭(adjacent channel interference)으로 나눌 수 있다. 리더간 간섭의 경우는 리더 간에 발생하는 간섭으로 리더가 동작하는 주파수에 따라 주파수 의존적이며, 따라서 동일채널의 경우 특히 심각하게 된다. 인접채널의 경우는 주파수가 이격됨으로 리더간 간섭은 급

격히 감소하나, RFID 리더기의 spectrum mask를 엄격히 규제하지 않으면 인접 채널에 의한 간섭의 영향도 심각해질 수 있다. (그림 7)의 동일 채널의 경우의 리더간 간섭을 분석하면 이론적으로 동일한 시간대에 동일한 주파수를 사용하는 리더는 태그 인식거리의 70배 이상의 거리를 이격해야만 하는 것으로 알려져 있다. 이는 태그 인식거리가 10m일 경우 700m 이상을 이격해야 하는 것을 의미하므로 리더끼리 동일 채널을 사용하지 않도록 적절한 리더의 주파수 할당이 필요하다는 것을 알 수 있다.



(그림 7) 리더간 간섭

V. RFID Medium Access 기술

앞 장에서 설명한 RFID 주파수 간섭을 줄이기 위해 다양한 Medium access 기법이 제시되고 있으며, 현재 몇가지 기술은 RFID 규격에 포함되어 있다. 과거 RFID 기술은 13.56MHz의 저주파 시스템이 주로 사용되었기 때문에 인식거리가 수 cm에 불과해 주파수 간섭에 대한 연구가 전무하였으나 최근에 UHF대역의 RFID가 도입되면서 인식거리가 늘어나면서 주파수 간섭 문제가 최근에 들어서 제시되고 있는 상태이다. 대표적인 Medium Access 기술을 살펴보면 다음과 같다.

1. Frequency Hopping

일반적으로 Frequency Hopping (주파수 도약) 방식은 확률적으로 동일 채널 간섭을 피하는 방법으로 리더간 간섭을 100% 해결할 수 없다. 그 이유는 리더의 수가 채널수보다 작은 경우 간섭 방지에는 효과적이나 리더의 개수가 많아져 채널수 이상이 되면 간섭확률이 증가하게 된다. 하지만 기존의 HW의 큰 변화 없이 구현이 용이하다는 장점이 있다. 미국의 ISM대역을 사용하는 시스템의 경우 Frequency Hopping 방식은 무조건적으로 사용하도록 되어 있다.

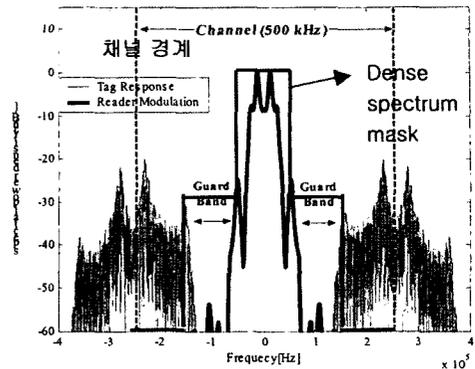
2. SDMA

RFID 리더를 공간적으로 배치하여 간섭을 억제하는 것으로 고정형 RFID와 같이 설치 장소가 고정되어 있는 경우에만 가능한 방식이다. 이는 리더간의 이격거리가 충분하고, 리더사이의 주파수 간섭을 차단하기 위해 전파흡수체 등을 사용하는 것이 일반적이다. 이 방법은 RFID 설치시 적용되는 방법으로써 휴대용 RFID 리더기가 존재하거나 리더간의 이격거리가 충분하지 않을 때는 사용하기 어려운 방법이다.

3. FDMA

본 방식은 Gen 2 의 Option 규격으로 규격화되어 채용되고 있으나 다중리더에 의한 태그 간섭을 완벽하게 해결할 수 없다는 단점이 있다. 하지만 다중리더에 의한 태그 간섭은 리더의 동작범위로 한정되기 때문에 reader간 이격거리를 인식거리 이상으로 충분히 뒀으로써 해결할 수 있다.

