

---

# 태그 인증 시간 단축을 위한 다중 리더 기반의 태그 인식 기법

장봉임\* · 정윤수\*\* · 김용태\*\*\*

Tag Identification Scheme based on Multi-Reader for Reducing Tag Authentication Time

Bong-Im Jang\* · Yoon-Su Jeong\*\* · Yong-Tae Kim\*\*\*

---

본 연구는 지식경제부 지역혁신센터사업인 민군겸용보안공학연구센터 지원으로 수행되었음

---

## 요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 실현을 위하여 RFID의 사용이 증가되고 있다. RFID 시스템은 짧은 시간에 다수의 사물을 인식해야 하므로 태그 인식을 위한 처리 시간의 단축이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 RFID 시스템에서 태그 인증을 위한 처리 속도의 향상을 위하여 다중 리더를 사용한 효율적인 기법을 제안한다. 성능 분석 결과, 다중 리더 사용의 경우, 단일 리더 사용 환경에서보다 태그 인증을 위한 처리 시간이 현저히 감소되었다. 결과적으로 제안 기법은 태그 인식 과정에서 다중 리더의 사용으로 태그 인증을 위한 처리 시간을 단축하여 전반적인 RFID 시스템의 성능 향상을 가져온다.

## ABSTRACT

The use of RFID is recently increasing for the realization of Ubiquitous computing. Reducing the process time of tag recognition is crucial as RFID system has to recognize multiple objects in a short amount of time. In this manuscript, therefore, an effective scheme using multi-reader is suggested to improve processing speed for tag authentication in RFID system. According to the result of performance analysis, the processing time required for tag authentication was drastically reduced in multi-reader environment than it was in a single reader. Consequently, the use of the suggested scheme cuts down on the processing time while identifying tags by using multi-reader and bring about overall performance improvement of RFID system.

## 키워드

RFID 시스템, 다중 리더, 태그 인증, 충돌 방지

## Key word

RFID System, Multi-Reader, Tag Authentication, Anti-Collision

---

\* 정회원 : 한남대학교 멀티미디어학과 박사과정

\*\* 정회원 : 충북대학교 전자계산학과 네트워크 보안연구실

\*\*\* 정회원 : 한남대학교 멀티미디어학부 교수(교신저자, ky7762@hannam.ac.kr)

접수일자 : 2011. 11. 04

심사완료일자 : 2011. 12. 08

## I. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification) 시스템은 무선 주파수로 사물을 인식하는 기술로 Tag, Reader, Back-end Database 등으로 구성되며, 단 시간에 다수의 사물을 인식할 수 있다[1]. 현재 상품 인식 시스템으로 사용되고 있는 바코드 시스템은 RFID 시스템과는 달리 개개의 사물을 하나씩 인식시켜야 하므로 많은 처리시간이 소비된다. 또한 RFID 시스템에서 사용되는 태그에는 바코드보다 더 많은 정보를 입력시킬 수 있어 각 상품마다 고유한 코드의 저장이 가능하므로 상품의 이동경로 파악 및 재고관리가 편리하다.

이와 같은 장점으로 인해 앞으로 RFID 시스템은 의료, 산업자동화, 물류·유통 분야 등에서 폭넓은 활용이 기대된다[2]. 그러나 물류·유통 분야에서의 RFID 시스템은 다수의 사물을 동시에 인식해야하므로 이 과정에서 태그 충돌의 문제가 발생된다. 태그 충돌은 태그 인식률을 저하시키는 물론 태그 인식 시간을 지연시키며, 결과적으로 전반적인 RFID 시스템의 성능을 저하시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 태그 충돌 방지를 위한 많은 연구들[3,4,5]이 진행되었지만 RFID 시스템의 구조 개선을 통한 태그 충돌 해결 방안에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

한 개의 리더를 사용하는 기존 시스템은 한꺼번에 많은 양의 태그가 인식되었을 때 태그 간 충돌로 인해 불필요한 태그 인식 과정을 반복하여 태그 인식 시간이 지연된다. 이러한 단점은 물류·유통 분야에서 활용도가 높은 수동형 태그의 에너지 소비를 증가시켜 전체 시스템의 효율성을 감소시킨다.

