

## RFID 비즈니스 이벤트의 생성을 위한 시뮬레이션 모델

류우석\*

### A Simulation Model for the Creation of RFID Business Events

Wooseok Ryu\*

Department of Health Care Management, Catholic University of Pusan, Busan, 609-757, Korea

#### 요 약

물류, 의약품, 병원 등 다양한 환경에서 RFID의 도입이 확산되고 있다. RFID의 도입을 위해서는 EPC정보서비스(EPCIS)등과 같은 핵심 RFID S/W의 성능 및 적합성 평가가 선행되어야 하며, 이때 다양한 종류의 비즈니스 이벤트 데이터셋이 필수적으로 요구된다. 본 논문에서는 RFID 응용환경을 시뮬레이션하는 접근방법을 통해 보다 실제와 유사한 RFID 비즈니스 이벤트 데이터셋을 생성하기 위한 기법을 제안한다. 제안하는 모델은 페트리넷을 기반으로 하여 다양한 RFID 환경에 대한 유연한 표현이 가능한 특징이 있다. 또한, 실제 RFID 환경의 시뮬레이션이 가능함에 따라 RFID 도입여부 검토에서도 유용하게 활용될 수 있다.

#### ABSTRACT

Adoption of RFID has become widespread including logistics, drug supply-chain, and healthcare. To adopt RFID, we need to evaluate performance and feasibility of RFID S/W such as EPC Information Service (EPCIS), which demands a variety of test datasets of RFID business events. This paper proposes a novel method for creating RFID business events dataset by means of the simulation of RFID infrastructure. Proposed model provides a flexible representation capability since this is based on well-known petri-net. In addition, it can also be useful when determining adoption of RFID as it supports simulation of RFID environment.

**키워드** : 데이터셋 생성, RFID 비즈니스 이벤트, 페트리넷, 시뮬레이션

**Key word** : Dataset Creation, RFID Business Event, Petri-Net, Simulation

접수일자 : 2013. 10. 01 심사완료일자 : 2013. 10. 25 게재확정일자 : 2013. 11. 06

\* **Corresponding Author** Wooseok Ryu(E-mail:wsryu@cup.ac.kr, Tel:+82-51-510-0611)

Department of Health Care Management, Catholic University of Pusan, Busan, 609-757, Korea

**Open Access** <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.11.2609>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

RFID 기술은 비접촉식 물품인식 기술로서, 보건의료, 물류 공급망, 공정관리, 자산관리 등에 광범위하게 활용되고 있다. 특히, RFID는 u-Health를 가능하게 하는 핵심 기술로써 의약품 공급망 관리(Supply-Chain Management, SCM)를 위한 e-pedigree 시스템, 병원 내에서의 임상 환자 진료 관리 및 약제 투약 관리 등 다양한 병원의료 산업에서 활용 범위를 넓혀가고 있다 [1][2].

RFID의 도입은 리더, 태그 등의 하드웨어 장비 및 미들웨어, 데이터베이스, 응용 애플리케이션 등의 소프트웨어 등의 구입 및 배포 등 비교적 높은 비용을 요구한다. 또한, RFID의 도입은 초기 투자비용이 비교적 높은 편이므로, 비용 투자에 따른 비용대비 효과(ROI)를 명확하게 제시하기가 어려운 특성이 있다. 이로 인해, 실제 도입 이전 단계에서 일부 단위 사업장 또는 부서를 대상으로 파일럿 시스템을 구축하여 비용 및 효과를 산출해보는 방법이 주로 사용되고 있다. 하지만 이 역시도 적지 않은 비용이 발생하는 문제가 있다.

이러한 이유로 응용 환경의 타당성 평가 및 EPC정보 서비스(EPCIS)[3][4]등과 같은 핵심 RFID S/W의 성능 및 적합성 평가가 RFID의 도입 이전에 선행되어야 한다. 이를 위해서는 EPCIS 시스템을 평가할 수 있는 데이터셋이 필수적으로 요구되며, 많은 기업들이 이에 기반한 시뮬레이션을 통한 타당성 평가를 요구하고 있다. 이 데이터셋은 RFID 도입 현장의 특성을 표현할 수 있어야 한다.