(그림 8)은 미국의 경우처럼 대역폭인 500kHz인 경우에 대하여 채널대역폭을 엄격하게 규정한 예를



Forward link : PR-ASK (Tari=25μsec)

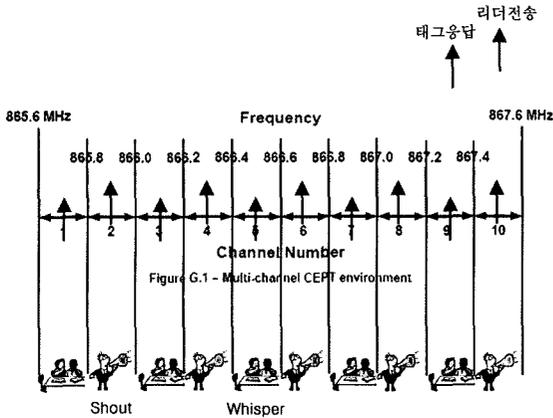
Reverse link : 256kHz subcarrier(M=4, 64kpbs data rate)

(그림 8) Dense 모드를 위한 채널 할당의 예(미국의 경우)

보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 리더의 전송신호 스펙트럼이 태그의 응답 주파수 대역에 겹쳐지지 않도록 채널을 엄격하게 제한하고 있다. 이렇게 함으로써 태그와 리더간의 간섭을 분리하여 리더와 태그간의 간섭을 줄이려고 하고 있다.

미국 ISM대역의 경우 500kHz의 채널 대역폭을 가지므로 채널대역 내에서 Dense 모드의 구현이 가능하나, 유럽 및 우리나라와 같이 200kHz의 채널대역폭을 사용하는 경우 채널간격이 좁으므로 홀수 채널 및 짝수 채널로 리더의 송신주파수와 태그의 수신 주파수를 분리 (Multi-channel regulatory environments)하거나, 리더 간 동기를 맞추어 리더 송신을 동시 (Single-channel regulatory environments)에 이루어지게 하여 리더와 태그 간의 충돌 확률을 없애도록 규정하고 있다.

(그림 9)는 유럽 주파수 대역에서 Dense모드를 사용하는 예를 나타내는 것으로 홀수 채널 및 짝수 채널로 리더의 송신주파수와 태그의 수신 주파수를 분리한 예를 보여준다. 국내의 경우도 유럽과 동일하게 200kHz의 채널 대역폭을 가지므로 Dense모드 지원을 위한 주파수 기준 등의 설정 등이 필요할 것으로 보인다.



(그림 9) Dense 모드의 적용 예(유럽의 경우 - Multi-channel regulatory environment)

4. Beacon 채널 이용

RFID 대역 중에 별도의 Beacon채널을 둬으로써 Beacon 채널을 통해 리더의 주파수 할당 및 access time을 조절하는 것으로 대표적인 알고리즘으로는 Pulse protocol[13]이 있다. 하지만 아직 이를 이용한 규격 및 제품이 없으며, 알고리즘만 제안되어 있는 상태로 모든 RFID 주파수 간섭을 해결할 수 있지만 단점으로는 별도의 채널을 둬으로써 가용 채널이 줄어든다는 점과 Beacon채널을 위한 규격의 제정 및 구현을 위해 별도의 HW가 필요하다는 문제가 남아 있다.

5. TDMA

RFID의 access방법을 시간으로 할당하는 방법으로 리더의 전송시간과 태그의 전송시간을 시간적으로 분리할 수 있으며, Gen 2의 Synchronized방식 (Single channel regulatory)으로 일부 규격화되어 있으나, 리더간의 동기가 필요하다는 단점이 있다. 현재 Gen 2 규격에서도 리더간의 동기를 위한 절차 및 방법이 규정되어 있지 않으며, 동일 지역 내에 여러 회사의 리더기가 혼재되어 있거나 휴대형 RFID리더기가 있는 경우 간섭을 해결하기가 어려운 단점이 있다. 대표적인 규격으로는 Colorware [14]가 있다.