이에 본 논문에서는 태그 인식과정에서의 태그 충돌을 최소화하여 태그 인식률을 향상시키고 그에 따른 전체 태그 인증 속도를 개선하고자 다중 리더를 이용한 RFID 시스템을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 국내·외 RFID 시스템의 적용분야와 태그 충돌 방지를 위한 기존의 알고리즘을 분석한다. 3장에서는 다중 리더를 이용한 태그 인식 기법을 제안하고, 4장에서는 제안 기법의 성능분석 및 평가 결과를 기술하며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

본 장에서는 국내·외에서 활용되고 있는 RFID 시스템의 적용 분야에 대해 기술하고, 태그 충돌 방지를 위한 기존 알고리즘들을 비교·검토한다.

### 2.1. RFID 시스템 활용 분야

현재 RFID 기술을 응용한 서비스는 일상 생활 및 국가 산업 전반에 걸쳐 다양하게 이용되고 있으며, 특히 RFID 기술과 USN(Ubiquitous Sensor Network)기술이 융합되어 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing) 환경 실현을 위한 핵심 기술로 그 시장이 더욱 확대되고 있다[2,6,7].

RFID/USN 시스템은 사물에 부착된 RFID 태그 또는 센서를 이용하여 이들 간의 통신으로 실시간 정보를 획득, 처리, 활용하는 네트워크 시스템이다[8]. 이러한 RFID 태그와 각종 센서의 사용으로 빠른 시간에 다수의 사물을 식별할 수 있고, 사용 주파수에 따른 탄력적인 인식거리 적용으로 여러 응용 분야에서 다양하게 활용될 수 있다.

표 1. RFID 응용서비스 활용 분야  
Table. 1 The range of application of RFID System

분야	서비스
의료·보건	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 바이오 센서를 활용한 건강 모니터링</li> <li>• 의약품 및 혈액 관리</li> </ul>
국방·안보	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 출입 통제 관리</li> <li>• 감시/경계 강화</li> </ul>
항공·항만	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항공 화물 탑재용기 추적</li> <li>• 항만 터미널 업무 자동화</li> </ul>
도로·교통	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통 시스템 관리</li> <li>• 주차장 자동관리 서비스</li> </ul>
재난·환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경 정보 수집 시스템 구축</li> <li>• 건축물 안전 모니터링 시스템</li> </ul>
유통·물류	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수하물 관리</li> <li>• 식품인증/이력추적 서비스</li> </ul>
가정·자동화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원격감침 등 Home Automation</li> <li>• 무인 쇼펄 환경 구축</li> </ul>

따라서 최근 RFID 시스템은 물류·유통 분야 뿐만 아니라 출입관리, 도서관리, 재단관리, 우편물 관리, 의약품 관리, 교통 시스템 관리, U-Healthcare 분야 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 현재 적용 및 추진되고 있는 RFID/USN 서비스 활용 분야는 표 1과 같다 [9,10].

2.2. 태그 충돌 방지를 위한 알고리즘 분석

일반적인 RFID 시스템 환경에서는 한 개의 리더가 다수의 태그를 인식해야 하므로, 그 과정에서 태그 충돌이 발생된다. 이러한 태그 충돌을 방지하기 위한 충돌 방지 알고리즘은 크게 트리(Tree)기반 알고리즘과 알로하(ALOHA)기반 알고리즘으로 구분된다.

먼저, 트리기반 알고리즘은 충돌이 발생하는 비트의 위치를 이용하여 태그 ID를 인식하는 방식으로 기본 이진 검색 알고리즘이 대표적이다. 이진 검색 알고리즘은 다수의 태그가 동시에 데이터를 전송할 경우, 충돌이 발생하는 비트 위치를 이용하여 응답하는 방식으로 태그 수를 감소시킴으로써 전체 태그를 인식하는 기법이다.

즉, 리더의 인식 영역 범위 내에서 태그 충돌이 발생하면 충돌 발생 위치를 표시한 후, 충돌 최상위 비트를 ‘0’으로, 나머지 비트를 ‘1’로 변환하여 그 이하의 ID를 갖는 태그를 호출하는 과정을 반복하여 모든 태그를 인식하는 기법이다. 이진 검색 알고리즘의 동작 과정은 그림 1과 같다.

