DOI: 10.3745/KIPSTD.2010.17D.3.193

EPC Network 기반의 비즈니스 서비스 지원을 위한 프레임워크

남 태 우[†] · 염 근 혁[††]

요 약

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 실현하기 위한 핵심 기술로 자동화된 개체 식별, 분산 컴퓨팅 기술 등의 연구가 다양한 분야에서 이루어 지고 있다. 라디오 주파수를 이용해서 개체를 식별하는 RFID 기술은 EPCglobal에서 표준을 제시하고 있고 EPC Network를 기반으로 구축된 인프라를 바탕으로 응용 시스템을 개발하고자 하는 경우, RFID 미들웨어로부터 대규모의 EPC정보를 처리해야 하고, EPC를 기반으로 EPC와 관련된 고유 정보와 이력 정보를 수집해야 한다. 또한 정보획득 및 가공에 관한 인과관계 처리가 분명히 이루어져야 하고, 비즈니스 룰에 따른 이벤트의 발생 조건에 관한 처리를 고려하여야 한다.

본 논문에서는 EPC Network 기반에서 응용 시스템 개발을 지원하기 위해 비즈니스 서비스를 제공하는 미들웨어 플랫폼을 제시하고 이에 관한 효용성을 검증한다. 비즈니스 서비스란 추가적인 정보 획득이나 가공 과정 없이 응용 시스템에서 바로 이용이 가능한 이벤트를 전달하는 서비스를 의미한다. 미들웨어 플랫폼에서는 정보 획득, 정보 가공 과정을 지원하며, 또한 비즈니스 룰 처리를 지원한다. 미들웨어 플랫폼은 비즈니스 서비스를 기반으로 응용 시스템의 빠른 개발을 가능하게 하고, 유지보수를 용이하게 한다.

키워드 : RFID, RFID 비즈니스 이벤트, RFID 애플리케이션 개발 프레임워크

Framework for Supporting Business Services based on the EPC Network

Taewoo Nam[†] · Keunhyuk Yeom[††]

ABSTRACT

Recently, there have been several researches on automatic object identification and distributed computing technology to realize a ubiquitous computing environment. Radio Frequency IDentification (RFID) technology has been applied to many business areas to simplify complex processes and gain important benefits. To derive real benefits from RFID, the system must rapidly implement functions to process a large quantity of event data generated by the RFID operations and should be configured dynamically for changing businesses. Consequently, developers are forced to implement systems to derive meaningful high-level events from simple RFID events and bind them to various business processes. Although applications could directly consume and act on RFID events, extracting the business rules from the business logic leads to better decoupling of the system, which consequentially increases maintainability.

In this paper, we describe an RFID business aware framework for business processes in the Electronic Product Code (EPC) Network. This framework is proposed for developing business applications using business services. The term "business services" refers to generated events that can be used in business applications without additional data collection and processing. The framework provides business rules related to data collection, processing, and management, and supports the rapid development and easy maintenance of business applications based on business services.

Keywords : RFID, RFID Business Event, RFID Application Development Framework

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅이란 시간과 장소에 구애 받지 않고 주변 기기를 이용하여 컴퓨팅하는 것을 의미한다[1]. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해서는 필수적으로 주변 환경을 구성하는 요소인 사람과 사물에 대한 인식이 가능해야 한다. Radio Frequency Identification(RFID)는 라디오 주파수를 사용하여 사람 혹은 사물은 인식하는 기술이다[2]. RFID는 기존의 바코드 시스템이 제공하던 종별 구분을 확대하여 개체별 구분이 가능하게 한다. 또한 다수의 개체를 동시에 인식할 수 있으며, 개별 메모리를 가지고 있기 때문

※ 이 논문은 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단).
† 준 회 원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
†† 종신회원 : 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수(교신저자)
논문접수 : 2009년 11월 26일
수 정 일 : 1차 2010년 3월 9일
심사완료 : 2010년 4월 12일

에 많은 정보를 저장할 수 있다. 이와 같은 장점을 가지고 있기에 현재 유비쿼터스 환경 구축을 위해 RFID기술을 도입하고 있고[3, 4], EPCglobal 에서는 EPC Network라는 국제 표준 RFID 기술 규격을 제시하고 있다[5, 6].

그러나 EPC Network 기반으로 비즈니스 응용 시스템을 개발할 경우, Application Level Event(ALE), EPC Information Service(EPCIS), Object Name Service(ONS) 등과 같은 다양한 시스템 인터페이스, 프로토콜 사용 기술을 습득해야 한다[7-10]. 이는 응용 시스템 개발을 어렵게 하고, 전문가가 아닌 경우에 개발에 소요되는 시간을 과하게 요구하게 된다. 또한 연계되는 비즈니스 프로세스가 존재하는 경우, EPC Network 으로부터 정보 획득 부분과 비즈니스 로직이 뒤섞이게 되고, 응용 시스템의 관리를 어렵게 한다. 그리고 비록 ALE에서 중복된 EPC에 대한 내역을 필터링 해준다고는 하나 응용 시스템에서 요구하지 않는 데이터까지 포함해서 전송하게 됨으로 응용 시스템에서 처리해야 하는 데이터량이 증가하게 되는 문제점이 있다.

본 논문에서는 위와 같은 문제를 해결하기 위해 EPC Network를 준수하고 RFID 기반 응용시스템을 개발할 때 체계적이고 효용성 있는 시스템 개발을 지원할 수 있는 RFID 비즈니스 인식 프레임워크(Business Aware Framework: BizAF)를 제시한다. BizAF는 EPC Network 아키텍처의 각 구성요소를 간단하게 사용할 수 있도록 RFID 기술 접근 로직을 추상화하므로 RFID 기반 응용시스템의 개발을 위한 공통적인 서비스를 제공하는 플랫폼으로서의 역할을 가진다. 또한 프레임워크 레벨에서 EPC Network 아키텍처의 구성요소와 상호작용을 대행하므로 의미적인 이벤트 필터링을 지원하는 미들웨어의 기능도 포함 한다.

본 논문의 전체 흐름은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구와 관련된 내용인 EPC Network의 구조, RFID 솔루션에 대해 살펴본다. 3장에서는 본 연구에서 제시하는 BizAF의 기본개념인 비즈니스 이벤트와 비즈니스 이벤트 명세에 대해 설명하고, 비즈니스 이벤트 모델링 도구에 대해 설명한다. 그리고 BizAF를 이용한 경우와 이용하지 않은 경우를 비교한다. 4장에서는 BizAF의 설계 및 구현, 5장에서는 구현된 BizAF의 평가 및 검증을 하였고, 마지막으로 6장에서 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 제시한다.

2. 관련 연구

이 장에서는 RFID 기술이 무엇인지 소개하고, 관련 표준인 EPC Network 아키텍처와 RFID 관련 미들웨어, 응용 사례를 살펴본다. 이를 통해서 기존의 RFID 기반 응용 시스템의 개발에 있어서 어떠한 점이 문제가 있고, 이를 개선할 수 있는 방안을 알아본다.

