

# RFID 애플리케이션 개발을 위한 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터

문 미 경<sup>†</sup>

## 요 약

최근 RFID (Radio Frequency Identification)는 소형화, 저가화, 고기능화가 점차적으로 실현되면서 그 기술이 적용되는 분야도 더욱 다양해지고 있다. RFID 애플리케이션은 RFID 태그의 실시간 정보를 기반으로 하는 업무 프로세스를 의미하는 것으로, RFID 기반 정보를 이용해 비즈니스 프로세스를 자동화하고 변형시킬 수 있도록 요구된다. 이러한 RFID 애플리케이션은 단순하게는 하나의 리더기에서 읽혀지는 RFID 태그를 모니터링하는 기능만을 가지기도 하지만, 대부분 RFID 태그의 흐름에 따라 태그가 부착된 사람 또는 사물의 가시성(visibility)과 추적성(traceability)을 지원하기 위한 기능을 구현한다. 이를 위해 RFID 리더기를 여러 곳에 분산 배치시킨 후, 다양한 시나리오에 따라 태그의 흐름을 변경시켜보아야 한다. 그러나 RFID 애플리케이션 개발 시, 필요한 관련 RFID 리더기가 모두 준비되지 않았거나, 실제 현장과 유사한 환경을 구축하기가 어려울 때가 많다.

본 연구에서는 RFID 애플리케이션 개발 시, 개발 환경을 모형화 시키고 RFID 리더기 및 센서를 다양한 곳에 배치시킨 후, 여러 개의 RFID 태그를 다양한 시나리오를 통해 이동시켜볼 수 있는 시뮬레이터를 개발하고자 한다. 본 시뮬레이터는 RFID 미들웨어 및 애플리케이션 구현물의 정확한 테스트를 가능하게 하여 개발 생산성을 높인다. 또한 데이터의 신뢰성에 문제가 발생한 경우, RFID 하드웨어와 미들웨어 중 어떤 부분에서 발생한 문제인지 가리기 위해 활용될 수 있다.

키워드 : RFID, 시뮬레이터, RFID 애플리케이션, 태그, 배치

## A Tag Flow-Driven Deployment Simulator for Developing RFID Applications

Mikyeong Moon<sup>†</sup>

### ABSTRACT

More recently, RFID (Radio Frequency Identification) systems have begun to find greater use in various industrial fields. The use of RFID system in these application domains has been promoted by efforts to develop the RFID tags which are low in cost, small in size, and high in performance. The RFID applications enable the real-time capture and update of RFID tag information, while simultaneously allowing business process change through real-time alerting and alarms. These be developed to monitor person or objects with RFID tags in a place and to provide visibility and traceability of the seamless flows of RFID tags. In this time, the RFID readers should be placed in diverse locations, the RFID flows between these readers can be tested based on various scenarios. However, due to the high cost of RFID readers, it may be difficult to prepare the similar environment equipped with RFID read/write devices.

In this paper, we propose a simulator to allow RFID application testing without installing physical devices. It can model the RFID deployment environment, place various RFID readers and sensors on this model, and move the RFID tags through the business processes. This simulator can improve the software development productivity by accurately testing RFID middleware and applications. In addition, when data security cannot be ensured by any fault, it can decide where the problem is occurred between RFID hardware and middleware.

Keywords : RFID, Simulator, RFID Application, Tag, Deployment

### 1. 서 론

RFID (Radio Frequency Identification)란 사물에 부착된 전자태그로부터 무선 주파수를 이용하여 정보를 송·수신하고 이와 관련된 서비스를 제공하는 기술을 말한다. 최근 들어 RFID 기술이 안정화되고 바코드의 한계가 노출되면서

※ 본 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2008-531-D00030).

※ 2009년도 동서대학교 학술연구조성비 지원과제임.

† 정 회 원: 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수

논문접수: 2010년 1월 25일

수정일: 1차 2010년 3월 23일

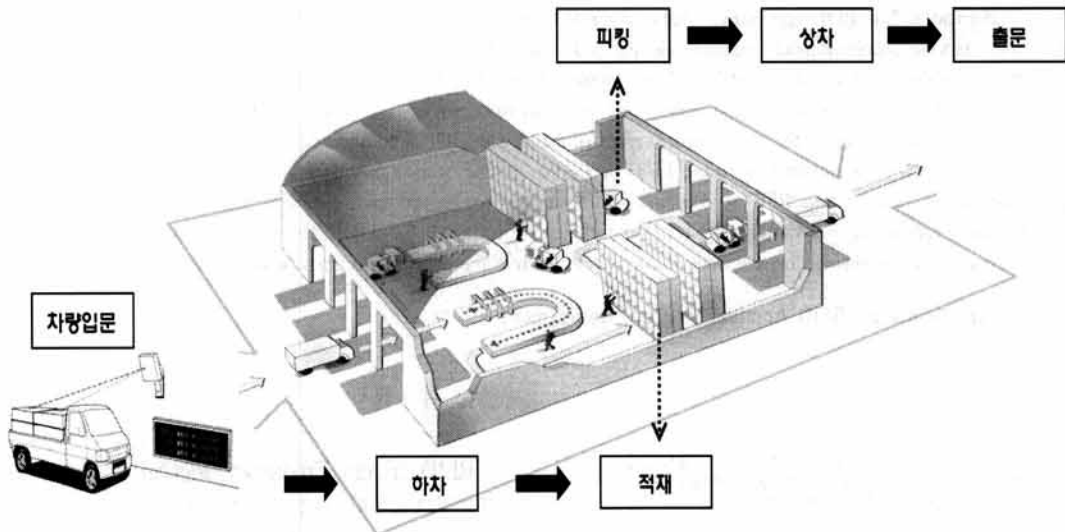
심사완료: 2010년 3월 30일

쓰임새가 다양한 영역으로 확대되고 있다 [1]. 현재 RFID 시스템이 가장 많이 적용되는 분야는 자산추적관리이며 이는 공급망 관리, 수확물 관리, 공장 자동화, 실시간 위치추적, 대여물품 관리 등의 세부 분야로 나뉜다 [2]. 이 분야의 한 예로, 2007년도 메트로 그룹은 의류에 아이템 레벨의 태깅을 통해 유통센터와 매장에서 체크아웃 될 때까지 완벽한 제품의 가시성을 확립했다. 또한 스마트 선반, 스마트 거울을 통해 제품에 대한 정보를 제공하였고, 판매와 재고관리에 어플리케이션으로써의 기능도 수행하도록 설치되었다. 이를 위해 메트로는 공급망 상의 각 매장에 RFID 시스템을 설치하고, 공급업체에 RFID 태깅을 의무화하도록 하였다 [3]. 이와 같이 유통 및 물류시스템에 RFID가 도입되면 제조업체에서 상품 출하 시 상품에 붙어있는 RFID의 정보를 이용해 어느 차량에 실어야 하는지를 작업자에게 자동으로 지시할 수 있다. (그림 1)에서 보이는 바와 같이 유통업체에 도착한 차량에서 상품이 내려지면 관리시스템이 RFID가 부착된 상품정보를 인식해 수량 및 품목을 자동으로 점검한 뒤 납품을 승인한다. 승인된 상품은 어느 곳에 배치될 것인지를 자동으로 계산해 재고창고의 해당 위치에 배치 시킬 수 있으며 배치된 상품은 재고 수량에 수정 반영된다. 또한 상품이 출고될 때마다 출고량만큼의 재고 수량이 감소되고, 재고 미달 시 재고창고에 정보를 발신해 상품 발주를 유도할 수 있다.