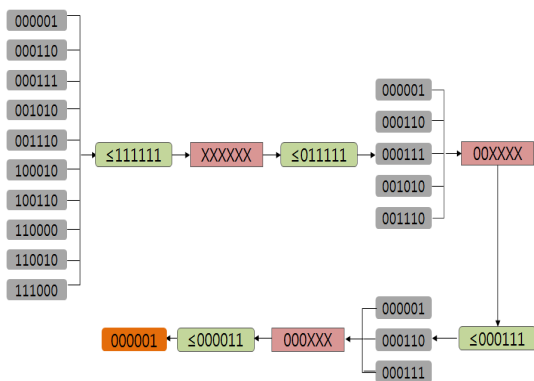


그림 1. 이진 검색 알고리즘 처리과정의 예  
Fig. 1 Example of Binary Search Algorithm Process

이진 검색 알고리즘에서 전체 태그의 개수가 N개일 때, 평균 반복 횟수 R(N)을 계산하는 수식은 아래와 같다[3].

$$R(N) = \frac{\log(N)}{\log(2)} + 1$$

이러한 트리기반 알고리즘은 구현이 간단한 반면에 충돌 발생 시 라운드 수의 증가로 인해 태그 인식 시간이 지연된다는 단점을 갖는다.

두 번째로, 알로하 기반의 대표적인 알고리즘인 Slotted ALOHA Algorithm은 TDMA(Time division multiple access) 기술을 사용하는 기법으로 태그가 응답하는 시간을 몇 개의 슬롯으로 나누고 각각 선택한 슬롯에 태그 ID를 전송하는 방식이다. 그림 2에서와 같이 리더가 태그에게 첫 번째 질의를 하면, 태그는 자신의 랜덤 변수를 선택하여 ID 전송을 시도한다. 그림에서 Tag 1은 충돌되는 ID가 없는 슬롯을 선택했으므로 성공적으로 인식되며, Tag 2와 Tag 3은 동일한 슬롯을 선택했으므로 충돌이 발생한다.

따라서 Tag 2, 3은 두 번째 라운드에서 다시 리더의 ID 전송 요청을 받게 된다. 이와 같이 리더는 슬롯 내에서 태그 ID의 충돌이 없을 때에만 태그를 인식하게 되므로, 두 개 이상의 태그가 지속적으로 같은 슬롯을 선택할 경우, 태그를 계속하여 인식하지 못하게 되는 Tag Starvation Problem[11]이 발생할 수 있으며, 슬롯에 비하여 태그 수가 많으면 잦은 충돌이 발생할 수 있다는 단점이 있다.

Reader	Request	Slot1	Slot2	Slot3	Request	Slot1
State		Collision	Identification	Idle		
Tag1			1010			
Tag2		0010				0010
Tag3		0011				0011

그림 2. 슬롯티드 알로하 알고리즘 처리과정의 예  
Fig. 2 Example of Slotted ALOHA Algorithm Process

### III. 제안 시스템

본 장에서는 RFID 시스템의 태그 인식 속도 향상과 태그 인식과정에서의 태그 충돌을 방지하기 위하여 모바일 리더를 사용한 다중 리더 환경 구성을 제안한다. 제안 기법은 리더가 태그를 인식할 때 리더 내에 기록되어 있는 태그 ID를 이용하여 각 리더별로 선별된 태그만을 인식하도록 하는 태그 인식 방법이다.

#### 3.1. 다중 리더를 이용한 태그 인식 방법

현재 RFID 시스템에서 일반적으로 사용되고 있는 리더의 구성방법은 단일 리더의 형태이다. 단일 리더 구성에서의 태그 인증 절차에서는 리더의 인식 범위 내에 여러 개의 태그가 인식될 경우 같은 채널을 이용하여 ID를 전송하려는 태그들 간에 충돌이 발생된다. 이렇게 충돌이 발생된 태그들은 충돌 없이 인식이 완료될 때까지 위와 같은 인식 과정을 반복하여 수행해야 하므로 전체 태그 인증 시간이 지연됨은 물론 수동형 태그의 에너지 활용율이 저하된다. 이러한 단일 리더를 사용한 RFID 시스템의 단점을 개선하기 위하여, 본 논문에서는 다중 리더를 사용한 태그 인식 기법을 제안한다.

