

빔 형성 RFID 리더기를 이용한 편리한 쇼핑 시스템

Beamforming RFID Reader based Convenient Shopping System

박병욱, 최상호
가톨릭대학교 정보통신전자공학부

Byeong-Wook Park(wook78pk@naver.com), Sang-Ho Choe(schoe@catholic.ac.kr)

요약

본 논문에서는 빔 형성 RFID 리더기 모듈을 제안하고 이를 이용한 편리한 쇼핑 시스템을 설계한다. 스위치 빔 형성(Switched Beamforming) RFID 리더기를 이용 쇼핑 매장용 스마트 게이트를 설계함으로써 기존 쇼핑시스템의 문제점인 태그 인식률을 높여주고 적응적 빔 파라미터 설계로 리더기의 자동 태그 인식 기능을 개선한다. 제안한 시스템은 쇼핑 카트의 태그 정보를 수신 및 처리하는 스마트 게이트, 태그 정보에 포함된 가격자료 확인 및 결제처리를 하는 결제 시스템, 결제 시스템의 결제 정보를 수합하고 이 정보를 활용 소비자 구매도 분석, 재고관리 및 납품관리를 하는 중앙 서버로 구성된다. 제안된 쇼핑 시스템이 기존의 쇼핑 시스템에 비해 성능면에서도 우위일 뿐 아니라 실용성, 고객의 편의성을 개선과 아울러 유지 관리 비용측면에도 이점이 있음을 보여준다.

■ 중심어 : | RFID 리더기 | 빔 형성 안테나 | 스마트 게이트 | 쇼핑 시스템 |

Abstract

In this paper, we present a switched beamforming RFID reader and propose a convenient shopping system using it. The smart gate with the switched beamforming RFID reader(s) improves tag detection probability, tag false alarm probability, automatic detection functionality of shopping system compared to existing RFID based systems. The proposed system consists of a smart gate to read and verify the tags within cart, a check-out counter to approve customer purchase, and a central server to manage inventory & delivery and to analyze customer purchase trend. The proposed shopping system is more practical, convenient, and cost-effective to A/S than existing RFID shopping systems.

■ keyword : | RFID Reader | Beamforming Antenna | Smart Gate | Shopping System |

1. 서론

RFID 기술은 대형매장 내 모든 상품에 태그를 부착하고 리더기를 이용 일정거리 (약 1m 이내) 에서도 손쉽게

게 상품 태그를 읽어 들이게 하여 쇼핑, 결제, 입출고, 재고 관리, 창고관리 등의 쇼핑 프로세스를 용이하게 한다. RFID 기반 쇼핑 시스템은 대형 할인 매장, 대형 마트, 재고 창고 등 다양한 응용이 예상되며 기존의 바코드 시스

* "이 논문은 지식경제부 대학 IT연구센터 지원사업(IITA-2009-C1090-0902-0003) 및 교육인적자원부 한국학술진흥재단 지원사업(KRF-2007-331-D00302)의 연구결과로 수행되었음"

접수번호 : #090122-001

접수일자 : 2009년 01월 22일

심사완료일 : 2009년 06월 01일

교신저자 : 최상호, e-mail : schoe@catholic.ac.kr

템의 대체용으로 연구 개발 되고 있다[1].

문헌[1-5]에서는 RFID를 이용한 쇼핑 시스템을 제안하고 있으며 RFID 리더기를 쇼핑 카트에 부착하고 리더기로 상품 정보를 무선으로 자동 인식하는 방식을 채택하고 있다. 문헌[4][5]에서는 쇼핑카트에 RFID 리더기가 부착되어 구매자가 구매물품을 카트에 담을시 태그정보가 저장되고, 이 정보는 게이트 연결 장치(유선)를 통해 혹은 인근의 RF 전송장치(무선)를 통해 매장서버로 전송되어 계산대에서 고객이 카트에 담긴 구매상품을 따로 꺼낼 필요 없이 자동 결제되는 쇼핑시스템을 제안하고 있다.

