

---

# 차세대 항만물류를 위한 장치 독립형 RFID 미들웨어 구성요소의 설계 및 구현

장수완\* · 김종덕\*

Design and Implementation of the Device Independent RFID Middleware Component for the  
Next Generation Port-Logistics

Su-wan Jang\* · Jong-Deok Kim\*

---

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

---

## 요 약

RFID는 항만 물류의 효율성을 높일 수 있는 기술로 주목을 받고 있다. 특히 컨테이너 용 e-Seal 등 능동형 RFID 기술에 대한 관심이 높다. 그런데 능동형 RFID 뿐 아니라 수동형 RFID나 전통적인 바코드 시스템을 복합사용하면 전체 항만 물류 처리 과정의 효율을 증대시킬 수 있다. 그러나 각 RFID 리더 및 인식 장치에 종속적인 다양한 제어 인터페이스로 인해 복합사용 환경 구축에 많은 어려움을 겪고 있다. 본 논문은 Smart Reader Interface라는 장치 독립적인 공통의 인터페이스를 통해 다양한 RFID 리더 및 인식 장치를 제어할 수 있는 RFID 미들웨어를 설계하였다. 우리는 관련 표준, 처리의 효율성, 새로운 리더 추가에 대한 확장성 등을 주요 고려 사항으로 설계에 반영하였다. 설계 결과를 바탕으로 실제 다양한 상용 RFID 리더를 지원하도록 시스템을 구현하였다. 실험실 환경 뿐 아니라 실제 광양항 컨테이너 부두에서 실시한 실험을 통해 개발한 시스템의 실용성을 검증하였다.

## ABSTRACT

RFID technology is considered as a promising solution to increase efficiency of port logistics. Especially active RFID technology, such as e-Seal for container security, is receiving attention nowadays. If active RFID system is combined with passive RFID and legacy bar-code system, overall efficiency of port logistics can be improved. However, due to the device dependent control interface of RFID readers, there are many difficulties in making active-passive combined RFID system environment. In this paper, we introduce Smart Reader Interface (SRI) system, which provides a device independent RFID reader interface to control different kinds of RFID readers by hiding device dependent control interface through adapter architecture which is similar to device driver of conventional operating systems. The key design objectives of SRI are the followings; conformance to the related standard, efficiency in processing, easy addition of an adapter for a new RFID reader. Actually, the implemented SRI system can support various kinds of commercial RFID readers, and through the test carried out not only in laboratory but also in the container terminal in the GwangYang Port, its practicality is verified

## 키워드

RFID, RFID 미들웨어, RFID 장치 독립형 미들웨어 구성요소, SRI System, 복합사용 환경

### I. 서론

RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 마이크로 칩을 내장한 태그에 저장된 데이터를 무선 주파수를 이용하여 리더에서 자동 인식하는 기술이다. RFID는 기존의 바코드나 자기 인식 장치의 단점을 보완하고 사용이 편리하여 물류 관리, 재고 관리 등에서 소비가 증가하고 있다[1][2]. RFID는 운영 주파수 대역에 따라 그 특성 및 응용 분야가 다르다. 특히 표 1에 정리한 극초단파 대역은 물류, 유통산업계의 강한 요구에 부응하여 빠르게 표준화 되고 있다. 900MHz 대역의 수동형 RFID 태그는 자체 전원이 없고 구조가 간단하여 가격이 저렴하고 반영구적으로 사용할 수 있어 공급망 관리 등에 적합하다. 433MHz의 능동형 RFID 태그는 수동형 태그에 비해 가격이 비싸지만 금속재질에 취약한 수동형 태그의 단점을 극복하는 동시에 인식거리가 길다는 장점이 있다. 이에 미국 FCC에서는 컨테이너의 보안 및 실시간 위치추적을 위하여 컨테이너에 능동형 태그를 부착하는 것을 의무화 할 계획이다[3].