2.1 EPC Network 아키텍처

EPCglobal은 RFID 기술의 표준화를 위해서 EPC Network을 제안하였다. EPC를 통한 개체의 식별은 바코드 기술이 가지는 한계점인 하나의 개체 인식이 불가능하고 하나의 타입만을 인식할 수 있다는 점을 극복하였다. RFID 응용 시스템에서는 ALE미들웨어, EPCIS, ONS, EPCIS DS 등과의 통신을 통하여 EPC와 연관된 정보를 획득하고 이용한다[7].

EPC Network를 구성하는 주변 시스템들은 모두 개별 인터페이스를 갖추며, 통신 규약을 갖는다. 이는 응용시스템의 개발을 복잡하게 하여 개발 비용과 시간을 증가하게 만든다.

2.2 RFID 솔루션

현재 글로벌 벤더에 의해 다양한 RFID시스템이 개발되었고, 제품화 되어 있는 상태이다. 대부분의 벤더들은 단순히 RFID 리더, ALE 미들웨어, 정보 서버 등의 부분적인 형태로 접근한 것이 아니라 RFID 기술의 하드웨어 레벨에서부터 응용 레벨까지의 전반적인 RFID 솔루션을 통합하여 제시하고 있다. 또한 일부 업체에서는 부분적인 시스템을 제시하나 응용 시스템의 편리성은 고려되고 있지 않다. 이 장에서는 기존에 제시된 RFID 시스템을 살펴보고, 본 연구와 관련이 있는 RFID미들웨어와 응용 시스템 사이의 부분에 초점을 맞추어 살펴본다.

IBM에서는 RFID 기술의 사용을 위하여 웹스피어 RFID 솔루션을 개발하였다[11]. IBM RFID 솔루션은 한정된 비즈니스 환경에서 RFID 장비의 관리를 편리하게 하고 실시간 RFID 이벤트와 응용 레벨의 매끄러운 통합을 제공한다는 장점을 가지고 있다. 그러나 IBM RFID 솔루션은 로컬 레벨의 한정적인 도메인에서만 그 이용이 가능하고 특정 물품에 관한 전체 이동 경로 추적과 같이 복잡한 접근을 요하는 환경에서는 그 이용이 불가능하다. 또한 응용시스템은 전달된 RFID 이벤트에 대한 의미있는 정보를 얻기 위해서는 비즈니스 파트너의 ONS, EPCIS, EPCIS DS 와 통신하는 상호작용이 필요한데 이러한 부분에 대한 지원이 부족하다.

Sun은 자바 시스템 RFID 라는 소프트웨어를 개발하였다[12]. 응용 시스템의 개발자는 RFID 정보 서버의 API만을 사용하여 개발하므로 신속하고 유연하게 개발 할 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 RFID 정보 서버도 역시 웹스피어 RFID 솔루션과 같이 지역적인 비즈니스 환경에서 생산된 실시간 이벤트만을 저장하므로 RFID 이벤트와 연관된 이력정보, 속성정보를 획득하여 비즈니스 룰을 적용하기 위해서는 응용시스템이 모든 실시간 RFID 이벤트에 대해서 직접 외부 시스템과 상호작용 해야 한다는 문제를 가지고 있다.

Oracle에서는 RFID와 다양한 센서 데이터를 수집하여 가공하고 이를 애플리케이션에 전달하는 Oracle Application Server 10g Sensor Edge Server(OSES)를 제시하였다[13]. 디바이스 드라이버를 통해 들어온 이벤트를 정제하여 애플리케이션에 필요한 형태로 만드는 필터라는 개념을 제시하고 있다. 그러나 다양한 필터의 적용을 통해 이벤트는 가공되지만 여전히 애플리케이션의 비즈니스 로직에 바로 사용될 수 있는 형태가 아니므로 애플리케이션이 추가 처리를 수행해야 한다.

Fosstrak(구 Accada)에서는 오픈 소스 소프트웨어로 RFID시스템을 개발하였다[14]. 또한, EPCglobal 표준에 따른 ALE와 EPCIS를 개발하였다. Fosstrak의 RFID 시스템은 오픈 소스이기 때문에 다양한 사용자가 쉽게 이용이 가능하고 원하는 요소를 추가하여 개발하기 쉽다는 장점을 가진다. 그러나 ALE, EPCIS의 개별 시스템을 개발하였을 뿐, 그 사이의 관리도구 및 개발 방법에 관한 지원이 없으며, EPCIS DS, ONS와 같은 EPCglobal에서 정의된 글로벌 시스템 요소에 관한 언급이 없기 때문에 사용이 가능한 분야가 한정적이다.

국내 업체 MetaBiz에서는 RFID 솔루션인 RFID/USN Education & Development Toolkit(R/U-EDT)를 제시하고 있다[15]. R/U-EDT는 EPCglobal 표준을 준수하며 Sun과 유사하게 로컬 ONS까지의 접근을 지원한다. 캡처링 어플리케이션을 EPCIS시스템 내에 포함한 구조를 취하고 있으며 EPCIS DS에 관한 개발이 현재 진행 중이다. 그러나 MetaBiz 역시 개별 시스템에 관한 솔루션을 제시하고 있지만, 응용 시스템을 위한 접근 방법은 제시하고 있지 않다. Domain Name Service(DNS)기반의 기법을 확장하여 ONS를 제시하고 있지만 이 역시 사용자가 직접 ONS의 쿼리를 통해 이용해야만 한다. 즉, 사용자가 일일이 ALE, EPCIS, ONS로 직접 접근하여 어떤 순서로 정보를 받아오고 가공할지를 결정해야 한다.

3. 비즈니스 인식 프레임워크 (Business Aware Framework : BizAF)

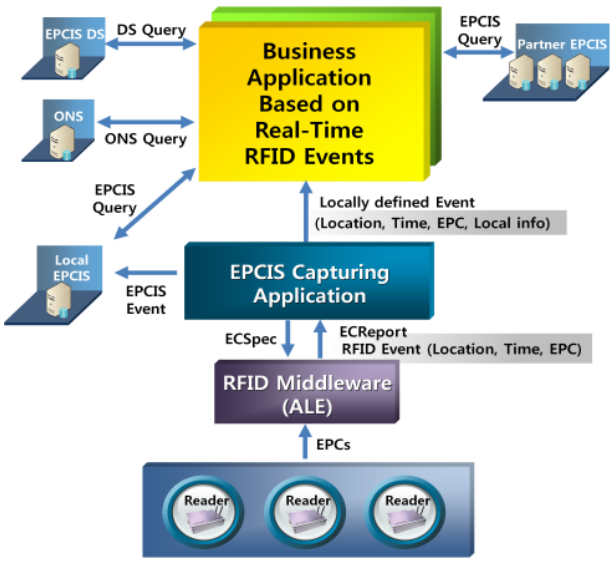
이 장에서는 BizAF를 사용하였을 때의 장점을 Non-BizAF 기반 아키텍처와 BizAF 기반 아키텍처를 비교함으로써 설명한다. 그리고 RFID 이벤트와 BizAF 에서 사용하는 개념인 RFID 비즈니스 이벤트에 대해 설명하고, RFID 기반 비즈니스 응용 시스템의 개발을 위해서 제안하는 BizAF의 서비스에 대한 설명을 한다.