기존의 고정식 (혹은 이동식) RFID 리더기에 기반한 쇼핑 시스템[1-5]의 경우 리더기의 기술적 제한과 시스템 운용상의 다음 몇 가지 문제로 인해 실용화가 제한되고 있다. 첫째, ISO/IEC 18000-3기반 기존 리더기(저가형)를 사용할 경우 충돌방지 (anti-collision) 알고리즘의 한계로 동시 리더 태그 수가 900MHz 리더기의 경우 최대 10~20개 이하 (13.56MHz 리더기의 경우는 최대 8~10개 이하)로 제한된다. 다수(수십 ~ 수백 개 이상)의 물품을 담겨 되는 쇼핑 카트를 고려할 때 이러한 기존 리더기의 태그 인식률 (detection probability) 저하는 쇼핑 시스템 상용화를 어렵게 한다. 기존 시스템 태그 인식률 문제 개선을 위해 카트외에 계산대에도 리더기의 추가 설치로 오류발생시 태그정보 재점검 방식[4][5]을 채택하고 있지만 근원적인 해결책이라 보기 어렵고, 더욱이 이러한 이중 점검은 쇼핑절차를 복잡하게하고 쇼핑 시간 지연 등 고객 편의성을 오히려 저해시킨다. 둘째, 기존의 쇼핑 시스템[2-5]의 자동인식 성능은 고정식 파라미터로 설계되어 상품 형태 및 크기, 태그 분포, 운용환경에 따라 많은 영향을 받는다[6-8][12]. 예를 들면 카트보다 긴 크기의 상품을 담을 때 자동인식이 어려우며, 매장 내 카트 이동시 진열대에 진열 상품이나 다른 카트 상품을 잘못 읽어 들이는 오류 인식(false alarm) 또한 유발시킬 수 있다. 그 외에 고가의 전용 카트 제작비용, 카트 손망실, 정기적인 배터리 교체 등의 유지관리 비용 문제도 간과할 수 없다.

본 논문에서는 기존 RFID 리더기의 문제점을 보완하여 주는 빔 형성 리더기를 새로이 제안하고 이를 스마트

게이트에 설치 이용하는 쇼핑 시스템을 설계한다. 단극 (혹은 쌍극) 안테나를 부착한 기존 리더기와는 달리 제안한 리더기에는 방향성의 좁은 빔을 발생하는 선형배열 안테나 (안테나 센서 수 M 가정)의 부착으로 커버리지 영역을 $1/M$ 로 나누어 주어 충돌방지 알고리즘 제한을 보완 다중 태그 인식률을 개선한다[11]. 안테나 2개 이상이 부착된 빔 형성 리더기 (혹은 빔 형성 리더기 모듈 2개 이상)를 이용한 상호 태그 셀 점검 절차로 인식 오류를 또한 줄여준다. 시뮬레이션을 통해 제안 시스템의 기존 시스템에 비한 인식성능 개선을 검증한다.

카트 내 상품 수, 크기 및 형태에 따라 적정 파라미터 (빔 폭, 각도, 세기) 값 조절 등 적응적 시스템 설계로 자동 태그 인식 기능을 개선시킨다. 그 외에 기존 시스템의 매장 내 카트 이동시 오류 인식 문제의 해소, 전용 카트 제작 불필요, 배터리 교체와 카트 손망실로 인한 별도 유지관리 비용 불필요 등 이점을 갖는다. 단, 스마트 게이트 설계를 위한 일부 비용이 추가 될 수 있다.

본 논문의 2장에서는 제안한 빔 형성 RFID 리더기와 스마트 게이트를 알아보고 3장에서는 빔 형성 RFID 리더기 모듈을 이용한 쇼핑 시스템을 그리고 4장에선 결제 시스템을 설명한다. 5장에서는 기존의 쇼핑 시스템과 제안된 시스템을 비교분석 하며 6장에서는 결론을 맺는다.

2. 빔 형성 RFID 리더기와 스마트 게이트

2.1 RFID 소개

RFID는 마이크로 칩을 내장한 태그 (수동 혹은 능동), 레이블, 카드 등에 저장된 정보를 무선 주파수를 이용하여 RFID 리더기로 자동으로 인식하는 기술이다.

관리할 사물(object)에 RF태그를 부착하고 전파를 이용하여 사물의 ID정보 및 주변 환경정보를 인식, 수집, 가공, 추적을 통해 사물에 대한 원격처리, 관리, 제품 정보 교환 등의 서비스를 제공한다.