표 1. 극초단파 대역의 RFID 기술요약  
Table 1. Summary of UHF based RFID Technology

동작방식	극초단파 (Ultra High Frequency)	
	능동형	수동형
인식거리	~50~100M	3.5~10M
주파수대역	433MHz	860~960MHz
전원여부	내장 배터리	없음
적용분야	컨테이너 관리 실시간 위치추적	공급망 관리 자동통행료 징수

RFID 기술의 표준화는 국제 표준을 제정하는 ISO와 RFID 실질적인 산업 표준을 담당하는 EPCglobal에서 진행하고 있다. 표준 제정 분야는 그림 1에 도시한 것과 같이 RFID 미들웨어와 응용 사이의 규약인 응용 프로토콜, 리더와 호스트사이의 규약인 리더 프로토콜, 리더와 태그 사이의 규약인 태그 프로토콜 등이 있다. 응용 및 태그 프로토콜은 표준화가 빠르게 이루어져 산업체에서 활용하고 있다. 하지만 리더 프로토콜은 아직 산업표준으로 정착하지 못하여 대부분의 리더는 제조사별로 독자적인 프로토콜을 사용한다. 이로 인해 상위 비즈니스 응용에 RFID 장치 독립적인 투명한 서비스를 제공하기

어렵다. 이를 해결하기 위하여 TagsWare, Sun과 같은 RFID 미들웨어 업체에서 이기종 리더 지원을 위한 솔루션을 제공하고 있다. 하지만 이들은 수동형 리더들만 지원하고 있는 실정이다. 본 논문은 항만과 같이 능동형·수동형 RFID 기술의 복합사용하여 물류 효율성을 개선할 수 있는 RFID 미들웨어 구성요소를 설계하고 구현하였다.

### II. RFID 미들웨어

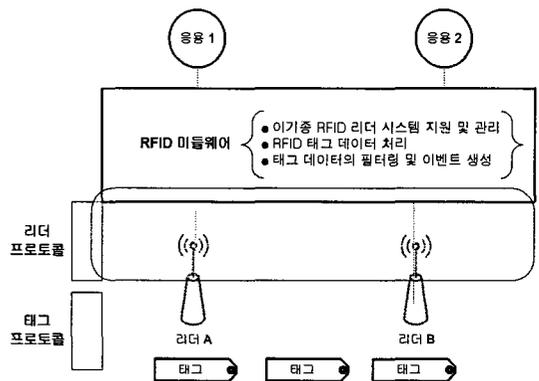


그림 1. RFID 미들웨어 구조도  
Fig. 1. RFID Middleware Architecture

RFID 미들웨어는 (1)이기종 RFID 환경에서 발생하는 태그 정보를 수집하고, (2)필터링하여 의미 있는 정보를 이벤트 형식으로 응용에 전달하는 시스템 소프트웨어로서, RFID 장치와 응용간의 이음새 없는 연동을 지원하는 역할을 담당한다[4]. 그림 1과 같이 RFID 미들웨어는 태그 데이터의 수집을 위해 리더 프로토콜을 사용한다.

리더 프로토콜의 표준화는 ISO와 EPCglobal에서 진행하고 있다. 표 2는 두 기관이 제안한 리더 프로토콜을 비교한 것이다. EPCglobal은 2006년 6월에 EPCglobal Reader Protocol Standard v1.1 (이후 RP로 표시) 발표하였다. EPCglobal RP는 EPC Class 규격에 준하는 태그를 읽고, 쓰기위한 Web기반의 표준 인터페이스를 미들웨어에 제공한다[5]. ISO에서는 리더와 응용간의 인터페이스로 15961/15962를 제안하였다[6][7]. 15961/15962는 ISO에서 정의한 RFID 태그 프로토콜 ISO 18000 Family 태그를 수집 및 관리하기 위한 기능을 제공한다. 특히, ISO 18000-7은 항만물류의 컨테이너를 위한 능동형 RFID 태그 프로토콜 표준으로서 Savi사의 RFID 특허를

근간으로 하고 있다.

표 2. ISO와 EPCglobal 리더 프로토콜 표준 비교  
Table 2. Comparison of ISO and EPCglobal RFID Reader Protocol standards

표준화기관 구분	EPCglobal	ISO
리더 프로토콜	Reader Protocol Standard v1.1	15961/15962
메시지 형식	XML, HTTP, SOAP	ASN.1
태그 프로토콜	EPC Class	18000 Family
동작 방식	수동형	수동형 / 능동형

그러나 이러한 표준화가 아직 산업 현장에 적용되고 있지는 않으며 현재 대부분의 RFID 리더는 독자적인 리더 프로토콜을 사용한다. RFID 미들웨어는 (1)을 위해 이기종 리더의 독자적인 프로토콜을 처리 할 수 있는 기술이 필요하다. 표 3은 대표적인 상용 미들웨어의 이기종 리더 지원현황이다. 하지만 지원하는 대부분의 리더는 수동형 RFID 리더이고, 능동형 RFID 리더와 기존 바코드 시스템은 지원하지 않고 있는 실정이다.