3.1 RFID 시스템 아키텍처 비교

이 절에서는 EPC Network 아키텍처 구조에서 BizAF를 사용하지 않고 응용시스템을 개발할 경우와 BizAF를 사용할 경우를 비교함으로써 BizAF가 어떤 장점을 가지고 있는지 설명한다.

3.1.1 Non-BizAF 아키텍처

(그림 1)은 BizAF를 사용하지 않은 EPC Network상의 RFID응용시스템 아키텍처를 나타낸다. EPCIS 캡처링 애플리케이션이 EPC Network 아키텍처의 ALE 인터페이스를 준수하여 RFID 이벤트를 요청하는 정보를 담고 있는 ECSpec을 RFID 미들웨어에 전달하면, RFID 미들웨어는 RFID 리더로부터 수집된 EPC를 집합화, 필터링한 후 ECReport라는 형식의 RFID 이벤트를 생성하고 이



(그림 1) Non-BizAF 기반 아키텍처

ECReport를 EPCIS 캡처링 애플리케이션에 전달한다. 이때 ECReport에는 장소, 시간, EPC 정보가 포함되어 있는데 캡처링 애플리케이션은 이러한 요소를 사용하여 EPCIS 이벤트를 생성한 후 로컬 EPCIS에 저장한다. 이러한 역할을 수행하는 EPCIS 캡처링 애플리케이션은 비즈니스의 변화로 인해서 새로운 EPCIS 이벤트의 생성이 필요할 때마다 수정되고, 유지보수 되어야 하므로 지속적인 관리 비용이 발생하게 된다.

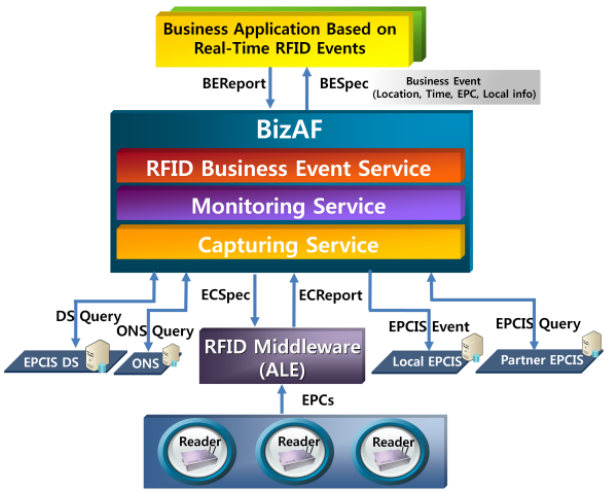
RFID 데이터 응용시스템이 RFID 이벤트를 전달받고 나면 비즈니스 처리의 목적에 따라서 추가적으로 EPC Network상의 구성요소들과 통신하여 정보를 습득하여야 한다. 일반적으로 대용량의 RFID 이벤트가 발생하게 되므로 RFID 데이터 응용시스템이 수행해야 하는 이러한 작업은 비즈니스 로직을 처리하는데 부하를 발생시킬 수가 있다. 또한 응용시스템 개발자는 EPC Network 아키텍처 내의 구성요소들의 기능과 인터페이스 해당 구성요소가 사용하는 통신 프로토콜에 대한 학습이 필요하다.

3.1.2 BizAF 기반 아키텍처

(그림 2)에서 나타난 것과 같이 BizAF 기반 아키텍처에서는 RFID 데이터 응용시스템과 RFID 미들웨어 사이에 BizAF가 위치하며, 실시간 RFID 이벤트를 기반으로 EPC Network 아키텍처의 여러 구성요소와 상호작용을 전담한다.

앞서 소개된 (그림 1)의 아키텍처와 비교했을 때 EPCIS 캡처링 애플리케이션이 사라졌는데 이는 BizAF 자체가 EPCIS 캡처링 서비스를 제공함으로써 EPCIS 캡처링 애플리케이션의 역할을 대신 수행하기 때문이다. 개발자는 BizAF의 GUI를 통해서 EPCIS 캡처링 서비스를 생성함으로써 다양한 EPCIS 이벤트를 동적으로 정의할 수가 있다.

RFID 데이터 응용시스템의 경우에도 이전과 달리 BizAF를 사용하여 RFID 관련 처리를 하게 된다. BizAF는 기존의



(그림 2) RFID BizAF 기반 아키텍처

응용시스템이 수행해야 했던 작업을 대신하여 수행한다. 예를 들어 RFID 이벤트의 수집을 위해서 ECSpec을 RFID 미들웨어에 전달하고, ECReport를 수신하여 해석하는 작업을 처리한다. 또한 ONS, EPCIS DS, EPCIS와 통신하여 물품의 고유정보, 이력정보를 수집하는 작업을 수행한다. BizAF는 이러한 여러 처리 과정을 조합하여 응용시스템이 요구하는 비즈니스 이벤트를 생성하고 전달한다.

3.2 이벤트 정의

3.2.1 RFID 이벤트

이벤트는 체계적인 행위를 목표로 가지는 기록으로 정의된다[16]. RFID 리더에서 EPC가 부착된 객체가 감지되면 RFID 미들웨어는 사용자에 의해서 정의된 대로 EPC를 집합화, 필터링한 후 상위의 EPCIS 캡처링 애플리케이션에 전달한다. 이런 정보를 RFID이벤트라 정의하며, 이때 전달되는 RFID 이벤트에 대한 의미와 문법에 대해서는 EPC Network 아키텍처의 ALE 인터페이스에 속하는 ALE Specification 1.1 내의 Event Cycle Specifications (ECSpec)의 형태로 정의가 되어 있다[17].

RFID 이벤트에서 포함하는 의미적인 속성은 <표 1>에서와 같이 고유 EPC 정보와 EPC 정보가 수집될 때의 시간, 수집된 장소에 대한 정보이다. 그러나 이러한 정보만으로는 EPC의 정확한 의미를 알 수 가 없다. 응용시스템에서 사용하기 위해서는 수집된 EPC를 가지고 ONS에 질의하여 EPC를 생성한 제조사의 EPCIS 주소를 획득하여 다시 EPCIS로부터 EPC와 연관된 고유한 속성정보를 획득하여야 한다. 또한 이력정보를 획득하기 위해서 EPCIS DS와 통신하여 이력정보를 가지고 있는 여러 EPCIS의 주소를 획득하여 각각의 EPCIS에 관심 있는 이력정보에 관한 질의를 해야 한다.

