

## Development of u-Farm Information Architecture and Information Management Technology based on RFID/USN for the Agricultural Sector

Seungwan Ryu\* \*\* · Sei-Kwon Park\* · Dongok Oh\*\* · Young-Jun Kang\*\*\*  
You-Jin Park\* · Dong-Cheon Shin\* \*\*\*\*†

\*School of Business Administration, Chung-Ang University

\*\*Graduate School of Culture and Art Management, Chung-Ang University

\*\*\*Samsung SDS

\*\*\*\*Department of Industrial Security, Chung-Ang University

## RFID/USN 기반 농업분야 u-IT 적용을 위한 u-Farm 정보 아키텍처 및 정보 관리기술 개발

류승완\* \*\* · 박세권\* · 오동욱\*\* · 강영준\*\*\* · 박유진\* · 신동천\* \*\*\*\*†

\*중앙대학교 경영학부

\*\*중앙대학교 대학원 문화예술경영학과

\*\*\*삼성 SDS

\*\*\*\*중앙대학교 산업보안학과

Generally, because individual agricultural product possesses its own distinctive characteristics and shows different characteristics at each stage of the agricultural supply chain, it is necessary to develop a proper enterprise architecture for managing information system. In this paper, we propose an enterprise architecture based on RFID/USN technology that can be used as a reference enterprise architecture for u-IT application in the agriculture sectors, which is called the u-Farm enterprise architecture with taking heterogeneous characteristics of agricultural products into account for. In addition, we also developed the RFID/USN middleware platform as a core infrastructure technology. For evaluation of the performance of the proposed u-Farm architecture and the RFID/USN middleware platform, the field-trial evaluation at the apple Agricultural Processing Center (APC) has been executed and the results shows that the proposed architecture and platform perform well in terms of information integration over the whole SCM process from the farming stage to delivering stage to the customers. It is expected that the proposed u-Farm enterprise architecture can be utilized as a standard information architecture, and the RFID/USN middleware platform can be a infrastructure platform for future u-IT based information technology applications and services in the agricultural environment.

**Keywords** : u-Farm, u-Farm Architecture, RFID/USN, Middleware, TPM

Received 14 November 2014; Finally Revised 10 December 2014;

Accepted 10 December 2014

† Corresponding Author : dcshin@cau.ac.kr

## 1. 서 론

최근 ICT(Information communication Technology, 정보통신기술)을 건설, 조선, 섬유, 농업 등의 다양한 산업 분야에 적용하는 ICT 융합연구가 활발히 진행되고 있다[3, 4, 5, 7, 9]. 농축수산업분야에서는 2004년부터 중앙정부와 지방자치단체의 주도하에 다양한 농업 u-IT 시범사업을 진행하여 왔는데 특히, 소비자 신뢰도 및 생산성 향상과 농업분야 u-IT(ubiquitous IT) 적용 신기술 개발 등을 위해 RFID/USN(Radio Frequency IDentification/Ubiquitous Sensor Network)을 중심으로 하는 ICT 기술을 생산, 유통, 소비의 농산물 공급사슬 (supply chain)의 전 단계에 걸쳐 적용하고 있다[3, 4, 5].

그러나 현재까지 진행된 다양한 농업분야 u-IT 시범사업들은 시스템 및 서비스 개발 표준이 부재한 상황에서 농업분야에서 현실적으로 필요로 하는 요구사항들을 반영하지 못하고 있고, 또한 개발자 주도의 시스템 개발 방식으로 추진되었기 때문에[4], 농업 u-IT 시범사업의 추진을 통해 획득하고자 하였던 관련 핵심기술의 개발 및 시스템 운영상의 노하우 등이 축적되지 않고 있는 실정이다. 또한 여러 지자체 및 농업경영체들이 개별적으로 일회성으로 추진하고 있고 동일 품목에 대해 중복적으로 추진하고 있기 때문에 사업목표를 달성하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 저조한 시범사업 성과의 주된 원인으로는 농업분야 u-IT 모형에 대한 표준 정보 아키텍처의 부재와 이를 반영한 표준 적용 기술의 부재가 가장 큰 원인으로 분석되었다[4].

따라서 본 연구에서는 우리나라 농업의 환경을 분석하고 발전방향 및 추진전략을 도출한 후, 농업이 가진 특성을 반영하는 농업 ICT 융합 정보 아키텍처를 설계하고, 이러한 아키텍처의 핵심이 되는 RFID/USN 미들웨어 기술을 포함하는 정보관리 기술을 개발하였다. 이와 더불어 개발 아키텍처와 기술의 농업현장 적용 시험을 통해 개발기술의 유효성 및 적용성을 검증하고 평가하였다.

우선 적절한 정보 아키텍처 개발을 위해서는 기업 및 정부에서 사용되는 다양한 EA(Enterprise Architecture, 엔터프라이즈 아키텍처) 개발 방법론들을 분석한 후 농업이라는 특정 분야의 특성을 반영하여 농업에 적합한 u-Farm 정보 아키텍처를 개발하였다. 개발된 u-Farm 정보 아키텍처는 다양한 농산물의 품목별, 공급사슬 및 소비 특성을 포함하는 농산물 비즈니스 프로세스들을 분석하여 농업의 전 분야에서 공통적으로 사용할 수 있는 표준 정보 아키텍처를 개발하였다. 또한 제안하는 농업분야 u-Farm 정보 아키텍처의 활용성과 적용성을 검증하기 위해 농업분야 u-IT기술 활용의 핵심 기술인 u-Farmware 미들웨어 기술을 포함하는 RFID/USN 기반 정보관리기술을 개발하였

고, 또한 이에 대한 현장적용 시험 및 평가를 실시하였다. 현장 적용시험 결과 본 연구에서 개발된 u-Farm 정보 아키텍처와 RFID/USN 기반 정보관리기술은 생산, 저장, 유통, 소비의 농업분야 공급사슬 전 단계에서의 정보 수집, 가공, 통합 및 제공을 가능하게 하여 생산자, 유통자, 소비자 및 정부 등 관련 이해당사자의 정보 활용성 제고를 위한 기반기술로서의 활용성이 입증되었다.

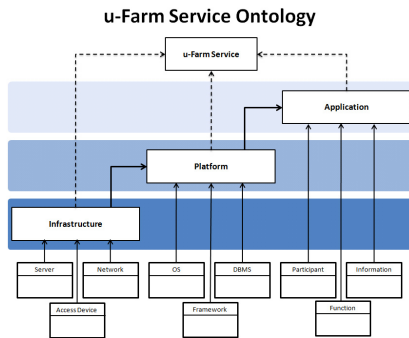
본 논문 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 농업분야 u-IT 시범사업 평가모형을 개발하고 분석한다. 제 3장에서는 u-Farm 아키텍처를, 제 4장에서는 핵심 기술인 u-Farm RFID/USN 정보 관리기술을 제안한다. 제 5장에서는 u-Farm 아키텍처와 정보관리기술의 현장 적용시험, 평가 및 분석 결과를 보여주고, 제 6장에서는 본 연구의 결론과 시사점을 제시한다.