표 3. RFID 미들웨어 제품요약  
Table 3. Summary of RFID Middleware product

	SUN	TagsWare	RFTagAware
RFID H/W	Alien Matrics SAMSys AWID ThingMagic Sensormatic Symbol	Alien Matrics ThingMagic Sensormatic TIRIS SAMSys	Matrics SAMSys Alien AWID ThingMagic
메시지	XML, SOAP, HTTP, JMS		

RFID 미들웨어는 태그 데이터 중 응용에 필요한 정보만을 전달하기 위해 (2)의 역할을 수행한다. 대규모 RFID 사용 환경에서는 태그와 필터의 수가 매우 많아질 것으로 보인다. 그런데 이러한 환경에서 필터링의 효율성을 개선하지 않으면 RFID 미들웨어가 시스템의 병목이 될 수 있다. 그러나 이와 관련한 연구는 매우 부족하다.

### III. SRI System의 설계 및 구현

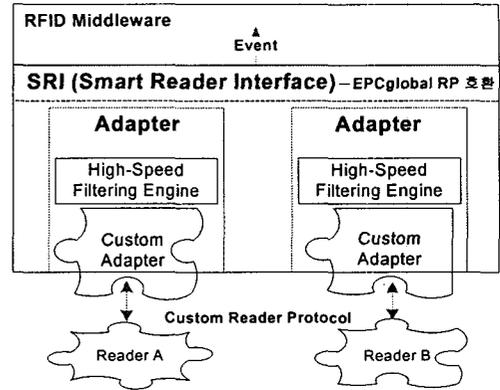


그림 2. SRI System 구조  
Fig. 2. SRI System Architecture

SRI System은 수동형, 능동형 RFID를 포함하는 이종 리더를 지원하기 위한 미들웨어 구성요소이다. SRI System은 이식의 편의를 위해 JAVA 언어로 개발하였다. SRI System의 구조는 그림 2와 같으며 SRI와 Adapter로 구분할 수 있다. SRI는 RFID 미들웨어 혹은 응용에 EPCglobal에서 제안한 EPCglobal RP을 따르는 서비스 인터페이스를 제공한다. RFID미들웨어는 SRI를 통해 RFID 장치의 저수준 기술 특성에 독립적인 시스템을 구성할 수 있다. Adapter는 이기종 리더의 독자적인 리더 프로토콜을 처리하여 리더를 제어 및 관리하며, 저수준의 태그 필터링과 태그의 이벤트 생성을 담당한다.

#### 3.1. SRI (Smart Reader Interface)

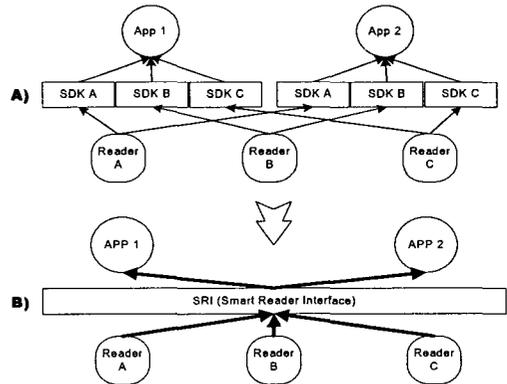


그림 3. SRI(Smart Reader Interface)의 기능  
Fig. 3. Function of SRI(Smart Reader Interface)

SRI는 EPCglobal 표준 리더 프로토콜을 따르는 개방형 서비스 인터페이스이다. 그리고 SRI는 최근 EPCglobal에서 제안한 국제 표준 태그 데이터 표현 형식인 Tag Data format Standard v1.3을 지원한다. 따라서 상위 응용에 표준화된 태그 데이터 형식으로 정보를 제공해 줄 수 있다. 그림 3에서 응용 App 1, App 2는 독자적인 리더 프로토콜을 사용하는 리더 A, B, C로부터 서비스를 제공받기를 원한다. 하지만 A)의 경우 리더에서 서비스를 제공받기 위하여 해당 리더 제조사의 SDK 인터페이스를 통해 접근함으로써 서비스 이용의 복잡도가 높아진다. 하지만 B)의 경우는 장치 독립적인 개방형 인터페이스 SRI를 이용함으로써 서비스 구조를 단순화시킬 수 있다.

