

논문 2010-47CI-4-15

# 무선 주파수 식별 적용을 위한 물류 적재 시뮬레이터 설계

(A Goods Load Simulator for Optimum RFID Distribution)

최 병 진\*, 박 창 현\*, 성 원 모\*

(ByeongJin Choi, ChangHyeon Park, and Wonmo Seong)

## 요 약

본 논문에서는 상황별 RFID(무선주파수식별) 물류 적재 시뮬레이터를 구현하였다. 이를 위하여 RFID의 적용 및 인식률에 영향을 줄 수 있는 환경요소들을 모델링하여 인식률 실험을 체계적으로 수행할 수 있도록 하였다. 실제로 물류 현장에 적용시켰을 때 보다 적은 시간과 비용으로 상황별 최적의 RFID 물류 적재 방법을 찾아 개선한 사례를 제시한다. 물류 현장에서 RFID 인식률을 높이기 위해 본 시뮬레이터를 사용하여 RFID 인식 실험데이터를 축적하였다. 이를 통해 본 논문에서 제안된 시뮬레이터가 시행착오를 줄이고 효과적으로 최적화된 RFID 물류 적용 안을 찾아낼 수 있다는 것을 실험치를 기준으로 증명하였다.

## Abstract

We proposed a goods load simulator for optimum RFID distribution, which includes experiment process modeling guidelines for stable RFID scan rate, efficient cost-reduction of RFID application or even speedy management of RFID field. We show verification of this simulator using field test of distribution, and the proposed simulator has better performance than the classic method, and demonstrate the proposed is efficient method of draw up guidelines on RFID distribution.

**Keywords :** RFID 현장검증 물류 자동인식 시뮬레이터.(RFID, Automatic Identification, Distribution, Application)

## I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)기술은 사물 각 각에 작은 식별정보인 RFID 태그(Tag)를 저장하고 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(anything)의 정보화로 향후 IT 시장을 이끌어갈 차세대 핵심기술이라 할 수 있다<sup>[1]</sup>.

그러나 무선 주파수 자동 인식 기술인 RFID 기술이 바코드를 대체할 것이라는 예상과는 달리 아직 우리나라 산업부문에서 RFID 도입비율은 10% 내외로 낮은 수준이다. 이는 도입효과의 불확실성이 가장 큰 이유이며, 이러한 불확실성은 다양한 물류 현장에 맞게 마련된 가이드라인의 부재에서 기인한다.<sup>[2]</sup> 하지만 현재까지 다양한 물류현장에 맞추어진 개별적 가이드라인은 존재

\* 정희원, (주)이엠파블유 연구소  
(R&D Center, E.M.W Co. Ltd.)

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

접수일자: 2010년4월8일, 수정완료일: 2010년7월7일

하지 않으며 다양한 연구와 실험을 통해 적용이 가능한 가이드라인을 하나씩 마련해나가는 단계이다.<sup>[3]</sup>

본 논문에서는 이러한 물류현장별로 적용될 수 있는 가이드라인을 보다 빠른 시간 내에 마련할 수 있는 상황 별 RFID 물류 적재 시뮬레이터에 대해 제안한다. 2장에서는 RFID 물류 적재 시뮬레이터에 중요한 역할을 하는 환경 요소 모델링에 대해 설명한다. III장에서는 모델링한 결과를 시뮬레이터로 구현하여 RFID 적용성 실험을 할 수 있는 RFID 물류 적재 시뮬레이터에 대해 제안한다. IV장에서는 이를 이용한 현장 도입 실험결과를 제시한 후 V장에서 결론을 도출한다.

## II. 본 론

### 1. RFID 환경요소 모델링

본 단락에서는 최적의 RFID 상황별 물류 적재 방법을 찾아내기 위한 RFID 환경요소 모델링에 대해 소개한다.

