



물류산업에서의 RFID 패키징 최적화

RFID Packaging optimization in logistics industry

이 상 현 / 대한상공회의소 RFID 사업팀 과장

1. 서론

RFID 기술은 상업화가 시작된 1960년대부터 지속적으로 활용영역이 확대되어 왔다. 특히 기술적인 진보와 함께 고질적인 문제로 지적되던 인식률과 비용문제가 개선되어감에 따라 자동인식기술의 대표적인 기술로 자리매김하게 되었다.

RFID 기술은 기존 바코드와는 달리 무선주파수를 이용하여 원거리에서 여러 상품을 동시에 인식할 수 있어 상품인식에 소요되는 시간과 인력을 절감하고, 상품정보의 실시간 교환을 통해 상품의 추적성과 가시성을 확보함으로써 공급망 관리를 효율화 하는 중요한 수단이기 때문이다.

그러나 RFID는 무선주파수를 사용한다는 특성으로 인해 환경조건에 따라 인식률에 영향을 받는데, 이 문제는 아직도 RFID의 확산을 저해하는 요인으로 작용하고 있다.

더욱이 기존 연구나 표준, 여러 산업분야에서 추진한 RFID 사업 결과물 등에서도 이런 문제에 접근할 수 있는 가이드라인을 제공하지 못하

고 있는 실정이다.

대한상공회의소는 이러한 문제에 접근할 수 있는 가이드라인을 제공하기 위해 현재 유통중인 다양한 포장재질의 상품별로 인식률을 최적화할 수 있는 실증테스트를 수행하였다. 향후 RFID를 적용하려는 제품을 테스트하고, 인식률을 최적화할 수 있는 중요한 가이드라인이 될 것으로 기대된다.

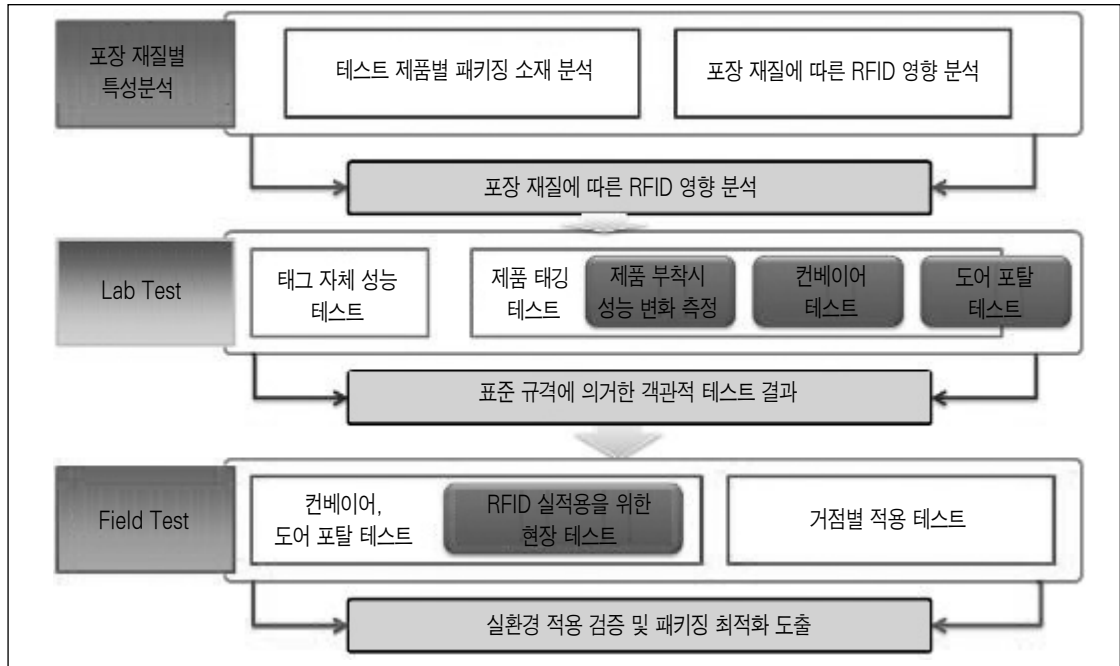
1. RFID 패키징 최적화 방법론

RFID 기술은 무선주파수를 이용하기 때문에 주변환경이 태그 인식률에 많은 영향을 미친다. 특히 일반적으로 알려진 바와 같이 패키징 소재가 금속이거나 내용물이 액체인 경우에는 많은 영향을 미친다. 따라서 제품을 포장하는 재질에 따른 RFID태그의 적용을 최적화 하는 것은 인식률을 최적화하는 관건이 된다.