표 4. SRI의 주요 API 기능  
Table 4. Core API functions of SRI

SRI API	기능
read()	태그를 읽는다.
readstop()	태그 읽기를 중지한다.
readUserMemory()	지정한 사용자 메모리영역의 데이터를 읽는다.
writeUserMemory()	지정한 시작 번지의 사용자 메모리영역에 데이터를 쓴다.
addAdapter()	해당 리더의 Adapter를 추가 생성한다.
addReadFilter()	해당 리더의 Adapter에 관심 있는 Filter를 추가한다.
setEventFilter()	태그 상태에 따른 이벤트 생성을 위한 설정 값을 지정한다.

SRI에서 제공하는 API는 수동형 RFID의 태그 정보 수집 및 기록을 위해 Read(), Readstop(), WriteID(), Kill() 등의 기본 함수를 지원하며, 능동형 RFID를 위한 사용자 메모리영역의 데이터를 읽고 쓰기 위한 추가적인 함수를 제공한다. 또한 리더제어 및 RFID 미들웨어의 필터링을 위한 함수를 제공한다. 표 4는 SRI API에서 제공하는 70여개의 함수들 중 주요 기능을 수행하는 함수를 정리하였다.

### 3.2. Adapter

Adapter는 RFID 리더를 제어, 관리하기 위한 EPCglobal RP 국제 표준에서 제안하는 그림 3과 같은 구조를 따른다. Adapter는 리더가 미들웨어와 통신하기 위

하여 독자적인 리더 프로토콜을 처리하는데 초점을 맞춘 핵심 리더 제어 모듈이다. 기본적인 태그 데이터 수집 및 리더 제어역할 이외에 표준 리더 프로토콜에 정의된 필터링 기법을 구현하여 정제된 태그 데이터를 미들웨어로 전달한다. 또한 태그의 현재 상태에 따라 이벤트를 생성하여 상위 응용으로 보내는 정보의 양을 줄이는 Smoothing / Event Generator를 적용하여 보다 효과적으로 상위 비즈니스 응용에 가해지는 부하를 줄일 수 있다 [5].

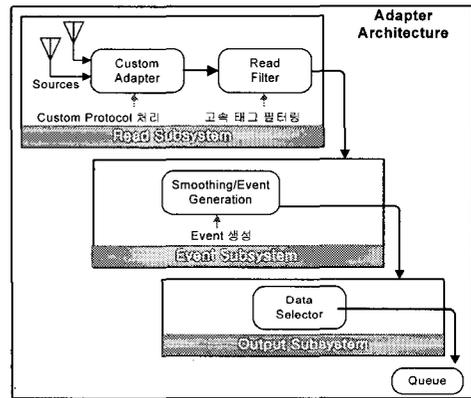


그림 4. Adapter의 구조  
Fig. 4. Adapter Architecture

Adapter에서 개별 리더 프로토콜을 기반으로 설계된 Custom Adapter와 표준 리더 프로토콜에서 제안하고 있는 저수준 필터링 알고리즘을 개선하여 고속 필터링을 수행하는 Read Filter가 가장 핵심 되는 부분이다. Custom Adapter는 각 RFID 벤더에서 제공하는 개별 리더 프로토콜을 처리하여 개별 RFID 리더와 직접 통신한다. 즉 미들웨어에서 지원하는 리더의 종류는 해당 Custom Adapter의 지원 유무에 있다. 따라서 개별 리더의 특성에 구애받지 않고 표준/비표준 리더 프로토콜을 사용하는 이기종 리더를 지원할 수 있으므로 확장성 있는 RFID 시스템을 구축할 수 있다. 또한 Custom Adapter가 어떠한 네트워크를 지원하느냐에 따라 리더와 상위 비즈니스 응용 간에 다양하고 유연한 네트워크를 구성할 수 있다.