이처럼 RFID 기술을 도입하기 위해서는 여러 시나리오를 통해 최적의 실행 방안을 도출해 내야 하며, 이를 바탕으로 자동화 프로세스를 지원해 줄 수 있는 RFID 어플리케이션을 개발할 수 있다. 이러한 RFID 어플리케이션은 단순히 하나의 리더기에서 읽혀지는 RFID 태그를 모니터링하는 기능만을 가지기도 하지만, (그림 1)에서 보는 바와 같이 대부분은 RFID 태그가 부착된 사람 또는 사물의 흐름에 대한 실시간 정보를 바탕으로 RFID 태그의 흐름을 추적하고 가시성을 제공하기 위한 통합 시스템으로 개발된다. 이를 위

해 RFID 리더기를 여러 곳에 분산 배치시킨 후, 다양한 시나리오에 따라 태그의 흐름을 변경시켜줘야 한다. 그러나 RFID 장비를 설치하는 것은 쉽지 않은 일이다. 먼저, 초기 시스템 구축에 과도한 비용이 소요되고 태그의 가격도 모든 제품에 부착하기에는 부담스러운 수준이다. 또한 하드웨어를 설치하고 설정을 구성하기 위하여 RFID 인프라를 설계하고 구축하여야 하며, 태그가 어떻게, 그리고 어디에서 판독될 수 있는지, 수집된 데이터는 기존 어플리케이션에 어떻게 통합될 수 있는지 등 다양한 비즈니스 프로세스를 개발 및 테스트 해 봐야 한다. 이를 위해 가상의 장치들을 구성하여 어플리케이션이 필요로 하는 가상의 값을 만들어 주는 시뮬레이터를 이용해 볼 수 있다. 현재 많이 연구되고 개발되고 있는 시뮬레이터 시스템은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현하기 위한 상황인식 시스템에 대한 것이 많다. RFID 기술 또한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구현하기 위한 핵심기술로서 이러한 시뮬레이터에서 사용되고 있지만, 이들 시스템의 대부분은 미리 정의된 상황규칙을 테스트하기 위해 가상의 상황 변화를 만들어 내고 이 변화에 반응하는 시스템을 모의실험하는 것에 목적을 두고 있다. RFID 관련 시뮬레이터들은 단순히 특정 회사의 RFID 리더기의 결과값을 생성해내는 에뮬레이터의 역할에 그치던지, 또는 태그의 이동이 하나의 리더기에서만 인식하여 반응하는 것을 보이는 시뮬레이터 시스템들이다.

본 논문에서는 RFID 어플리케이션 개발 시, 관련 RFID 리더기가 준비되지 않았거나, 실제 현장과 유사한 환경을 구축하기가 어려울 때, RFID 하드웨어가 설치되어야 하는 개발 현장을 모형화 하여 태그들을 이동시켜 봄으로써 RFID 이벤트를 발생시킬 수 있는 시뮬레이터를 제안한다. 본 시뮬레이터는 다양한 RFID 환경을 계획 및 설계할 수 있으며, 가상의 태그와 리더기를 사용해 무선 인터페이스 프로토콜을 선택하여 RFID 어플리케이션을 구현하고 테스트할 수 있게 해 준다. 또한 실제 환경과 하드웨어를 다양



(그림 1) 유통업체의 비즈니스 프로세스

하게 변화시켜 조합할 수 있게 하며, 태그가 부착된 케이스와 팔레트 등을 선택해 다양한 태그의 흐름을 비즈니스 프로세스에 적용할 수 있도록 한다. 이를 이용해 수집된 실시간 데이터를 통해 사물의 전체적인 라이프사이클에 대한 흐름 정보를 통합 관리 할 수 있는 애플리케이션을 개발 할 수 있다. 본 시뮬레이터는 RFID 미들웨어 및 애플리케이션 구현물의 정확한 테스트를 가능하게 하여 개발 생산성을 높인다. 또한 데이터의 신뢰성에 문제가 발생한 경우, RFID 하드웨어와 미들웨어 중 어떤 부분에서 발생한 문제인지를 가리기 위해 활용될 수 있다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 RFID 애플리케이션

RFID 시스템은 (그림 2)와 같이 물리적인 형태에 따라 태그, 리더기 등의 하드웨어 구성요소와 RFID 미들웨어와 같은 소프트웨어 구성요소로 구분할 수 있으며, 이러한 구성요소들과 해당 분야에서의 응용 소프트웨어가 유기적으로 연계되어 운영되는 시스템이다 [4].

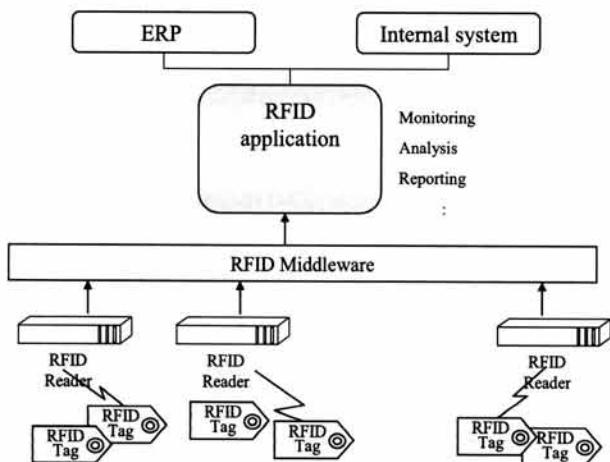
RFID 애플리케이션은 해당 시스템의 요구사항에 맞춰 미들웨어에서 필터링 된 후 전달된 데이터를 분석, 활용하여 개발되는 시스템 또는 솔루션을 의미한다 [5]. RFID 미들웨어로부터 전달되는 RFID 이벤트 데이터의 구체적인 한 예로 "Dock\_A urn:epc:tag:sgtin-96:4.011562.0557083.19212150 up 10:12:00:06:05"이 있다. 여기에는 RFID 이벤트가 발생한 위치 (Dock\_A), 제품의 태그값 (urn:epc:tag:sgtin-96:4.011562.0557083.19212150), 방향(up) 및 시간의 정보 (10:12:00:06:05) 만을 가지고 있다 [6]. RFID 애플리케이션은 미들웨어로부터 전달받은 이러한 저수준의 데이터를 다양한 유형의 정보 서비스를 통해 의미 있는 정보로 재해석하여 태그의 위치 및 현황 파악을 통해 가시적인 각종 모니터링 및 분석을 할 수 있도록 해 준다. RFID 애플리케이션은 여러 곳에 분산된 리더기에서 발생하는 모든 RFID 데이터를 수집하고, 저장

및 활용할 수 있어야 하며 높은 수준의 태그의 가시성과 추적성을 제공해야 한다. 그러나 RFID 애플리케이션 개발 시, 관련 RFID 리더기가 준비되지 않았거나, 실제 현장과 유사한 환경을 구축하기가 어려울 때가 많기 때문에 리더 에뮬레이터를 개발하여 사용하는 경우가 많다.