[그림 1]은 RFID의 동작 구조를 보여주고 있으며 [표 1]은 RFID 각 구성요소를 간단히 설명하고 있다. RFID 리더기는 제품의 정보를 저장하고 있는 태그를 무선 주파수를 통해 읽어 들이고 해당 정보를 서버로 보내어 관

리자에게 제공한다. 본 논문에서는 매장 안에 카트를 이용하여 쇼핑할 경우 카트에 담은 모든 상품(수동 RFID 태그 부착 가정)을 효과적으로 읽어 들일 수 있는 빔 형성 RFID 리더기(2.2 절)와 스마트 게이트(2.3절)를 설계 제안한다. 빔 형성 RFID 리더기는 고정식 혹은 이동식(휴대용 단말기 부착형)으로 설계 가능하지만 본 논문에서 스마트 게이트에 설계되는 리더기는 고정식을 가정하여 설명한다.

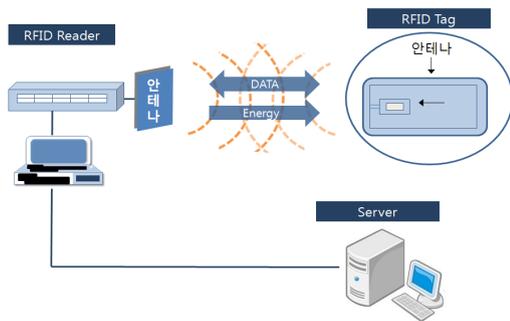


그림 1. RFID 동작 구조

표 1. RFID 구성요소

구성요소	설명
RF태그	사물을 인식할 수 있는 정보 저장
RFID리더기	사물의 정보를 수집, 처리하며, 송신 및 수신 기능
서버	사물의 정보를 활용하여 각종 응용처리 수행

2.2 빔 형성 RFID 리더기

본 논문에서 제안한 빔 형성 RFID 리더기란 방향성을 갖는 빔 형성 안테나를 기존의 저가형 리더기에 부착한 형태라고 볼 수 있다. 빔 형성 리더기는 사용자가 원하는 방향으로 적절한 빔 폭과 빔 각도의 빔을 형성하고 형성된 빔 내의 태그정보를 인식케 함으로써 제한된 태그 수란 기존 리더기 문제점을 개선한다. 이러한 빔 형성으로 획득된 공간 다이버시티 이득은 리더기의 전송 전력 효율 및 주파수 재사용률을 또한 개선한다.

식(1)은 k 개의 선형 빔 배열 안테나를 이용한 빔 형성 함수를 보여주고 있다[9]. $F(\theta)$ 에서 V_k 의 크기와 위상을 달리하고 빔 형성 폭 θ 을 조절하여 빔의 방향성을 제

공한다. 선형 배열 안테나의 빔 폭 θ 의 최소화한 값을 $\Delta\theta$ 라 정의하고 이 값은 조정가능하다. [그림 2](a)와 같이 y - z 공간의 빔 형성 폭 $\Delta\theta$ 을 최소화하여 직진성을 갖으며 [그림 2](b)와 같이 x - y - z 공간에서 빔 형성 각도 $\Delta\phi$ 을 갖는 빔을 형성시켜 태그와의 접촉 범위를 넓혀주는 방향성의 빔을 형성한다.

$$\begin{aligned}
 F(\theta) &= V_0 + V_1 e^{j\kappa d \sin \theta} + V_2 e^{j2\kappa d \sin \theta} + \dots \quad (1) \\
 &= \sum_{k=0}^{K-1} V_k e^{j\kappa k d \sin \theta} \\
 V_k &= A_k e^{jk\alpha} \\
 F(\theta) &= \sum_{k=0}^{K-1} A_k e^{j(\kappa k d \sin \theta + k\alpha)}
 \end{aligned}$$

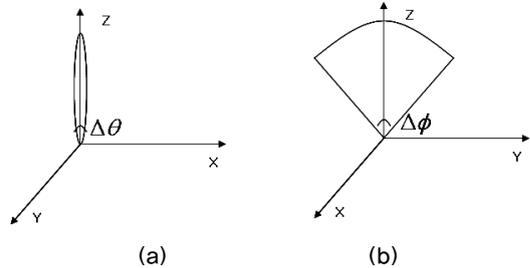


그림 2. (a)빔 형성 폭 $\Delta\theta$ (b)빔 형성 각도 $\Delta\phi$

선형배열 대신 원형 배열, 평면 배열, 위상 배열[6]이나 polarization을 이용한 배열[10]을 이용 시 복잡도가 증가하지만 좀 더 정밀한 빔 발생이 가능 하다.