기존의 데이터셋 생성 기법에 관한 연구는 무작위 데이터 생성 기법[5]에서 RFID 응용환경의 시뮬레이션을 통한 기법[6][7]으로까지 발전하고 있으나, 기존의 연구 모두 RFID 리더를 에뮬레이션하는 물리적 이벤트(Physical Event) 또는 RFID 미들웨어(Application Level Event) 단계에서의 논리적 이벤트(Logical Event)에 국한되어 있다. 이에 따라, EPCIS가 저장하는 비즈니스 이벤트를 생성하는 데 바로 적용하지 못하는 문제가 있다.

본 논문에서는 RFID가 도입되는 응용 환경 자체를 시뮬레이션하고 RFID 태그의 이동에 따른 비즈니스 정보를 추출함으로써 EPCIS에서 요구하는 다양한 비즈니스 이벤트를 생성하기 위한 시뮬레이션 기법[8]을 확

장하여 제안한다. 제안하는 모델의 접근 방법은 시뮬레이션을 통해 RFID 물리적/논리적 이벤트를 생성하는 RFID Simulation Network(RSN) 모델[7]에 대해 비즈니스 정보를 추출 가능하도록 확장하는 것이다. RFID 응용 환경의 특징을 반영하는 시뮬레이션 모델을 구축하고 이를 실행함으로써 비즈니스 정보가 포함된 이벤트 데이터셋을 생성하게 되고, 이를 EPCIS의 입력 데이터셋으로 활용함으로써 EPCIS의 평가가 가능한 이점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 본 논문에서 제안하는 시뮬레이션의 기본이 되는 RFID 시뮬레이션 네트워크 모델(RSN)을 간략히 소개하고, 3장에서는 RFID 비즈니스 이벤트 데이터셋을 정의한다. 4장에서는 RFID 비즈니스 이벤트 데이터셋을 생성하기 위한 시뮬레이션 모델을 제안하고, 5장에서 결론 및 향후 연구를 기술한다.

## II. RFID 시뮬레이션 네트워크 모델

기존의 가상 리더를 이용한 RFID 미들웨어 테스트의 문제는 가상리더가 생성하는 데이터셋이 태그의 통신장애로 인한 데이터 유실, 반복 이벤트 생성, 태그의 이동경로 및 이동 패턴 등의 RFID 고유의 특성이 반영되지 않아서 RFID 미들웨어를 정확하게 테스트하지 못하는 문제가 있었다. RFID 시뮬레이션 네트워크 모델(RSN)[7]은 이러한 RFID 환경의 특성을 고려하여 실제 RFID 환경을 대상으로 태그의 이동 및 태그에 이루어지는 행위를 그래프 형식으로 표현한 모델이다.

RSN은 Petri-net[9]을 확장한 네트워크 모델로서, Deterministic Timed-Coloured Petri-Net의 확장이다. 다만 Petri-Net을 구성하는 장소(Place), 이동(Transition), 토큰(Token)등의 요소 이름은 RFID 응용 환경의 표현을 위해 리더, 프로세스, 태그, 아크로 정의 하였다.

RSN의 동작 규칙은 태그 이동 규칙과 이벤트 생성 규칙으로 나뉜다. 태그의 이동은 아크를 따라 리더 노드 및 프로세스 노드를 방문하면서 이루어지는데, 이때의 태그 이동 규칙은 시간 경과에 따른 시간이동, 그룹 이동(팔렛트 이동 등), 분할 이동, 분배 이동 등으로 노드의 속성으로 기술된다. 그리고, 데이터셋 생성을 위

한 이벤트 생성 규칙은 리더 사이클, RF노이즈 등의 리더 노드의 속성으로 기술함으로써, 실제 RFID 환경과 매우 유사한 패턴의 태그 이벤트 데이터셋을 얻을 수 있는 이점이 있다. 단, RSN에서 생성 가능한 이벤트 데이터셋은 RFID 리더를 에뮬레이션 함에 따라 물리적 이벤트와 논리적 이벤트에 국한되며, 비즈니스 정보를 포함하지 못하는 한계가 있다.

