

논문 2011-48CI-4-8

RF Shift Scanning 기법을 이용한 태그 충돌 개선 기법

(Advanced Anti-Collision algorithm by RF-Shift Scanning)

최 병 진*, 성 원 모*, 조 원 서**

(ByeongJin Choi, WonMo Seong, and Wonseo Cho)

요 약

현재 유통 관리에서 RFID 도입시 기술적으로 성능 개선이 많이 필요한 부분 중 하나가 RFID Tag Anti-Collision 기술이다. 즉 RFID 다중 인식시 발생하는 Tag Collision 현상을 개선할 수 있도록 현존하는 대부분의 RFID 리더기에 적용될 수 있는 새로운 스캐닝 알고리즘을 도입하였다. 본 논문에서는 제시된 알고리즘을 실제로 물류 현장에 적용시켰을 때 다중 인식 성능이 기존보다 30% 가량 개선된 사례를 제시한다. 유통 현장에서 RFID 다중 인식 성능을 높이기 위해 본문에서 제시한 알고리즘을 RFID 리더모듈과 연결된 PDA(컨트롤러)의 미들웨어에 구현하여 탑재하고 실제적으로 RFID 재고조사 실험데이터를 축적하였다. 이를 통해 본 논문에서 제안된 알고리즘이 다중 인식에 있어 미인식 영역을 최소화 하고 기존 RFID 재고 조사 시스템의 성능이 크게 개선되는 것을 현장 적용을 통해 증명하였다.

Abstract

In these days, RFID adoption in supply chain management system needs technically part of the performance improvement of RFID Anti-Collision technology. We contrived new scanning algorithm that improve RFID Anti Collision performance, also can be applied to existing RFID readers. In this paper, the proposed algorithm were applied to the actual logistics scene recognition performance much better than the existing practices are presented. For improve of RFID Anti Collision performance, our algorithm implemented in the middleware associated with RFID PDA readers, and actually mount the RFID inventory data from the experiment were accumulated. Through this experiment, the proposed algorithm was confirmed that helps to minimize unaware area of the existing RFID inventory system and significantly improves performance of RFID field solution.

Keywords : RFID 현장 적용, RFID 충돌방지(RFID Anti Collision, Automatic Identification, Warehouse Management, Application)

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)기술은 사물 각각에 식별정보가 저장된 작은 RFID 태그를 부착하고

사물 및 주변 환경정보를 안테나와 리더(Reader)를 통해 무선주파수로 네트워크에 전송하여 처리하는 비 접촉형 자동식별 기술로 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 및 통신 기능을 부여해서 유비쿼터스 네트워크로 발전시키는 것을 목표로 한다. RFID 기술은 여러 분야에 쉽게 적용할 수 있는 범용성과, 기존 산업의 인프라에 큰 수정을 가하지 않고도 특별한 충돌 없이 자연스럽게 적용시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 이런 특성을 가진 RFID 기술은 미시적으로는 바코드를 대체할 새로운 유통망 기술이지만, 거시적으로는 정보통신, 물류, 유통망, 교통, 환경, 치안유지 등의 다양한 분야에 적용이 가능하며, 사람 중심(anyone) 정보화에서 사물 중심

* 정회원, (주)이엠따블유
(EMW Co., Ltd.)

** 정회원, (주)한국산업기술시험원
(Korea Testing Laboratory)

※ 본문은 지식경제부에서 진행한 산업원천기술개발사업의 “현장에서의 RFID/USN 성능저하 요인 개선을 위한 솔루션 개발” 과제의 지원을 받아 작성되었음.

접수일자: 2011년5월17일, 수정완료일: 2011년7월1일

(anything)의 정보화로 향후 IT 시장을 이끌어갈 차세대 핵심기술이라 할 수 있다^[1].