빔 형성 RFID 리더기는 소비자의 쇼핑 카드 결제 프로세스를 위해 스마트 게이트 (2.3절 참조)에 설치된다. 이 스마트 게이트 리더기는 카트 스캔 시 예상되는 인식 오류를 낮춰주는 다중 빔 형성을 이용한 태그 집합 다중 점검 기능을 갖는다. 리더기 모듈 설계에는 다중 리더기 모듈을 이용한 마스터/슬레이브 방식([그림 3] 참조, 안테나 2개 가정)과 하나의 리더기 모듈에 다중 안테나를 부착된 일체형 방식([그림 4] 참조, 안테나 2개 가정)의 2가지가 있다.

마스터/슬레이브 방식 리더기([그림 3] 참조)의 경우 각 리더기 모듈(마스터 리더기 모듈 혹은 슬레이브 리더기 모듈)에는 태그 정보 송수신을 위한 RFID 송수신부, 변조부, 복조부와 리더기 모듈 제어를 위한 리더기 제어부 그리고 빔 형성 안테나 신호 처리 및 조정을 위한 빔

형성 처리부와 빔 형성 제어부로 구성된다. 단, 마스터 모듈의 경우 슬레이브 모듈(2개 이상 확장 가능)과는 달리 태그 집합 점검부가 포함되어 슬레이브 모듈의 태그 집합 전송부로부터 전송된 태그 집합 정보를 수신하여 마스터 모듈에서 획득한 태그 집합 정보와 상호 점검하는 기능을 갖는다. 이를 통해 리더기 인식오율을 낮춰줄 뿐 아니라 one-stop 스캔 및 점검이 가능하다는 이점을 갖는다.

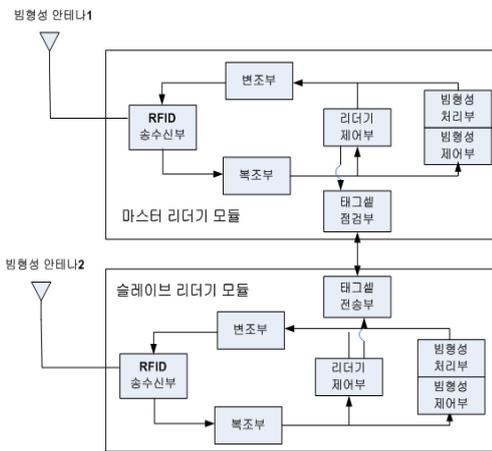


그림 3. 마스터/슬레이브 방식 리더기 시스템 블록도

일체형 방식([그림 4] 참조)의 경우는 태그 송수신을 위한 각 세부 모듈, 태그 점검을 위한 태그 집합 점검부 모듈의 기능은 마스터/슬레이브 방식의 경우와 동일하나, 단지 다른 점은 다중 빔 형성 안테나가 하나의 리더기 모듈에 통합 설계되어 있어 태그 집합 리더(스캔)시 안테나 1과 안테나 2를 각각 스위칭 시켜주는 안테나 스위칭부가 추가 된다.

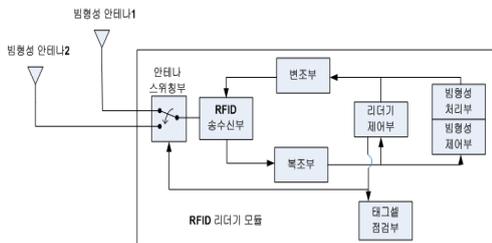


그림 4. 일체형 방식 리더기 시스템 블록도

2.3 스마트 게이트

본 논문에서 제안한 스마트 게이트는 카트에 담겨진 모든 태그 정보(태그 집합)를 효과적으로 스캐닝 할 수 있도록 설계된다.