RFID 태그 적용을 최적화 하기 위한 단계는 크게 세 단계로 구분할 수 있다.

첫 번째는 포장재질 자체에 대한 특성을 분석하는 것으로, '패키징 재질특성 분석'을 통해서

[그림 1] RFID 패키징 최적화 방법론



재질이 RFID인식률에 미치는 영향을 분석한다.

둘째는 해당 재질로 포장된 실제 제품을 대상으로 ‘랩 테스트(Lab-Test)’를 수행한다. 랩 테스트는 이미 국제표준기관인 EPCglobal이 규정한 표준 테스트 절차에 따라 수행한다(컨베이어는 ‘Conveyor Portal Test Method v1.1.4’와 ‘Door Portal Test Method’ 참조).

세 번째 ‘필드 테스트(Field-Test)’는 실제 산업현장에 적용하여 테스트를 수행하며 랩 테스트에서 부족한 다양한 환경변수들(리더각도 변환, 컨베이어 속도, 부착위치의 다양화, 지게차 속도변화)을 반영한 현장중심의 테스트를 수행한다. 이는 RFID를 적용하는 환경에 대한 직접적인 테스트로 재질에 따른 인식률을 최적화 하는데 목적이 있다. 이와 같이 3단계 테스트를 통

해 적합한 재질, 최적의 태그부착 위치를 파악할 수 있고, 실제 적용환경에 대한 인식률을 최적화 할 수 있다.

1-1. 패키징 재질특성 분석

패키징 재질별 성능 테스트는 제품에 대한 패키징 규격 및 설계시방서를 설정하기 전에 해당 소재의 패키징 재질의 RFID 친화성을 파악하는 것이다.

향후 RFID가 보편화될 경우에는 패키징 재질이 얼마나 RFID에 친화적인지는 매우 중요한 변수로 작용하게된다. 따라서 신제품에 RFID 태그를 적용하거나, 패키징 재질 변경시에는 제품의 안전성 뿐만아니라 RFID 친화성을 검증해야 한다. 특히 제품의 패키징 재질 및 포장규격



[그림 2] 패키징 재질 테스트

- RFID 리더 안테나 높이 : 90cm
- 패키징 재질이 놓이는 테이블 높이 80cm
- 태깅단위 : 패키징 재질(종이 8종, 필름 7종, 목재 3종, 금속 2종, 유리 3종, 기타 금속, 은박, 적색, 흑색 인쇄지)
- 태그 부착 : 겹포장 재질(종이, 목재, 금속)을 대상으로 총 5면(그림참조)면에 부착



- 측정 방법 : 실험 제품의 패키징 구성(설계, 규격) 분석
각 재질별 RFID 태그 간섭 여부 측정
패키징 재질 적층 후 간섭 여부 측정
제품의 패키징 구성 성분 중 RFID 간섭 영향 최대 재질 분석
- Read Range 측정범위 : 20cm~500cm까지 테스트

단계부터 RFID 적용을 고려하여 제품 패키징을 설계하고자 하는 기업의 경우, 각 포장재를 구성하는 재질에 대한 RFID 친화성 테스트는 매우 중요한 요소이다.

1-2. 랩테스트(Lab Test)

랩테스트는 RFID를 적용하기 전에 실험실과 같은 일정한 공간에서 RFID적용에 대한 가능성이나 신뢰성을 일정한 기준에 따라 검증하는 과정이다. 현장 설치에서 발생할 수 있는 RFID 문제점을 예측하기 위한 사전테스트로써, 성능에 대한 명확한 기준을 설정하여 객관적이고 신뢰성 있는 테스트를 수행해야 한다.

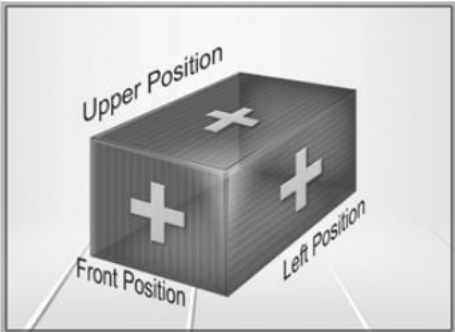
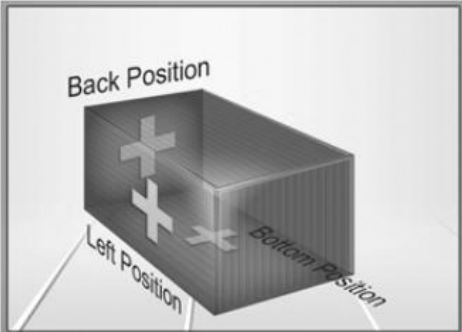
필드 테스트의 원활한 진행을 위해서는 선행된 사업에 대한 경험, 주변환경이나 장비요건 등을 고려하여 테스트 항목을 결정하는 것이 중

요하다. 즉, 랩테스트는 외부환경에 대한 영향을 배제하고, 도입될 장비의 성능과 시스템과의 연동성을 테스트하는 것이나 주로 실제 현장 적용 전 유사한 환경을 만들어 현장 적용에서의 문제점을 파악하여 미리 해결하는 것을 목적으로 한다.