#### 가. Tag Order

상품 적재 시 태그와 매핑 되는 상품의 위치정보 및 태그의 부착 면 위치는 RFID 인식률에 가장 중요한 요소 중 하나이다. 부착된 태그와 매핑 되는 상품의 위치를 알아야 어떠한 위치에 태그 인식이 잘 되지 않는지를 쉽게 알 수 있고 태그를 어떠한 면에 부착해야 하는지는 RFID 리더의 안테나와 상품의 부착된 태그간의 각도가 나오게 됨으로서 RFID 태그 인식률을 결정짓는데 중요한 역할을 한다.

본문에 구현된 시뮬레이터의 분류에서는 태그의 위

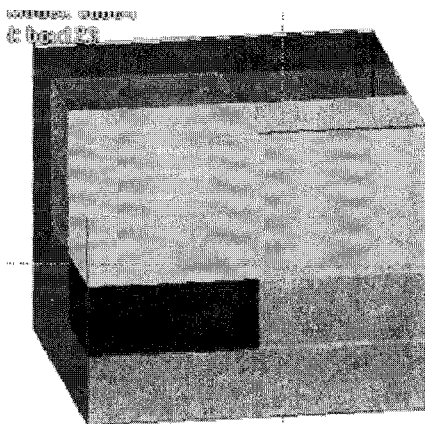


그림 1. 위치코드 001X 표현 예  
Fig. 1. Example of Location Code - 001X.

치, 부착 면을 4자리의 위치코드로 표현하였다. 가령 위 그림처럼 태그가 팔레트위에 적재된 형태를 가정해보자. 빨간색으로 표시된 숫자의 위치코드는 001X 로 표현될 수 있다. 즉 3차원 좌표를 기준으로 했을 때 X축(가로)으로 가장 처음에 있고(코드 0), Y축(세로)으로도 역시 가장 밑에 있다(코드 0). Z축(층수)으로는 맨 밑에 팔레트로 추정되는 가장 큰 박스가 깔려있고 그 위에 위치하고 있으니 Z축 코드 값은 1이다. 마지막 X로 표시된 곳에 들어갈 코드는 태그 부착 면을 나타낸다.

그림 2)를 참고해보자. 박스는 총 6면을 가지고 있고

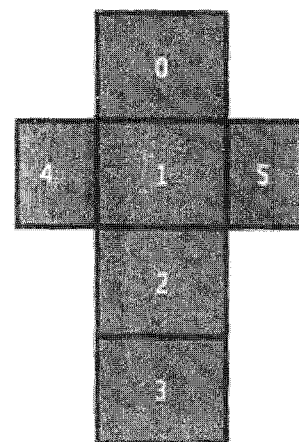


그림 2. 면 분류 번호  
Fig. 2. A class number of box face.

TagL	TagUID
0000	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,79912
0010	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,78695
0020	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,78708
0030	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,80132
0110	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,79378
0120	urn:epc:tag:sgtin-96:1,809055,8012844,1
0130	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,80016
0210	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,78389
0220	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,79174
0230	urn:raw:454D574D4953434F00000001
1010	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,78697
1020	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,80208
1030	urn:epc:tag:sgtin-96:0,68100645113,97,82633
1110	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,79652
1120	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,77939
1130	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,66705
1210	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,77828
1220	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,79729
1230	urn:epc:tag:giai-96:0,4194528,79153

그림 3. (위치코드) - (EPC TagID) 매핑 테이블 예제  
Fig. 3. Example of Location Code - EPC Tag ID Mapping Table.

1번면을 바닥에 닿는 면이라 가정하고 박스를 접었을 때 정면을 바라보게 되는 면은 코드0, 위쪽을 바라보게 되는 면은 코드3, 비슷하게 양쪽 옆면에 부착되는 경우는 코드5 또는 6으로 표기할 수 있다.

따라서 그림 1)에서 표기되는 빨간 박스의 정면에 RFID태그가 부착되어있다고 가정한다면 해당박스의 Tag Order 정보는 0010 으로 표기할 수 있다. 여기에 그림 2)를 참고하여 (위치코드) - (EPC TagID)의 쌍으로 현재 적재된 박스의 형태와 박스에 부착된 면의 EPC 코드값을 그림 3)처럼 표현할 수 있으며 이를 파일로 저장하여 관리하면 다양한 박스 적재 형태의 테스트를 진행할 수 있다.