〈표 1〉 RFID 이벤트 속성 정보의 예

장소	Reader A
시간	2009-11-09T13:44:30.316+09:00
객체	urn:epc:id:gid:268432197.8704299.47259328512

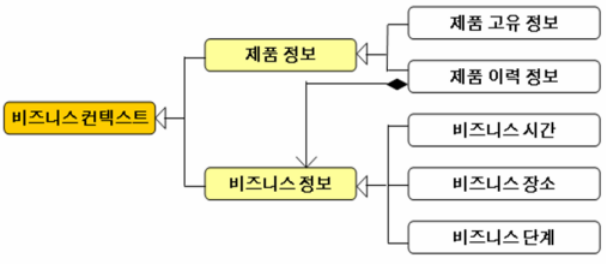
3.2.2 RFID 비즈니스 이벤트

RFID 비즈니스 이벤트는 RFID 이벤트를 가공하여 비즈니스 프로세스에서 바로 사용될 수 있도록 처리된 의미 있는 이벤트를 말한다. 예를 들어 소매업체의 창고에서 RFID를 사용하여 입고 처리를 할 때 RFID 미들웨어는 RFID 리더에 읽힌 태그 정보를 수집하여 창고관리 응용시스템에 전달한다. 소매업체가 제조업체로부터 특정 날짜의 기간에 생산된 특정 물품에 관해서 리콜 조치 요청을 받았다고 가정했을 때 창고관리 응용시스템이 전달받은 RFID 이벤트로는 단지 해당 EPC 의 제품이 언제, 어디서 읽혔다는 정보만을 획득할 수 있으므로 해당 물품에 대해서 리콜처리를 위해서는 모든 EPC에 대해서 제조사의 EPCIS에 일일이 질의하여 상세 정보를 획득한 후, 제조사가 특정 업체인지 제조일이 리콜의 조건에 해당하는 기간인지를 판단한 후에 리콜이라는 비즈니스 프로세스를 진행할 수가 있다. RFID 비즈니스 이벤트는 실시간 RFID 이벤트의 정보를 바탕으로 EPC Network의 구성요소를 사용해서 얻은 정보를 사전에 정의한 비즈니스 룰에 적용함으로써 생성된다.

<표 2>는 리콜 처리를 해야 될 물품이 입고되었다는 비즈니스 이벤트가 가지는 속성정보를 나타낸다. <표 1>의 RFID 이벤트로부터 가공된 것이며, 특정 제조일에 대해서 비즈니스 룰이 적용 되어 생성이 되었다. 비즈니스 이벤트 이름과 비즈니스 연관 데이터로 구성되어 있으며, 비즈니스 연관 데이터에는 물품과 연관된 다양한 종류의 비즈니스 정보가 포함될 수 있다. 앞서 소개된 RFID 이벤트가 RFID 미들웨어에 의해서 물리적으로 필터링 된 정보라면 비즈니스 이벤트는 BizAF에 의해서 의미적으로 필터링된 정보라고

〈표 2〉 RFID 비즈니스 이벤트 속성 정보의 예

비즈니스 이벤트 이름	리콜 물품 입고
비즈니스 연관 데이터	(비즈니스장소)작업장#3A (시간)2009-11-09T13:44:30.316+09:00 (EPC)urn:epc:id:gid:268432197.8704299.47259328512 (제조사)xx전자 (제조일)2009-10-03T12:00:11.131+09:00 (이력정보)Object Events



(그림 3) 비즈니스 컨텍스트 분류

할 수 있다.

RFID 비즈니스 이벤트의 정의를 위해서 (그림 3)과 같은 비즈니스 컨텍스트가 정의되었다. 비즈니스 컨텍스트는 유통, 물류 분야에 한정하여 특정 비즈니스 프로세스를 처리하기 위해 필요한 환경 정보로 정의한다.

비즈니스 컨텍스트는 제품 정보와 비즈니스 정보로 분류된다. 제품 정보의 제품 고유 정보는 제품의 제조일과 같은 일반적으로 제조사에서 할당하는 고유한 정보이며, 제품 이력 정보는 특정 제품이 여러 비즈니스 단계에서 이동하면서 어느 시점에 어디에서 어떠한 비즈니스 단계에 있었는지에 대한 정보이다. 비즈니스 정보의 시간, 장소, 단계 정보는 특정 업무에 대한 속성을 표현하기 위한 정보이다. 이와 같이 정의된 비즈니스 컨텍스트는 앞서 소개된 비즈니스 이벤트에서 비즈니스 룰에 적용할 수 있는 정보로 사용된다.

3.3 서비스

서버의 형태를 가지는 BizAF는 이벤트 가공 서비스를 응용시스템 개발자에게 제공하고 개발자는 이러한 서비스를 이용하여, EPC Network 기반의 RFID 비즈니스 응용시스템의 개발, 유지보수에 직, 간접적으로 이득을 얻을 수 있다.

소개할 BizAF의 각 서비스는 개발자뿐 만이 아니라 응용시스템의 운영자, 관리자, BizAF의 관리자도 사용할 수 있으므로 이를 통칭하여 BizAF 사용자로 호칭하도록 한다.

3.3.1 RFID 비즈니스 이벤트 서비스

RFID 비즈니스 이벤트 서비스는 앞서 소개된 RFID 비즈니스 이벤트를 생성하기 위한 서비스이다. BizAF 사용자는 BizAF의 GUI를 통한 비즈니스 이벤트 서비스의 생성을 통해서 실시간으로 수집되는 RFID 이벤트로부터 어떠한 비즈니스 이벤트를 생성할 것인지, 생성된 비즈니스 이벤트를 어디로 어떻게 보낼지를 정의한다. 비즈니스 이벤트가 전달될 때 이를 수신하는 주체는 응용시스템 또는 BPEL 엔진에서 동작하는 비즈니스 프로세스가 될 수 있다. 비즈니스 서비스가 생성된 후에 BizAF 사용자는 서비스의 시작 또는 중지를 통해서 서비스의 실행을 관리한다.

RFID 비즈니스 이벤트 서비스는 RFID 비즈니스 이벤트 명세로 흐름을 정의한다. RFID 비즈니스 이벤트 명세는 어떤 RFID 이벤트로부터 어떻게 가공을 하여 비즈니스 이벤트를 생성할지에 대한 정의에 관한 명세이다. 각 RFID 비즈니스 이벤트 서비스 당 하나의 명세를 등록해야 한다. RFID 비즈니스 이벤트 명세의 구성과 문법, 의미는 4.1절에서 자세하게 설명하도록 한다.

3.3.2 EPCIS 캡처링 서비스

EPCIS 캡처링 서비스는 EPC Network 아키텍처의 EPCIS 캡처링 애플리케이션의 역할을 제공한다. 즉, 실시간 RFID 이벤트를 수집하여 비즈니스 컨텍스트와 연관된 비즈니스 이벤트를 생성하여 EPCIS 저장소에 저장하는 기능을 가진다. 비즈니스 이벤트를 생성한다는 점에서 앞서 소개된 RFID 비즈니스 이벤트 서비스와 유사하나 EPCIS 캡처링 서비스는 EPC Network 아키텍처에서 제시된 EPCIS 캡처 인터페이스의 EPCIS 이벤트라는 특정한 형태를 가지는 이벤트를 생성하고, EPCIS 저장소에 저장한다는 점에서 차이점을 가진다. 각기 다른 EPCIS 이벤트의 생성을 위해서 EPCIS 캡처링 애플리케이션을 일일이 개발할 필요가 없이 EPCIS 캡처링 서비스를 생성함으로써 대체할 수 있다.