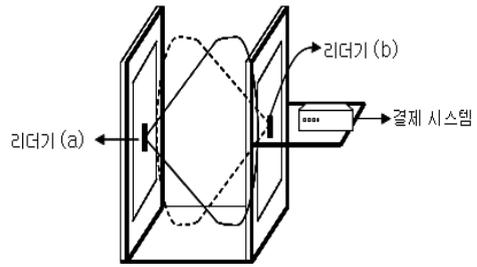


그림 5. 스마트 게이트

고객이 구매한 상품을 담은 카트를 스마트 게이트 앞에 세워 놓으면 게이트는 자동으로 카트를 움직여 지나가게 하면서 (게이트에 물려 부착 가정) 카트에 담긴 모든 상품을 한꺼번에 읽어 (스캐닝) 들인다. 태그 정보를 효과적으로 그리고 높은 인식률로 스캐닝 하기위해 빔 형성 프로세서의 최적의 빔 폭 및 빔 각도($\Delta\theta$, $\Delta\phi$)를 조절하며 이 파라미터는 리더기 제어 모듈(마스터/슬레이브 방식[그림 3] 혹은 일체형 방식 [그림 4])을 통해 제어된다. 빔 형성 리더기의 스마트 게이트에 설치 형태에는 마스터/슬레이브 방식의 경우 2개의 리더기 모듈을 가정 시 게이트 좌우양쪽에 부착하는 방식 ([그림 5] 참조) 혹은 한쪽에 부착하는 방식이 가능하며, 4개의 리더기 모듈을 가정 시 좌우양쪽에 각 2개씩, 한쪽에 4개씩 혹은 상하좌우에 각 1개씩 부착하는 방식이 가능하다.

3. 쇼핑 시스템

[그림 6]은 본 논문에서 제안한 쇼핑 시스템의 전체 모형을 보여주고 있으며, [그림 7]에서는 본 논문에서 제안한 쇼핑 시스템의 전체 흐름도를 설명하고 있다.

우선 고객은 구매할 모든 상품을 카트에 담아오면 스마트 게이트(여기선 양쪽에 리더기(a)와 리더기(b)의 2개 모듈 부착식 가정)를 통해 결제과정을 거치게 된다. 카트가 스마트 게이트를 통과 시 게이트의 양쪽에 부착

된 리더기(a)와 리더기(b)에 의해 각각 형성된 빔으로 스캐닝 과정을 통해 카트 내 모든 RF 태그를 인식한다. 스마트 게이트의 리더기 모듈의 빔 형성 제어부 ([그림 3] [그림 4] 참조)는 스캐닝을 시작하기 전에 빔 폭 $\Delta\theta$, 빔 각도 $\Delta\phi$ 및 샘플링 속도 등을 초기화한다.

시스템 초기화를 거친 리더기(a)와 리더기(b)는 게이트를 통과하는 카트 내 태그 정보를 각각 읽고 저장하게 된다 (스캐닝 과정). 스캐닝 과정을 좀 더 살펴보면 각 리더기내 빔 형성 처리부는 빔 형성 제어부의 명령에 따라 일정 주기 T_s 로 샘플링 하는 빔을 발생하게 된다. 형성된 빔에 의해 수신된 RF 신호는 리더기 수신부를 통과 후 디지털 신호 프로세서를 통해 처리 가능한 디지털 신호인 RF 태그 정보로 변경된다. 다시 말해 이 정보는 일정 주기 T_s 로 샘플링 한 태그 서브 셀 $T_{a,i}$ (혹은 $T_{b,i}$) (여기서 $i = 1, 2, \dots, L$, $L = T_p$ (카트통과시간)/ T_s)가 된다. 이렇게 읽어 들인 각 RF태그 서브 셀이 모두 합 (OR 연산)해지면 리더기(a)와 리더기(b)의 각 RF 태그 집합 T_a , T_b 을 다음 식(2)와 같이 요약된다.