6. CSMA

유럽규격인 LBT(Listen Before Talk)에서 채용하는 방식으로 채널을 access하기 전에 타 리더기가 채널을 사용하고 있는지 탐색하여 사용하고 있으면 타채널로 주파수를 변경하여 사용하는 방식이다 [15]. 이 경우 다중 리더에 의한 태그 간섭은 해결할 수 없지만, 리더간 간섭은 해결이 가능하다. 하지만 각 국가별로 채널이 사용되고 있는지 판별하는 threshold값을 정해야 하며, 모든 채널이 사용되고 있는 경우 리더가 태그를 인식할 수 없는 상태에 빠지게 된다는 단점이 있다.

<표 2> RFID Medium access 기술 비교

	FH	SDMA	FDMA	Beacon	TDMA	CSMA
Reader Interference	Δ	o	o	o	o	o
다중리더 tag interference	x	o	x	o	o	x
장단점	- 구현 용이 - 리더간 간섭을 확률적으로 회피	- 고정형 리더에서만 가능	- HW복잡도 증가 - 국가별 채널상황 고려필요	- Beacon채널필요 - 용량에 제한	- 리더간 동기필요	
규격화	- 간섭의 해결 불가능	- Deployment Issue	- Gen 2 규격화 (Option)	- Pulse protocol (개념만 제안됨)	- Colorware - Synchronized Gen 2로 일부 규격화	- 유럽규격(LBT)

이상과 같이 대표적인 Medium Access 방법에 대해 설명하였고 이를 <표 2>와 같이 정리할 수 있다. 실제 RFID 시스템의 구현 시 각국의 채널환경 및 전파규격에 따라 여러 방식을 혼합하여 사용하게 된다.

VI. 결론

RFID 시스템은 다양한 응용분야에서 사용될 것으로 초창기의 단일 리더 (single reader) 환경에서 다중 리더 (multiple reader) 환경을 거쳐 밀집리더 (dense reader) 환경으로 변화할 것이다. 이에 따라 리더가 하나 있는 경우를 고려해서 설치되었던 과거의 방식에 비해 다양한 리더와 태그가 존재하는 경우에도 RFID의 성능이 떨어지지 않도록 하는 것이 앞으로 RFID를 확산하는데 가장 큰 선결과제이다.

본 고에서는 현재까지 RFID의 최신 규격 동향 및 그 특징, RFID에서의 채널모델링 기법, RFID에서 발생할 수 있는 주파수 간섭의 종류 및 주파수 간섭을 줄이기 위한 Medium access 기술의 최신 동향에 대해 살펴보았다.

RFID Medium access 기술은 주파수 간섭을 줄여 dense 환경에서도 RFID가 성공적으로 동작하기 위한 핵심 기술로서 현재 연구 초기 단계이다. 앞으로 관련된 연구가 활발히 전개될 것으로 예상되며, 국내의 경우 모바일 RFID 서비스를 계획하고 있으므로 이를 포함한 다양한 Medium access 기술을 연구하여 국제 표준을 선도하고, RFID 기술의 보급에 앞장 서야 하겠다.

[참 고 문 헌]

[1] 정보통신부, “국민소득 2만불 달성을 위한

IT839전략 기술개발 Master Plan”, 2004.6.

[2] 장병준, 이윤덕, “모바일 RFID 기술 동향 및 주요 이슈”. IITA 주간기술동향1206호, pp.31~40, 2005.7.

[3] 장병준, 안선일, 이윤덕, “RFID/USN 기술개발 동향”, 정보과학회지, 23(2), pp.83~87, 2005.2.

[4] 장병준, 박준석, 오하령, 성영락, “2세대 수동형 RFID 기술”, 한국전산원 보고서, 2005.10

[5] www.thingmagic.com, “Generation 2-A user guide”.