3.3.3 모니터링 서비스

BizAF의 모니터링 서비스는 두 가지 기능을 제공한다.

첫째는 RFID 미들웨어와 미들웨어에 설정된 RFID 리더 정보를 제공하는 것이다. RFID 미들웨어에는 물리적 RFID 리더의 논리적인 모음인 논리적 RFID리더 정보가 관리되는데, n개의 RFID 미들웨어에 m개의 논리적 RFID 리더가 설정되어 있다면, 비즈니스 업체의 입장에서는 관리하기가 복잡하고, 개발자의 입장에서는 응용 시스템의 개발을 위해서는 사용하고자 하는 논리적 RFID 리더 정보를 획득하기 위해서 RFID 미들웨어를 관리하는 특정한 관리자와 의사 소통해야 하므로 번거로운 측면이 있다. BizAF 하위 장치의 구성정보를 판독할 수 있는 모니터링 서비스를 통해서 RFID 시스템의 관리, 응용시스템의 개발, 유지보수에 편의성을 제공한다.

둘째는 실시간 이벤트 정보의 모니터링 기능이다. RFID 비즈니스 이벤트 서비스와, EPCIS 캡처링 서비스 둘 다 실시간으로 수집되는 RFID 이벤트를 기반으로 동작하므로 어떤 RFID 이벤트로부터 어떤 RFID 비즈니스 이벤트, EPCIS 이벤트로 변환되는지 대한 정보를 BizAF 사용자에게 제공한다.

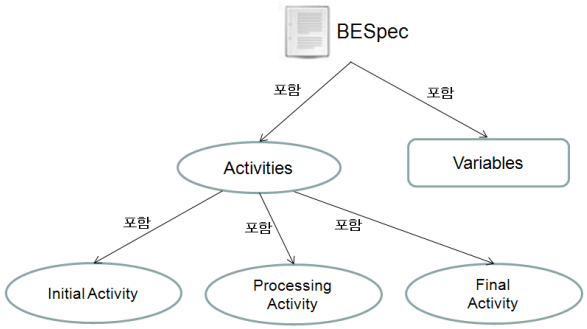
4. BizAF의 설계 및 구현

이 장에서는 RFID 비즈니스 이벤트 서비스를 제공하기 위한 비즈니스 이벤트 명세를 설명하고 이를 처리하는 BizAF를 구현하였다.

4.1 비즈니스 이벤트 명세

BizAF는 RFID 비즈니스 이벤트 서비스와 EPCIS 캡처링 서비스를 제공하는데 각각의 서비스는 비즈니스 이벤트 명세(Business Event Specification:BESpec)를 해석하여 작업을 수행한다. BESpec은 XML 기반의 이벤트 처리 기술 명세로 프로그램 구현으로부터 독립적인 형태로 ALE이벤트, EPCIS이벤트의 수집 및 가공 처리 과정을 기술한다. 개발자는 비즈니스 애플리케이션이 필요로 하는 비즈니스 이벤트를 BESpec에 기술하여 BizAF에 등록한다. BizAF는 기술된 BESpec에 따라 ALE 미들웨어로부터 ALE 이벤트를 수집 혹은 EPCIS로부터 EPCIS이벤트를 수집하고 비즈니스 규칙을 적용하여 비즈니스 이벤트를 발생하여 비즈니스 애플리케이션에 전달한다.

BESpec은 (그림 4)와 같이 크게 두 부분, 즉 변수 선언



(그림 4) BESpec의 구성

부분과 여러 종류의 처리과정을 정의하는 액티비티 부분으로 이루어진다..

변수 선언 부분에서는 액티비티의 처리 중간에 처리 값들을 저장하는데 사용된다. 변수를 통해서 한 액티비티에서 처리된 결과를 다른 액티비티에서 사용할 수 있다.

액티비티는 RFID 비즈니스 이벤트를 생성하기 위한 작업의 기본적인 단위로써 RFID 비즈니스 이벤트를 생성하기 위해서 조합될 수 있는 여러 역할의 액티비티가 <표 3>과 같이 정의되어 각 액티비티마다 내부적으로 기술해야 할 속성 값을 다르게 가질 수 있다.

RFID 비즈니스 이벤트를 생성하기 위해서는 RFID 미들웨어, ONS, EPCIS DS, EPCIS와의 상호작용이 필요하고 각각의 구성요소로부터 받은 정보를 가공하는 여러 처리가 요구된다. 각각의 작업은 독립적인 액티비티로서 정의되고, 각 액티비티는 BESpec 내에서 어떻게 조합되는가에 따라서 다른 비즈니스 이벤트를 정의할 수 있다.

참조 명세는 RFID 미들웨어와의 상호작용을 처리하는 Provider 명세(ProviderSpec), EPCIS와의 상호작용을 처리하는 EPCIS Query 명세(QuerySpec), EPCIS Capture 명세(CaptureSpec)가 존재한다. 각 참조 명세는 EPC Network 아키텍처의 표준 인터페이스를 준수할 수 있도록 정의되었으며, BESpec과는 독립성을 유지함으로써 추후에 EPC Network 아키텍처의 특정 구성요소의 인터페이스가 변동된다고 하더라도 BESpec 자체의 수정 없이, 특정 참조 명세만을 수정함으로써 처리가 가능하게 된다.

〈표 3〉 액티비티의 종류

액티비티		설명
Initial	ALE	ALE 미들웨어로부터 실시간 ALE 이벤트 수집
	EPCIS	EPCIS로부터 저장된 EPCIS이벤트 수집
Processing	ONS	ONS에 쿼리를 질의하여 EPC에 해당하는 고유정보를 보유한 EPCIS의 주소를 검색
	EPCISDS	EPCIS DS에 쿼리를 질의하여 EPC에 해당하는 추적정보를 보유한 EPCIS의 주소 목록을 검색
	EPCIS	EPCIS에 쿼리를 질의하여 EPC에 해당하는 고유정보 및 추적정보를 검색
	List	복수 타입의 자료형에 대한 반복 연산 수행
	Compute	변수에 관한 연산 및 EPC 목록에 대한 추가, 삭제
Final	Event	이벤트의 발생 조건, 이벤트 자료형 정의 및 리포트 생성

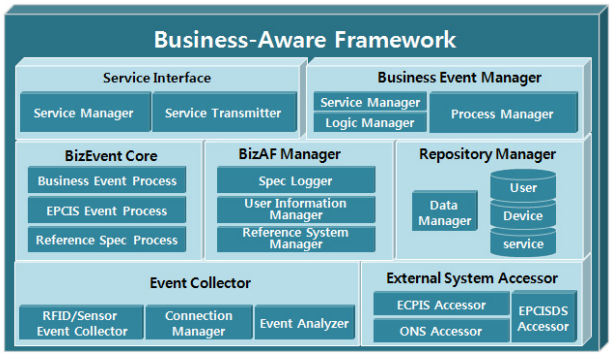
4.2 비즈니스 이벤트 모델링 도구

BESpec의 경우, XML형태로 구성되며 BizAF를 통하여 가공된 형태의 비즈니스 이벤트를 제공해 낸다는 강점이 있지만 BESpec이 올바르게 작성이 되었는지, 빠뜨린 부분이 없는지에 대한 검증이 어렵다. 또한 사람이 작성하는 경우, 예상치 못한 실수로 인해 잘못된 결과를 받는 경우도 발생할 수 있다. 이러한 BESpec작성 오류를 줄이기 위하여 비즈니스 이벤트 모델링 도구(Business Event Modeling Tool: BEMT)를 이용하여 BESpec을 작성 할 수 있다[18].