### 2.2 RFID 시뮬레이터 및 리더 에뮬레이터

현재 유비쿼터스 컴퓨팅 시대에 대응하여 유비쿼터스 시스템 개발이 활발히 이루어짐에 따라 상황인식 서비스 개발과 관련된 시뮬레이션 도구들이 많이 개발되고 있다 [7-10]. UbiREAL은 3차원 공간에 가상의 디바이스들을 배치시킨 후, 물리적 환경의 변화를 줌으로써 디바이스들 사이에 통신을 시뮬레이터 해 볼 수 있도록 한다 [8]. 또한 a CAPella는 최종사용자가 이해하기 쉬운 몇몇의 아이콘들을 사용해서 상황인식 환경을 보여줄 수 있는 시뮬레이터 시스템이다 [9]. CAUSE (Computer-Aided Ubiquitous System Engineering) 연구에서는 유비쿼터스 시스템의 모든 구성요소를 설계하고 분석할 수 있도록 하는 아키텍처를 제시하였다 [10]. 이러한 상황인식 시뮬레이터에서는 RFID 리더기를 가상 디바이스로 사용하고 있지만, 미리 설정된 특정 환경 (예: 스마트 홈)에서 상황규칙에 따른 시스템의 반응을 보여주고 검증하는 것에 초점을 맞추고 있다.

RFID 관련 시뮬레이터 연구는 크게 두 가지 유형으로 진행되고 있다. 첫 번째는 RFID관련 통신 프로토콜을 구현하는 네트워크 시뮬레이터 (예: RFIDSim)에 관한 연구이고 [11, 12], 두 번째는 RFID 리더기 구성에 관한 연구이다. 본 연구와 관련된 두 번째 연구분야를 살펴보면 다음과 같다. RFID 애플리케이션 개발 시, 일반적으로 RFID 하드웨어 구성요소의 비용 때문에 현실의 RFID 리더기를 대체할 수 있는 RFID 리더 에뮬레이터를 개발하여 사용하는 경우가 많다. RFID 리더 에뮬레이터는 물리적인 리더기를 에뮬레이션 하여 사용자 또는 리더 클라이언트의 요구에 의하여 정해진 룰에 의하여 가상의 태그의 EPC를 생성하여 전달하게 된다. RFID 리더 에뮬레이터의 주요 기능에는 특정 URL을 설정하여 인식한 태그값을 실시간 자동 전달할 수 있는 notify 기능, notify 시 text 또는 XML을 정할 수 있는 notify format, 태그 format 설정, 태그값 범위 설정 등이 있다. 이러한 RFID 리더 에뮬레이터를 사용하면 RFID 장비 없이도 다양한 형태로 RFID 이벤트를 생성해서 애플리케이션을 개발하고 테스트할 수 있도록 해 준다. 그러나 현재 대부분의 RFID 리더 에뮬레이터는 특정 회사의 리더기를 대체할 수 있도록 개발된 실시간 대용량 태그 데이터 발생기의 형태이다 [13]. 또한 가상의 RFID 리더기와 태그를 선택하고 구성함으로써 RFID 애플리케이션을 구현하고 테스트 할 수 있게 지원하는 시뮬레이터 시스템들이 개발되고 있다 [14, 15]. 특히 Rifidi 시뮬레이터에서는 하나의 리더기에 m개의 태그를 연속으로 통과시켜봄으로써 태그값이 인식되고, 인식된 태그값에 따라 프로세스 적절히 처리됨을 실험해 볼 수 있다. 그러나 이 시뮬레이터에서도 일련의 m개의 태그가 n개



(그림 2) RFID 시스템의 애플리케이션

의 리더기를 연결해서 통과하는 상황을 검증하기는 어렵다. 본 논문에서 제시하는 시뮬레이터는 여러 개의 분산된 RFID 리더기를 실제 환경에 맞추어 배치시켜 놓고 태그의 흐름의 변화에 따라 다양한 순서로 인식된 RFID 태그 데이터를 발생시켜 볼 수 있는 가상 환경을 제공한다.

### 3. RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터

본 논문에서 제시하는 RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터는 (그림 3)과 같은 환경을 모형화시킨다. 먼저, RFID 시스템이 동작하는 환경에 해당하는 그림이 배경에 놓이고 그 위의 적절한 위치에 RFID 리더기를 배치시킬 수 있고 리더기의 인식범위를 지정할 수 있다. 마지막으로 RFID 태그를 하나 이상 생성한 후, 이 태그들을 여러 가지 경로로 이동시킬 수 있다. 이때 태그가 리더기의 인식범위에 들어 오게 되면 태그가 인식되었음을 알려주는 이벤트를 발생시키고 리더기의 인식범위에서 벗어나게 되면 태그가 사라졌음을 알리는 이벤트를 발생시킨다.

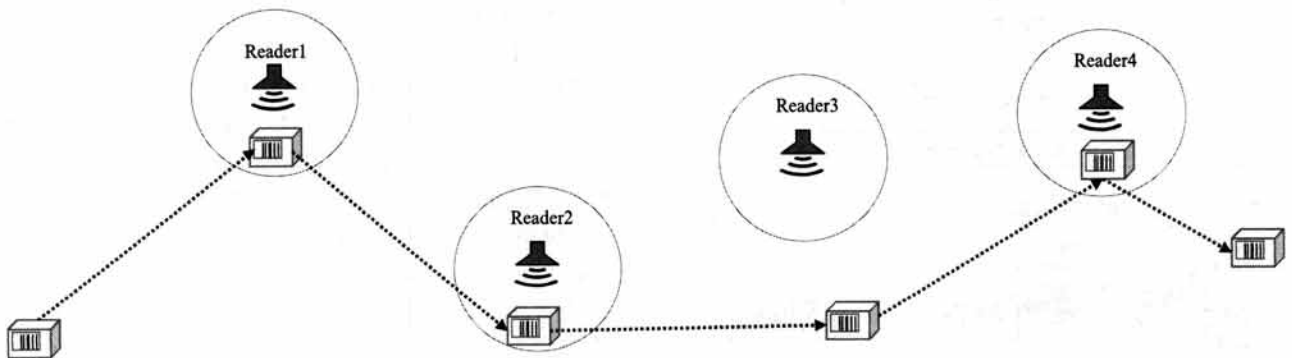
#### 3.1 RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터의 주요 기능

RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터는 다음과 같은 목적을 가지며, 이를 위해 여러 가지 기능들이 제공된다.