## 2. u-IT 시범사업 평가모형 개발 및 분석

### 2.1 농업 u-IT 시범사업 분석 및 평가 모형

농업분야에 적합한 표준화된 정보 아키텍처와 핵심 적용 기술인 RFID/USN 기반 정보관리기술을 개발하기 위해서는 기존 u-IT 시범사업의 평가 및 분석을 통한 문제점 분석과 개선방향 도출이 필요하다. 또한, 농업분야의 국내외 환경 분석을 통한 농업 분야의 비전과 중장기 전략 그리고 이를 달성하기 위한 주요 성공요인들의 도출이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 기존 시범사업의 문제점을 해결하고 개선 방향을 반영하면서, 농업분야의 비전 달성과 성공적인 농업 ICT 융합의 표준화된 참조모델로서의 u-Farm 정보 아키텍처를 개발하고자 한다.

현재까지 수행된 기존 농업분야 u-IT 시범사업들을 분석하기 위해 행정안전부에서 제정·고시된 '정보시스템의 구축/운영 기술 지침'을 바탕으로 농업분야 및 RFID/USN의 특성을 반영한 시범사업 평가분석 모형을 개발하였다[8]. 이 지침은 서비스 접근 및 전달, 플랫폼 및 기반구조, 요소기술, 인터페이스 및 통합 그리고 보안의 6개의 계층으로 구성되며 각 계층별 세부요소를 두고 있다. 그러나 정부에서 제정한 지침은 정부의 행정효율화를 위한 정보시스템 운영에서 요구되는 계층과 세부요소를 구분하므로 농업분야의 특성과 u-IT 사업의 핵심 적용기술인 RFID/USN의 특성을 반영하지 못하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 RFID/USN 기술의 특성을 반영할 수 있도록 기반구조, 플랫폼 및 응용서비스의 3계층으로 구분하였고 이를 바탕으로 농업분야에 적합한 u-Farm 서비스 온톨로지를 <Figure 1>과 같이 정의하였다.

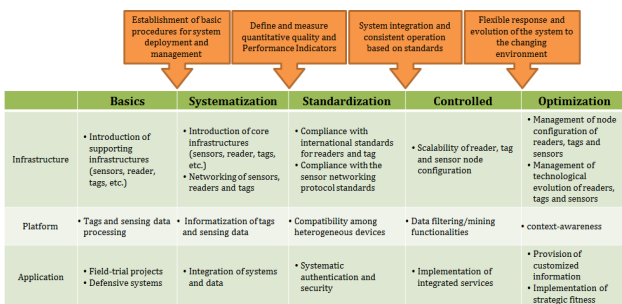


<Figure 1> u-Farm Service Ontology

u-Farm 서비스 온톨로지를 구성하는 세 계층의 하위 구성요소는 다음과 같다. 기반구조(infrastructure) 계층은 기존 정보시스템 기반구조에 서버, 네트워크, RFID/USN 장치, PC 및 모바일 장치 등의 접근 장치로 구성된다. 플랫폼 계층은 RFID/USN 미들웨어를 포함한 서버 및 클라이언트의 운영체제, 데이터베이스, 시스템의 프레임워크의 하부요소로 구성되며, 응용서비스 계층은 시스템의 응용프로그램에서 다루는 정보의 종류 및 기능과 함께 이해당사자들이 하부요소로 구성된다.

개발된 u-Farm 서비스 온톨로지를 바탕으로 각 계층의 세부요소에 성숙도 모델 개념을 도입하여 세부요소들의 향후 개발 및 발전 방향을 도출하였다. 정보시스템의 성숙도와 관련하여 많은 연구가 진행되었으나 본 연구에서는 급변하는 IT 환경의 특성을 가장 잘 반영하고 있는 가트너그룹이 제시한 성숙도개념을 참조하여 RFID/USN 기반의 농업분야 정보시스템 성숙도 모형을 개발하였다[12].

가트너그룹이 제시한 성숙도 모형은 변화하는 비즈니스 환경에 대응하기 위해 IT 기반구조의 민첩성을 높이기 위해 비즈니스 정책과 요구사항의 변화에 따라 동적으로 변하며 자동으로 설정과 최적화가 이루어지는 기반구조를 제안하였다[12]. 그러나 이 모형은 일반적인 기업 중심의 비즈니스 환경을 고려한 정보시스템 성숙도 모델이므로 농업분야 u-IT 모형의 성숙도 측정을 위해 직접적인 적용이 매우 힘들다.



<Figure 2> Information System Maturity Evaluation Model for Agricultural Sector

따라서 본 연구에서는 농업 및 사용자의 특성, 그리고 RFID/USN 기반 u-IT 모형 및 기술의 특성을 반영하여 기본, 체계화, 표준화, 통제 그리고 최적화의 5단계의 성숙도 수준으로 구성된 농업분야 정보시스템의 성숙도 모형을 제안하였다. 따라서 이러한 5단계의 성숙도는 앞서 제안한 u-Farm 서비스 온톨로지의 3개의 계층에 특성을 반영하여 <Figure 2>와 같이 구성된다. 또한 <Figure 2>에서 제시된 각 계층의 세부요소가 성숙도에 미치는 영향 및 중요성이 각기 상이하므로 이러한 각 세부 항목의 성숙도에 대한 가중치는 AHP(Analytic Hierarchy Process, 계층분석적 의사결정방법) 기법을 사용하여 설정하고 이를 지금까지 진행된 u-IT 시범사업의 평가 및 분석에 활용하였다.

2.2 시범 사업 평가 결과 및 개선 방향

개발된 성숙도 평가 모형을 이용하여 2011년까지 진행되었던 농업분야 u-IT 13개 시범사업들을 평가하고 분석하였다. 기반구조는 RFID와 USN의 두 가지 접근(Access) 기반구조와 핵심(Core)의 세 분야로 세분화 하였으며, 플랫폼의 경우에도 RFID 및 USN의 두 분야로 나누어 평가하였다. 농업과 관련하여 진행된 u-IT 기술 적용 시범사업들은 상기의 13개 사업보다 많았으나 시범사업 기간 종료 후 시스템의 유지 보수가 제대로 이루어지지 않거나 시스템의 활용성이 낮아 사용되지 않는 경우가 많으므로 평가가 가능한 13개의 시범사업을 <Figure 3>과 같이 평가하였다.