### 3.3. 고속 필터링 알고리즘

RFID 통합 시스템을 적용하는 대규모 RFID 복합사

용 환경에서는 실시간으로 처리해야 할 RFID 태그 정보의 양이 늘어난다. 하지만 대량의 RFID 태그 정보 중 상위 응용 입장에서 의미 있는 정보는 제한적이다. 의미 없는 정보를 상위 응용으로 전달하는 것은 전체 시스템의 성능을 저하시키는 요인이다. 따라서 읽혀진 RFID 태그 정보 중 응용에게 필요한 정보만을 추출하는 기능이 필요하다. EPCglobal RP는 응용이 Bit Pattern과 Mask로 표현되는 필터(Filter)를 리더에게 등록하도록 하고, 리더는 이 필터를 이용하여 특정 태그 정보만을 필터링하여 응용에게 전달할 수 있도록 하는 기능을 포함하고 있다.

그런데 대규모의 복합사용 환경에서는 태그 정보량 뿐 아니라 응용의 수 및 응용들이 지정하는 필터의 수도 매우 많아질 것으로 예상할 수 있다. 이러한 대량 태그, 대량 필터의 조건에서는 필터링 모듈의 효율성이 전체 미들웨어 성능에 큰 영향을 끼칠 것이다. 읽어 들인 태그의 개수를 M, 응용이 지정한 필터의 수가 N이라고 할 때, 읽혀진 각 태그를 N개의 필터에 순차적으로 적용할 경우 필터링에는  $O(M \times N)$ 의 수행시간이 필요하다. 우리는 기존 Packet Classification 분야에 적용된 기술을 이용하여 필터링 시간을  $O(M \times \log N)$ 으로 줄이는 고속 필터링 알고리즘을 제안한다. 우리가 아는 한 이 기술은 대량 필터 및 태그 상황에서 RFID 필터링 효율성 향상을 다룬 첫 연구 결과이다.

Packet Classification 기법은 IP 네트워크 환경의 고속 라우터, 방화벽에서 다량의 패킷을 효과적으로 필터링하는 기법으로 RFID 태그를 필터링 하는 문제와 유사함을 인식하고 기존 Packet Classification 기법중 하나인 ABV(Aggregated Bit Vector)을 기반으로 개발된 Bit Parallelism을 적용하여 다수의 RFID 필터에 대해 고속의 필터링 작업을 수행하기 위한 RFID 필터링 모듈을 구현하였다. 또한 RFID 시스템의 특징인 동일한 태그 혹은 유사한 태그가 연속으로 읽힐 가능성을 인지하여 Bit Parallelism 알고리즘에 캐시를 적용시켜 RFID 필터의 성능을 상당 부분 개선할 수 있다. 그림 5, 6은 표준 RFID 데이터 필터링 기법과 고속 필터링 기법의 성능을 CPU 사용량을 통해 비교한 것이다[8].

- 리더의 수 = 2 대 (가상리더)
- 필터의 수 = 1024 개
- 초당 인식되는 태그의 수 = 500 개

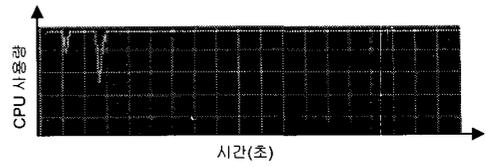


그림 5. 순차적 필터링의 CPU 사용량  
Fig. 5. CPU usage of sequential Filtering

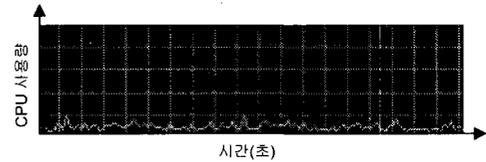


그림 6. Bit Parallelism 기반의 알고리즘에 캐시를 적용한 경우의 CPU 사용량  
Fig. 6. CPU usage of Bit Parallelism based Filtering algorithms with cache

#### IV. SRI System의 적용사례

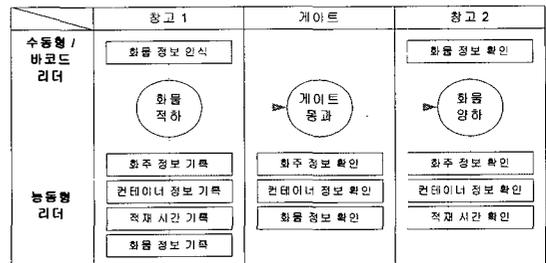


그림 7. 항만물류에서 복합사용 환경 실험 시나리오  
Fig. 7. Mixed-Using Environment test scenario

SRI System의 복합사용 환경 지원 여부를 검증하기 위하여 실험실 환경에서 그림 7과 같은 항만물류 운송 시나리오를 구축하여 검증실험을 하였으며, 광양항 컨테이너부두에서 실증 실험을 수행하였다. 시나리오는 창고1에서부터 창고2까지의 물류 경로에 서로 다른 제조사의 리더를 배치하고 수동형·능동형 RFID 기술을 복합사용하도록 하였다. 실험에 사용한 리더는 표 5와 같다.