그러나 무선 주파수 자동 인식 기술인 RFID 기술이 바코드를 대체할 것이라는 예상과는 달리 아직 우리나라 산업부문에 RFID 도입비율은 10% 내외로 낮은 수준이다. 이는 도입효과의 불확실성이 가장 큰 이유이며, 이러한 불확실성의 원인은 다양한 물류 현장에 맞게 마련된 가이드라인의 부재에서도 찾을 수 있지만 보다 근본적인 원인은 UHF 대역의 RFID Anti-Collision 기술의 한계에 기인한다고 할 수 있다.^[2~3]

Anti-Collision 기술은 현재 시중에 나온 RFID 리더기마다 다양한 방법으로 구현되어 있다. 하지만 현재까지 실제 운용되는 전자선반, 다중 인식 게이트 등의 실질적인 SCM 업무용으로 사용하기에는 다소 개선해야 할 점이 있으며 그러한 기술적 개선의 반영은 신제품의 RFID 리더기 출시나 펌웨어 업그레이드를 통한 성능 개선으로 이루어지고 있다. 그러나 RFID 리더기 특성상 현재까지 출시된 RFID 리더기 대부분의 펌웨어 업그레이드 방식은 다소 복잡하고 손이 많이 가는 편이며 업그레이드 하는 동안 해당 시스템 사용이 불가하기 때문에 기 구축된 사이트에서는 한번 RFID 리더기를 도입하면 지속적으로 성능을 개선하는데 어려움이 있다.

본 논문에서는 미들웨어 단에서 구현할 수 있고 기존 RFID 리더기 단에서 구현되었던 Anti-Collision 알고리즘과 별개로 사용할 수 있는 RF-Shift Scanning 알고리즘에 대해 제안한다. II장에서는 RF-Collision 이 일어나는 근본적인 원인과 RFID 리더기 단에서 일반적으로 구현된 Anti-Collision 방식에 대해 살펴보고 RFID 리더기 단에서 구현된 Anti-Collision 알고리즘과 독립적으로 미들웨어 단에서 구현할 수 있는 RF-Shift Scanning 알고리즘에 대해 설명한다. III장에서는 이를 이용한 현장 도입 실험결과를 제시한 후 IV장에서 결론을 도출한다.

II. 본 론

1. RF-Collision

리더가 다수의 태그에게 질의할 때는 브로드캐스트(Broadcast) 방식으로 전파를 전송하며, 이를 포워드 링크(Forward Link)라고 한다. 이 질의는 리더의 전파 범위 안에 있는 태그만 들을 수 있으며 그림 1에서 보듯이 리더의 전파 범위 안에 있는 태그만 응답을 하게 된

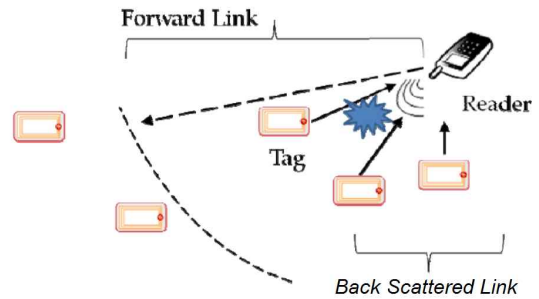


그림 1. 포워드 링크 & 응답 링크

Fig. 1. Forward Link & Back scattered link.

다. 이것을 백 스캐터드 링크(Back scattered Link)라고 한다. 이때 태그들은 리더의 질의에 응답하도록 설계되어 있으므로 동시에 응답을 하여 전파 간 충돌(Collision)이 발생하는 문제가 생긴다. 이러한 충돌은 RFID 시스템의 인식률에 큰 영향을 미치므로, 효과적인 태그 충돌 조정 과정이 요구된다.^[4]