랩테스트는 도입환경, 제약조건, 장비성능과 같은 테스트 목적을 결정 한 후에는 안테나의 숫자나 위치와 같은 테스트 항목을 도출하고, 도출된 항목에 따라 장비를 테스트하여 측정된 데이터를 분석한다. 대표적인 테스트의 항목으로는 인식률(태그와 리더 간의 위치 설정), 인식 속도(태그-리더 인식속도, DB저장 인식 속도, 어플리케이션에서 데이터 조회까지의 인식 속도 등)와 같은 일괄인식 테스트가 있으며 태그의 부착 위치나 안테나의 설치 위치를 변경하여 인식 테

[그림 3] 태깅상태 RFID Static test

- 리더 안테나 높이 : 90cm
- 제품이 놓이는 테이블의 높이 80cm
- 태깅 대상단위 : 날포장, 속포장, 겉포장 3Layer 모두 테스트
- 태그 부착 : 대상제품단위에 총 6면(상하좌우전후)면에 가로/세로 두 방향으로 부착

- 측정 방법 : 태그가 인식가능한 최대인식거리(Maximum Read Distance 측정)
- Read Range 측정범위 : 1000cm~20cm까지 테스트

스트를 하는 동적 테스트가 있다. 장비들의 최적 조합을 위하여 다양한 물리적 위치 선정을 통한 테스트가 수행되어야 한다.

현재는 RFID 국제 표준을 선도하는 EPCglobal의 국내 인증센터를 운영하는 한국산업기술시험원을 통해 EPCglobal의 테스트 표준에 따라 테스트할 수 있다.

1-3. 필드테스트(Field Test)

앞서 실험실 환경에서는 외부 변수를 최대한 통제 한 상태에서 일정한 조건으로 테스트를 수행했고, 이 결과를 토대로 실제 환경에서는 어떤 차이가 있는지, 어떤 환경에서 최적의 인식률을 나타내게 되는지를 테스트하고 분석한다.

테스트 방법은 랩테스트와 마찬가지로 컨베이어로 제품을 이동시킬 때 제품 박스에 부착된 태그의 부착위치별로 인식률을 측정하는 컨베이어

테스트, 파렛트 단위로 독도어를 통과할 때의 인식률을 측정하는 독도어 테스트로 구성한다. 또한 실험실에서의 환경보다 복잡한 변수들이 많은 점을 고려할 때, 필드테스트에서는 더 많은 변수를 고려해야 한다. 예를 들어 태그를 부착하는 위치를 늘려 인식률에 적합한 위치를 보다 세분화 한다거나, 장비를 추가로 포함시켜 장비에 따른 차이가 있는지를 검증하는 등의 방법이 될 것이다.

이상의 결과로 나타난 데이터는 재질별, 환경별, 장비별 인식률을 비교/분석하여 각 재질에 따른 최적의 RFID 부착위치를 도출할 수 있다.

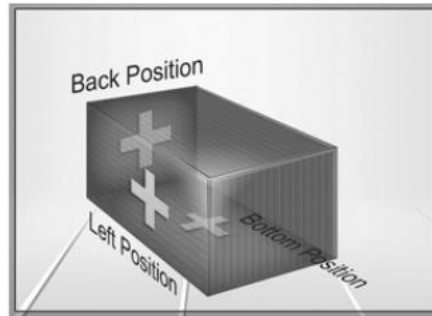
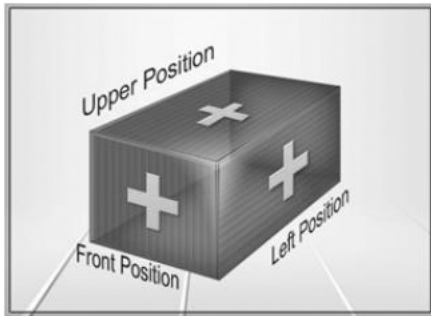
2. RFID 패키징 최적화 방법은 적용사례