평가는 성숙도 모형으로부터 기본단계는 1점, 최적화 단계는 5점을 부여하는 방식으로 농업분야의 전문가로 구성된 포커스 그룹(Focus Group)에 대한 인터뷰 방식으로 평가하였다. 평가 결과, 거의 모든 시범사업이 2단계인 체계화 수준 혹은 그 이하의 수준에 있는 것으로 판명되었고, 시범사업의 유효성, 재사용성 및 호환성 등이 요구되는 표준화 단계에도 이르지 못했음을 확인할 수 있었다.

	Access Infrastructure (RFID)	Access Infrastructure (USN)	Core Infrastructure	Platform (RFID)	Platform (USN)	Application
Rice	2.62	2.43	2.12	2.36	2.2	1.52
Pork	2.47	1.96	2.11	1.92	2.2	1.46
Jeju HACCP	2.78	2.23	2.47	2.42	2.2	2.21
Jeju 1	2.66	2.23	2.12	1.97	2.43	1.79
Baikdoo(vegetables)	2.97	2.39	2.66	2.17	2.2	2.94
Mushroom	2.78	2.61	2.12	2.62	2.43	2.21
Paprika		2.43	2.59		2.43	2.68
Red pepper	2.62	2.61	2.36	2.36	2.2	1.46
Wrap vegetables		2.57	1.6		2.43	2.43
Traditional Food	2.47	2.61	2.12	2.42	2.2	1.46
Farm Tour	2.08	2.04	2.12	1.72	2.2	1.44
Green Tea	2.93	3.1	1.75	1.72	1.9	1.65
Flower		2.28	2.36		2.5	1.74

<Figure 3> Evaluation Result for u-Farm Trial Systems

저조한 성숙도 평가 결과의 주요 요인으로는 USN 시스템의 유연성 부족, 사용자에게 의한 센서 지표 입력, 데이터 중복, RFID 시스템 호환성 및 보안 고려 부족, RFID/USN 미들웨어 기능의 미흡과 표준화된 응용 프로세스의 부재 등이다.

이러한 성숙도 문제의 주요 해결 방안으로는 농업분야의 특성을 반영한 표준화된 정보 아키텍처와 정보서비스 프로세스 개발, 보안에 대한 고려, 시스템 편의성 및 확장성 고려, RFID/USN 데이터의 통합관리 및 제어를 위한 농업의 특성을 반영하는 RFID/USN u-Farm 미들웨어 적용, 사용자/비즈니스 요구사항 고려 및 장비 가용성 보장 등이라고 할 수 있다.

### 3. u-Farm 정보시스템 아키텍처

EA(Enterprise Architecture, 엔터프라이즈 아키텍처)는 조직, 정보, 시스템 기술이 복잡하게 얽혀져 있는 엔터프라이즈의 실체들에 대해 체계적 접근을 위한 논리적인 틀을 제공하는 것으로서 이해당사자가 필요한 상호관계성을 가지는 정보에 대하여 다양한 관점에서 바라볼 수 있는 방법과 지침을 제공한다[6]. 농업 분야에서는 다양한 u-IT 시범사업들이 공통된 목적을 지향하고 진행되고 이러한 과정에서 축적된 기술을 농업 u-IT 사업 전체에 적용할 수 있는 바탕이 되는 표준화된 u-Farm 엔터프라이즈 아키텍처가 필요하다.

#### 3.1 정보시스템 아키텍처 연구 현황

엔터프라이즈 아키텍처(EA)는 개발주체 및 사용하는 기관 및 조직에 따라 여러 형태로 제안되어 왔다[1, 2, 6, 14, 15]. EA의 사실상 표준으로 불리는 Zachman 모형에서는 복잡한 객체에 대한 이해도를 높이기 위해 데이터, 네트워크, 사용자 등 6개의 기능적 측면과 관점(Scope), 기업모델, 시스템모델, 기술모델 등 5개의 모델링 측면으로 구성된 30개의 내용을 명확하게 구분해 놓음으로써 복잡한 기술이나 방법론의 선택, 그리고 주어진 과제에 대한 적정 모델의 종류를 식별하고 중요한 문제를 정렬하는데 도움을 준다[15]. 이 아키텍처는 FEAF(Federal Enterprise Architecture Framework), DoDAF, TEAF 등의 다양한 EA 프레임워크들의 기반으로 사용되었으나 구체적인 정보시스템 구축 방법론을 제공하지 못한다는 문제점이 있다.

TOGAF(The Open Group Architecture Framework)가 EA 개발을 위한 프레임워크로 사용되는데, TOGAF는 아

키텍처 개발을 위한 구체적인 방법과 지원 도구에 대해 설명하고 있고 Open 소스 문서의 형태로 제공된다[14]. 그러나 TOGAF는 EA 산출물의 사례를 제공할 수는 있으나 구체적인 산출물을 제공하지 못하는 단점이 있다.

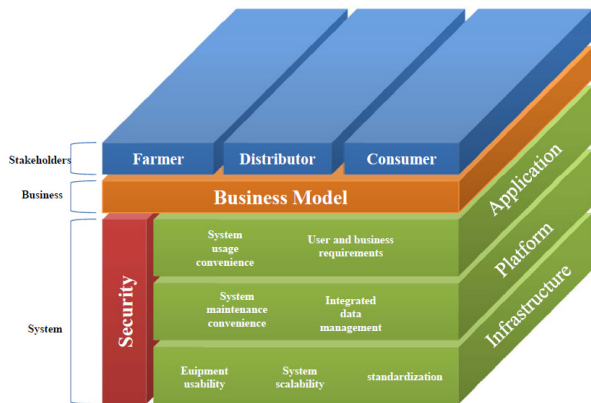
FEAF(Federal Enterprise Architecture Framework)는 미국방성에서 무기체계의 연동을 위해 제안된 EA이다[15]. FEAF 아키텍처는 비즈니스, 데이터, 응용, 기술 아키텍처의 4가지 계층으로 구성되어 있으며 비전, 전략적 지표, 엔터프라이즈의 기본요소를 기반으로 Zachman 모형을 이용한 세그먼트 아키텍처를 사용하여 목표 아키텍처를 도출한다.

상기의 대표적 EA들의 주요 특징 및 내용을 각각의 속성별로 비교 분석한 결과 이러한 아키텍처들은 공통적으로 비즈니스, 어플리케이션, 데이터, 테크놀로지의 네 계층을 갖는 계층적 구조로 구성됨을 알 수 있다. 그러나 이러한 EA들은 기업 혹은 정부 부문의 정보시스템을 정의하고 구현하는 목적을 지향하므로 이러한 EA에 참여하는 이해당사자 및 이를 사용하는 비즈니스 모델은 각각 상이하게 정의되고 있다. 따라서 이러한 비즈니스 모델 및 사용 행위를 지원하는 각 계층의 구체적 기능들도 상이하게 정의되어 있다는 문제점이 있다.