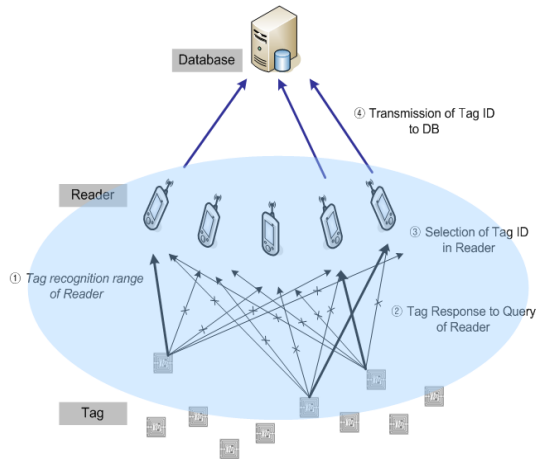


그림 3. 다중 리더 구성의 태그 인식 과정  
Fig. 3 Tag Identification Process using Multi-Reader

제안 기법에서 사용되는 각 리더에는 사전에 자신이 인식할 태그를 구분하기 위한 태그 ID의 식별비트

(IB)가 저장되어 있다. 따라서 리더는 자신의 인식 범위 내의 태그에게 질의한 후 질의에 응답하는 태그가 발생하면 자신이 인식해야 할 IB인지를 판단하여 일치하는 태그만 다음 인식단계를 실행하고, 일치하지 않는 태그와는 통신을 중단한다. 이와 같은 선별 작업으로 인해 리더는 사전에 저장된 태그 ID만을 데이터베이스로 전송하게 된다. 제안 기법의 태그 ID 인식 과정은 그림 3과 같으며, 위 과정을 순서도로 나타내면 그림 4와 같다.

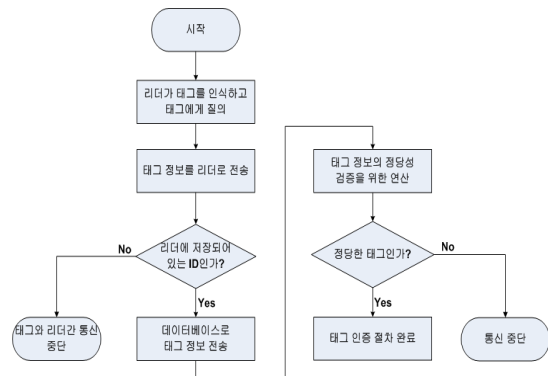


그림 4. 제안 기법의 순서도  
Fig 4. Flowchart of the proposed scheme

#### 3.2. 제안 기법의 전체 처리 과정

다중 리더를 이용한 태그 인증 과정의 세부 절차는 그림 5과 같이 리더가 난수  $R_r$ 을 생성한 후 태그에게  $R_r$ 과 질의를 전송하면, 태그는  $R_r$ 과 ID를 연결 해쉬 함수 처리한 값  $CP_1$ 과 각 리더별로 인식해야 할 태그 ID를 구별하기 위한 식별비트 IB를 XOR 처리한  $CP_2$ 값을 리더에게 전송한다. 리더는 전송받은 IB가 자신이 인식해야 할 IB' 라면 사전에 저장되어 있던 태그 ID값으로  $CP_1'$ 를 생성한 후 데이터베이스에 전송하고, 만일 자신이 인식해야 할 IB가 아니라면 해당 태그와는 통신을 중단한다. 리더로부터 값을 전송받은 데이터베이스는 전송된 정보의 정당성을 검증한 후 자신의 난수  $R_d$ 와 태그 ID의 해쉬 함수 처리 값  $CP''$ 의 XOR 연산 값  $D$ 를 리더에게 전송한다. 리더로부터  $D$ 와  $R_d$ 를 전송받은 태그는 자신의  $D$ 값과의 일치여부를 검증한 후 인증 절차를 마친다.