대한상의 유통물류진흥원은 2009. 5월까지 5 가지 주요재질(종이, 플라스틱, 금속, 유리, 목



[그림 4] 컨베이어 포털 테스트

- 태깅 단위 : 컨베이어 상에서 유통되는 실제제품의 유통단위를 기준으로 하며, 테스트 대상제품들의 경우 모두 겹포장 제품이 유통단 위임
- 테스트 대상태그 : 제품당 최대 4종의 태그를 사용하여 동일 테스트를 반복수행
- 부착방법 : 제품의 겹포장면 상, 하, 좌, 우, 전, 후 6면에 태그를 부착
- 부착방향 : 태그안테나에 따른 성능편차 분석을 위해 가로, 세로 두 방향으로 부착



- 컨베이어 속도 : EPCglobal 표준에서 제시하고 있는 190m/m(오차 ±5%)
- RFID 리더 : 안테나 각도 0°, 출력 30dBm
- 테스트 회수 : 동일한 태깅 상태에서 테스트를 10회 반복수행하고 평균 인식률을 계측

제)을 기준으로 시장에서 유통되고 있는 17가지 제품을 선정하여 테스트를 수행하였다. 그 결과를 간략히 정리하면 다음과 같다.

2-1. 테스트 제품 선정

패키징 재질은 모두 5가지(종이, 플라스틱, 금속, 유리, 목재)로 분류하고, 각 재질에 따라 시장에서 대표성 있는 제품 17종을 선정했다. 각 제품은 날포장, 속포장, 겹포장의 조합으로 테스트를 수행토록 했으며, 리더, 하드웨어 환경 변화, 컨베이어 환경, 입출고 게이트 환경에 따라 시험계획에 의거하여 테스트를 수행할 수 있도록 준비했다.

2-2. 하드웨어 선정

RFID 시스템을 도입할 경우, 리더, 안테나,

태그 등이 필요한데 이런 하드웨어는 실제 제품의 태깅단위나 포장재질에 따라 인식률에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 테스트에서는 국내외 제품을 포함하여 총 11종의 태그, 3종의 리더, 1종의 안테나를 사용하였다.

2-3. 패키징 재질 테스트

재질별 RFID 친화정도 테스트를 위해 외부 전파를 차단하고 내부는 전파 반사를 통해 패키징 재질에 대한 영향을 극대화시킬 수 있는 환경에서 태그 등의 장비성능에 관계없이 패키징 재질에 따른 영향을 분석하도록 했다. 테스트는 자체 제작한 전자파 차폐 챔버에서 각 패키징 개별 재질에 RFID 태그를 부착하여 RFID에 반응하는 속도와 최대거리를 측정하는 방법을 사용하였다(그림 2).

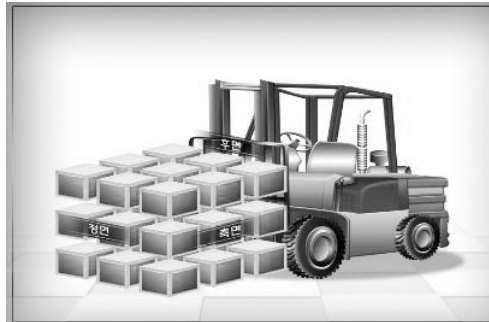
[그림 5] 도어포털 테스트

- 태깅단위 : 파렛타이징된 제품적재상태를 기본으로 하며, 각 제품의 겹포장 단위에 태그가 부착되어있는 것을 가정
- 각 제품별 파렛타이징 적재패턴은 3(W)x3(H)x3(L)이 기본적으로 사용되나 실 유통단위를 고려하여 제품별로 다음과 같은 적재 상태에서 테스트를 수행
- 태깅 단위 : 컨베이어 상에서 유통되는 실제품의 유통단위를 기준으로 하며, 테스트 대상제품들의 경우 모두 겹포장 제품이 유통단위
- 테스트 대상태그 : 제품당 최대 4종의 태그를 사용하여 동일 테스트를 반복수행
- 제품케이스 태깅방법 : 제품의 겹포장면의 중앙, 좌측 상단, 좌측하단, 우측상단, 우측 하단 총 5 Point에 태그 부착



(제품케이스별 태그 부착방법)

- 지게차 테스트 방향 : 태그가 부착된 면이 도어포털을 기준으로 정면, 측면, 후면 3면에 위치하도록 변경하면서 테스트



(지게차 테스트 방향)

- 컨베이어 속도 : EPCglobal표준에서 제시하고 있는 지게차 이동속도인 12.9km/h(오차 ±10%)로 테스트
- RFID 리더 : 안테나 각도 0°, 출력 30dBm
- 테스트 회수 : 동일한 태깅 상태에서 10회 테스트를 반복수행하고 평균 인식률을 계측