- (1) 본 시뮬레이터는 RFID 애플리케이션 개발 시, 준비되지 못한 RFID 리더기, 센서 및 태그를 가상으로 복수 개 구성시킬 수 있다. 또한 동일한 태그가 일련의 순서로 설정된 리더기 n개를 통과시켜 볼 수 있다.
  - 리더기 관리 (Reader Manager): 모형화 시켜 놓은 배경 화면 위에 리더기를 배치시키거나 삭제시킬 수 있는 기능이다. 배치된 리더기에는 고유의 물리적 이름과 논리적 이름을 부여할 수 있으며, 리더기의 인식 범위를 설정할 수 있다.
  - 태그 관리 (Tag Manager): 사용자 인터페이스 위에서, 또는 직접 위치를 지정해서 태그를 생성 하거나 삭제시킬 수 있는 기능이다. 생성된 태그에는 논리적 이름을 부여할 수도 있으며, 설정된 EPC값을 부여할 수도 있다. 태그는 기본적으로 랜덤 모드 또는 매뉴얼 모드로

이동시킬 수 있다. 랜덤 태그 동작은 일정 이동간격을 지정 한 후, 랜덤으로 움직이게 할 수 있는 기능이고, 매뉴얼 태그 동작은 사용자가 마우스를 클릭하는 곳을 따라 가며 태그를 수동으로 움직이게 할 수 있는 기능이다. 그러나 태그의 흐름이 일련의 시나리오를 갖추고 있다면, 이러한 일련의 태그의 흐름을 하나의 새로운 시나리오로 작성한 후 이를 저장시켜 놓고, 이후에 저장된 시나리오를 실행시키면 자동으로 설정된 흐름대로 태그를 움직이게 할 수 있다.

- 센서 관리 (Sensor Manager): 모형화 시켜놓은 배경 화면 위에 리더기뿐만 아니라 필요한 경우, 몇 가지 센서들을 생성시키거나 삭제시킬 수 있다. 그리고 이러한 센서로부터 획득될 수 있는 센서값을 설정할 수 있다.
- (2) 본 시뮬레이터는 특정 하나의 도메인에 특화되지 않고 사용자가 RFID 시스템을 적용하고자 하는 대부분의 환경에 대해 실험할 수 있다.
    - 모형 화면 설정: 모형화 할 환경에 대한 이미지를 설정 하거나 변경할 수 있는 기능이다. 예를 들어,택배 시스템에 대해서는 지도 정보가 출력될 수 있고, 창고관리 시스템에 대해서는 창고 설계도가 출력될 수 있다. 이러한 배경 이미지 위에 사용자가 리더기, 태그, 센서들을 임위로 배치시킬 수 있으며, 이에 대한 정보를 표시 할 수 있다.
    - RFID 구성요소 객체(리더기, 태그, 센서) 설정: 리더기, 태그, 센서들을 임의의 위치에 임의의 개수로 랜덤 생성할 수 있는 방법이 제공된다. 또한 사용자가 설정해 놓은 리더기, 태그, 센서들을 저장하고 이를 다음에 불러오게 하여 이전의 상황 그대로를 다시 사용할 수 있도록 한다.
  - (3) 본 시뮬레이터는 실제 RFID 리더기와도 쉽게 연동될 수 있도록 하며, 애플리케이션 개발 후, 실제 RFID 리더기와 대체 시 애플리케이션의 수정은 최소로 발생하도록 한다.
    - RFID 리더 어댑터: 실제 준비된 몇몇의 리더기와 연동할 수 있도록 추상화된 리더기 API를 제공한다. 시스템



(그림 3) RFID 태그 흐름기반 배치 환경



구동에 필수적인 기본 기능을 모두 포함하는 Reader 추상 클래스에는 Initialize, isPassiveReader, Connect, AutoRead, AutoReadStop, Read, ReadWithData, Disconnect, Destroy 기능을 가지고 있으며, 리더 어댑터를 추가 구현 할 때는 이러한 Reader 추상 클래스를 상속 받아 구현할 수 있다.

- 다양한 통신 프로토콜 제공: 개발하고자 하는 RFID 애플리케이션은 다양한 통신 프로토콜을 사용할 수 있다. 본 시뮬레이터에서는 TCP/IP 소켓 통신방식과 웹서비스 방식을 제공하며, 데이터 포맷은 XML을 사용한다. 웹 서비스는 자체가 비 연결지향으로 상태(state)가 없기 때문에 상태를 관리하기 위해서는 또 다른 시스템이 백그라운드에서 동작되어야 한다.

(4) 본 시뮬레이터에서는 최종 애플리케이션 사용자가 RFID 전체 구성 시스템에서 태그가 동작하는 방법을 직관적으로 알 수 있도록 한다.

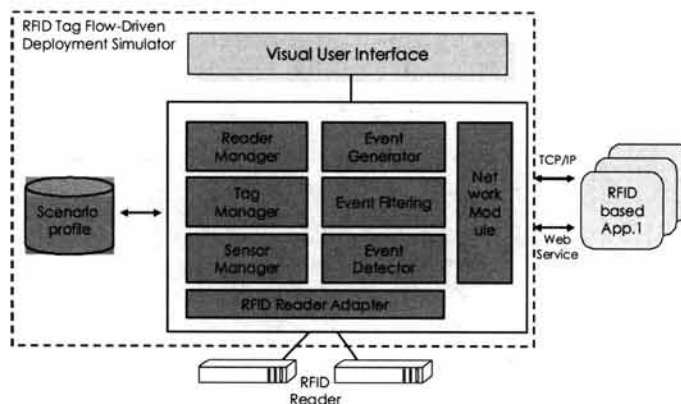
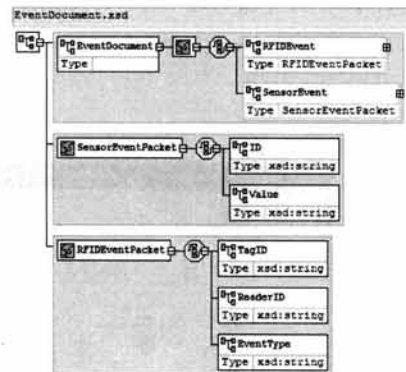
- 그래픽 유저 인터페이스 제공: 사용자는 위의 모든 기능들을 그래픽 유저 인터페이스를 통해 쉽게 모형화시키고 시뮬레이터 결과를 확인할 수 있어야 한다.