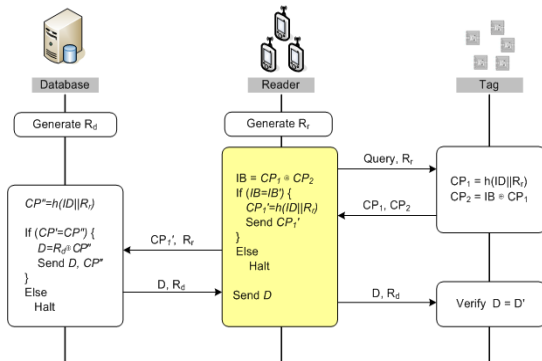


그림 5. 상호 인증 과정  
Fig. 5 Authentication Process

#### IV. 성능분석 및 평가

본 장에서는 제안 시스템의 성능분석을 위하여 단일 리더 구성에서의 태그 인식 기법과 제안한 다중 리더 기반의 태그 인식 기법 간 전체 인증 과정의 처리 시간을 비교·분석한다. 제안 시스템의 **RFID** 시스템 주파수 대역은 **13.56MHz**를 기준으로 하며, 리더 간 충돌은 없는 것으로 가정한다.

제안 시스템의 성능분석을 위한 파라미터는 표 2와 같으며, 태그 인증을 위한 소요시간의 구성은 그림 6과 같다. 또한 각 리더별 태그 인식 알고리즘으로는 이진 검색 알고리즘을 사용하여 태그 충돌을 최소화 하였다.

표 2. 시스템 파라미터  
Table. 2 System parameter

기호	설명
$N_r$	Reader의 개수(1~5ea)
$N_t$	Tag의 개수(100~2,000ea)
$T_{rt}$	리더와 태그의 통신시간(7ms)
$T_{rd}$	리더와 데이터베이스의 통신시간(3ms)
$T_{db}$	데이터베이스에서의 태그 인증 처리를 위한 소요시간(24ms)
$T_{sum}$	태그 인증을 위한 전체 소요시간

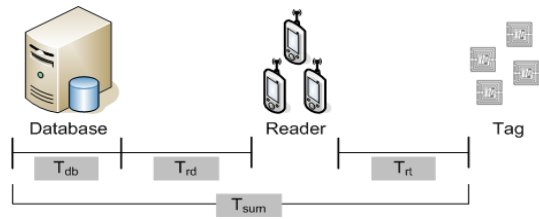


그림 6. 태그 인증 시간의 구성  
Fig. 6 Structure of Tag Authentication Time

성능평가를 위하여 태그 개수의 증가에 따른 단일 리더와 다중 리더 사용의 경우를 비교하여 태그 인증 시간의 차이를 분석하였다.

먼저, 태그 충돌 횟수를 반영한 리더와 태그 간 인식 시간  $T_{sum\_rt}$ 를 구하기 위한 계산 식은 아래와 같다.

$$T_{sum\_rt} = \left\{ \left( \frac{N_t}{N_r} \right) \left( \frac{\log(N_t)}{\log(2)} + 1 \right) (T_{rt}) \right\}$$

위 식을 사용하여 태그 개수를 100개, 1,000개, 2,000개의 세 단계로 설정하고, 리더 개수는 1개부터 5개까지로 구성하여 분석한 결과, 그림 7에서와 같이 태그 개수가 많을수록 인식 시간의 감소 폭이 더욱 크게 차이가 날 수 있었다. 이는 본 논문에서 제안한 다중 리더를 사용한 **RFID** 시스템의 구성이 동시에 다수의 태그를 인식해야 하는 물류·유통 분야에서 더욱 효과적으로 사용될 수 있음을 보여준다.

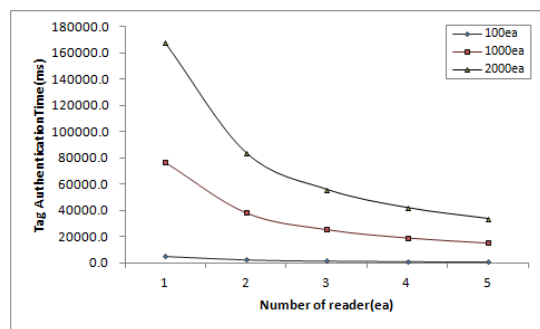


그림 7. 리더와 태그 간 인식시간 비교  
Fig. 7 Comparison of recognition time between reader and tag

위의 실험 결과를 좀 더 확장하여 분석하기 위하여, 태그 개수의 증가에 따른 리더 개수 별 전체 태그 인증 시간의 차이를 분석하였다.