2. Anti-Collision 기법

Anti-Collision 기법은 크게 RF 단에서 동작하는 방식과 미들웨어 단에서 동작하는 방식으로 나눌 수 있다. RF 단에서 동작하는 방식은 다시 또 알로하(ALOHA) 기반 기법과 트리(tree) 기반 기법으로 나누어지며, 알로하 기반은 슬롯티드 알로하(Slotted ALOHA), 프레임드 슬롯티드 알로하(Framed Slotted ALOHA), 다이내믹 프레임드 슬롯티드 알로하(Dynamic Framed Slotted ALOHA)가 있고, 트리 기반에는 바이너리 트리(Binary Tree) 프로토콜, 쿼리 트리(Query Tree: QT) 프로토콜이 있다. 하이브리드 기법으로는 프레임드 쿼리 트리(Framed Query Tree)와 쿼리 트리 알로하(query tree ALOHA: Q-ALOHA)가 존재한다.^[5~6]

미들웨어 단에서의 Anti-Collision 이란 기존 리더기에 각종 제어명령을 통해 RF 충돌 방지를 구현하는 것으로 대표적인 방법으로 실시간 시분할 태그 수집 방식(Time sliced Inventory)이 있다. 그러나 이 방식은 여러 대의 리더기를 사용할 때 각 리더기간의 간섭 현상을 막아주는 데는 제 역할을 하지만 다수의 태그를 읽을 때 발생하는 충돌에 대해서는 큰 효과를 보지 못한다.

3. RF 음영지역

밀집된 태그를 인식할 때 통상적으로 RFID 리더의

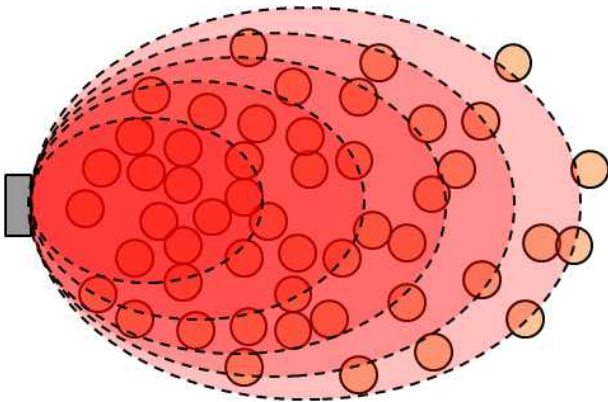


그림 2. RF 출력에 따른 가변적 전계영역 도식도
Fig. 2. Variable electric field diagram by RF-develops.

최대 출력을 이용하여 태그를 스캔하게 된다. 안테나에서 가까울수록 강한 전계가 형성되고 이때 다수의 태그 간에 RF-Collision 이 발생한다. 이로 인해 안테나 바로 앞에 태그가 있어도 인식하지 못하는 경우가 발생한다. 최대 출력이 아닌 25dBm 에서는 오히려 근접해 있는 태그는 음영지역 없이 인식이 잘 되는 반면 원거리에 있는 태그 인식에는 어려움이 있었다.

이는 밀집된 태그가 있는 지역에서 전계영역이 넓게 형성되는 경우 전계 영역 안에 있는 다수의 태그들이 동시간대에 응답하게 되어 전파간 충돌이 발생하게 되는 데서 기인한다.

그림2는 RF 출력에 따른 전계영역을 도식화 한 것이다. 전계 영역이 넓어질수록 태그를 인식하는 영역 또한 넓어지지만 전계영역 안에 태그의 숫자가 늘어남에 따라 전파간 충돌의 확률도 높아지고 태그 개체가 일정 숫자를 넘어가게 되면 태그가 아무리 많아져도 인식할 수 있는 태그의 숫자는 한정되게 된다.

즉 밀집된 태그 중 근거리에서 있는 태그를 빠짐없이 최대한 많이 인식해야 하는 경우에는 최대 RF 출력으로 태그를 인식하는 것 보다는 출력을 다소 떨어뜨린 뒤 전계 영역을 한정시켜 응답하는 태그의 숫자를 한정시켜 전파간 충돌을 피하는 편이 오히려 인식률을 향상시킨다는 것을 의미한다. 그러나 이러한 경우 근거리에서 있는 태그의 인식에 관해서는 인식률 향상 효과를 볼 수 있으나 반대로 원거리에서 있는 태그는 인식률이 하락하는 부작용이 발생한다.^[7]

4. RFID 재고조사 현장분석

RF 근접지역 미인식 현상은 RFID 재고조사를 할 때 볼 수 있으며 그림 3처럼 좁은 공간에 RFID 태그가 부



그림 3. RFID 태그가 부착된 상품이 밀집 적재된 창고
Fig. 3. A RFID product warehouse that maintains close formation.