2-4. 랩테스트

1) 태깅상태 RFID Static Test : 물건에 부착하지 않은 RFID 태그 자체에 대한 성능평가인

EPCglobal Static 테스트를 수행하고, 이 데이터를 기초로 주위환경에 영향을 배제한 상태에서 제품에 태깅시 성능변화추이를 측정하여 제

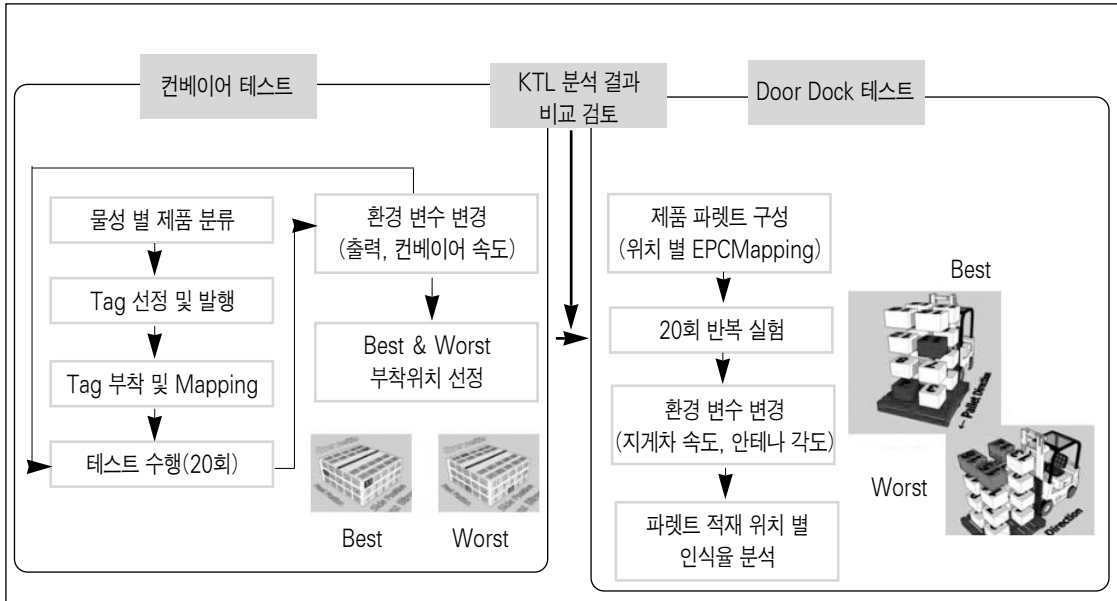


특 집

[그림 6] 랩 테스트와 필드 테스트의 차이

- Test 장소 변경 : 매일 물류 작업이 이루어지는 실제 물류 센터
- Reader 투입 모델 추가 : 기존 1Type → 3 Type Reader 개별 Test
- Tag 부착 위치 증가 : 상단, 정면, 측면 6 위치 → 최대 50 위치 세분화
- 적용 변수 다양성 증가
 - 리더 출력 1단계 고정 → Reader 별 3단계 설정
 - Antenna 각도 고정 → Antenna 각도 2단계 고정
 - 지게차 포탈 통과 속도 1단계 고정 → 지게차 속도 3단계 조절
 - 실험 반복 횟수 10회 → 모든 실험 20회 반복

[그림 7] 필드 테스트의 구성



품자체의 영향도를 측정한다. 이를 통해 제품 자체의 특성이 RFID 태그 성능에 미치는 영향을 측정했다(그림 3).

2) 컨베이어 포털 테스트 : 물류센터는 크게 입출고와 관련된 독도어(Dock Door)와 컨베이어 벨트 상에서 물건을 인식하고 분류하는 세부 비즈니스 프로세스로 구분된다. 즉, RFID는 제

품의 입출고가 발생하는 도어포털 포인트와 물건을 분류·인식하는 컨베이어 상에서 적용된다. 컨베이어포털에서는 제품박스에 부착된 태그의 인식율을 테스트한다(그림 4).