EPC Network의 구성요소들을 사용하여 원하는 RFID 기반 정보를 획득할 수 있는 일련의 흐름을 나타내는 비즈니스 이벤트 모델링 기능, 작성된 모델을 이용하여 다양한 표준 문서들을 자동으로 생성할 수 있는 기능을 제공한다.

4.3 BizAF 설계

BizAF가 3장에서 정의된 비즈니스 서비스를 제공하기 위해서는 비즈니스 이벤트 명세를 해석하여, EPC Network 구성요소인 ALE, EPCIS DS, ONS, EPCIS와 통신하는 모듈이 필요하다. 또한 애플리케이션 개발자가 비즈니스 서비스를 이용하기 위해 BESpec을 등록할 수 있는 사용자 인터페이스와 사용자에게 전달하기 위한 전송 모듈이 필요하다. 이러한 요구사항에 따라서 (그림 5)와 같은 BizAF의 설계 모듈이 분석 되었다.



(그림 5) BizAF 아키텍처

4.3.1 Event Collector 모듈

EventCollector모듈은 BizAF와 ALE미들웨어 간의 상호작용을 담당한다. ALE미들웨어로부터 실시간 ALE이벤트를 수집한다. BizAF내부에서 EPC에 관한 고유정보를 임시저장소에 보관하게 되는데 "EPCHisotry" 클래스를 통하여 해당 정보를 저장하고, 또한 해당 EPC가 이전에 발생한 적이 있는지 유무를 검색한다. ALE미들웨어 경우, "subscribe"라는 방식의 인터페이스가 존재하는데 이 경우, 발생한 ECReport

를 TCP방식으로 전송하게 된다. 즉 “subscribe”방식이 아닌 경우, “Sender”클래스를 통하여 웹서비스 호출 및 결과 값 획득까지 가능하나 “subscribe” 방식의 경우 별도의 “Receiver” 클래스를 이용하여 결과 값을 획득해야한다.

4.3.2 BizEvent Core 모듈

BizEvent Core 모듈은 실제 등록된 BESpec의 내용에 따라 주변 모듈을 동작시켜 결과를 해석해내는 모듈이다. 내부 BESpec에서 정의된 Variable요소와 액티비티 해석 클래스를 포함하고 있고, 참조하는 데이터 형태로 ECSpec, ECReport, QuerySpec, EPCIS Event 형을 이용한다. Variable의 경우, int, EPC, evenTime등 BESpec의 변수 요소로 정의된 모든 타입을 하위 클래스로 가진다. BESpecParser의 경우, 내부적으로 SAX parser를 이용하여 BESpec 을 해석하여 저장한다.

4.3.3 Service Interface 모듈

Service Interface 모듈은 BESpec을 등록하고, 삭제할 경우, 비즈니스 서비스를 동작시키거나, 멈추는 경우 등 사용자와 BizAF간의 인터페이스를 제공하는 모듈이다. 또한 BESpec의 수행 결과로 생성되는 BEReport를 사용자 혹은 응용 시스템으로 돌려주는 기능도 같이 수행한다.

4.3.4 External System Accessor 모듈

External System Accessor 는 ALE 미들웨어를 제외한 EPC Network를 구성하는 시스템과의 통신을 위한 모듈이다. ONS, EPCIS, EPCIS DS에 각각 개별 연결 클래스가 하나씩 생성되고 생성된 클래스를 다수의 BESpec에서 접근하여 사용하게 된다. 또한 Event Collector 모듈에서 EPC를 획득한 후 External System Accessor 모듈의 EPCISAccessor 클래스를 통하여 EPC에 해당하는 참조정보를 얻게 된다. 각 외부시스템은 모두 웹서비스 인터페이스를 제공하고 있기에 해당 서비스의 Stub클래스를 통하여 실제 통신이 이루어지게 된다.

4.3.5 Repository Manager 모듈

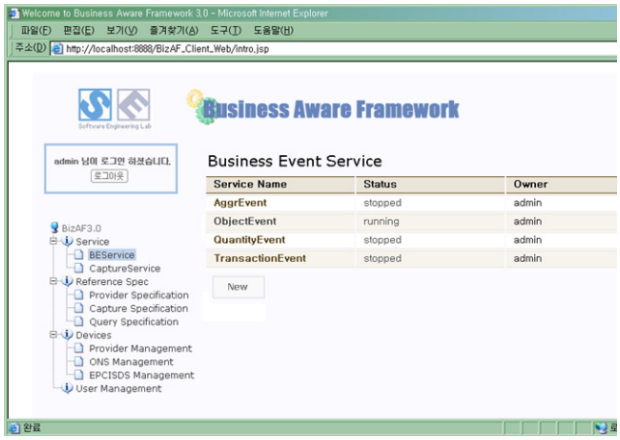
Repository Manager모듈은 BizAF에서 사용되는 사용자 정보, 서비스정보, BESpec을 포함하는 각종 스펙 정보를 저장하기 위한 모듈이다. DBConnection 클래스를 통하여 데이터베이스에 각각의 정보를 저장하고 하부의 SpecRepository, ServiceRepository, UserRepository를 이용해서 각각 원하는 정보를 획득하게 된다.

4.3.6 BizAF Manager 모듈

BizAF Manager 모듈을 BizAF전체의 시스템을 관리하는 모듈이다. 시스템의 물리적 정보, 외부 시스템의 물리적 정보, 각종 스펙 현황, 사용자 계정관리 및 현재 수행되는 서비스의 모니터링등 기본적으로 요구되는 기능을 수행하고 시스템에서 발생하는 이벤트에 대한 로그기능을 동작한다.