나. DRM Settings

대규모의 물류 작업장에서는 수 십대의 대차 및 지게차가 지나다니는 경우가 많으며 지게차 등에 적재된 상품에 부착된 RFID 태그를 인식해야하는 경우 1대의 리더로 커버하기 어려운 경우가 많아 복수개의 리더를 운용해야 하는 사례를 종종 볼 수 있다. 그러나 복수개의 리더기에 같은 타이밍에 Start Inventory 명령을 송신하는 경우, 일반적으로 리더기간에 간섭이 일어나며 이러한 경우 인식이 현저히 저하되기 때문에 간섭을 억제하는 Dense Reader Management 기술이 반드시 필요하다.<sup>[4]</sup> 그러나 DRM 구현방식은 리더기 제조사마다 모두 다르고 주변 환경의 영향을 받는 경우가 많아 실제 현장 적용에는 어려움이 따르고 있는 실정이다. 따라서 Dense Reader Management 이란 포인트 역시 최적의 RFID 상황별 물류 적재 방법을 찾아내기 위한 RFID 환경요소 모델링 요소중의 하나로 볼 수 있으며 현장에서는 리더기의 종류에 관계없이 공통적으로 적용할 수 있는 DRM 기술이 절실한 실정이다.<sup>[4]</sup>

다. Experiment Settings

RFID 안테나의 위치와 각도, 물류 소터장비의 컨베이어 벨트의 운행속도 등 센서와 연동하여 자동으로 값을 받아올 경우 보다 빠르고 체계적인 실험을 진행할 수 있다. 자동으로 값을 받아오는 요소 외에 사용자가 필요하다고 생각되는 요소들을 기입해놓는 경우 실험 리포트 작성에 도움을 줄 수 있고 한번 실험했던 시나리오를 중복 실험하게 되는 일을 방지할 수 있다.

이상으로 최적의 RFID 상황별 물류 적재 방법을 찾아내기 위한 RFID 환경 요소 모델링을 개략적인 범주

로 나누어 정의하였다. 실험을 해가면서 이러한 모델링 범주는 추가되거나 개선의 소지가 있는 것이지만 이제까지 RFID 인식을 향상을 위해 무엇을 어떻게 해야할지가 막연했던 이때 어떠한 점을 어디서부터 검증하여 진행해나가야 하는지 그 방법을 제공해줄 수 있다는 점에서 위에서 정의한 모델링 요소들은 의미를 가진다고 할 수 있다.

2. RFID 물류적재 시뮬레이터

앞에서 적용 범주를 나누어 모델링했던 실험 요소들을 실제로 반영하여 RFID 물류 적재 시뮬레이터(이하 시뮬레이터)를 구현하였다. 본 시뮬레이터는 앞장에서 언급했던 실험요소들을 프로필 및 프리셋형태로 관리하여 체계적인 실험을 가능하게 하고 RFID 리더와 안테나로부터 인식된 태그 리스트를 수신받아 차트로 도식화 할 수 있는 기능을 지니고 있다.

가. Tag Ordering

그림 4)에서 보이는 것처럼 적재박스 형태를 작업자가 원하는 대로 지정하고 태그의 위치와 부착면 정보를 기재하고 상기 위치와 면에 어떠한 값을 지닌 태그가 부착되어있는지 매핑테이블을 구성할 수 있다. 작업자가 매핑 정보를 입력한 후 Apply 버튼을 클릭하면 해당하는 정보의 박스 적재형태가 오른쪽에 3D형태로 나타난다. 작업자가 입력한 매핑 정보는 프리셋 형태로 관리가 가능하고 추후 다른 프리셋값과 병합하는 작업