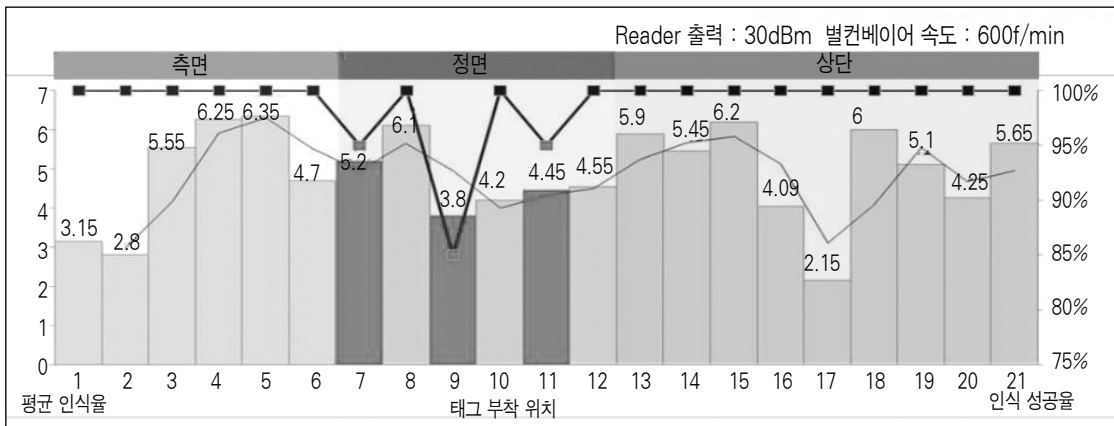
3) 도어포털 테스트 : 제품이나 물류의 입출고와 관련된 출입구에서 RFID 관독을 테스트하는 것으로, 주로 제품의 입출고와 관련된 프로세

[그림 8] 컨베이어 필드 테스트 조건

- 동일한 조건 하에서 20회 반복 실험하여 Raw Data 수집
- 실험 수행 시점의 온도, 습도 정보 이력 관리
- 컨베이어 정지, 박스 이탈 등의 예외 상황 발생 시 해당 실험 무효 처리, 동일 조건 재시도
- 주요 변수로 컨베이어 이송 속도 및 리더 출력을 조절하여 반복 수행
- 컨베이어 이송속도 : 200f/min(단계1), 400f/min(단계2), 600f/min(단계3)
- 리더 출력 설정 : 최대 30dBm, 중간 25dBm, 최소 20dBm, 3단계 설정 적용
- 1개의 제품에 대하여 총 51,840~108,000건 Raw Data 생성
- 리더(3종)×Tag(4종)×리더출력(3단계)×컨베이어 속도(3단계)×Tag 위치(24~50)×회수(20회)



[그림 9] 데이터분석 예시



스가 발생하는 영역이다. 여기서는 파렛타이징 된 상태에서의 태그 성능을 시험한다(그림 5).

2-5. 필드테스트

필드테스트는 랩테스트와 동일한 구성으로 하 되, 효율적인 분석이 가능하도록 태그부착위치를 세분화하고 주요 환경변수를 고려하여 계획했다.

필드 테스트에서는 컨베이어 테스트를 먼저 진행하여 수집된 데이터를 분석하여 제품별 최적 부착위치를 도출하고 이를 바탕으로 제품의

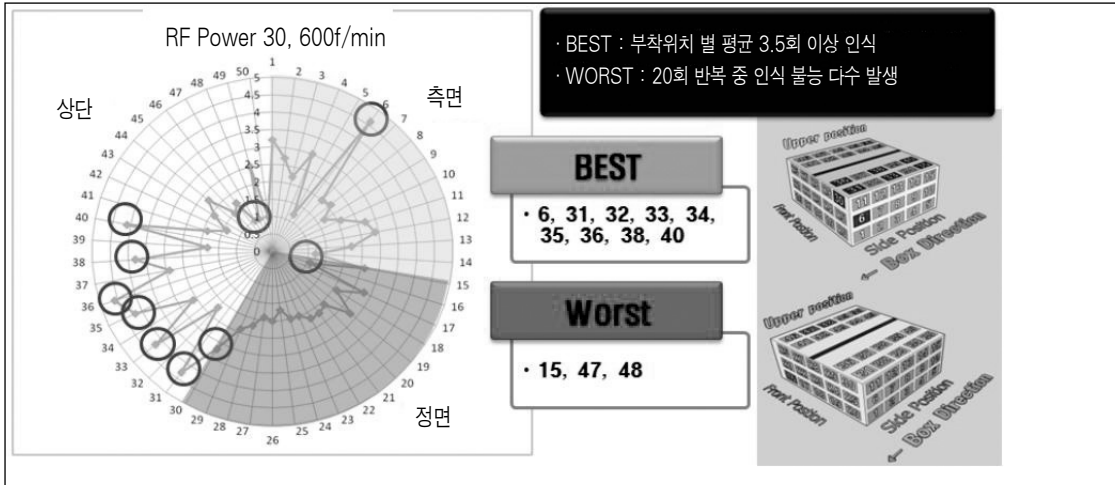
측면, 정면, 상단별로 1개씩의 최적 위치를 선정하여 파렛트 단위로 다시 도어포털 테스트를 진행하여 결과를 분석하였다

1) 컨베이어 테스트 : 물성별 제품분류, 태그 선정 및 발행, 태그 부착 및 매핑, 테스트 수행 (20회), 환경변수 변경, Best&Worst 부착위치 선정의 순으로 진행했다.