#### 3.2 u-Farm 엔터프라이즈 아키텍처 설계

본 연구에서는 농업분야의 특성을 반영하는 u-Farm EA를 설계하기 위해 기존 EA 모델들에서 공통적으로 제시한 4계층 구조 및 내용과 제 2.1절에서 제안한 u-Farm 온톨로지 구조를 반영하였다. 또한 u-Farm EA의 이해당사자 및 비즈니스 모델 등은 농업분야의 특성을 고려하여 새롭게 정의하고 제안하였다. 이와 더불어 u-IT 시범사업의 분석 결과 및 시사점들을 활용하고, 특히 주요 적용 핵심기술인 RFID/USN 기술의 특성을 반영하였다.

본 연구에서 제안하는 농업분야에 적합한 u-Farm EA는 기반구조(infrastructure), 플랫폼(platform), 응용(application)의 3계층으로 구성된다. 또한 이해당사자는 농산물 라이프 사이클 상의 다양한 참여자들을 생산자, 유통인 및 소비자의 세 그룹으로 나누었다. 비즈니스 모델 부분에서는 기존 시범사업 평가결과 RFID/USN 미들웨어 기능의 활용성이 낮고, 이러한 시스템을 활용하는 어플리케이션의 전반적인 수준이 낮은 것으로 나타났기 때문에 u-Farm EA에서는 각 이해당사자의 비즈니스 요구사항들을 파악하고 반영하여 다양한 농업분야의 비즈니스 모델 및 구현을 위한 세부 기능들을 정의하였다. 본 연구에서 제안하는 농업분야에 적합한 u-Farm EA 모형은 <Figure 4>와 같다.



<Figure 4> u-Farm Information Architecture

제안하는 u-Farm EA 모형에서 최상위 계층인 응용 계층에서는 상위의 비즈니스 모델들과 연계하여 사용자 및 비즈니스 요구사항을 반영하는 기능과 시스템 사용 편의성 제공 등이 주요 기능으로 정의된다. 중간 계층인 플랫폼 계층에서는 데이터의 통합관리 지원과 시스템 관리의 편의성 제공 등이 주요 기능으로 정의되었고, 최하위 계층인 기반구조 계층에서는 장비의 가용성, 시스템 확장성 및 기술표준의 준수 등을 주요 기능으로 정의되었다.

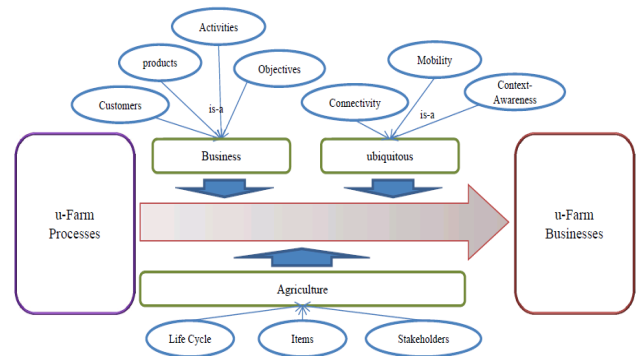
3.2.1 응용(Application) 계층

응용 계층에서는 상위의 비즈니스 모델들과 연계하여 사용자 및 비즈니스 요구사항들을 반영하고 시스템 사용의 편의성 제공 등이 주요 기능이므로 농업분야의 다양한 비즈니스 프로세스들을 정의하고 이를 구현하기 위한 기능들을 구체적으로 정의하는 것이 중요하다.

농업분야의 다양한 비즈니스 프로세스 및 세부 기능들을 정의하기 위해서는 농업 공급사슬 구조, 이해당사

자 및 농업의 각 분야에서의 요구사항을 분석하고 이를 기반으로 표준화된 다양한 비즈니스 프로세스 및 기능들을 정의하는 것이 필요하다. 이러한 요구사항은 전략적 요구사항, 사용자 요구사항 및 시스템 요구사항으로 구분할 수 있고, 각 요구사항은 <Figure 5>에서 제시된 바와 같이 세부적인 요구사항들로 정의될 수 있다. <Figure 5>는 본 연구를 통해 도출한 농업분야에 적합한 u-Farm 요구사항들을 나타낸다.

농업분야의 비즈니스 프로세스 도출을 위해서 농업분야를 곡물, 축산 그리고 청과의 3가지 분야로 나누고 각 분야별로 비즈니스 특성, u-IT 기술의 특성 및 농업분야의 특성으로 구성된 온톨로지를 <Figure 6>과 같이 적용하여 다양한 농업 비즈니스 프로세스들을 도출하고 정의하였다.



<Figure 6> Application of Ontology for Deduction of u-Farm Business Processes

도출된 주요 비즈니스 프로세스들과 이를 위한 기능들은 각각 <Table 1>과 <Table 2>와 같다.