$$T_a = \{T_{a,1} \cup T_{a,2} \cup \dots \cup T_{a,L}\} \quad (2)$$

$$T_b = \{T_{b,1} \cup T_{b,2} \cup \dots \cup T_{b,L}\}$$

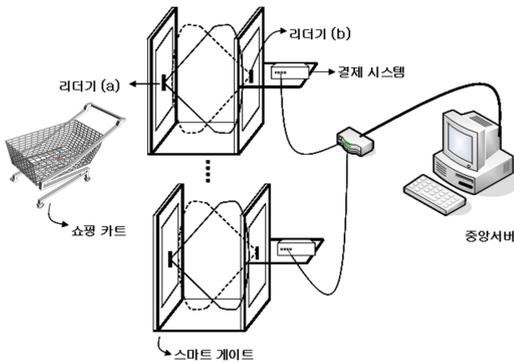


그림 6. 쇼핑 시스템 구현 모형도

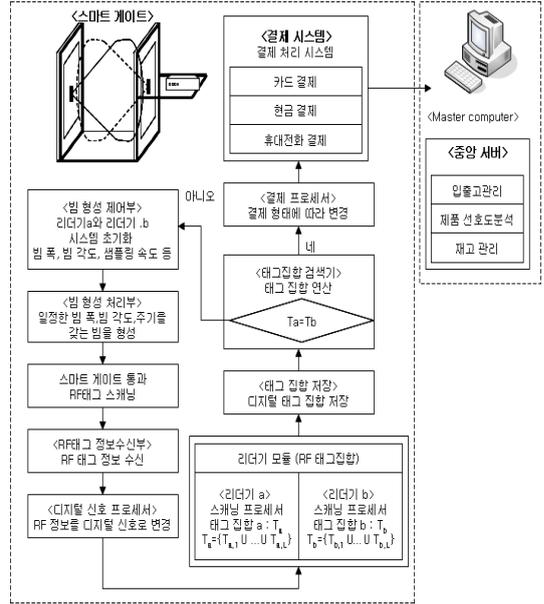


그림 7. 쇼핑 시스템 흐름도

이렇게 얻은 각 리더기의 태그집합 T_a 와 T_b 는 상호 점검 과정 (AND 연산)을 통하여 두 개의 태그 집합이 일치할 경우에는 ($T_a = T_b$) 읽어 들인 태그 집합을 결제 시스템으로 전송하여 결제 프로세스를 진행하게 된다. 그러나 스캐닝 과정에서 인식 불가한 태그 정보나 샘플링 오류, 빔 패턴의 오류 등으로 두 개의 태그 집합이 일치 하지 않는 경우가 ($T_a \neq T_b$) 발생 할 수 있다. 이 경우에는 제안된 방식에서는 인식률 (detection probability)을 높여주기 위해 태그 집합의 재확인 (재스캐닝) 과정을 거치게 된다.

4. 결제 시스템

결제 프로세서로 진행된 구매 물품은 각 결제방식(카드, 현금, 휴대폰 카드 등)에 따른 처리를 수행하게 되고 결제 결과(영수증)의 제시로 고객의 구매 처리가 완료된다. 스마트 게이트에서 인식한 모든 태그 정보들이 스캐닝 과정을 거친 후 결제 프로세서의 처리 과정에 따라 결제 형태를 정하고 결제 시스템의 처리 결과는 [그림 8]과

같이 나타날 수 있다. 관리자는 중앙 컴퓨터로 [그림 8]과 같은 화면을 통하여 상품의 품목과 결제 방법 그리고 결제 금액을 확인하게 된다.

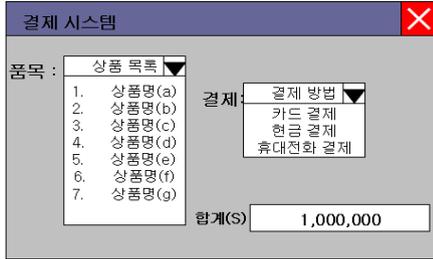


그림 8. 결제 시스템 결과출력

결제 시스템을 거친 고객의 구매 정보는 중앙 서버로 전송되고 입고출고관리, 재고관리, 고객 제품 선호도 및 구매율 등의 분석정보로 활용한다. 중앙 서버는 스마트 게이트에서 처리된 정보를 결제 시스템을 거쳐 최종 구매 완료된 정보를 마트나 물류관리의 중앙 서버에 유/무선의 형태로 전송하고 관리자는 이를 토대로 고객이 최종 구입한 제품들의 정보를 관리자의 컴퓨터로 확인하며 이 정보를 통해 효율적인 재고관리에 활용 할 수 있게 한다. 또한 고객이 구매한 제품들의 목록과 통계를 통하여 고객 선호하는 제품이 어떤 것이며 고객 유형에 따른 제품 구매율과 각 시기와 계절, 달에 따른 제품 선호도, 제품 구매율 등을 파악하고 마케팅에도 이 정보를 활용한다.

5. 비교 분석

5.1 기존 시스템과 제안 시스템의 비교

기존 RFID 카트 리더기 (고정식 혹은 이동식)를 이용한 종래 쇼핑 시스템의 경우 시스템 성능, 실용성 및 고객 편의성면 등에 있어 다음과 같은 문제점을 갖고 있다. 첫째 기존 RFID 리더기는 충돌방지기술의 기술적 한계로 초당 태그 수 (10개 ~ 20개 이내)가 제한되고 이는 곧 카트 내 다수의 상품 태그 (수십~수백개 이상 가능)에 대한 인식률 (detection probability) 저하를 낳는다. 더불어 기존 리더기의 경우 고정식 파라미터 설계로 카트 내 다양한 형태 및 크기의 상품에 대한 인식이 어려우며 다

른 한편으론 RF 전파특성상 카트를 매장 내 이동시 진열대의 상품(태그)이나 다른 카트의 상품을 잘못 오인하는 인식오류 또한 발생할 수 있다. 그 외에 쇼핑용 전용 카트 제작 필요와 교체용 배터리, 카트 손상실로 인한 유지보수 등 추가적인 비용이 발생할 수 있다.