4.4 BizAF 구현

BizAF는 설계된 내용을 바탕으로 Java Development Toolkit(JDK) 1.6을 이용하여 개발되었고, Sun Application Server를 이용하여 웹서비스 형태로 구현되었다. 시스템의 정보는 저장하는 저장소의 경우 고정적이고 내용이 적은 경우에는 파일시스템에 바로 기록하였고, 논리적 참조 정보 및 스펙 정보의 경우 DB를 통하여 저장한다. 미들웨어 관리자는 (그림 6)과 같이 ManagementUI를 통해 BizAF의 설정을 변경할 수 있다. 애플리케이션 개발자는 Web Application Server에서 제공하는 웹서비스를 통하여 BizAF의 기능을 이용한다. 비즈니스 이벤트 스펙을 등록하고 서비스를 동작시키면 BizAF는 BEreport를 생성하게 되고, 생성된 BEReport는 TCP/IP방식을 통해 비즈니스 응용 애플리케이션으로 전달한다.



(그림 6) Business Event Service 제어 화면

5. BizAF의 평가 및 검증

5.1 평가

응용시스템의 개발에 BizAF를 사용함으로써 가질 수 있는 이점은 다음과 같다.

- EPC Network 아키텍처의 구성요소와의 통신 모듈 제공

BizAF는 RFID 미들웨어와 통신하여 ECSpec을 전달하고 ECReport를 받아서 해석하는 처리를 대행한다. 또한 ONS, EPCIS DS, EPCIS 와의 상호작용을 처리한다. 이러한 역할은 BizAF가 없다면 RFID 응용시스템이 내부적으로 가져야 할 모듈이므로 결국 응용시스템은 BizAF를 사용함으로써 관련 모듈을 이용 또는 재사용 하는 것이다.

- RFID 이벤트의 의미적인 필터링 제공

응용시스템이 고유의 업무 처리를 하는데 있어서 RFID 리더에서 수집된 모든 물품에 대해서 똑같이 작업하는 것이 아닌 경우가 있다. 예를 들면 도매 업체의 입고 처리장에서 특정 물품이 ‘리콜’ 처리를 해야 할 물품이고 나머지는 정상적으로 창고에 ‘입고’ 처리를 해야 한다면 응용시스템은 ‘리콜’ 처리를 해야 할 물품 정보를 수집하여 제조사에게 전달

하는 작업을 수행하고, 나머지 물품에 대한 정보를 가지고 입고처리를 수행하는 경우가 있다. 이 때 BizAF를 사용하지 않는다면 응용시스템은 고유의 정보처리 작업보다 모든 물품에 대해서 분류를 위한 관련 정보를 수집하고 해석하는데 더 많은 리소스를 할당해서 본래의 업무처리를 하는데 부하를 가질 수 있다. 응용시스템은 BizAF를 통해서 의미적으로 필터링 된 '리콜 물품' 비즈니스 이벤트, '정상 입고' 비즈니스 이벤트를 전달 받을 수 있으므로 고유의 비즈니스 로직을 처리하는데 집중할 수 있다.

• 연결 고리의 단순화

BizAF 자체가 EPCIS 캡처링 애플리케이션의 역할을 수행하고 RFID 미들웨어, ONS, EPCIS DS, EPCIS와 상호작용 하므로 RFID 데이터 응용시스템은 BizAF와의 연결만을 고려하면 된다. 이것은 응용시스템이 BizAF만을 고려하면 되므로 아키텍처의 변화에 유연한 대처가 가능하다. 추후에 EPC Network 아키텍처의 어떤 구성요소가 변경, 확장되거나 새로운 구성요소가 생성되더라도 BizAF만 해당 구성요소를 처리할 수 있도록 확장하면 되므로 응용시스템의 수정이 필요하지 않게 된다.

• 유지보수의 용이함 제공

BizAF가 없다면 EPCIS 캡처링 애플리케이션이 생성하여야 할 EPCIS 이벤트가 변경, 추가 되었을 시에 직접 응용시스템의 코드레벨에서 수정이 이루어져야 하지만, BizAF의 EPCIS 캡처링 서비스를 사용함으로써 새로운 EPCIS 이벤트에 관한 명세만 간단하게 작업하여 유지보수를 할 수 있다. 또한 RFID 데이터 응용시스템의 개발에 있어서도 비즈니스 로직의 처리와 통신 관련 코드가 분리되므로 추후에 응용시스템이 처리해야 할 비즈니스 로직의 수정 시에도 복잡성이 감소한다.

• 개발비용, 시간 감소

EPC Network 기반의 응용시스템에 대한 플랫폼의 역할을 가지는 BizAF가 앞서 언급된 다양한 이점을 제공하므로 개발 또는 유지보수의 시간과 비용을 감소시킬 수 있다.

5.2 검증

본 논문에서 제시하고 있는 BizAF를 다양한 도메인의 응용 시스템을 개발하고, 개발한 결과로부터 BizAF의 효용성을 살펴본다. 총 32명의 개발자들이 8그룹을 이루어 <표 4>와 같은 환경에서 RFID 시스템 기반으로 식품 창고 관리, 물품 입고 처리, 매장 물품 계산 처리에 관한 응용 시스템을 개발하였다.

〈표 4〉 개발 환경

개발 기간	2009.09.1~2009.12.18
S/W, H/W	Java 1.6, Window XP 1 RFID Reader, 2 Antennas 1 ALE Middleware
외부 시스템	EPCIS, ONS, EPCIS DS
개발자	8그룹, 32명

〈표 5〉 응용 애플리케이션 개발 시간 및 코드라인 비교

	모듈 및 클래스	라인수	개발 시간
EPC Network를 그대로 사용하여 개발한 시스템	RFID 미들웨어와의 통신모듈	203.4	16.6
	ONS와의 통신모듈	37.6	2.6
	EPCIS DS와의 통신 모듈	52.8	3.8
	EPCIS 와의 통신 모듈	255	11
	Specification 분석		
	ALE 인터페이스 습득	X	6
	ALE 미들웨어 통신기술 습득	X	6.7
	EPCIS 인터페이스 습득	X	5.9
	EPCIS와의 통신기술 습득	X	4.6
	ALE 인터페이스 습득	X	4
평균		548.8	61.2
	모듈 및 클래스	라인수	개발 시간
BizAF를 사용하여 개발한 시스템	BizAF와의 통신 모듈	239.4	13.7
	Specification 분석		
	ALE 인터페이스 습득	X	4.6
	BizAF 인터페이스 습득	X	3.5
	BizAF와의 통신기술 습득	X	2.4
평균		239.5	24.2

그룹의 개발자들은 BizAF 사용, 미사용 환경에서 동일한 RFID 응용 시스템을 개발함으로써 개발에 필요한 작업량이 <표 5>와 같이 분석되었다. 공통적인 요소인 UI 개발에 대한 시간 및 코드라인은 제외하였다.

BizAF를 사용하지 않을 때 필요한 모듈로 RFID 미들웨어와의 통신모듈, EPCIS와의 통신모듈, ONS와의 통신모듈, EPCIS 이벤트 생성 모듈이 있고, 이 모듈을 위한 코드라인 수는 550여 라인 정도이다. BizAF를 사용할 경우에는 BizAF와의 통신 모듈이 필요하고, 이는 240 라인 정도로 BizAF를 사용하지 않을 경우와 비교해 봤을 때 44%로 코드라인 수가 감소된다.