<Table 1> Major u-Farm Business Processes

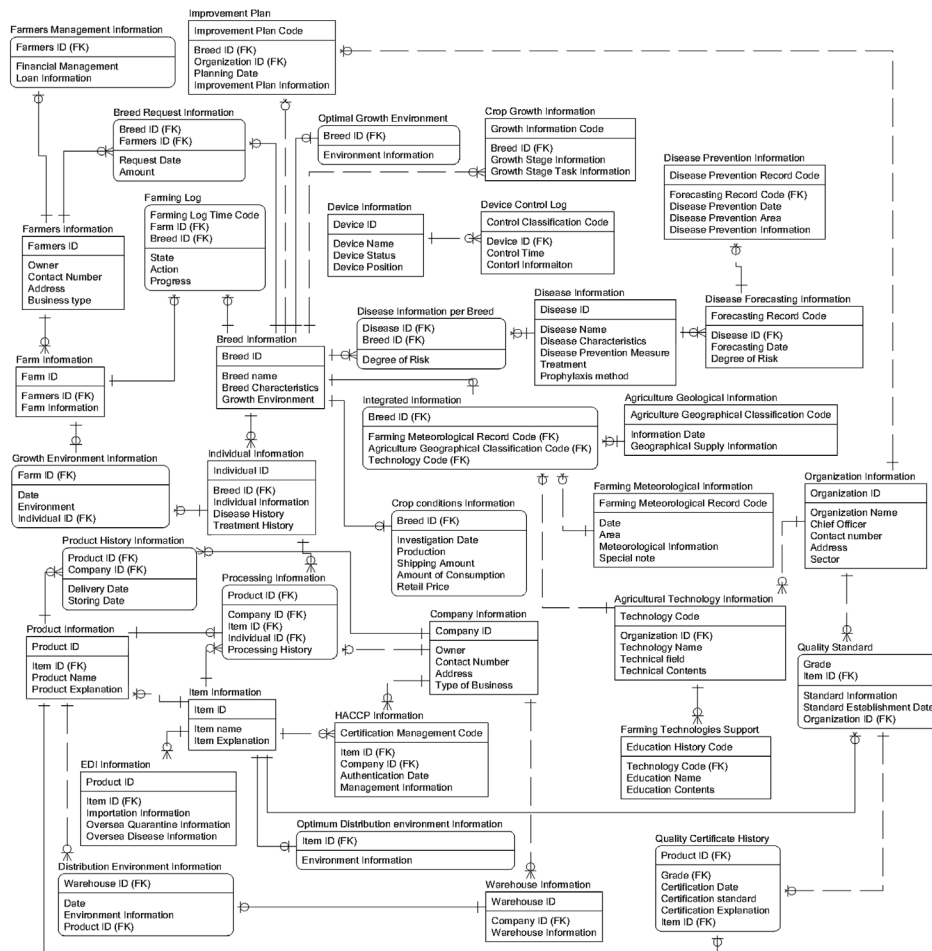
<b>u-Farm Strategic Requirements</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure improvement of agriculture</li> <li>• Welfare improvement of agricultural communities</li> <li>• Organization and scale promotion of agriculture</li> <li>• Brand of agricultural cooperative federation</li> <li>• Credibility improvement of consumers</li> <li>• Increase of price competitiveness</li> </ul>
<b>u-Farm User requirements</b>	<b>Farmers</b> • convenience for production and distribution
	<b>distributor</b> • efficient distribution
	<b>Consumers</b> • Improvement of food safety • Environment-friendly and high-quality agricultural products
<b>u-Farm System Requirements</b>	<b>Application</b> • need for site-based and user-based agricultural administration
	<b>Platform</b> • management of integrated data
	<b>Infrastructure</b> • innovation of R&D and technology supply system

<Figure 5> u-Farm Requirements

<b>Support Functions</b>	Crop Area Decision Support, Fruit and Vegetable Seeding/Variety Decision Support, Farmer's Marketing Support, Government Purchase Subsidy, Farm Management Support, Livestock Direct Marketing Support, Growth Management, Seed Management, Livestock Identification Management, Livestock Growth Management, Animal Disease Prevention and Control, Agricultural Quality Assurance
<b>Core Functions</b>	Livestock Grading System Management, Crop Distribution Support, Livestock Distribution Support, Fruit and Vegetable Shipping Support, Traceability Management Systems (Growth History Inquiry for Agricultural Products, Distribution History Inquiry for Agricultural Products, Growth History Inquiry for Livestock Products, Distribution History Inquiry for Livestock Products), Agricultural Technology Development, New Seed Varieties Distribution

<Table 2> Major u-Farm Business Functions

Farming Case Mgmt.	Entrusted Storage(RPC)	Demand Situation Analysis
Farm Mgmt Analysis	Farm Storage	Distribution Situation Analysis
Integrated DB	Commercial Mill Storage	Inventory Analysis
Growth Management	Livestock Identification Mgmt.	Shipping Schedule Analysis
Crop Situation Survey	Livestock Grading	Grain Drying
Production Cost Estimation by Variety	Storage Chain Mgmt.	History Information Collection
Production Plan	Shipping Mgmt.	HACCP Mgmt.
Seed Distribution	Government Purchase	Grade Mgmt.
Shipping Schedule Analysis	Distribution Chain Mgmt.	Distribution Inspection
Market Analysis	Electronic Commerce	Animal Disease Report
Shipping Planning	Classification	Animal Disease Diagnosis
Demand and Supply Forecasting	Food Safety Mgmt.	Meat and Poultry Inspection
Demand and Supply Outlook	Food and Drug Safety Standard Mgmt.	Livestock Safety Mgmt.
Cultivation Mgmt.		



<Figure 7> Logical ERD for Agricultural Sector

3.2.2 플랫폼(Platform) 계층

플랫폼 계층은 농업분야의 각종 데이터의 통합관리 지원과 시스템 관리의 편의성 제공 등이 주요 기능이다. 따라서 구체적인 플랫폼 계층의 구현을 위한 기초 단위로써의 농업분야 데이터를 엔티티(Entity) 단위로 정의하고 농업의 분야, 비즈니스, 농산물 라이프 사이클을 기준

으로 농업분야 데이터 관계도(ERD)를 <Figure 7>과 같이 도출하였다. 본 연구에서 제시된 ERD는 향후 u-Farm 시스템에서 사용 될 데이터의 표준화 방향 및 기반을 제공할 수 있도록 설계되었으며 비즈니스 목록에서 도출한 비즈니스 기능들의 실현을 위한 기반 데이터 구조로 활용될 수 있을 것이다.

3.2.3 기반구조(Infrastructure) 계층

기반구조 계층에서는 u-Farm 시스템의 물리적 구현을 위한 장비의 가용성, 시스템 확장성 및 기술표준의 준수 등이 주요 기능이다. 이를 위해서는 u-Farm 정보시스템의 구성도와 비즈니스 프로세스 설계서 등을 바탕으로 시스템을 구성하는 객체들을 파악하고, 이러한 객체들을 연계시키는 주요 요소 기술들을 식별하고 정의하는 과정을 통해 설계한다.

본 연구에서는 도출된 농업분야 비즈니스의 기능들과 이에 따른 표준 기능들을 식별하여 상위의 비즈니스 프로세스들을 지원하는 기술들을 분석하였다. 최종적으로는 도출된 객체들과 비즈니스 기능들의 관계를 파악하여 u-Farm 시스템 내에서 사용될 수 있는 주요 기술들을 정의한 기술구성도를 작성하였다. 또한, 각 기술 별 구현 및 사용 원칙 그리고 세부 기술 별 프로파일을 정의하여 u-Farm 시스템 표준 기술 프로파일을 도출하였다. 이와 더불어 현재 u-Farm 시스템에서 사용되고 있는 기술 인프라의 구성을 분류하고 분석하여 각 영역별로 기술이 가지는 주요 제약 사항들을 분석하였다. <Figure 8>은 도출된 표준 기술 프로파일의 예를 제시한다.