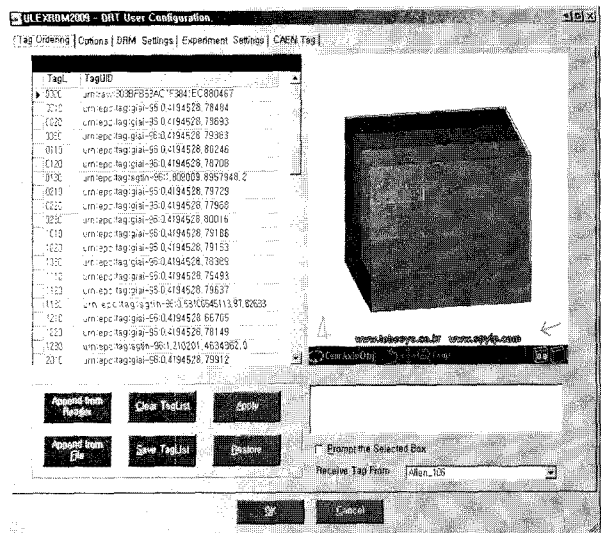


그림 4. Tag Ordering 구현화면  
Fig. 4. Screen shot of the application page for Tag Ordering.

이 가능하다. 또한 필요한 경우 RFID 태그값을 사용자가 직접 수기로 입력하는 것이 아닌 지정한 리더기로부터 읽어올 수도 있다.

나. DRM Settings

DRM (Dense Reader Management) 은 복수개의 리더기를 동시에 사용할 때 리더간의 전파간섭 및 충돌현상을 회피하는 기술이다. DRM은 현재 대부분의 상용 리더가 지원한다고 스펙에 명시되어있으나 실제로는 같은 회사, 같은 모델의 RFID 리더들끼리만 사용했을 때만 동작한다던지 특정한 상황에서는 제대로 성능을 내지 못하는 등 실제로 현장 적용을 위한 실험을 진행하기에는 어려움이 많은 실정이다. 본 시뮬레이터에서는 시분할 읽기(Time Slice Inventory) 기능을 소프트웨어적으로 구현하여 작업자가 지정한 시간의 구간만큼만 각각의 리더기에 Inventory 명령을 내림으로서 리더기의 종류에 상관없이 공통으로 적용될 수 있는 DRM 기능을 구현하여 여러 개의 리더기를 써야만 하는 상황에서 (출입통로가 매우 넓은 게이트, 실시간 전자선반 등) RFID 인식실험을 진행할 수 있는 해결책을 제공한다.

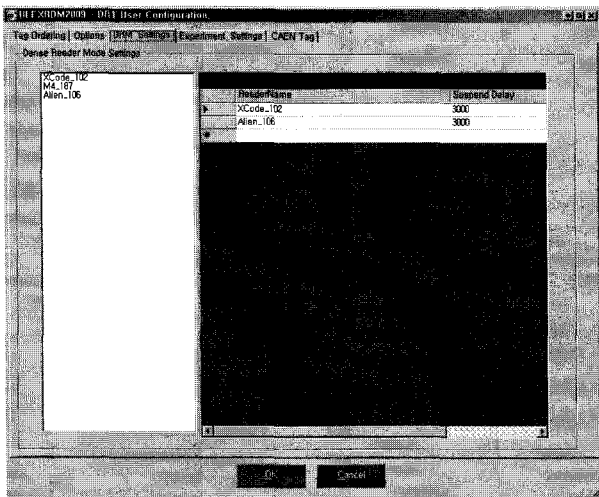


그림 5. DRM Settings 구현화면  
Fig. 5. Screen shot of the application page for DRM Settings.