본 논문에서 제안한 방식은 빔 형성 RFID 리더기와 이를 부착한 스마트 게이트 설계로 위에서 언급한 기존 쇼핑 시스템의 문제점을 개선한다. 우선 기존의 단극 혹은 쌍극 안테나가 아닌 빔 형성 안테나를 부착한 리더기를 이용 커버리지 영역을 1/M로 나누어 (센서개수 M을 가정) 줌으로써 다중 태그 인식률을 개선한다 — 인식성능에 대한 시뮬레이션 검증 결과는 5.2 절을 참조한다. 스마트 게이트에 설치된 이 빔 형성 리더기는 카트 내 상품 수, 크기 및 형태에 따라 적정 파라미터 (빔 폭, 각도, 세기) 값의 조절로 리더기 자동태그인식 기능을 개선한다. 스마트 게이트 설계 방식은 기존 쇼핑 시스템의 매장 내 카트 이동시 발생할 수 있는 오류인식 문제 또한 해소한다. 비록 스마트 게이트 설계시 리더기 부착으로 인한 추가 비용이 소요되지만 전용 카트 제작이 불필요하며 교체용 배터리, 카트 손상실로 인한 별도의 유지보수 비용이 소요되지 않는다는 강점을 갖는다. [표 2]에서는 기존의 쇼핑 시스템과 본 논문에서 제안한 쇼핑 시스템의 비교결과를 요약하고 있다.

표 2. 기존의 쇼핑 시스템과 제안된 쇼핑 시스템

항목	기존 시스템	제안 시스템	
인식률	낮음	높음	
인식(소요)시간	약 10개/초	약 10개/초	
설계 파라미터	고정식	적응식	
설계비용	게이트	적음	보통(빔 형성 안테나 리더기 비용 추가)
	카트	높음	적음(범용카드 사용)
유지보수비용	높음	적음	
고객 편의성	낮음	높음	

5.2 시뮬레이션을 통한 검증

여기서는 쇼핑 시스템 설계 주요 항목인 인식률(P_d), 인식시간(T_d)에 대한 시뮬레이션 (Matlab 사용) 검증

결과를 보여준다. 시뮬레이션을 위한 빔 형성 안테나로 선형배열안테나를 선정하고, 빔 형성 프로세서 파라미터 값으로 20° (센서 수 $M=18$ 개) 혹은 40° (센서 수 $M=9$ 개)의 빔 폭, $\pm 90^\circ$ 의 빔 각도, 커버리지 영역(반경 1m 이내)을 포괄하는 빔 세기(100mW)를 가정한다[11]. 900MHz RFID 리더기에 충돌방지 알고리즘(저가형)으로는 슬롯 알로하 방식[12]을 가정하며 이때 샘플 태그 수에 따른 프레임 당 슬롯 수 N ($32 \sim 256$, 2의 배수)는 적정 값을 정한다. 커버리지 영역 내 균일 태그 분포를 가정하며 태그 당 인식률은 실제 실험 결과치[12]를 이용한다. 또한 이상적인 스캐닝 경우를 고려 스캐닝 시 에러는 0을 가정한다. 인식률은 인식 성공 회수(여기서 '성공'이란 모든 샘플 태그를 인식한 경우임)를 총 회수(여기서 10^4 회 가정)로 나눈 값으로 나타낸다. [표 3]에서는 시뮬레이션 결과를 보여주고 있으며 기존 시스템에 비해 제안된 시스템의 인식률이 개선됨을 알 수 있다. 동일조건을 가정할 때 20° 빔 폭의 경우 태그 수 150개까지 99%의 인식률을 만족하며 40°의 경우 태그 수 60개까지 99%의 인식률을 만족함을 알 수 있다.

[표 3]에서는 기존 시스템과 제안 시스템의 인식(소요 시간(단위 초)을 또한 비교하고 있다. 이때 기준 인식률은 99%로 하였고, 프레임 당 슬롯 수 N 에 대한 리드 사이클 타임은[12]의 [표 1]을 참조하였다. 태그 수에 따라 인식시간이 선형적으로 증가함을 알 수 있으며 동일 샘플 수 기준으로 두 방식사이의 큰 차이가 없음을 확인할 수 있다.