4. u-Farm RFID/USN 정보 관리기술

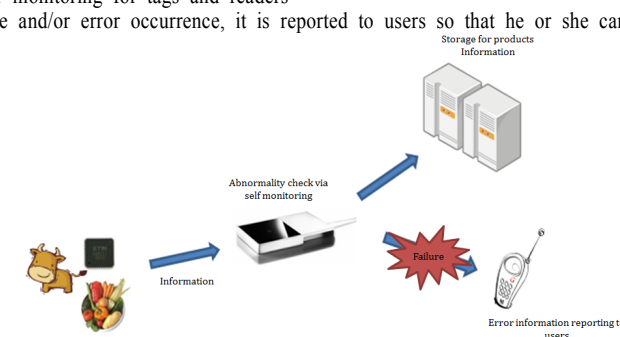
4.1 RFID/USN 통합 정보관리 미들웨어

본 연구에서 제안한 u-Farm EA는 농업분야 u-IT 적용

사업 추진을 위한 표준 참조 모델로 활용될 수 있다. 그러나 이를 반영한 u-IT 사업의 효과적인 적용을 위해서는 플랫폼 및 기반구조 계층의 주요 핵심기술인 RFID/USN 기반의 표준화되고 농업분야의 특성에 적합한 RFID/USN 정보관리 기술의 개발이 필수적이다. 특히 기존 u-IT 시범사업 평가 결과 RFID/USN 미들웨어 기능의 활용성이 낮고, 이러한 시스템을 활용하는 어플리케이션의 전반적인 수준이 낮은 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 제안된 u-Farm EA를 기반으로 RFID/USN 기반의 표준화된 정보관리 기술을 개발하였고, 이를 위해 첫 번째로는 농업분야의 특수성을 반영한 RFID/USN 미들웨어를 개발하였다. 농업분야에서는 RFID 혹은 USN을 이용하여 측정된 관측 값의 경우 관리범위의 임계값이 특정 범위에 속하는 경우가 많지만 이러한 임계값이 농산물 품목별로, 라이프 사이클 별로 혹은 사용 목적에 따라 매우 다양하게 나타난다. 또한 농민, 유통업체 등 기술에 익숙하지 않은 실사용자의 데이터 및 시스템 관리의 편의성을 제공하기 위해서는 실시간으로 발생하는 수많은 데이터의 효율적 관리를 위한 데이터 필터링 등의 간편하고 효과적인 정보관리 기능의 제공이 필수적이다.

두 번째로는 RFID와 USN 기능을 모두 통합할 수 있는 통합 플랫폼의 개발이다. 농업의 경우 생산에서 소비자까지의 공급사슬 전 단계에서 RFID와 USN의 기능이 부분적으로 사용되고 이러한 기능들이 통합되어 하나의 서

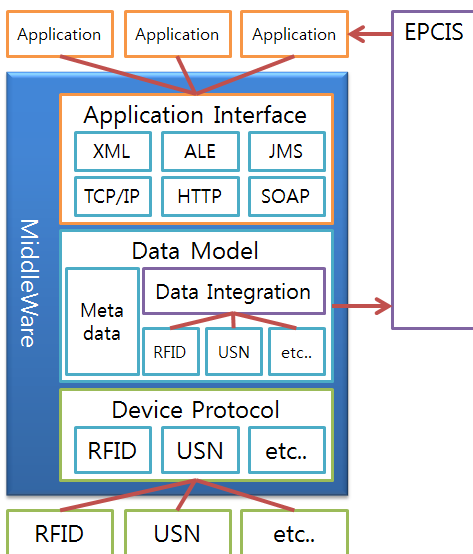
Infrastructure		Technology Area			RFID
Use and operational convenience	Realization of RFID technology for user oriented operation and maintenance convenience				
contents	Technology	Current technology	User oriented	Target Technology	Self-monitoring and intelligent operation system
	Standard	Telecommunications and Technology Association(TTA) Standard, 2009			
	Target Technology Standard	Realize improved operation and maintenance capability through adoption of the self-monitoring function to the user-oriented approach			
	Technology definition 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Self-monitoring Technology</li> <li>• Failure and error monitoring for tags and readers</li> <li>• In case of failure and/or error occurrence, it is reported to users so that he or she can treat it rapidly</li> </ul> 			
	Technology definition 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID soft infra-ware technology</li> <li>• Manages the AIDC(Auto Identification Data Capturing) devices together, analyzes data collected from these devices in real time, and transfer it to the proper RFID application services.</li> <li>• Users control the function and treat failures and errors upon reception of them.</li> </ul>			

<Figure 8> An Example of Technology Definition for Infrastructure Layer

비스로 제공되는 경우가 많다. 예를 들어 농산물을 생산, 저장 및 출하의 경우 각 단계에서 USN, RFID/USN 그리고 RFID 기능들이 부분적으로 사용되고 이러한 정보들이 통합되어 생산정보의 형태로 공급사슬 상의 다음 단계인 유통업자, 도소매인 혹은 소비자에게 제공되게 된다. 그러나 생산자인 농민의 경우 RFID 미들웨어와 USN 미들웨어를 각각 구입하여 운영하는 것은 비용 측면과 활용성 측면에서 많은 문제를 야기한다.

마지막으로, 농업분야는 생산, 유통, 소비의 농산물 공급사슬 상에 다수의 이해당사자들 존재하고 공급사슬의 각 단계별로 다양한 정보관리시스템이 존재하므로 공급사슬의 각 단계에서 공통적으로 사용될 수 있는 공통 플랫폼 기능을 제공할 수 있는 RFID/USN 기반의 미들웨어를 개발하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 위의 세 가지 사항과 농업분야의 특성을 반영한 u-Farm 미들웨어를 <Figure 9>과 같이 제안하고 개발하였다. 제안된 u-Farm 미들웨어인 u-Farmware는 Device protocol 서브시스템, 데이터 모델 서브시스템, 그리고 응용 인터페이스 서브시스템으로 구성된다. 응용 인터페이스는 어플리케이션과의 데이터 교환을 위한 통신 프로토콜과 메시지 형식을 정의하여 어플리케이션과 데이터를 교환하도록 한다. 데이터모델은 메타데이터를 정의하고, 쿼리 처리를 위한 API를 제공하며, 데이터 통합을 위한 RFID와 USN 데이터 통합 및 EPCIS 구조를 정의한다. Device Protocol에서는 RFID 태그 및 리더, USN 게이트웨이와의 메시지 정의 및 제어 메시지를 정의하고, 메시지 처리 절차에 대하여 정의한다. 또한 RFID 기반의 정보서비스를 위해 EPCIS(EPC Information System)와의 인터페이스 기능도 제공하는 구조로 설계되었다.