다. Experiment Settings

Experiment Setting 부분은 외부 장치에서 자동으로 수신한 값 또는 사용자가 정의해놓은 각종 실험 Factor를 항목별로 기록하고 저장할 수 있는 부분이다. 뿐만 아니라 안테나에 부착된 센서 모터로부터 현재 안테나의 위치/각도정보를 받아와 자동으로 기록한다. 현재는

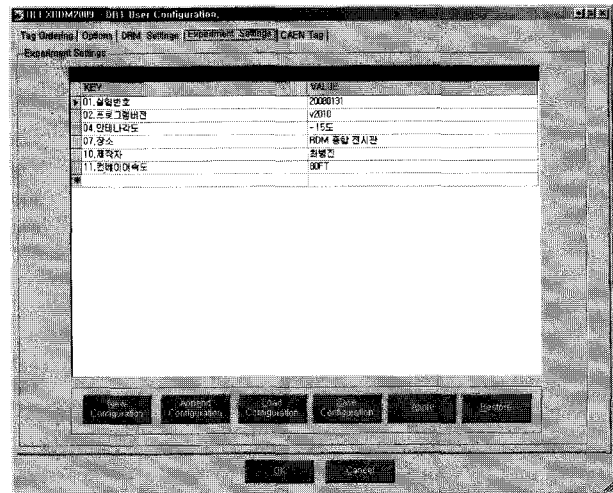


그림 6. Experiment Settings 구현화면  
Fig. 6. Screen shot of the application page for Experiment Settings.

안테나 위치/각도 정도만 구현되어있지만 추후 지게차의 속도센서, 컨베이어벨트의 속도센서와 연동하여 각종 외부매체의 상태와 속도값을 모두 자동으로 수신하여 기록이 가능하다.

III. 현장적용실험

본 파트에서는 국내에서 현재 RFID 물류센터를 운영하고 있는 현장인 E사 여주 물류센터에 직접 본문에서 구현한 시뮬레이터를 적용하여 최적의 RFID 배치를 찾아낸 실험을 소개하고 결과를 분석한다.

1. 현장실험 환경

E물류센터 (이하 물류센터라고 칭함) 에서는 소형가전 제품들과 구두제품들에 대해 RFID를 부착하여 이력

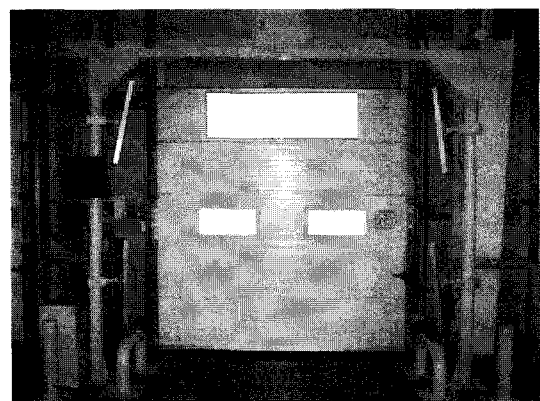


그림 7. 물류센터 출하게이트 전경  
Fig. 7. The front view of RFID forwarding gate.

정보 관리 및 오배송 방지를 실시하고 있다. 협력업체에서 RFID 태그를 부착하여 상품을 물류센터에 납품하고 물류센터는 수도권외 RFID 적용 점포로 상품을 출하하게 된다. 이때 상품 대차에 출하예정 상품이 모두 제대로 들어가 있는지 RFID Portal Gate (그림 7)를 통과하며 체크를 하게 되는데 상품 적재 및 배치방법에 따라 상품이 한꺼번에 잘 인식되는 경우도 있었고 제대로 인식되지 않아 RFID가 오하려 업무지연을 발생시키기도 하였다. 따라서 현장에서 일하는 직원들에게 최적의 RFID 상품 적재 가이드를 마련하는 것이 매우 시급하였으며 본문의 시뮬레이터를 이용하여 적재방법을 조사하였다.

2. 현장실험방법

1. 안테나의 각도를 15,30,45도로 각각 기울여 실험을 실시한다. 안테나의 각도는 센서에 의해 자동으로 시뮬레이터에 입력된다.
2. 1번의 실험에서 가장 잘 나온 경우에 대해 소형가전제품과 구두제품을 각각 나누어 인식률을 측정한다.
3. 소형가전제품, 구두 제품의 인식시 대차에 상품을 빈 공간 없이 모두 다 채우고 대차를 출하 게이트에 통과시켜 음영지역이 어디인지를 알아낸다.
4. 3번 시나리오에서 상품을 절반으로 줄인 후 음영지역을 측정한다.