### III. RFID 비즈니스 이벤트 데이터셋

RFID 시스템 중 비즈니스 이벤트 정보의 저장 및 검색 서비스를 담당하는 EPCIS는 태그를 부착한 물품의 인식에 대해 그림 1과 같이 총 5가지 종류의 비즈니스 이벤트를 생성한다. 그 중 EPCISEvent는 추상 이벤트로서 다른 이벤트들에 대한 추상 클래스의 역할을 수행한다. 물품의 인식시 가장 기본적으로 생성되는 이벤트는 ObjectEvent로서 인식된 태그의 식별자(epcList), 인식 시간(eventTime), 인식한 장소(readPoint, bizLocation), 태그 인식의 의미(bizStep, disposition) 등을 포함하고 있다.

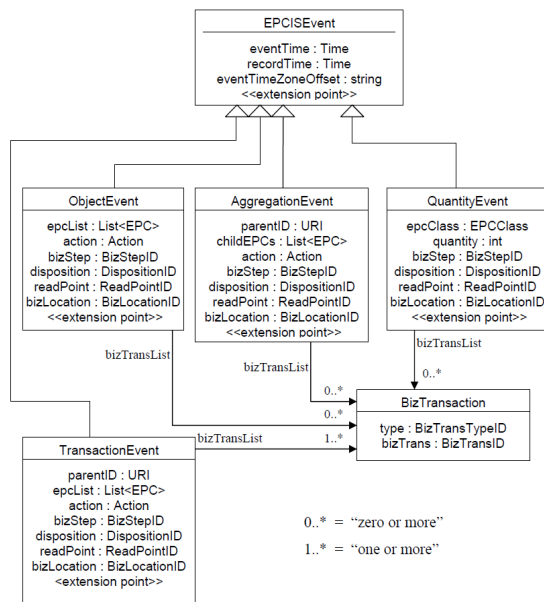


그림 1. EPCIS 이벤트 클래스 타입[4]  
Fig. 1 Types of EPCIS event classes[4]

나머지 세 가지 이벤트들은 기본적으로 ObjectEvent에 추가적인 정보를 포함하는 이벤트들로서 AggregationEvent, QuantityEvent, TransactionEvent는 각각 태그의 군집 이동, 군집이동 중인 태그의 개수, 관련 이벤트들 간의 트랜잭션을 의미한다.

### IV. 비즈니스 이벤트 데이터 생성 모델

본 논문에서 제안하는 RFID 시뮬레이션 모델은 RFID 비즈니스 응용환경을 페트리넷 기반의 네트워크 모델로 표현한다. 보다 구체적으로 페트리넷 기반의 물리적 이벤트 생성 모델인 RSN 모델을 확장한다. 하지만 제안한 모델은 기존의 RSN의 구조는 가능한 유지하고 있으며, 이에 따라 비즈니스 리더, 비즈니스 프로세스, 아크, 태그로 구성한다. 이에 대한 각각의 설명은 아래와 같다.

- 비즈니스 리더(BR) : 노드의 한 종류로서 RFID 리더를 의미하며, 원으로 표현한다. 여기서의 RFID 리더는 물리 RFID 리더 보다 상위의 개념이며 EPCIS가 정의하는 태그를 인식할 수 있는 모든 종류의 개체를 포함한다.
- 비즈니스 프로세스(BP) : 노드의 한 종류로서 현재 태그의 비즈니스 상태를 의미하며 사각형으로 표현한다. 두 개 이상의 BR 사이에 위치하며 태그의 공간적 비즈니스 위치(물류창고 등) 및 비즈니스 상태(운송 중 등)을 의미한다.
- 아크 : 태그의 이동 흐름에 따라 방향성을 가지고 BR과 BP를 서로 연결한다.
- 태그 : RFID 태그를 의미하며 BR또는 BP에 머물러 있다가 아크를 따라 다른 노드를 방문할 수 있다.