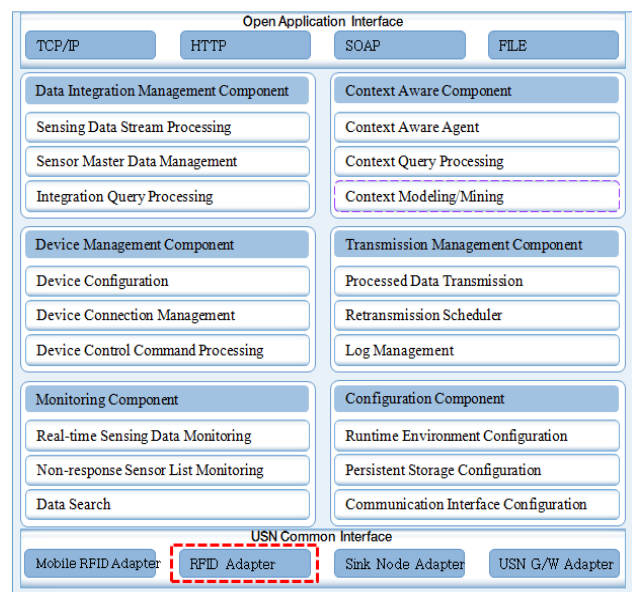


<Figure 9> u-Farm Middleware Structure

## 4.2 u-Farmware USN 센서정보 관리모듈

USN 센서정보 관리모듈은 USN 데이터는 물론 RFID 데이터까지 수용하여 처리하고 외부에 정보를 제공할 수 있는 구조로 설계되었다. 이를 위해 USN 공통 인터페이스(common interface)는 다양한 입력 장치를 사용할 수 있는 어댑터(adapter) 모듈을 제공하며, 특히 RFID 데이터는 RFID Adapter를 통하여 리더에 의해 판독된 데이터를 받을 수 있도록 설계되었다.

USN 센서정보관리 모듈의 주요 구성 컴포넌트는 데이터 통합관리(data integration management), 상황인지(context aware), 기기관리(device management), 전송관리(transmission management), 관제(monitoring) 및 구성(configuration) 컴포넌트로 구성된다. 데이터 통합관리 컴포넌트는 이기종 센서네트워크로부터 수집된 센싱데이터를 필터링 및 분석한 후 센서 마스터데이터와의 연계를 통해 의미 있는 상황정보를 추출하고, 미들웨어 내의 다른 컴포넌트들에게 센싱데이터 및 마스터 데이터에 대한 질의처리를 수행하며, 메모리 큐와 멀티쓰레드의 효율적 관리를 통한 빠른 데이터 처리 등을 지원한다. 상황인지 컴포넌트는 멀티 에이전트를 통한 센서유형별 데이터 분석 및 에이전트간 협업 제공, 센서유형별로 설정된 조건정보의 범위를 벗어나는 데이터 감지시 SMS메시지를 통한 상황 정보 전달, 상황정보의 분석, 저장 및 검색, 그리고 상황정보의 모델링 및 마이닝을 제공한다. <Figure 10>은 u-Farmware의 USN 센서정보관리 모듈의 주요 기능을 나타낸다.

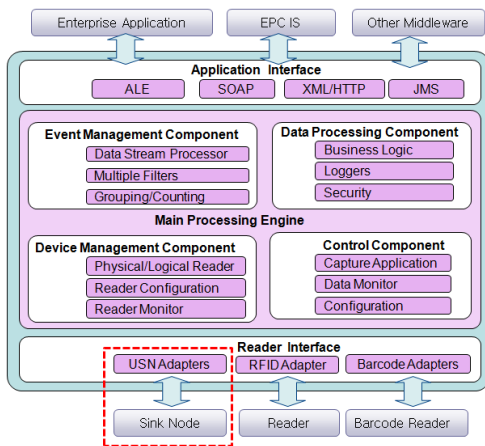


<Figure 10> u-Farmware USN Information Management Module



### 4.3 u-Farmware RFID 정보 관리모듈

RFID 정보 관리모듈은 RFID 데이터는 물론 USN 및 바코드 데이터까지 수용하고 처리하여 외부에 정보를 제공할 수 있는 구조로 설계되었다[13, 11, 10]. 이를 위해 RFID 공통 인터페이스는 RFID, USN 및 바코드 데이터 인터페이스를 위한 어댑터 모듈을 제공한다. 이 모듈은 EPCglobal의 ALE 1.1(application level event 1.1)을 지원하며 제어(control), 장치관리(device management), 데이터 처리(data processing) 및 이벤트관리(event management) 컴포넌트로 구성된다. <Figure 11>은 u-Farmware의 RFID 정보관리 모듈의 주요 기능을 나타낸다.



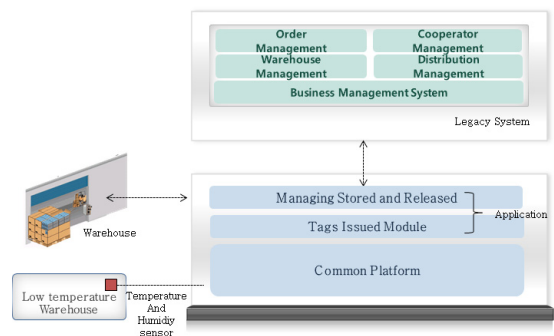
<Figure 11> u-Farmware RFID Information Management Module

## 5. 현장 적용 시험 및 검증 연구

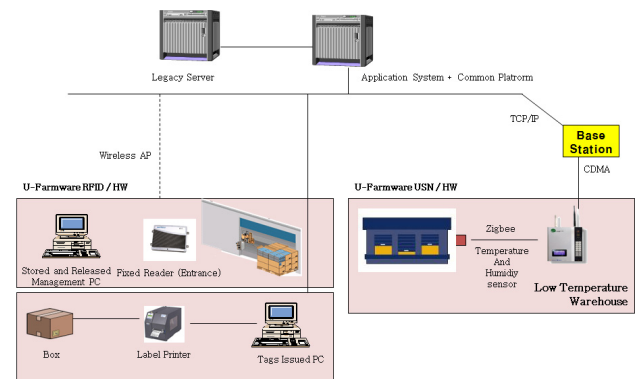
### 5.1 현장 적용 시험 모형 구축

u-Farm 아키텍처와 RFID/USN 정보 관리기술의 검증 및 시험을 위해 실제 농산물 공급사슬관리 프로세스에 적용하여 현장 적용 및 검증 시험을 실시하였다. 농산물 공급사슬의 특성상, 생산, 저장, 출하, 유통, 소비의 전 단계에 걸친 현장시험은 비용이 많이 들고, 시간 및 실현 가능성 측면에서 불가능하다. 따라서 개발한 u-Farm EA와 RFID/USN 정보 관리기술의 종합적 검증 및 평가가 가능한 적절한 대상 품목과 공급사슬 단계를 선정하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 대상 품목으로서는 청과분야에 속하는 사과를 선정하였고, 정보관리기술의 종합적 검증을 위해 생산, 저장, 출하 및 유통 단계를 모두 제공할 수 있는 APC(Agricultural Process Center)를 선정하였다.