그림 8)은 안테나 각도를 15도로 하고 박스 적재를

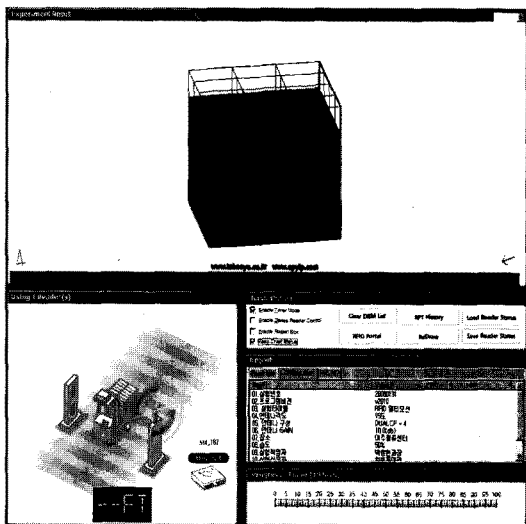


그림 8. 안테나별 태그 인식 실험화면  
Fig. 8. Screen shot of the application page for tag identification experiment for each antenna.

표 1. 대차 단수별 소형가전물품 평균 RFID 인식률  
Table 1. Average tag identification rate for each floor of home appliances.

적재단/인식률	상품120개	상품60개
6	100%	100%
5	94%	100%
4	87%	97%
3	75%	93%
2	72%	87%
1	70%	85%

가로 3, 세로 4, 높이 4 단에 맨 밑의 팔레트에도 태그까지 부착시킨 후 실험전 입력해둔 Tag Ordering 정보를 통해 실험결과를 화면에 표시한 것이다. 화면을 참고하면 안테나 각도가 30도인 경우 안쪽에 적재된 박스에 부착된 태그가 인식되지 않았다는 것을 알 수 있다. 위와 같은 실험을 통해서 가장 인식률이 좋았던 각도는 15도였으며 안테나의 각도를 15도로 고정해둔 상태에서 실험 2단계를 진행하였다.

소형가전제품 인식실험에서 대차에 빈틈없이 상품을 전부 채우고 30회 게이트를 통과시킨 후 각 단별로 인식률을 관찰한 결과는 표 1)과 같다.

각 단에는 10/20개씩 상품이 적재되어있었으며 각 실험마다 상품의 재질을 랜덤하게 바꾸어가며 평균 인식률을 내었다. 대체적으로 대차 위쪽의 상품의 인식률이 좋고 대차 아래로 내려갈수록 인식률이 낮다는 것을 알

표 2. 대차 단수별 구두 상품 평균 RFID 인식률  
Table 2. Average tag identification rate for each floor of shoes products.

적재단/인식률	상품120개	상품60개
6	100%	100%
5	100%	100%
4	98%	100%
3	95%	100%
2	95%	100%
1	94%	100%



그림 9. 소형가전상품과 구두상품을 함께 적재하는 파티션 대차  
Fig. 9. Partitioned Cart for home appliances and shoes products.

수 있다. 또한 태그가 많아질수록 일괄 인식률이 저하된다는 것도 알 수 있었다.

구두 제품의 인식실험 역시 대차에 6단으로 빈틈없이 상품을 전부 채우고 30회 게이트를 통과시킨 후 단별로 인식률을 측정하였다.

구두 상품의 경우 전반적으로 우수한 인식률을 나타냈으나 수량이 많아질 시 아래층에서 일부 음영지역이 발생하였다. 따라서 구두 상품은 대차에 적절한 수량을 배치하면 위치에 따른 영향을 크게 받지 않는 것으로 판단할 수 있다.

위 실험결과에 따라 소형가전 상품은 윗부분으로, 구두 상품은 아래로 배치한 파티션 대차를 제작하여 적용하였으며 실사는 그림 9)와 같다.