그림 4. 통로 폭이 좁은 전형적인 상품 적재 창고
Fig. 4. A typical warehouse with narrow path.

착된 상품이 밀집 되어있을 경우 흔히 나타난다.

RFID 재고조사는 보통 RFID 휴대형 리더기를 이용하게 되는데 이는 RFID 태그를 여러 각도에서 읽을 수 있는 장점을 가지며 상품의 적재 방식에 크게 관계 없이 일정 수준 이상의 인식률을 나타낸다.

그러나 앞에서 다루었던 것처럼 RFID 휴대형 리더기의 최대출력으로 재고조사를 실시할 시 안테나 바로 앞에 있는 태그를 인식하지 못하여 재고 조사 기록이 누락되는 경우가 많다. 이것을 막기 위해 재고조사 직원은 경험적으로 RFID 안테나와 RFID 태그가 부착된 상품 간의 간격을 조절하며 재고 조사 작업을 수행하기도 하지만 그림 4처럼 좁은 공간에 많은 상품을 적재해야 하는 적재 창고의 특성상 안테나의 간격 조절마저 어려운 경우가 많다.

5. RF Shift Scanning 알고리즘

밀집된 태그를 인식할 때 RFID 안테나의 최대 출력이 아닌 가변 출력을 이용하면 근접한 태그간의 RF-Collision을 상당부분 감소시킬 수 있다. 예를 들면 처음 1초는 25dBm 의 출력으로 태그를 읽다가 그 다음 1초는 25.5dBm 으로 태그를 읽어들이고 그 다음 1초는 26dBm 으로 태그를 스캔하는 방식이다. 이런 식으로 그림 5에서 보는 바와 같이 RFID 안테나의 출력을 조절해가며 전계가 생기는 영역을 가변적으로 하여 시분할 스캔한 태그 데이터를 누적시켜 RF 전파 강도별 합집합의 태그 리스트를 생성한다.

상기와 같은 방식으로 최대 출력을 이용하여 태그를 스캔할 때 보다 인식시간은 다소 더 필요하겠지만 RF 음영지역이 상대적으로 감소하여 전체적인 작업시간과 정확도면에서 효율성 개선을 기대할 수 있을 것이다.

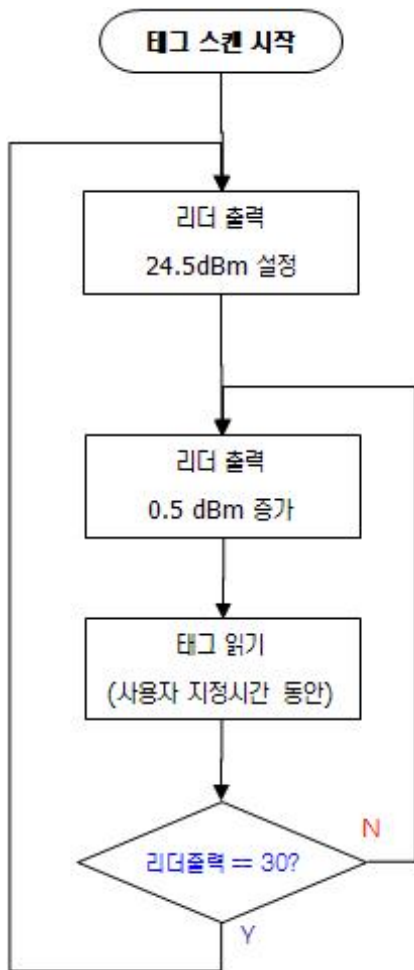


그림 5. RF Shift Scanning 알고리즘 순서도
Fig. 5. A flow chart. of RF Shift Scanning algorithm.