[6] www.impinj.com, “The Gen 2 Story-Charting the path to RFID that just works™”.

[7] www.alientechnology.com, “EPCglobal Class 1 Gen 2 RFID Specification”.

[8] www.epcglobalinc.org

[9] T.S Rappaport, Wireless Communications - Principles and Practice, Prentice Hall, Second Edition, 2002.

[10] K.S.Leong, M.L.Ng, P.H.Cole, “Positioning Analysis of Multiple Antennas in a Dense RFID Reader Environment,” International Symposium on Applications and the Internet Workshops, 2005.

[11] Udo Karthasu and Martin Fischer, “Fully Integrated Passive UHF RFID Transponder IC with 16.7-uW Minimum RF Input Power,” IEEE Journal of Solid-state Circuits, Vol. 38, No. 10, pp.1602-1608, Oct. 2003.

[12] Chris Turner, et al., “White Paper on the dense reader problem in Europe,” ISO-IEC JTC1/SC31/WG4/SG3 Ad hoc

committee on dense reader problem, Jan. 2006.

- [13] Shailesh M. Birari and Sridhar Iyer, "Mitigating the Reader Collision Problem in RFID Networks with Mobile Readers," 7th malaysia international conference on communication, pp.463-468, Nov. 2005
- [14] J. Waldrop, D.W.Engels and S.E.Sharma, "Colorware : An Anticollision algorithm for the reader collision problem," ICC' 03 IEEE Vol.2, pp.1206-1210,2003.
- [15] ETSI EN 302 208-1 V1.1.1 (2004-09), www.etsi.org.
- [16] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook" second edition, John Wiley & Sons, 2003
- [17] 박준석, 오하령, "RFID 시스템에서의 Air-Channel Access 방법", 한국전자과학회지, Vol.16, No.3, 2005.7.
- [18] 황태욱, 김영수, 박경환, "900MHz 대역 RFID 시스템의 무선 인터페이스 표준화 동향", 한국전자과학회지, Vol.16, No.3, 2005.7.
- [19] 김영환, 어필선, 양훈기, 박승근, 강봉순, 김영수, 육종관, "몬테카를로 (Monte-Carlo) 방법을 적용한 수동형 900MHz 대역의 RFID 간섭 분석," 전자공학회 논문지 제43권 TC편 제1호, pp.9-17, 2006.1.
- [20] K.S.Leong, M.L.Ng, P.H.Cole, "The reader collision problem in RFID systems," IEEE 2005 International Symposium on MAPE, Beijing, China, 8-12, August, 2005.
- [21] D.W.Engels, S.E.Sarma, " The reader collision problem," IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 6-9, Oct. 2002.



장병준

1990년 연세대학교 전자공학과(공학사)
1992년 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1997년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
1995년 ~ 1999년 LG전자㈜
1999년 ~ 2003년 한국전자통신연구원 무선방송연구
구소

2003년 ~ 2005년 정보통신연구진흥원

2005년 ~ 현재 국민대학교 전자공학부 교수

관심분야 : 마이크로파/밀리미터파 회로(MMIC, Hybrid), 무선통신시스템,
RFID/USN



박준석

1991년 국민대학교 전자공학과(공학사)
1993년 국민대학교 전자공학과(공학석사)
1996년 국민대학교 전자공학과(공학박사)
1998년 ~ 2003년 순천향대학교(조교수)
2003년 ~ 현재 국민대학교 전자공학부 교수



오하령

1983년 서울대학교(공학사)
1988년 한국과학기술원(공학석사)
1992년 한국과학기술원(공학박사)
1983년 ~ 1986년 삼성전자
1992년 ~ 현재 국민대학교 전자공학부 교수



성영락

1989년 한양대학교(공학사)
1991년 한국과학기술원(공학석사)
1995년 한국과학기술원(공학박사)
1996년 ~ 현재 국민대학교 전자공학부 교수