그림 9)의 대차는 대차 중간에 플라스틱 재질의 파티션이 놓여있고 위쪽은 소형가전 상품, 아래쪽에는 구두 상품을 싣게 되어있으며 파티션의 위치는 단 위치별 인식률과 통상적으로 대차를 통해 적재/유통되는 소형가전 상품 비율과 구두상품 비율을 고려하여 결정되었으며 현재 물류센터 현장에 실제로 적용되고 있는 비율은

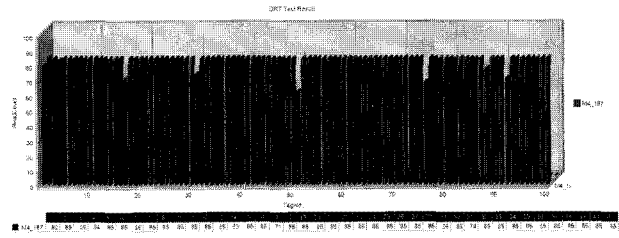


그림 10. 시뮬레이터로 측정된 태그별 인식률  
Fig. 10. Each tag identification rate by Simulator.

1:3 이다.

이상의 실험으로 제작된 대차에 상품을 약 70개 내외로 적재한 뒤 RFID Gate를 통과하며 인식률을 측정한 결과 99.5% 이상의 통상적인 인식률을 보였으며 RFID PDA를 보조로 같이 사용한 경우에는 100%의 인식률을 보여주어 RFID Gate의 안정적인 이용이 가능하게 되었다.

위와 같은 실험결과에 따라 E 물류센터는 새로운 파티션을 적용한 대차와 적재방식으로 안정적인 RFID 이용이 가능하게 되었으며 이러한 실험결과가 나오는데 소요된 기간은 2일이었다. 본문에 쓰인 시뮬레이터는 실험시간을 단축시키는 것은 물론, 어떠한 위치에 음영지역이 생겼는지 정확하게 파악해주고 그림 10)에서 보여주는 바와 같이 태그별 인식 카운터 데이터를 차트로 제공하여 인식률이 약한 위치의 정보까지 제공해주어 보다 빠른 실험을 진행할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본문에서는 최적의 RFID 물류 적용을 위한 상황별 물류 적재방법을 찾아내기 위해 RFID 실험에 있어 중요한 환경요소들을 모델링하여 실험 시나리오로 기록하고 리포트와 통계를 볼 수 있는 시뮬레이터를 설계 및 구현하였다. 또한 본 시뮬레이터의 검증은 위해 직접 RFID 물류 유통이 적용되고 있는 현장에서의 실험을 통하여 보다 빠른 시간 내에 최적의 RFID 물류 적재안을 도출해내어 관련된 시간과 비용을 절약할 수 있다는 것을 검증하였다. 이러한 반복적인 현장 검증 작업을 통해 경험을 축적하여 환경 요소 모델링을 더욱 개선하고 시뮬레이터에 그것을 반영하면 지금보다 더욱 빠른 속도로 최적의 RFID 상품 적재/배치 안을 도출해 낼 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] B.J. Choi, "A Study on analyze the possibility of DDoS attack and defense mechanism on RFID MDS system." Ajou Univ, pp. 1-2, August, 2005.
- [2] 김천곤, "물류산업의 RFID 활용사례와 정책방향," KIET 산업경제, pp. 3-13, June, 2009.
- [3] 한국전자거래협회 "SCM에서 RFID 활용하기", Chap 7, June, 2009
- [4] Microsoftware, "유통, 물류산업의 RFID", pp. 130-131, July, 2006.

## — 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 연구소  
선임연구원

<주관심분야 RFID SCM, 시스템 보안, 시스템자  
동화, 유비쿼터스 네트워크>



박 창 현(정회원)

2002년 2월 국립목포해양대학교  
전자통신공학부 (공학사)

2004년 2월 국립목포해양대학교  
전자통신공학부  
(공학석사)

2010년 1월 국립목포해양대학교  
전자통신학과 (공학박사)

2005년 12월~현재 (주)이엠따블유 연구소  
책임연구원

<주관심분야 마이크로파 소자 및 시스템, RFID  
시스템, MM 소자>



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>