III. 실험

본 파트에서는 국내에서 현재 RFID 상품 적재 창고를 운영하고 있는 현장인 E사 점포의 RFID 후방 재고 창고에서 직접 본문에서 구현한 알고리즘을 적용하여 실제 재고 조사를 했던 실험을 소개하고 결과를 분석한다.

1. 현장실험 환경

E사 후방 재고 창고 (이하 재고 창고라고 칭함)에서는 구두 제품들에 대해 RFID를 부착하여 상품의 이력 정보 및 재고 정보를 관리하고 있다. 협력회사에서 RFID 태그를 부착하여 상품을 물류센터에 납품하고 물류센터는 수도권의 RFID 적용 점포로 상품을 출하하게 되며 출하된 물건은 각 점포의 재고 창고로 적재된다. 재고 창고는 정기적으로 재고 조사를 하고 있으며 재고 조사 작업은 RFID 휴대형 리더기를 이용하여 그림 6처럼 태그를 인식하여 재고 조사를 진행한다. 그러나 상품 밀집도가 높은 관계로 여러번에 걸쳐 태그를 스캔을 해야했으며 실제로 재고가 없는 것인지 태그가 제대로



그림 6. RFID 휴대형 리더를 이용한 재고 조사 작업.
Fig. 6. Inventory review with RFID H/H PDA.

로 인식이 안 된 것인지 판단이 서지 않아 RFID 도입으로 인한 재고 조사의 장점을 충분히 살리지 못하고 있었다. 장비는 이미 도입이 되어 다른 장비로 바꾸는 것은 현실적으로 어려웠으며 RFID 휴대형 리더기에 설치된 모바일 미들웨어에서 확장할 수 있는 컴포넌트 형태로 본문에서 제시한 RF Shift Scanning 알고리즘을 구현하여 활성화 시킨 뒤 직접 RFID 재고 조사를 해본 뒤 조사하였다.

2. 현장실험방법

1. 600여개의 재고가 있는 상품을 수기로 5회 재고 조사하여 정확한 재고 숫자를 파악한 후 작업에 소요된 시간을 기록한다.

2. RFID PDA 모바일 미들웨어에서 RF Shift 범위를 25.0 - 30.0 으로, 구간별 스캔시간은 1초, Shift 단위는 0.5 dBm 으로 설정한다.

3. RFID PDA 모바일 미들웨어에서 RF Shift Scanning 기능을 활성화 시키고 재고 조사를 실시하여 1항에서 파악한 재고 숫자와 맞아 떨어질 때까지 걸린 시간을 조사하고 이를 5회 반복한다.

4. RFID PDA 모바일 미들웨어에서 RF Shift Scanning 기능을 비활성화 시키고 재고 조사를 실시하여 1항에서 파악한 재고 숫자와 맞아 떨어질 때까지 걸린 시간을 조사하고 이를 5회 반복한다.

실제로 RFID 상품이 적재되어 사용하고 있는 점포 후방 적재 창고에서 실험이 진행된 관계로 실험은 야간에 진행되었으며 작업자로는 RFID 에 대해 전혀 모르는 현업 인원을 선정하였다. 이는 실제 대부분의 현장 재고 조사 작업자가 RFID 관련 지식이 거의 없다는 것

표 1. 재고조사 방식별 소요시간
Table 1. Run times on inventory experiment methods.

재고조사방식/ 시도(차)	수기조사	RF Shift Scanning Off	RF Shift Scanning On
1	94분 30초	29분19초	21분 44초
2	99분 54초	30분 02초	20분 25초
3	93분 01초	32분 10초	19분 47초
4	115분 38초	29분 58초	22분 36초
5	95분 58초	29분 46초	21분 51초
평균	99분 48초	30분 15초	21분 17초

을 감안한 것이다. 위와 같은 실험 시나리오 별로 재고 조사를 진행하여 걸린 시간을 기록한 관찰한 결과는 표 1)과 같다.