표 5. 실험 장비의 기술 특징

Table 5. Technical features of applied RFID Devices

리더	주파수 (MHz)	동작방식	연결 형태	인식거리 (M)	태그 메모리
SAVI	433	능동형	TCP/IP	50~100	64Kbyte
HiGTek	433	능동형	Serial	50~100	128Kbyte
KPC	433	능동형	TCP/IP	50~100	64Kbyte
Smart Reader	900	수동형	WLAN	1~2	N/A
Alien	900	수동형	TCP/IP	3.5~10	N/A
SAMSys	900	수동형	TCP/IP	3.5~10	N/A
Barcode	레이저	N/A	USB	~0.3	N/A
가상리더	Alien 리더와 유사한 동작을 수행				

실험을 위해 구현한 그림 8의 응용을 이용하여 실험에 사용한 모든 리더를 통합 제어할 수 있다. 능동형 태그가 부착된 모형 컨테이너 트럭이 창고I(출발지점)에 도착하면 수동형 태그와 바코드가 부착된 화물을 컨테이너에 싣는다. 화물을 싣는 과정에서 무선 통신을 지원하는 Smart Reader를 이용하여 화물에 부착된 태그를 읽고 읽혀진 태그 목록이 응용의 A에 나타난다. 읽혀진 수동형 태그 목록은 그림 9와 같이 능동형 태그(B)의 사용자메모리 영역에 컨테이너, 화주, 적재시간과 함께 WRITE하여(C) 게이트(경유 지점)로 이동하게 된다. 게이트에서는 능동형 HiGTek 리더를 이용하여 능동형 태그의 사용자정의 메모리 영역을 READ한다. D에서 컨테이너 및 화물의 정보를 확인할 수 있다. RFID 리더를 보유하지 않은 창고2(도착점)에 도착하면 기존 바코드 스캐너를 이용하여 화물에 부착된 바코드를 인식한다.

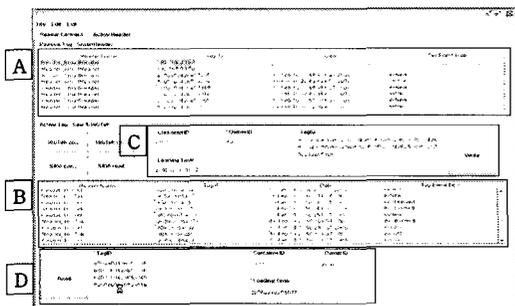


그림 8. 복합사용 환경 검증을 위한 응용  
Fig 8. Application for Mixed-Using Environment

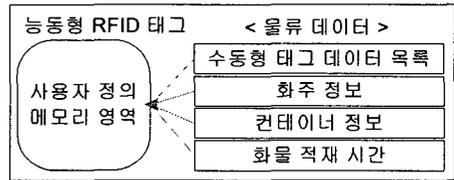


그림 9. 항만물류에서 복합사용의 예  
Fig 9. Mixed-Using example in Port-Logistics

위의 실험검증 시나리오는 복합사용 환경을 항만물류에 적용한 예제이다. 실험검증에서 나타나듯 수동형·능동형 RFID 및 기존 바코드 시스템을 복합 사용함으로써 컨테이너에 적재된 화물의 정보를 컨테이너를 개봉하지 않고 인식할 수 있고, RFID 장치를 갖추지 못한 환경에서도 기존 시스템의 변화 없이 화물을 처리할 수 있으므로 효율성이 향상된다.

광양항만 컨테이너부두에서는 지리적 여건상 실제 물류흐름에 시나리오를 적용할 수 없었지만, RFID 기술을 적용할 수 있는 터미널 게이트, 컨테이너 야드, 창고(CFS)에 복합사용 환경을 위한 이기종 리더를 설치하여 현장 실험검증을 수행하였다. 이 검증실험을 통해 SRI System이 실제 항만물류와 같은 RFID 기술의 복합사용 환경 및 이기종 리더를 지원하는 것을 검증하였다.