컨베이어 필드 테스트 단계에서 관리한 주요 환경 변수는 컨베이어 이송속도, 리더 출력, Tag 부착 위치, Tag 종류, 리더 종류였다. 관리하는 환경 변수는 사용자의 현장 환경을 고려하여 유



[그림 10] Best & Worst Position 결과 예시



연하게 변경하여 관리하는 것이 바람직하다.

컨베이어 테스트 결과에 따른 Best & Worst 부착 위치 선정을 위해 주요 분석 지표로 필드 테스트에서는 '인식 성공률' 과 '평균 인식률' 이라는 팩터를 사용하였다. 인식성공률은 일반적으로 EPC 정보가 기록된 Tag를 RFID를 사용하는 프로세스에서 리더가 1회 이상 인식한 것을 의미한다.

인식성공률은 부착위치별로 1차적인 Tag의 성능평가가 가능하다. 하지만 서열화가 불가능하기 때문에 평균성공율이라는 개념을 추가했다. Tag를 Scan했을 때 리더가 Scan에 성공한 평균 횟수를 별도로 집계하여 기록한 것으로, 20회 반복 실험 결과에 따른 각 부착 위치별 평균 인식 횟수를 나타내는 것이다.

인식 성공률과 평균 인식률을 동시에 고려하게 되면 인식 성공률이 100%이면서 평균 인식률이 높은 Tag 부착 위치가 최종적으로 가장 Tag 부착에 적합한 위치인 것으로 판단할 수 있

는 근거가 된다.


실험 환경 변수를 바꿔가면서 누적 실험을 수행하게 되면 Tag 부착 위치에 대한 환경 변수의 영향과 이에 따른 Tag 부착 위치별 인식률 변화 패턴을 관측할 수 있다. 이와 같은 데이터 분석 결과를 기초로 최종적으로 사용자가 사용하고자 하는 컨베이어 RFID 인식 프로세스 환경 하에서의 Tag 부착 위치에 대한 Best Position과 Worst Position을 판별할 수 있다.

[그림 10]은 50개의 Tag 부착 후보지를 갖는 제품에 대한 최종적인 Best & Worst Position 판별 결과를 나타내고 있다.

2) 독도어포털 테스트 : 컨베이어 테스트를 통해 도출된 제품 BOX별 최적 부착위치를 기초로 1개의 완전한 파렛트를 구성한 후 도어포털을 20회 반복 통과하는 방식으로 진행했다. 파렛트 구성 상태에서 최적 부착위치를 다시 도출하지 않는 이유는 제품 생산단계에서 BOX의 최적 부착 위치가 결정되면 이를 다시 파렛트 인식

[그림 11] 도어포털 필드 테스트 조건

- 컨베이어 테스트 결과를 기초로 각 박스 부착 면 Best Position에 Tag 부착(박스당 3개)
- 실제 물류 센터에서 운용되는 제품 파렛트 구성과 제품 박스 적재
- 파렛트 적재 위치별 EPC 코드를 Test Tool에 사전 Mapping
- 지게차 속도 3단계 조절 : 3km/h, 5km/h, 10km/h,
- 안테나 대응 각 2단계 조절 : 0도, 전방 30도
- 1개의 제품에 대하여 총 4,320건 Raw Data 생성
리더(3종)×Tag(4종)×지게차 속도(3단계)×안테나 각도(2단계)×Tag 위치(24~50)×반복(20회)



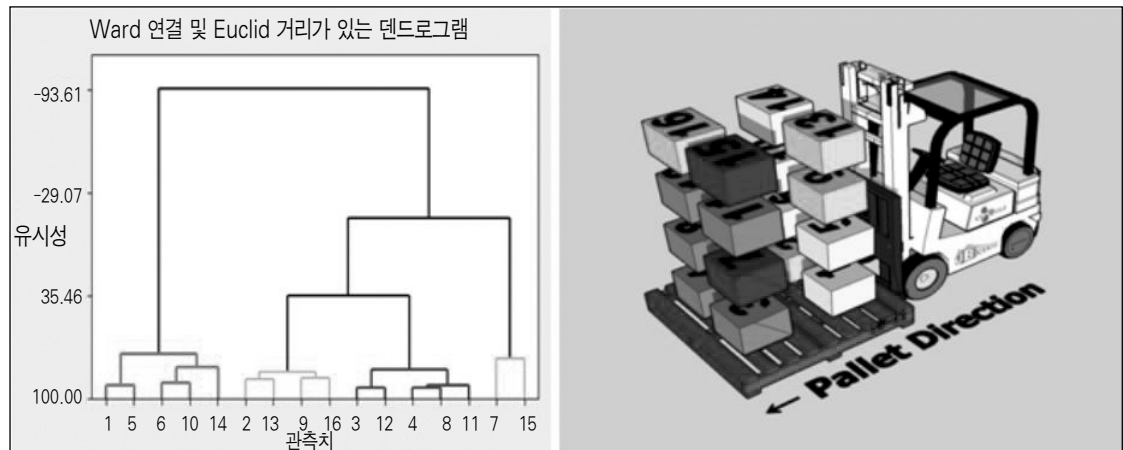
최적화를 위해 재조절할 이유가 없기 때문에, 이와 같은 최적 Tag 부착 위치 결정 방식은 사용자의 작업 환경 및 프로세스에 따라 유연하게 결정할 수 있다(그림 11).