수기조사 결과 중 4번째 실험에서는 실험자가 상품 숫자를 잘못 세어 일부 선반을 중복으로 조사하는 일이 생겨 재고 조사 시간이 많이 소요 되었다. 이는 실제 수기 재고 조사에서 현실적으로 일어날 수 있는 일 (Human Error) 이므로 소요 시간을 그대로 기재하였다.

실험 결과 RF Shift Scanning 기능을 활성화 시켰을 때 기존 방식보다 30% 정도 작업시간이 절약되었다. 이는 기존 방식과 RF Shift Scanning 방식의 Anti-Collision 성능 차에 기인하며 특정 구역에 있는 RFID 태그를 빠짐없이 인식하는데 상대적으로 시간이 덜 걸린다는 것을 의미한다.

위 실험은 RFID 실험전 수기조사를 통한 재고조사를 먼저 함으로서 작업자가 전체 재고 수량을 정확히 알고 있다는 가정 하에 재고 조사 소요시간을 측정 한 것이다. 그러나 실제로 재고조사를 할 때는 정확한 현장 재고 수량은 사전에 파악할 수가 없으며 재고 조사의 완료 여부는 작업을 진행하였던 작업자가 판단하게 된다. 이때 작업자가 정확한 판단을 할 수 있도록 균일하고 안정적인 인식 성능을 나타낼 수 있는 것이 중요하며 이와 관련된 실험을 추가적으로 실시하였다.

1. RFID PDA 모바일 미들웨어에서 RF Shift 범위를 25.0 - 30.0 으로, 구간별 스캔시간은 1초, Shift 단위는 0.5 dBm 으로 설정한다.

2. RFID PDA 모바일 미들웨어에서 RF Shift Scanning 기능을 비활성화 시키고 재고 조사를 실시한다. 단, 재고 조사 완료 시점은 작업자가 판단하도록 하며 재고 조사 완료 후에는 수기를 통한 정확한 재고 파악 작업으로 RFID를 이용한 재고 조사 작업에 걸린 시간과 실제 재고 수량과 RFID를 이용한 재고 조사 작업에서 계측된 재고 수량간의 오차를 기입한다. 실험의 현실성 및 정확성을 위해 이 작업은 1일 1회만 실시하며 5일간 반복한다.

3. 2항에서 RFID PDA 모바일 미들웨어에서 RF Shift Scanning 기능을 활성화 시키고 같은 방식으로 실험을 진행한다.

표 2와 표 3에서 실시된 작업자는 서로 다른 사람이며 이전 실험과 마찬가지로 RFID 에 관한 지식이 없는

표 2. 기존 RFID 재고조사 방식 실험결과.

Table 2. The inventory experiment result by established method.

시도(일차)	실제재고	재고조사 결과	재고오차	소요시간
1	613	599	14	28분 49초
2	580	568	12	28분 02초
3	675	664	11	33분 20초
4	631	622	9	30분 08초
5	573	565	8	28분 36초
평균	614.4	603.6	10.8	29분 47초

표 3. RF Shift Scanning 재고조사 방식 실험 결과

Table 3. The inventory experiment result by RF-Shift Scanning method.

시도(일차)	실제재고	재고조사 결과	재고오차	소요시간
1	598	595	7	18분 47초
2	568	563	5	17분 58초
3	694	692	2	21분 45초
4	642	642	0	19분 20초
5	586	586	0	18분 56초
평균	617.6	615.6	2.8	19분 21초

현업 인원으로 선정하였다. 서로 다른 사람으로 한 이유는 각 실험이 5일간 진행됨에 따라 학습효과가 생겨 실험결과에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 실제로 재고 오차의 경우 작업자가 RFID 장비 및 작업방식에 익숙해져가면서 오차가 줄어드는 양상을 보였다. 이전 실험과 마찬가지로 RF Shift Scanning 기능을 활성화 시켰을 때 안정성 면과 속도면에서 모두 유리하다는 것을 쉽게 알 수 있다.