### V. 결론 및 향후 과제

본 논문은 다양한 RFID 장치의 복합사용을 효과적으로 지원하기 위한 SRI System을 설계하고 구현하였다. 또한 SRI System은 표준 리더 프로토콜의 순차적 필터링 알고리즘을 개선하여 대규모 복합사용 환경에 적합한 고속 필터링 알고리즘 통해 필터링 속도를 향상시켰다. 개발된 SRI System의 복합사용 환경 지원여부를 검증하기 위해 실험실 환경에서 항만물류 운송 시나리오를 구성하여 실험검증 하였고, 광양항만 컨테이너부두의 주요 응용에 적용하여 실제 항만물류 환경에서의 적용 가능성을 제시하였다.

표 6은 개발된 SRI System (A)과 기존 상용 RFID 미들웨어인 Sun Java RFID Software (B)와 비교한다. Sun사의 RFID 미들웨어는 ALE 인터페이스를 기반으로 개발되었고, 이기종의 수동형 RFID 리더 지원 및 표준에서 제안하는 필터링기능을 제공하였다. 하지만 능동형 RFID

기술 및 기존 바코드 시스템을 지원하지 않았으며, 리더와 미들웨어의 통신방법은 TCP/IP만 지원하였다. 또한 다량의 태그를 고속으로 정제하기 위한 필터링 기법은 지원하지 않았다. 하지만 SRI System은 이러한 부분을 개선하여 항만물류와 같은 복합사용 환경을 요구하는 응용에 적합하도록 기존 시스템뿐만 아니라 능동형 RFID 기술까지 지원한다.

표 6. SRI System과 Sun 미들웨어의 기술지원 비교  
Table 6. Comparison of SRI System and Sun RFID Middleware

평가요소	A	B
표준 리더 프로토콜을 고려하는가?	○	X
이기종 RFID 리더를 지원하는가?	○	○
수동형 RFID 리더를 지원하는가?	○	○
능동형 RFID 리더를 지원하는가?	○	X
기존 바코드 시스템을 지원하는가?	○	X
다양한 네트워크 연결을 지원하는가?	○	X
고속 필터링 기능을 제공하는가?	○	X

SRI System은 표준 리더 프로토콜에 준하는 태그 데이터의 수집 및 기록할 수 있는 기능을 중심으로 개발되었다. 향후 연구과제로는 기본적인 태그 수집 기능 이외 실제 물류 응용에서 이기종 리더를 제어/관리 할 수 있는 리더 관리 프로토콜에 대한 연구가 필요하며 이를 기반으로 제안된 시스템이 가지고 있는 문제점들을 분석하여 개선해야 할 것이다.

참고문헌

[1] K. Finkenzeller, "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Card Identification (2nd)", John Wiley & Sons, 2003.  
 [2] 오세원, 표철식, 채종석, "RFID 표준화 및 기술 동향", 전자통신 동향분석 제20권 제3호, 2005년 6월.  
 [3] 이재인, 정기호, "RFID 적용에 의한 부산항의 항만물류 개선에 관한 연구", 한국콘텐츠학회 2005 춘계종합학술대회 논문집 Vol. 3 No. 1  
 [4] 김영일, 김말희, 이용준, "RFID 미들웨어 기술 동향 및 응용 사례", 한국정보처리학회 학회지 VOL.12 NO.05, 2005. 6  
 [5] EPCglobal Inc., "Reader Protocol Standard, Version 1.1", June 21, 2006  
 [6] ISO/IEC JTC1/SC 31/WG 4, "Internet Standard 15961", May 10, 2004  
 [7] ISO/IEC JTC1/SC 31/WG 4, "Internet Standard 15962", May 10, 2004  
 [8] 박현성, 김종덕, "고속 RFID 필터링 엔진의 설계와 캐쉬 기반 성능 향상", 한국통신학회논문지 제31권, 2006년 5월

저자소개

장 수 완(Su-Wan Jang)



2005 부산가톨릭대학교 정보통신공학과 학사  
 2005~현재 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 석사과정

※관심분야 : RFID/USN, Mobile Network

김 종 덕(Jongdeok Kim)



1994 서울대학교 계산통계학 학사  
 1996 서울대학교 전산과학 석사  
 2003 서울대학교 컴퓨터공학 박사

2004~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부, 조교수; 부산대학교 컴퓨터및정보통신연구소 정보기술연구원  
 ※관심분야 : 무선통신, 이동통신망, RFID/USN