확장된 RSN 모델의 예시는 그림 2와 같다. 그림 2에서는 “공장”에서 생산된 물품이 운송을 통해 두 “창고”로 이동되는 것을 도시하고 있으며 총 7개의 BR과 7개의 BP로 구성된 것을 확인할 수 있다. 전체적은 그림의 도시 방법은 RSN과 유사하나 리더가 BR로 프로세스가 BP로 변경된 것을 확인할 수 있다.

본 시뮬레이션 모델의 실행 규칙은 RSN과 비교하여 최대한 그대로 유지하되 비즈니스 정보를 포함하

도록 이벤트 생성 규칙을 확장한다. 실행 규칙은 크게 태그의 이동 규칙과 이벤트의 생성 규칙으로 나눌 수 있으며, 이는 그림 2의 각 노드에 속성으로 표현되어 있다. 태그의 이동 규칙은 이동시간(Time), 태그 그룹의 개수(groupSize), 분할 주기(splitInterval), 분배방법(distribution)으로 나눌 수 있다. 이 태그의 이동 규칙은 RSN에서 제시한 물리적 태그의 이동 규칙과 동일하다. 그 이유는 물리적 태그나 비즈니스 의미를 포함하는 태그 모두 태그 자체의 이동은 동일하기 때문이다.

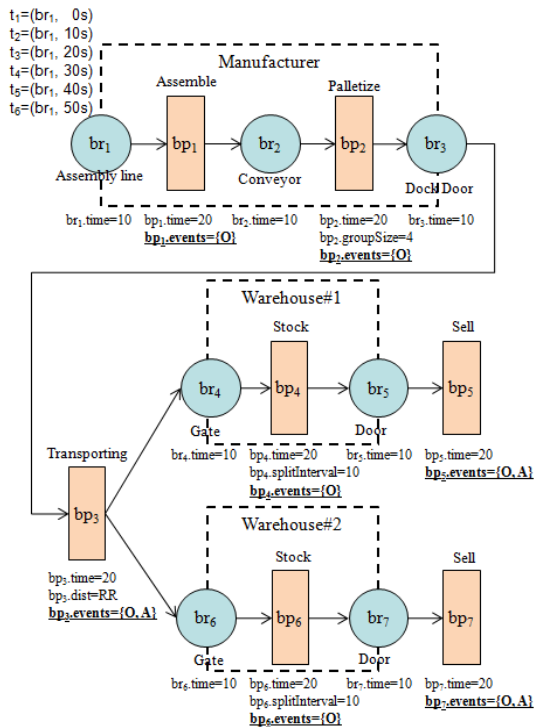


그림 2. 시뮬레이션 모델의 예시  
Fig. 2 An example of the simulation model

한편, 이벤트 생성 규칙은 RSN과 비교하여 완전히 다르게 표현한다. RSN에서는 물리적 태그 이벤트를 생성하기 위해 리더 노드에 두 속성, 즉 리더 사이클(readCycle), 리더의 태그 인식 노이즈(noiseLevel)를 정의하고 있으나, 확장된 모델에서는 위 두 속성을 제거하고 BP에 이벤트 타입(events) 속성을 추가로 정의한다. 이는 해당 BP에서 생성할 이벤트의 종류를 열거형

으로 표현하는 속성으로서, 가능한 값은 {O, A, Q, T}이다. 이때, O, A, Q, T는 각각 Object Event, Aggregation Event, Quantity Event, Transaction Event를 의미하며, 지정한 이벤트 타입에 따라 태그의 이동시 해당 이벤트를 생성하게 된다.