위와 같은 실험결과에 따라 E사의 점포에서는 RFID PDA에 탑재된 모바일 미들웨어에 RF Shift Scanning 기능 확장 컴포넌트를 추가하여 재고 조사를 실시하게 되었으며 기존에 활용하던 RFID PDA 최대출력 스캔 방식보다 약 30% 정도의 시간을 절약하게 되었다. 또한 RFID재고 조사의 정확도도 올라가 재고 정보의 신뢰성이 향상되었고 이를 활용한 판매 전략도 보다 현실적으로 수립하여 효율적인 마케팅에 기여하게 되었다.

IV. 결 론

본문에서는 최적의 RFID 물류 및 유통 적용을 위한 미들웨어 단에서의 RFID Anti Collision 개선 방법을 연구하였으며 RF Scanning 알고리즘을 제안하였다. 기존의 H/W 스펙이나 장비 변경 없이 단순한 미들웨어 업데이트만으로 구현 및 적용이 가능하도록 설계 하였다. 제안한 알고리즘의 검증을 위해 직접 RFID 물류 유통이 적용되고 있는 현장에서의 실험을 통하여 보다 빠른 시간 내에 RFID를 이용한 재고 조사를 가능케 하여 관련된 시간과 비용을 절약할 수 있다는 것을 검증하였다. 이러한 반복적인 현장 검증 작업을 통해 경험을 축적하여 알고리즘을 지속적으로 개선하고 미들웨어의 업데이트를 통하여 그것을 반영하면 RFID 도입의 ROI를 증대시켜 RFID 시스템의 도입을 한층 앞당길 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 최병진, “무선 주파수 식별 적용을 위한 물류 적재 시뮬레이터 설계.” 대한전자공학회, 462-468쪽, 2010년 7월.
- [2] 김천근, “물류산업의 RFID 활용사례와 정책방향,” KIET 산업경제, pp. 3-13, June, 2009.
- [3] 한국전자거래협회 “SCM에서 RFID 활용하기”, Chap 7, June, 2009
- [4] 김수철, “수동형 RFID 태그 충돌방지 알고리즘에 관한 비교연구.” 한국정보기술융합학회논문지 제 3 권 제 2 호, September, 2010
- [5] 송인찬, “An Enhanced Tag Anti-collision Algorithm in Passive RFID Systems by using QueryAdjust Command” 대한전자공학회 ICEIC 177-180쪽, 2008년 6월.
- [6] 최호승, “Bin 슬롯 정보를 이용한 UHF 대역 Anti-collision 알고리즘” 대한전자공학회 논문지 제 43권 TC편 제1호, 2006년 1월.
- [7] 장병준, “UHF RFID 시스템의 순방향 및 역방향 인식 거리에 관한 연구” 한국전자공학회논문지 제 18 권 제 11 호, July, 2007.

— 저 자 소 개 —



최 병 진(정회원)
 2003년 2월 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학부 (공학사)
 2005년 8월 아주대학교 정보통신 전문대학원 (공학석사)
 2005년 9월~2008년 4월 (주)한도 하이테크 RFID 개발부 대리
 2008년 4월~현재 (주)이엠따블유 선임연구원
 <주관심분야 : RFID SCM, 시스템 보안, 시스템 자동화, 유비쿼터스 네트워크>



성 원 모(정회원)
 1995년 2월 단국대학교 전자공학과 (공학사)
 1997년 2월 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
 2007년 2월 단국대학교 전자공학과 (공학박사)
 1998년 6월~현재 (주)이엠따블유 연구소 연구소장
 <주관심분야 : 안테나 설계 및 해석>



조 원 서(정회원)
 2000년 8월 중앙대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 8월~현재 한국산업기술 시험원 수석연구원, 전자과/정보통신팀장, 무선인식기술센터장

2004년 9월~현재 IEC CISPR/F, CISPR/H Project Leader/Expert
 2008년 4월~현재 ISO TC104/SC4 Ad hoc group leader
 <주관심분야 : EMI/EMC 및 RFID 국제 표준화, 근거리 통신기술>