### 3.2 RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터의 아키텍처

(그림 4)는 RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터에 대한 아키텍처를 보여준다. 여기서 Reader Manager, Sensor Manager 및 Tag Manager는 가상 RFID 리더기, 센서 및 태그를 관리하는 컴포넌트이다. 또한 Scenario profile은 미리 설정되어 있는 RFID 배치 상황에 대한 정보를 가지고 있으며, 본 시뮬레이터에 접속하고 있는 클라이언트의 정보, 태그의 이동으로 인해 생성되는 RFID 이벤트에 대한 로그 리스트를 가지고 있다. Event Detector, Event Filtering 및 Event Generator는 태그의 이동으로 인해 인식되는 RFID 이벤트를 발생시키는 컴포넌트들이다.

임의의 태그를 선택한 후, 이를 이동시킬 수 있는데, 이동시, 설정된 RFID 리더기의 인식범위에 들어가면 이벤트를 발생시킨다. 이벤트 발생 시점은 사용자 인터페이스 화면에서 태그가 리더기 인식 영역에 들어 갔을 때 Observed란

이벤트를 생성시키고, 리더기 인식 영역에 있던 태그가 리더기 인식 영역을 벗어날 경우 Unknown 이벤트를 발생시킨다. 이는 중복 데이터를 제거하는 스무딩 필터 (smoothing filter)를 적용한 리더 프레임워크 수준의 이벤트에 해당되며, EPCglobal에서 제시한 ALE (Application Level Event) 문서에 있는 Observed와 Unknown 개념을 적용한 것이다 [16]. 센싱(온도) 이벤트 생성 방법은 passive tag와 USN (Ubiquitous Sensor Network) 환경, active tag 환경, semi-passive tag와 sensor tag 환경, 그리고 passive tag와 sensor tag 환경으로 분류하여 고려해 볼 수 있는데, 본 연구에서는 passive tag와 독립된 sensor tag가 설치되어 있는 환경에서의 이벤트 생성 방법을 고려한다. 이때, 물리적인 동작방법으로는 RFID 리더기에 센서를 부착하여 passive tag가 리더기 인식 영역에 존재할 경우 논리적인 센싱 데이터를 획득시키는 방법이 있다. 이런 경우 Tag ID와 센싱 데이터 또는 Tag 메모리 데이터가 전송되게 된다. 다른 물리적 동작방법으로는 벽, 창문과 같은 사용자가 정한 위치에 센서를 부착한 후, RFID 태그와 연관성 없이 센싱 데이터를 주기적으로 전송하거나 센싱값이 변화가 있을 때 전송하는 방법이 있다. 이런 경우에는 Tag ID와 센싱 데이터를 전송시키게 되며, 애플리케이션 수준에서 논리적으로 센싱 데이터와 태그를 동기화 시킬 필요가 있다. 이벤트 탐지 및 필터링 후, 발생하는 RFID Event, Sensor Event를 위한 XML 스키마는 다음과 같다.

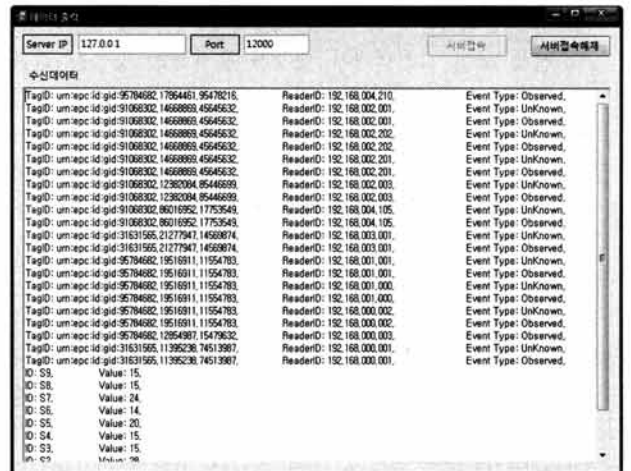


(그림 4) RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터의 아키텍처

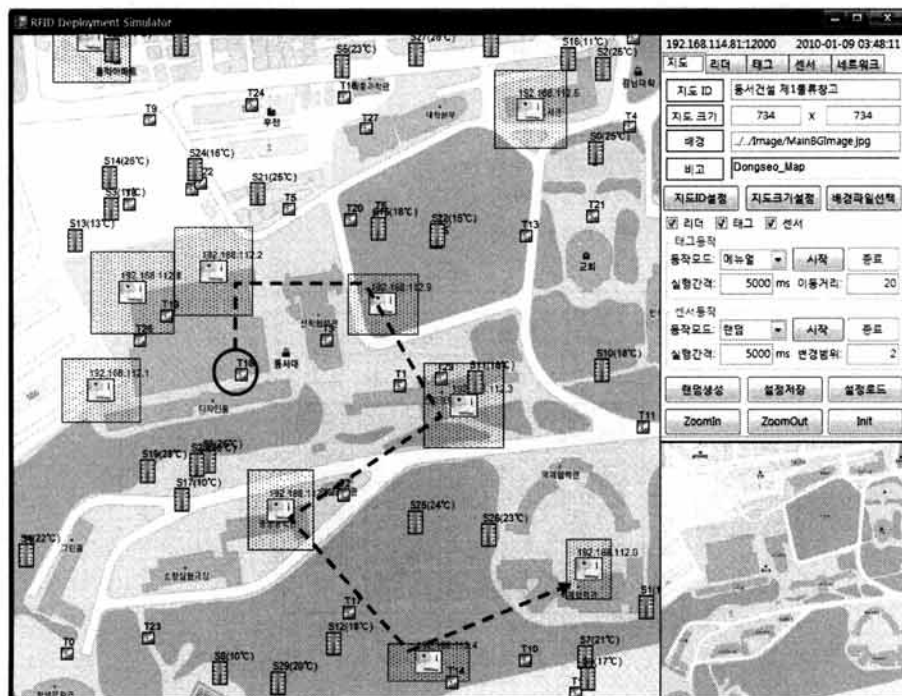
```
<?xml version="1.0"?>
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <xsd:element name="EventDocument">
    <xsd:complexType>
      <xsd:sequence>
        <xsd:element name="RFIDEvent" type="RFIDEventPacket" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
        <xsd:element name="SensorEvent" type="SensorEventPacket" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </xsd:sequence>
    </xsd:complexType>
  </xsd:element>
  <xsd:complexType name="SensorEventPacket">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="ID" type="xsd:string"/>
      <xsd:element name="Value" type="xsd:string"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
  <xsd:complexType name="RFIDEventPacket">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="TagID" type="xsd:string"/>
      <xsd:element name="ReaderID" type="xsd:string"/>
      <xsd:element name="EventType" type="xsd:string"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:schema>
```

3.2 RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터의 결과

(그림 5)는 본 연구를 통해 개발된 RFID 태그흐름 기반 배치 시뮬레이터의 사용자 인터페이스이다. 현재 본 화면에는 배경화면으로 지도가 나타나 있으며, 다수의 리더기와 센서가 배치되어 있다. 또한 리더기의 인식범위가 점 무늬 배경을 가진 사각형으로 표시되어 있다. 또한 가장 작은 사각형 모양의 RFID 태그가 수십 개 생성되어 있다. (그림 6)은 사용자가 시뮬레이터를 통해 몇몇 태그를 이동시켰을 때, 출력되는 RFID 이벤트와 센싱 데이터 목록을 보여준다. RFID 애플리케이션 개발 시에는 이러한 데이터들이 XML 형태로 애플리케이션에 전송된다.