이에 따라 이벤트를 생성하는 시점은 RSN과 차이가 발생한다. RSN의 경우 물리적 이벤트를 생성하므로 태그가 리더의 인식 영역에 들어왔음을 의미하는 리더 노드에서 이벤트를 생성시킨다. 반면에 확장된 모델은 태그가 리더에서 인식된 후 다른 비즈니스 프로세스에 진입했을 때 이벤트를 생성시키므로 비즈니스 프로세스가 이벤트를 생성시키는 차이가 있다.

이벤트 타입 속성에 의해 EPCIS 이벤트가 생성되는 예시는 다음과 같다. 그림 2에서 bp1을 예를 들면 태그 t1~t6이 지정된 시간 순서대로 br1을 통과하여 bp1으로 진입할 때 bp1은 각각의 태그에 대해서 bp1.events 속성에서 기술된 ObjectEvent를 생성한다. 이때 제일 처음으로 br1을 통과하는 태그 t1에 대해서 bp1에서 생성되는 Object이벤트의 예시는 표 1과 같다.

표 1에서 eventTime은 태그 t1이 bp1에 진입한 시간, epcList는 t1, action은 t1이 최초로 인식되었음을 의미하는 "ADD"로 표기되어 있다. 이때 t1의 비즈니스 상태 변경을 의미하는 bizStep과 현재의 비즈니스 상태를 의미하는 disposition은 각각 br1과 bp1에 표시된 레이블로 표기하는데, 이 레이블이 각 노드의 비즈니스 상태를 표현하기 때문이다. 그리고, 태그가 지나온 위치를 의미하는 readPoint와 현재 위치를 의미하는 bizLocation은 각각 br1과 bp1의 노드 ID를 기술하고 있다.

표 1. 생성된 비즈니스 이벤트 예시  
Table. 1 An example of a created business event

ObjectEvent <sub>t1</sub>	
eventTime	10 seconds
epcList	t1
action	ADD
bizStep	"Assemble line"
disposition	"Assemble"
readPoint	"br1"
bizLocation	"bp1"

EPCIS 이벤트 중 AggregationEvent의 경우 그림 2

에 따르면 bp<sub>3</sub>, bp<sub>5</sub>, bp<sub>7</sub>에서 ObjectEvent와 같이 생성 되도록 설정되어 있다. 즉, AggregationEvent는 비즈니스 프로세스의 이동 속성 중 groupSize와 splitInterval에 연동된다. bp<sub>3</sub>의 경우 bp<sub>4</sub>에서 팔레트로 이동된 태그 그룹이 br<sub>5</sub> 리더를 통과한 후 생성되는 특징이 있다. 이때, 생성 방법은 표 1에서 제시된 ObjectEvent 생성 예시와 유사하나, 그룹으로 묶여져서 같이 이동하고 있는 태그의 식별자들이 AggregationEvent.childEPC 속성에 목록으로 표현되는 차이가 있다. 표 2는 bp<sub>3</sub>에서 생성된 AggregationEvent의 예시이다. 이 이벤트는 bp<sub>2</sub>에서 t<sub>1</sub>~t<sub>4</sub>까지의 태그가 하나의 팔레트에 적재가 되어서 br<sub>3</sub> 리더를 통과하게 되고 이후 bp<sub>3</sub>에 진입할 때 생성이 된다. 그러므로 childEPCs는 네 개의 태그 식별자를 모두 포함하게 된다. 이때 parentID는 필수 값이 아니므로 생략이 되어 있으나 필요시 비즈니스 프로세스에 추가적인 규칙을 추가하여 값을 부여할 수 있다. 그리고, QuantityEvent의 경우 이벤트의 생성 방식은 AggregationEvent와 거의 동일하며 함께 이동하는 태그의 개수만 QuantityEvent.quantity에 기록되어 생성되는 특징이 있다.