코드라인 수 이외에도 개발 시간을 비교하면, BizAF를 사용할 경우에는 EPC Network 구성요소들과의 통신모듈을 직접 개발하지 않으므로 BizAF를 사용하지 않고 개발했을 때보다 BizAF 기반으로 개발했을 때의 요구작업 시간이 40%로 감소된 것을 알 수가 있다.

또한 개발자가 하나 이상의 RFID 시스템을 만들게 된다면 코드 레벨의 수정이 아닌 비즈니스 이벤트 명세만을 수정하여 반영할 수 있는 BizAF 사용 환경의 효용성은 더 높아졌다.

6. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 EPC Network 아키텍처를 기반으로 한 RFID 응용시스템의 개발을 위한 비즈니스 인식 프레임워크인 BizAF를 제시하고 설계, 구현하여 평가하였다.

EPCglobal 에서 제시한 EPC Network 아키텍처와 IBM, Sun, Oracle, BEA와 같은 벤더 들이 제시하는 RFID 솔루션만으로는 RFID 응용시스템의 개발을 위해서 개발자가 여러 EPC Network의 구성요소에 대한 인터페이스와 프로토콜을 습득하고, 통신모듈을 개발해야 하므로 개발의 시간적 비용적인 측면에서 비효율적이다.

또한 이러한 방법으로 개발된 응용시스템은 비즈니스 로직과 EPC Network 아키텍처의 구성요소와 통신하는 부분이 코드상에서 섞이게 되므로 복잡성을 증가시켜 유지보수를 어렵게 한다. 추가적으로 응용시스템이 고유의 업무에 집중하지 못한다는 문제도 발생한다.

본 논문에서 제시한 BizAF의 RFID 비즈니스 서비스, EPCIS 캡처링 서비스와 비즈니스 이벤트를 정의할 수 있는 BESpec을 사용함으로써 이와 같은 문제를 해결한다. 사례연구에서 살펴본 것처럼 BizAF를 사용하는 경우에 사용하지 않는 경우보다 개발시간, 개발모듈이 감소하므로 RFID 비즈니스 응용시스템을 개발하는데 효용성을 얻을 수 있다. 또한 응용시스템의 운영 및 유지보수의 측면에서도 이득을 제공한다.

향후 연구로는 비즈니스 인식 프레임워크를 보완, 확장하여 외부 상황을 능동적으로 수집하고, 수집된 정보를 판단하여 비즈니스에서 지능적인 문맥서비스를 제공할 수 있는 상황 인식 프레임워크로 발전하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] Weiser M, “Some Computer Science Issues in Ubiquitos Computing,” Communications of the ACM, Vol.36, No.7 pp.75-84, July 1993.

[2] Laran RFID, 2004. A Basic Introduction to RFID Technology and its uses in the Supply Chain, http://www.idii.com/wp/LaranRFID.pdf, January 2004, available: 11-23-2009

[3] Walmart Supplier Information, 2005. Radio Frequency Identification Usage, http://www.walmartstore.com.

[4] RFID Journal News, 2005. H.K. Launches RFID Supply Chain Project, http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1630/1/1, June 2005.

[5] 안재명, 이종태, 오해석, “EPCglobal Network 기반의 RFID 기술 및 활용,” 글로벌, 2007.02.

[6] EPCglobal Inc., http://www.epcglobalinc.org.

[7] EPCglobal Inc., “The EPCglobal Architecture Framework EPCglobal Final Version 1.3.”, http://www.epcglobalinc.org/standards/architecture/architecture_1_3-framework-20090319.pdf, March 2009.

[8] EPCglobal Inc., “The Application Level Events (ALE) Specification, Version 1.1.1 Part 1: Core Specification”, EPCglobal Ratified Standard, http://www.epcglobalinc.org/standards/ale/ale_1_1_1-standard-core-20090313.pdf, March 2009.

[9] EPCglobal Inc., “EPC Information Services (EPCIS) Version 1.0.1 Specification”, Errata Approved by TSC, http://www.epcglobalinc.org/standards/epcis/epcis_1_0_1-standard-20070921.pdf, September 2009.

[10] EPCglobal Inc., “EPCglobal Object Name Service (ONS) 1.0.1”, EPCglobal Ratified Specification, http://www.epcglobalinc.org/standards/ons/ons_1_0_1-standard-20080529.pdf, May 2008.

[11] IBM, Websphere Solution, Integrate RFID tag data with barcode data in a supply chain solution using WebSphere RFID, http://www.ibm.com/developerworks/websphere/library/techarticles/0705_tandon/0705_tandon.html, May 2007

[12] Sun, The Sun JavaTM System RFID Software Architecture, http://www.slgroup.com/Portals/0/docs/sample_docs/EPCNetArch_wp.pdf, March 2005

[13] Oracle, Oracle Sensor Edge Server, http://www.oracle.com/technology/products/sensor_edge_server/collateral/Oracle_SES_Datasheet.pdf, June 2006

[14] Floerkemeier, C, Roduner and Lampe, M, “RFID Application Development With the Accada Middleware Platform,” IEEE Systems Journal, Vol.1, Issue 2, pp.82-94, December 2007.

[15] MetaBiz, http://www.meta-biz.net/html/product01.htm

[16] Luckham D, “The Power of Events: An Introduction to Complex Event Processing in Distributed Enterprise Systems,” Addison-Wesley, ISBN 0-201-72789-7, 2002.

[17] Traub K, Bent S, Osinski T, Peretz SN, Rehling S, Rosenthal S, Tracey B, “The Application Level Events (ALE) Specification, Version 1.0,” EPCglobal Proposed Standard, February 2005.

[18] 박성진, 홍민우, 김한준, 염근혁, “RFID 비즈니스 서비스를 위한 비즈니스 이벤트 모델링 도구,” 2008 차세대 컴퓨팅 추계학술대회, pp.127-132, November 2008.

남 태 우

e-mail : kaluas@pusan.ac.kr

2007년 부산대학교 정보컴퓨터공학부(학사)

2009년 부산대학교 컴퓨터공학과(공학석사)

2009년 3월~현 재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : RFID 기반 미들웨어, 상황인식 기법, 프로덕트 라인 공학, 소프트웨어 아키텍쳐 등

염 근 혁

e-mail : yeom@pusan.ac.kr

1985년 서울대학교 계산통계학과(학사)

1992년 플로리다대학교(Univ. of Florida) 컴퓨터공학과(공학석사)

1995년 플로리다대학교(Univ. of Florida) 컴퓨터공학과(공학박사)

1985년~1988년 금성반도체 컴퓨터연구실 연구원

1988년~1990년 금성사 정보기기연구소 주임연구원

1995년~1996년 삼성SDS 정보기술연구소 책임연구원

1996년~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 교수

관심분야 : 소프트웨어 재사용, 프로덕트 라인 공학, 소프트웨어 아키텍쳐, 컴포넌트 기반 소프트웨어 개발, 적응형 소프트웨어 개발, RFID 기반 미들웨어 등