(그림 6) 시뮬레이터를 통해 생성되는 RFID 이벤트 목록



(그림 5) RFID 태그흐름 기반 시뮬레이터의 사용자 인터페이스

#### 4. RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터 사례연구

본 연구에서는 RFID 태그흐름 기반 배치 시뮬레이터를 이용하여 다양한 애플리케이션을 개발해 보았다. 개발한 사례는 RFID 기반 냉동창고 관리 시스템, RFID 기반 주차관리 시스템, RFID 기반 학생 이동 관리 시스템 등이 있다. 이러한 시스템들은 각기 다른 도메인에서 사용되는 애플리케이션으로 RFID 기술을 적용함으로써 사물 또는 사람에 대한 추적을 가시화하고 이를 관리할 수 있는 시스템이다. 이들은 RFID 기능을 구현하기 위해 많은 RFID 리더기를 필요로 하였고, 개발 애플리케이션의 테스트를 위해 선 구축된 환경이 요구되었다. RFID 태그 흐름기반 시뮬레이터는 이러한 요구를 만족시켜 줄 수 있었다. 이 중, RFID 기반 냉동창고 관리 시스템에 대한 사례연구를 통해 RFID 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터의 유용성을 보이고자 한다.

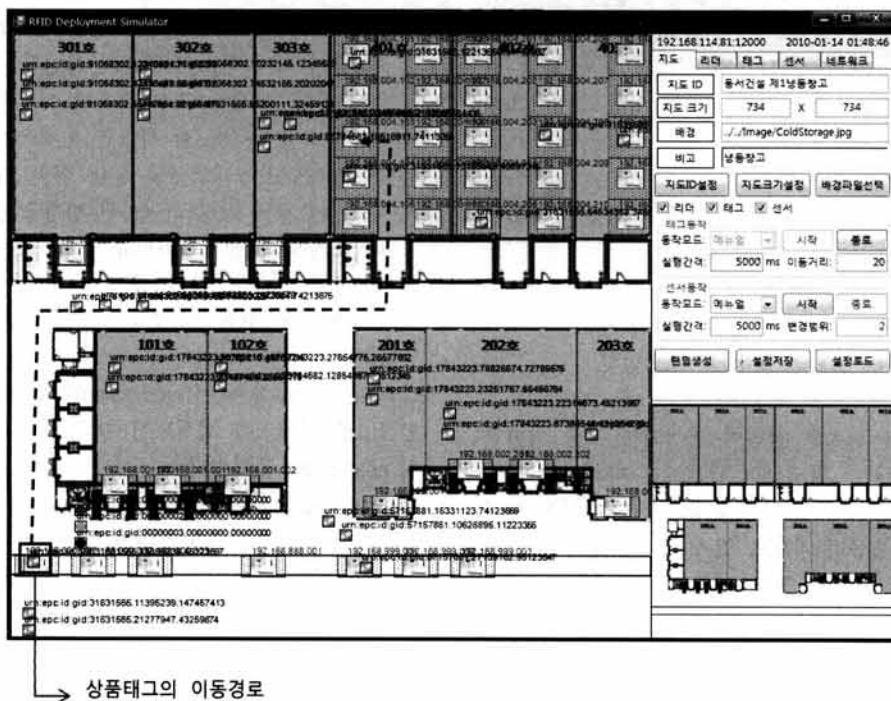
##### 4.1 RFID 냉동창고 관리 시스템을 위한 태그 흐름기반 배치 시뮬레이터

(그림 7)은 RFID 기반 냉동창고 관리 시스템을 위한 배치 시뮬레이터의 설정 화면을 보여준다. 본 사례연구에서는 단순 보관의 기능만 가지고 있던 기존의 냉동창고가 보관뿐만 아니라, 규격화된 유통 시스템을 갖추어 전체 물류 공급망 관리의 효율성과 경쟁력을 높이고자 RFID 기술을 적용한 냉동창고 관리 시스템을 개발한 것이다. RFID를 이용한 냉동창고 관리 시스템은 사람의 작업이나 판단을 궁극적으로 배제하고 상품이 갖는 정보를 자동적으로 취득하여 처리해줌으로써 제품을 추적하고 제품의 가시성을 확보할 수 있다. 이를 위해 냉동창고 곳곳에 리더기를 설치하고 관독되

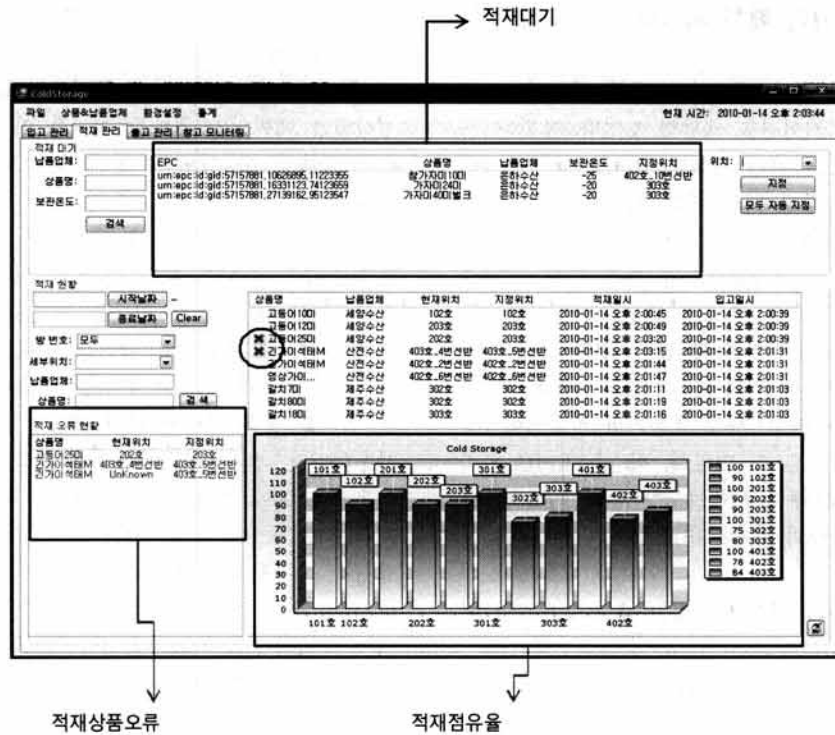
길 원하는 상품에 태그를 부착해야 하며, 이를 완벽히 관독할 수 있도록 안테나도 설치해야 한다. 이러한 RFID 하드웨어 장비를 설치하는 것과 분리해서 RFID 시스템으로부터 생성되는 데이터와 정보를 최대한 활용하여 자동화 프로세스를 구축할 수 있도록 해 주는 소프트웨어도 개발되어야 한다.