표 2. 생성된 Aggregation 이벤트의 예시  
Table. 2 An example of a created aggregation event

AggregationEvent1	
eventTime	100 seconds
parentID	-
childEPCs	{t1, t2, t3, t4}
action	ADD
bizStep	"Dock Door"
disposition	"Transporting"
readPoint	"br3"
bizLocation	"bp3"

위 예시들에서 제시한 대로 태그는 시뮬레이션 모델을 이용하여 도시한 네트워크에서 정해진 이동 규칙에 따라 위치를 지속적으로 변경시키며, 비즈니스 이벤트는 태그들이 비즈니스 프로세스를 방문할 때마다 각각에 기술한 이벤트 생성 규칙에 맞게 생성한다. 그러므로, 실제 RFID 환경에 유사하게 네트워크를 도시하면 할수록 실제 RFID 시스템을 통해서 생성되는 이벤트와 유사하게 EPCIS 이벤트가 생성될 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 RFID 비즈니스 이벤트를 저장, 서비스하는 EPC 정보서비스(EPCIS)의 성능 및 적합성 평가를 위한 데이터셋의 생성을 목적으로 하는 시뮬레이션 기법을 제시하였다. 제안한 기법은 물리적 및 논리적 RFID 인식 이벤트를 생성하는 RFID 시뮬레이션 네트워크 모델(RSN)에 기반하되, 비즈니스 환경의 표현에 필요한 다양한 속성의 추가를 통해 이를 확장하였다. 이를 통해 다양한 RFID 응용 환경에서 생성되는 비즈니스 이벤트 데이터셋을 시뮬레이션을 통해 자동적으로 생성할 수 있는 특징이 있다.

본 연구의 결과는 시스템의 평가는 물론 특정 비즈니스 도메인에서 RFID 도입 ROI을 산정하기 위한 기초자료 생성에도 활용 가능한 특징이 있다. 향후 연구로서 제안한 모델을 실제 응용 환경에 적용하여 가상으로 생성되는 데이터셋과 실제 응용 환경에서 생성되는 데이터셋의 유사도를 보다 정량적으로 비교 평가하는 것이 필요하다.

## 감사의 글

이 논문은 2013년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

## REFERENCES

- [1] R. Want, "An introduction to RFID technology," *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 5, No. 1, pp. 25-33, 2006.
- [2] F. Wang, S. Liu, P. Liu, and Y. Bai, "Bridging Physical and Virtual Worlds: Complex Event Processing for RFID Data Streams," *EDBT 2006. Lecture Note in Computer Science*, vol. 3896, pp. 588-607, 2006.
- [3] S. R. Hyun, S. J. Lee, "A Design and Implementation of EPCIS Repository for RFID and Sensor Data," *KSCI Review*, Vol. 15, No. 12, pp.151-162, 2010.
- [4] EPCglobal Inc., EPC Information Services (EPCIS) Version 1.0.1 Specification, Available: <http://www.gs1.org/epcglobal>, 2007.

- [5] J. Kim and N. Kim, "Performance Test Tool for RFID Middleware: Parameters, Design, Implementation, and Features," in *Proceedings of International Conference Advanced Communication Technology (ICACT 2006)*, Vol. 1, pp. 149-152, 2006.
- [6] W. Ryu, J. Kwon, B. Hong, "A simulation network model to evaluate RFID middlewares," *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, Vol. 21, pp. 779-801, 2011.
- [7] Pramari LLC, Rifidi Toolkit, Available: [http://www.rifidi.org/documentation\\_toolkit.html](http://www.rifidi.org/documentation_toolkit.html).
- [8] W. Ryu, "A simulation technique to create dataset of RFID business events," in *Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference*, pp. 289-291, 2013.
- [9] L. M. Kristensen, J. B. Jørgensen, K. Jensen, "Application of coloured petri nets in system development," *Lecture Note in Computer Science*, vol 3098, pp 19-27, 2004.



류우석(Wooseok Ryu)

2013년 3월-현재 부산가톨릭대학교 병원경영학과 조교수  
2012년 3월-2013년 2월 부산대학교 U-port정보기술산학공동사업단 박사후연구원  
2012년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사  
※ 관심분야 : U-Health, 의료정보, RFID, 빅 데이터 처리