표 3. 시뮬레이션 결과

샘플태그 수 n		10	30	60	100	150	200
기존시스템	Pd	0.99	0.97	0.94	0.88	-	-
	Td	1.12	3.01	6.03	10.1		
제안시스템 (빔폭 20°)	Pd	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98
	Td	1.12	2.98	6.09	10.1	15.2	20.1
제안시스템 (빔폭 40°)	Pd	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96
	Td	1.10	3.00	6.04	10.1	15.1	20.1

1 선형배열 안테나 수학적 모델로 [11] 3.3.1절, 식(3.16)을 참조한다.

6. 결론

빔 형성 RFID 리더기 모듈과 스마트 게이트를 이용한 새로운 편리한 쇼핑 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 기존의 카트 리더기 기반의 쇼핑시스템에 비해 다중 태그 인식률 (detection probability)을 높여 주었고, 적응적 빔 형성 파라미터 조절로 자동인식 기능을 개선시켰다. 시뮬레이션을 통해 기존 시스템에 비해 제안 시스템의 다중 태그 인식률 개선을 검증하였고 그 결과 99% 인식률 기준으로 빔 폭 20°인 경우 15배 이상, 40°인 경우 6배 이상 태그 수를 늘려줌을 보여주었다.

스마트 게이트를 이용한 쇼핑 처리 프로세스를 단순화 시켜 줄 뿐 아니라 리더기를 부착한 고가의 전용쇼핑카트 설치가 필요 없으며 이로 인한 유지보수 비용 또한 줄여 준다. 아울러 중앙 서버를 통해 효율적인 재고관리, 제품 입출고관리가 가능하며 소비자 구매율, 소비자 제품 선호도, 시장 선호도 등의 파악이 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] 조건화, 양진호, 안병태, 강현석, “고객의 효율적인 쇼핑을 위한 RFID/USN 기반 이동형리더기를 이용한 u-마트 네트워크”, *한국콘텐츠학회논문지*, 제8권, 제5호, pp.104-112, 2008.
- [2] Z. Berenyi and H. Charaf, “Utilizing Tracking Data in RFID-Equipped Warehouses,” *IEEE Proc. ICC2008*, pp.169-173, 2008(5).
- [3] G. Roussos, “Enabling RFID in Retail,” *Computer*, Vol.39, No.3, pp.25-30, 2006.
- [4] 김영민, “알에프 아이디를 이용한 물품의 관리 및 판매 자동화시스템과 이에 의한 물품의 관리 및 판매방법”, *대한민국특허청*, 등록번호 10-0669222-0000, 2007.
- [5] 윤경원, “쇼핑매장에서의 구매상품 결제 방법 및 그 시스템”, *대한민국특허청* 등록번호 10-2007-0081618, 2007.
- [6] 이지봉, 김완진, 김형남, “ALOHA 방식 RFID 시스템에서의 태그 개수 추정 방법”, *한국통신학회*

- 논문지, 제32권, 제7호, pp.448-454, 2007.
- [7] 오세원, 박주상, 이용준, “RFID SW 기술과 표준화 동향”, 한국통신학회지, 제24권, 제7호, pp.17-25, 2007.
- [8] 박윤현, “RFID/USN 주파수 재배치 및 기술 기준 정책 동향”, 한국전자과학회, 제20권, 제1호, pp.144-151, 2009.
- [9] J. Litva and T. K.-Yeung Lo, *Digital Beamforming in Wireless Communications*, Artech House Pub, 1996.
- [10] A. Poon and D. Tse, “Polarization Degrees of Freedom,” IEEE Proc. ISIT, pp.1587-159, 2008(7).
- [11] D. H. Johnson and D. E. Dudgeon, *Array Signal Processing*, Prentice-Hall Pub, 1993.
- [12] H. Vogt, “Efficient Object Identification with passive RFID Tags,” Intl. Conf. on Pervasive Computing, LNCS, Springer-Verlag, 2002.

저 자 소 개

박 병 욱(Byeong-Wook Park)

준회원



▪ 2003년 2월 ~ 현재 : 가톨릭대학교 정보통신공학(학사)
<관심분야> : RFID, Zigbee, 무선 네트워크

최 상 호(Sang-Ho Choe)

정회원



▪ 2003년 2월 ~ 현재 : 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 교수
<관심분야> : RFID, Cognitive Radio, 애드혹 네트워크