본 사례연구에서는 창고 내에서 일어나는 입고, 적재, 피킹(picking), 출하와 같은 업무를 자동화시키고 작업자에게 실시간으로 재고 파악 업무를 처리할 수 있도록 지원하는 소프트웨어를 개발한다. 이러한 소프트웨어를 개발하는 동안 실제 현장과 유사한 환경을 구축하기가 어렵기 때문에 본 연구를 통해 개발된 태그 흐름 기반 배치 시뮬레이터를 사용하였다. 먼저, 시뮬레이터의 배경화면으로는 실제 냉동창고의 도면이 설정되어 있으며, 그 위에 입고를 위한 리더기가 3개, 출고를 위한 리더기가 3개 배치되어 있다. 또한 실시간 적재를 관리하기 위해 입구에 리더기가 배치된 cold room이 있고, 스마트 선반을 구현하기 위해 각 선반에 리더기가 배치된 cold room이 있다. 또한 입고대기, 입고, 적재대기, 적재, 출하대기, 출하, 반품 등 상품의 프로세스 각 단계에서 RFID 태그 인식을 통해 자동화가 이루어지는 부분을 테스트 하기 위해 많은 태그가 설정되어 있다. 이 태그들은 미리 지정된 시나리오에 따라 자동으로 움직이기도 하고, 사용자의 임의의 마우스 작동으로 태그를 움직이게 할 수도 있다.

(그림 8)은 RFID 기반 냉동창고 관리 시스템 중, 적재관리를 위한 사용자 화면을 보여준다. 가장 상위에 실시간 적재대기 상품들이 모니터링 되고 있다. 이는 입고처리는 끝났지만 아직 적재위치를 지정 받지 못한 상품들의 목록을



(그림 7) RFID 기반 냉동창고 관리 시스템을 위한 배치 시뮬레이터



(그림 8) RFID 기반 냉동창고 관리 시스템 중, 적재관리 화면

표시하는 것이다. 이러한 적재대기 상품들에 대해 위치를 지정해주면 그 정보를 받아 시뮬레이터를 통해 상품을 특정 cold room에 적재하게 된다. 이때 지정된 위치에 그 상품이 적재되지 않으면 적재오류현황 화면에 해당 상품의 목록이 출력되게 되고, 또한 적재현황 리스트에서도 오류를 알리는 표시가 붙게 된다. 상품이 적재될 때마다 실시간으로 각 방의 상품 점유율이 그래프로 표시된다. 냉동창고관리에서는 이러한 각 방(cold room)에 남는 공간(dead space)이 발생하는 것을 최소화 하는 것이 창고 관리 시스템 효율에 큰 영향을 미치게 되는데, RFID를 이용함으로써 이를 실시간으로 확인할 수 있게 된다.

#### 4.2 RFID 냉동창고 관리 시스템을 위한 배치 시뮬레이터 평가

본 사례연구를 통해 입고 시, 적재 시, 그리고 출고 시 원활하게 프로세스가 자동으로 진행되기 위해서 몇 가지 추가되어야 하는 기능이 더 필요한 것을 알게 되었다.

- 입고 시: 팔레트 단위로 상품이 인식되는 도중 어떠한 이유로 인해 fault가 발생하면 팔레트는 다시 돌아나야 하고 그 동안 읽어 들인 상품 코드는 취소되어야 한다. 즉, 태그의 흐름이 역으로 일어날 때의 상황에 대해 처리할 수 있는 방법이 필요하다. 이를 위해 입고 관리자는 입고 시작, 입고 확인, 입고 취소를 알리는 RFID 태그를 가지도록 하며, 이러한 입고 프로세스에 대한 태그 인식기능이 추가로 필요하게 된다.
- 출고 시: 상품의 오발송 또는 미발송을 어떻게 확인하

고 검사할 것인가가 가장 큰 문제가 되었다. 미발송은 출고요청서에서 요청한 상품이 모두 출고 리더기를 지나가지 않았을 때 발생한다. 이때는 출고를 대기 상태로 만들어 놓고 나머지 상품이 인식될 때까지 출고승인이 나지 않도록 해야 한다. 오발송은 출고요청서에서 요청한 상품이 아닌 다른 상품이 출고 리더기를 지나갔을 때 발생한다. 이때는 잘못 출고된 상품이 반품 리더기에 인식될 때까지 출고대기 상태로 있게 되고 해당 상품이 다시 입고 되었는지 확인되면 출고 승인이 나도록 한다. 이러한 태그 흐름에 따른 비즈니스 프로세스 상에서 고려해야 할 사소한 문제들이 많이 발생하는데, 이를 본 시뮬레이터를 통해 여러 가지 방법으로 시도해 봄으로써 가장 최적화된 방법을 찾을 수 있었다.

- 적재 시: 본 시뮬레이터를 통해 구축해 본 cold room의 유형은 다음과 같이 세 가지이다. 각 유형 별 실시간 적재 상품 조회 시, 오차가 발생하게 된다.

Cold room 유형 1: cold room의 입구가 하나이고 입구에만 RFID 리더기가 설치되어 있다. 현재 대부분의 냉동창고의 cold room 유형이다.

Cold room 유형 2: cold room의 입구, 출구가 따로 있으며, 각각의 출입구에 RFID 리더기가 설치되어 있다.