전체 태그 인증 시간  $T_{sum}$ 을 구하기 위한 계산 식은 아래와 같다.

$$T_{sum} = \left\{ \left( \frac{N_t}{N_r} \right) \left( \frac{\log(N_t)}{\log(2)} + 1 \right) (T_{rt}) \right\} + (N_t)(T_{rd}) + (N_t)(T_{db})$$

위 식을 사용하여 태그 개수를 100개부터 500개씩 증가시켜 2,000개까지 설정하고, 리더 개수는 1개부터 5개까지로 설정하여 분석하였다. 그 결과, 표 3, 그림 8과 같이 리더 개수가 증가됨에 따라 태그 인증 시간이 현저하게 감소됨을 볼 수 있었다.

표 3. 태그 개수 증가에 따른 전체 인증 시간  
Table. 3 Total Authentication Time According to the Increase of Tag Numbers

(단위 : ms)

리더수 태그수	1	2	3	4	5
100	8050.7	5375.3	4483.6	4037.7	3770.1
500	48380.2	30940.1	25126.7	22220.1	20476.0
1,000	103760.5	65380.2	52586.8	46190.1	42352.1
1,500	161782.8	101141.4	80927.6	70820.7	64756.6
2,000	221521.0	137760.5	109840.3	95880.2	87504.2

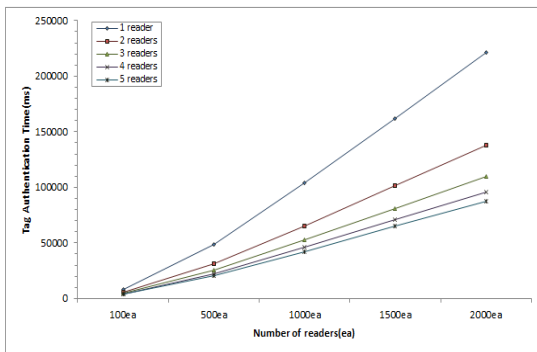


그림 8. 태그 개수 증가에 따른 전체 인증 시간 비교  
Fig. 8 Comparison of Total Authentication Time Depending on the Increase of Tag Numbers

분석 결과, 태그 개수가 100개일 경우, 2개의 리더 구성에서는 단일 리더의 구성에서보다 1.5배의 시간 감소율을 보였으나, 리더 개수 3개 이상부터는 큰 차이를 나타내지 못했다. 그러나 태그 개수가 2,000개일 경우, 리더를 3개로 설정하였을 때 단일 리더의 구성보다 2배 이상의 시간 감소율을 보였다. 이는 RFID 시스템 환경에서 사용하게 될 태그 개수의 범위에 따라 리더 사용의 개수를 적절하게 구성해야 함을 보여주는 것이다.

결과적으로, 제안 기법은 단일 리더의 사용으로 인해 발생되던 태그 충돌을 감소시켜 RFID 시스템에서의 태그 인식을 향상시키고 그에 따라 전체 태그 인증 시간을 감소시킨다. 이러한 태그 인증 시간의 감소는 수동형 태그의 에너지 활용율을 개선하여 전반적인 RFID 시스템 성능을 향상시킨다. 또한 분석 결과, 다중 리더의 사용은 다수의 태그 환경에서 더욱 효과적으로 사용될 수 있음을 보여주었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 최근 유비쿼터스 환경 조성을 위한 시스템으로 이용이 확대되고 있는 RFID 시스템의 적용분야에 대해 살펴보고, 효과적인 RFID 시스템 활용을 위하여 다중 리더를 이용한 태그 인증 기법을 제안하였다.

현재까지의 태그 인증 기법은 주로 한 개의 리더를 사용하여 태그를 인식함으로써 전체 인증 속도를 저하시키고, 태그 충돌 발생률을 높여 전체 시스템의 성능저하를 가져온다.