① 컨베이어 테스트 데이터 분석 : 앞서 진행된 컨베이어 필드 테스트 데이터를 기초로 '평균 인식률' 과 '인식 성공률' 에서 우수한 성능을 나타낸 정면, 측면, 상단의 Tag 부착 위치를 Best Position으로 선정하여 1개의 Box당 총 3개의 Tag를 부착하여 1개의 파렛트를 구성하게 된다.

② 제품 파렛트 구성 : 실제 물류 현장에서 사용되는 파렛트 구성 방식에 따라 제품 BOX를 적재하여 파렛트를 구성하며 파렛트 상에서 BOX가 놓인 부착 좌표를 사용된 Tag의 Serial Code와 Mapping하여 테스트 Tool에 등록하게 된다. 이렇게 하는 이유는 Tag의 물리적인 부착 위치를 System에서 판독할 수 있기 위함으로 도어포털 반복 실험에 따른 Tag 부착 위치별 인식률 변화 추이 파악을 용이하게 할 수 있기 때문이다.

③ 20회 반복 실험 : 컨베이어 테스트 수행 시

[그림 12] 도어포털 연관관계 분석





와 마찬가지로 도어포털 실험 역시 매회 동일한 환경에서 20회 반복실험을 수행하였다. 동일한 지게차 통과 속도, 동일한 안테나 각도 환경에서 20회 반복 테스트를 수행하여 데이터를 수집하고 Tag 부착 위치 및 지게차 속도, 안테나 각도 등의 변수들 간의 연관관계에 대해 분석하는 과정을 거쳤다. 지게차 속도는 3km/h, 5km/h, 10km/h 3단계로 조절하였으며 안테나와 Tag의 대응 각도는 전방 0도, 30도 2단계로 설정하였다.

④ 파렛트 적재 위치별 인식률 분석 : 20회 반복 테스트 수행 후 수집된 데이터를 기초로 파렛트에 적재된 개별 BOX의 인식률을 비교 분석하는 과정을 거치게 된다.

[그림 12]와 같이 다른 BOX에 부착된 Tag들보다 높은 인식률을 기록한 BOX는 짙은 푸른색으로 표시하고 인식률이 떨어질수록 옅은 푸

른색으로 표시하여 제품 BOX간의 인식률 패턴을 비교 분석할 수 있게 하였다. 이와 같은 분석 과정을 거쳐 개별 BOX의 측면, 정면, 상단 간의 인식률 비교 및 적재 위치에 따른 인식률 비교를 통해 주요 환경 변수와 전체적인 인식률간의 연관 관계를 파악하였다.

II. 결론

패키징 재질에 따른 RFID 인식률의 변화는 공급자 뿐만 아니라 RFID 도입을 고려하는 수요자 관점에서도 매우 중요한 이슈이다.

패키징 재질에 따라 RFID 인식률을 최적화하기 위한 방법론을 제시하고, 다양한 사례에 대한 구체적인 자료를 도출한 것은 향후 RFID 도입을 고려하는 기업에게 좋은 가이드라인이 될 것이다. [ko]

사단법인 한국포장협회 회원가입 안내

물의 흐름이 자연스러운 것은 물길이 나아있기 때문입니다.

포장산업이 강건하려면 미래를 내다보는 안목이 필요합니다.

포장업계의 발전이 기업을 성장시킵니다.

더 나은 앞날을 위해 본 협회에 가입하여 친목도모는 물론 애로사항을 협의하여

새로운 기술과 정보를 제공받아야 합니다.

포장업계에서 성장하기 원하시면 (사)한국포장협회로 오십시오.

(사)한국포장협회

TEL. (02)2026-8655~9

E-mail : kopac@chollian.net