Cold room 유형 3: cold room의 내부의 선반에 각각 RFID 리더기가 설치되어 있다. (스마트 선반)

(그림 9)는 실시간 적재위치를 조회하였을 때 cold room 유형 별 얻을 수 있는 결과를 비교한 것이다. Cold room 유



	Cold room 123호 13-c선반에 적재 시	Cold room 123호에서 상품 이 빠져 나와 복도에 있는 경우	잘못된 적재장소 Cold room 321호에 적재 시
유형 1	Cold room 123호	Cold room 123호	적재상품 오류 현적재위치 Cold room 321호
유형 2	Cold room 123호	Unknown	적재상품 오류 현적재위치 Cold room 321호
유형 3	Cold room 123호 13-c선반	Unknown	적재상품 오류 현적재위치 Cold room 321호

(그림 9) cold room 유형 별 적재위치 조회 결과 비교

형 3인 경우, 실시간 적재 위치 조회 시, 가장 정확하고 구체적인 정보를 제공해준다. Cold room 유형 2인 경우 유형 3보다는 구체적이지 못하지만, 실시간 정확한 정보를 제공해 줄 수 있다. 그러나 Cold room 유형 1인 경우 상품이 적재되어 RFID 리더기에 한번 인식이 되면 다음 번 다른 cold room에서 다시 인식되기 전까지 계속 이전 cold room에 적재되어 있는 것으로 처리된다. 그러므로 상품 출고를 위해 cold room에서 빠져 나와 임의의 장소에 머무르게 되면 unknown으로 알려주지 못하고 여전히 그 방에 있는 것으로 잘못 알려주는 문제점이 발생함을 확인할 수 있다. 이를 통해 사용자는 RFID 리더기의 추가적인 배치를 선택하여 유형 3으로 구성을 할 것인지, 또는 RFID 리더기의 추가 없이 유형 1에서 오차값을 해결해 줄 수 있는 방법 (방향감지 센서 사용)을 사용 할 것인지에 대해 결정을 할 필요가 있음을 알게 된다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 RFID 애플리케이션 개발 시, 하나 이상의 RFID 하드웨어가 설치되어야 하는 개발 환경을 모형화 하고, 이렇게 모형화된 환경에서 태그들을 다양하게 이동시켜 볼 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. 먼저 시뮬레이터의 배경화면으로 모형화된 환경에 대한 이미지를 설정할 수 있고, 원하는 위치에 리더기를 배치시킬 수 있으며, 리더기의 인식영역을 설정할 수 있다. 또한 리더기와 독립적으로 센서도 필요한 곳에 배치시킬 수 있다. 태그는 필요한 개수만큼 생성시킬 수 있으며, 생성된 가상의 태그는 사용자의 마우스 이동에 따라, 또는 사용자가 만들어 놓은 시나리오에 따라 하나 이상의 리더영역을 지나면서 이동하게 된다. 이때 태그가 리더기의 영역에서 인식되면 중복 데이터를 제거하는 스무딩 필터를 수행한 결과로서의 RFID 이벤트가 발생하게 된다. 이러한 RFID 이벤트를 이용해서 태그의 자동 인식으로 인한 비즈니스 프로세스의 자동화를 미리 확인해보고 개발 및 테스트 할 수 있다.

본 시뮬레이터는 RFID 시스템을 도입함으로써 발생하는 기존 시스템의 구조적인 변화를 인식하고 비즈니스 프로세스의 변화를 확인할 수 있게 해 준다. 특히, 필요한 RFID

리더기가 준비되지 않았거나, 개발실에서 실제 현장과 유사한 환경을 구축하기 어려울 때 본 시뮬레이터는 매우 유용하다. 또한 시뮬레이터는 RFID 미들웨어 및 애플리케이션 구현물의 정확한 테스트를 가능하게 하여 개발 생산성을 높일 수 있으며, 데이터의 신뢰성에 문제가 발생한 경우, RFID 하드웨어와 미들웨어 중 어떤 부분에서 발생한 문제인지 가려줄 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 유승화, *유비쿼터스 사회의 RFID*, 전자신문사, 2005.
- [2] 안재명, 이종태, 오해석 등, *EPCglobal Network기반의 RFID 기술 및 활용*, Global, 2007.
- [3] 한국미래기술교육연구원 (<http://www.kecft.or.kr>), 미래기술 동향, 정보/통신, "올해의 글로벌 RFID 시장 10대 이슈", 2008.
- [4] RFID/USN 협회, RFID 개념도, <http://www.karus.or.kr>
- [5] 문미경, 김한준, 염근혁, "프로덕트라인 아키텍처 기반 RFID 애플리케이션 개발을 위한 프레임워크", 한국정보처리학회 논문지D, 제14권, 제7호, pp.773-782, 2007.
- [6] EPCglobal, "The Application Level Events (ALE) Specification, Version 1.1 Part 1: Core Specification", EPC global Last Call Working Draft, May, 2007.
- [7] J. Park, M.K. Moon, S. Hwang, and K. Yeon, "CASS: A Context-Aware Simulation System for Smart Home", IEEE SERA, 2007, pp. 461-467.
- [8] H. Nishikawa, S. Yamamoto, M. Tamai, K. Nishigaki, T. Kitani, N. Shibata, K. Yasumoto, and M. Ito, "UbiREAL: Realistic Smartspace Simulator for Systematic Testing," UbiComp, LNCS4206, 2006, pp.459-476.
- [9] A. Dey, R. Hamid, C. Beckmann, I. Li, and D. Hsu, "A CAPpella: Programming by Demonstration of Context-Aware Applications," In Proceeding of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems. CHI 2004. pp.33-40.
- [10] 정수호, 서석환, "CAUSE 아키텍처 설계 및 Ubiquitous Dormitory를 위한 구현," 제27회 한국정보처리학회 학술발표대회논문집 제14권 제1호, pp.889-892.
- [11] C. Floerkemeier and S. Sarma, "RFIDSim: A Physical and

- Logical Layer Simulation Engine for Passive RFID," IEEE transactions on automation science and engineering, Vol.6, No.1, pp.33-43, 2009.
- [12] K. S. Leong, M. L. Ng, P. H. Cole, "Operational considerations in simulation and deployment of RFID systems," In Proceeding of 17th International Zurich Symposium on. Electromagnetic Compatibility, pp.521-524, 2006.
- [13] M. Azambuja, C. Marcon, and F.Hessel, "A Communication Protocol and Physical Characteristics Simulator for an RFID Sensor Environment", In Proceeding of '08 International Conference Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC, pp.1093-1098, 2008.
- [14] C. E. Palazzi, A. Ceriali, M. Dal Monte, "RFID Emulation in Rifi Environment," In Proceeding of the International Symposium on Ubiquitous Computing (UCS'09), 2009.
- [15] J. Zeng, Y. Liu, C. Liu, and D. Li, "Research on Test Based RFID Deployment Simulator," In Proceeding of the Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, pp.1142-1146, 2008.
- [16] EPCglobal Inc., <http://www.epcglobalinc.org>



## 문 미 경

e-mail : [mkmoon@dongseo.ac.kr](mailto:mkmoon@dongseo.ac.kr)

1990년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)

1992년 이화여자대학교 전자계산학과(이학석사)

2005년 부산대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

2005년 3월~2005년 8월 부산대학교 차세대물류IT기술사업단 박사후 연구원

2005년 9월~2006년 8월 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신 연구소 기금교수

2006년 9월~2008년 2월 부산대학교 정보컴퓨터공학부 연구교수

2008년 3월~현 재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수

관심분야: 소프트웨어 프로덕트 라인 공학, SOA기반 소프트웨어 개발, RFID 미들웨어 개발 등