따라서 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 개선하고자, 다중 리더 구성 방법을 적용하여 리더가 태그를 인식할 때 각 리더별로 선별된 태그 ID만을 인식하도록 하여 태그 충돌을 최소화 하였고 그에 따라 전체 태그 인증 시간을 감소시켰다. 성능분석 결과, 다중 리더의 사용은 태그 개수가 많은 환경에서 더욱 효과적으로 적용될 수 있음을 보여주었다. 이러한 결과로, 제안 기법은 동시에 다수의 상품 인증이 필요한 물류·유통 분야에서의 효과적인 적용이 기대된다.

그러나 본 논문에서 제안한 다중 리더의 구성을 위해

서는 리더 간의 간섭문제가 해결되어야 하며, 설치비용 문제 또한 해결해야 할 과제이다. 따라서 향후 연구에서는 리더의 간섭문제 해결방안과 시스템 구성의 설치비용을 고려한 최적의 다중 리더 구성 방법을 도출해야 할 것이다.

### 참고문헌

- [ 1 ] Alex X. Liu, LeRoy A. Bailey, "PAP: A Privacy and authentication protocol for passive RFID tags", Computer Communications, 32, pp.1194-1199, 2009.
- [ 2 ] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, Second Edition, John Wiley& Sons, 2003.
- [ 3 ] V. Namboodiri, L. Gao, "Energy-Aware Tag Anti-Collision Protocols for RFID Systems", 5th IEEE Conference on Pervasive Computing and Communications, pp.23-36, 2007.
- [ 4 ] Lee Jeong-Keun, Kwon Taek-Young, Choi Yang-Hee, "Improving RFID Anti-Collision Algorithms with Multi-Packet Reception", The journal of the Korean Institute of Communication Science, 31(11A), pp.1130-1137, 2006.
- [ 5 ] Jihoon Myung, Wonjun Lee, Jaideep Srivastava, "Adaptive Binary Splitting for Efficient RFID Tag Anti-Collision", IEEE Communications Letters, 10(3), pp.144-146, 2006.
- [ 6 ] S. A. Weis, "Security an privacy in radio- frequency identification devices," MS Thesis. MIT. May, 2003.
- [ 7 ] S. A. Weis, S. E. Sarma, R. L. Rivest, and D.W. Engels, "Security and privacy aspects of low-cost radio frequency identification systems," Security in Pervasive Computing 2003, LNCS 2802, pp.201-212, Springer-Verlag Heidelberg, 2004.
- [ 8 ] 김선진, 박석지, 구정은, 김내수, "RFID/USN 산업 동향 및 발전전망", 전자통신동향분석, 20(3), pp.43-55, 2005.
- [ 9 ] Myung-Hwan Rim, Yong-Jae Park, A Market Forecasting and Applications of RFID/USN Service, The korean Institute of Electromagnetic Engineering Science, 19(6), pp.3-12, 2008.

- [10] Keunwoo Rhee, Seungjoo Kim, Dongho Won, Status and Protection of RFID, Korea Institute of Information Security and Cryptology, 18(2), pp12-22, 2008.
- [11] Jihoon Myung, Wonjun Lee, Jaideep Srivastava, "Adaptive Binary Splitting for Efficient RFID Tag Anti-Collision", IEEE Communications Letters, 10(3), pp.144-146, 2006.

### 저자소개



**장봉임(Bong-Im Jang)**

2003 한남대학교 멀티미디어학과  
공학석사  
2008-현재 한남대학교  
멀티미디어학과 박사과정

※관심분야: RFID/USN, 센서 웹, 멀티미디어,  
웹서비스



**정윤수(Yoon-Su Jeong)**

2000 충북대학교 전산학과 석사  
2008 충북대학교 전자계산학  
이학박사

※관심분야: 센서 보안, 암호 이론, Network Security,  
이동통신 보안



**김용태(Young-Tae Kim)**

1984 한남대학교 계산통계학과  
학사  
1988 숭실대학교 전산학과  
공학석사

2008 충북대학교 전산학과 이학박사  
2002-2006 (주)가림정보기술 이사  
2010-현재 한남대학교 멀티미디어학부 교수  
※관심분야: 모바일 웹서비스, 정보보안, 센서 웹,  
모바일 통신보안, 멀티미디어