적용 범위는 사과의 공급사슬 전 단계를 대상으로 하였으나 실측 데이터와 일부의 가상의 데이터를 혼합하여 활용하였다. 생산 단계의 경우, 정보 실측 기간이 매우 길고 실측 데이터를 얻기 위한 시스템 적용의 경제적 한계점이 있으며, 유통 단계의 경우에도 시스템을 적용한 APC로부터의 출고 이후 과정은 생산자의 개인정보보호 및 실제 유통과정의 혼란 등의 어려움이 있으므로 가상 데이터를 활용하였다. 따라서 실측데이터의 수집 범위는 사과 생산이후 APC로의 입고, 저장 및 출고 과정에서 발생하는 데이터이다.



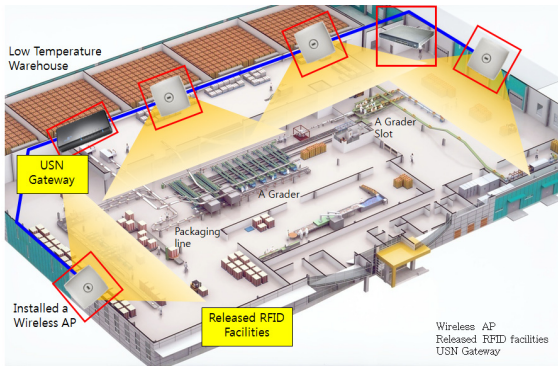
<Figure 12> Service Concept for Field Trial



<Figure 13> Hardware Configuration for Field Trial

현장 적용시험은 예산의 사과 APC를 대상으로 실시하였다. 시험을 위한 서비스는 사과저장 창고의 운습도 등의 관리를 위한 센서정보 측정 및 관리, 로트(lot) 단위의 출하정보 관리를 위한 RFID 기반의 입출고 관리, 그리고 주문, 업체, 창고 및 유통관리를 위해 구축된 경영관리 레가시(legacy) 시스템과의 연동 기능을 시험하였다. 시험을 위해 RFID 태그발생기, 리더기 및 서버 등의 HW와 센서시스템을 위한 운습도 센서, Zigbee/CDMA 통신 모듈 HW, RFID/USN 정보관리 및 응용을 위한 공통플랫폼 HW 그리고 Legacy 서버로 구성되는 HW 시스템을 구성하였다.

<Figure 12>과 <Figure 13>는 각각 현장적용 시험을 위한 서비스 개념도와 현장시험 HW 및 네트워크 구성도를 나타낸다. 또한 <Figure 14>와 <Figure 15>는 현장시험이 실시되는 예산 사과 APC의 시스템 배치 상황 및 현장적용 시스템 구축 및 운영 사례(예시)를 각각 나타낸 것이다.



<Figure 14> An Overview of Apple APC



<Figure 15> An Example of Field Trial System Operation

## 5.2 현장 적용 시험 결과 및 분석

u-Farm 현장 적용 시험 결과에 대한 평가를 위해 핵심 기술인 RFID/USN Farmware의 성능과 u-Farm 아키텍처의 적용성을 평가하였다. u-Farmware의 성능 평가는 계획한 기능의 작동 여부와 목표 수준 달성 여부에 의해 이루어졌고, u-Farm 아키텍처의 적용성은 생산자, 저장 및 출하 정보 등 정보제공 비즈니스 프로세스의 반영도 기능 검증 시험을 통해 이루어졌다.

### 5.2.1 u-Farmware 기능 시험

RFID/USN 기반의 미들웨어인 u-Farmware의 정보관리 기능시험은 저장, 관리, 출하 단계의 특성상 주로 생산품의 입출고에서 발생하는 RFID 태그 인식과 사과를 저장하는 과정에서 발생하는 저장정보의 인식, 그리고 출하 시에 저장정보를 생산품 이력정보와 연계하는 것을 중심으로 주요 정보관리 기능과 시스템 성능을 검증을 통해 실시하였다.

RFID 정보관리 기능의 경우 물리 리더 관리, 논리 리더 관리, 이벤트 관리 및 이벤트 구독관리의 네 분야로 나누고 각 세부 기능에 대해 기능 검증 시험을 실시하였다. USN 정보관리 기능의 경우 센서 등록 관리, 조건 정보 관리 및 로그데이터의 세 분야로 나누어 각 세부 기능에 대해 기능 검증 시험을 실시하였다.

<Table 3> Functionality Evaluation Results

	Area	Field	Goal	Result
RFID	Physical reader management	Physical reader properties management	○	○
		Physical reader connection/control	○	○
		Physical reader performance monitoring	○	○
	Logical reader management	Multiple physical readers mapping	○	○
		Multiple physical reader information integration	○	○
	Event management	Event source setting	○	○
		Event boundary setting	○	○
		Event reporting format definition	○	○
	Event subscription management	Event subscriptions registration/deregistration	○	○
		Event relay	○	○
USN	Sensor registration management	Sensor registration/edit/remove	○	○
		Sensor group setting	○	○
		Sensor site setting	○	○
	Condition information management	Parameters setting function	○	○
		Emergency setting function	○	○
		Conditions change function	○	○
Log data	Various search functions	○	○	
	Automatic delete function	○	○	
	Status display function	○	○	
	Log status monitoring suspension function	○	○	

<Table 4> Performance Evaluation of Field Trial System

	Area	Field	Goal	Result
RFID	Environmental information	Num. of registered physical readers	100	136
		Num. of registered logical readers	100	130
		Num. of registered events	50	100
		Num. of subscriptions of registered events	150	200
	Tag processing	Tag processing speed	100 (tag/s.)	136 (tag/s.)
		Event processing	Num. of concurrent events	50
USN	Environmental Information	Num. of registered sensors per group	255	500
		Num. of registered groups per site	255	500
		Num. of registered sites per product	255	500
	Registration number of SMS	Num. of receivers	255	255
		Emergency setting function	○	○
	Log	Maximum num. of log data	2,000K	2,000K
		Num. of log receivers	255	255

시스템 성능의 경우, RFID는 환경정보, 태그처리 및 이벤트 처리 분야에 대해, 그리고 USN의 경우는 환경정보, SMS 등록 수 및 로그의 분야에 대해 세부적인 시스템 성능 검증 시험을 실시하였다.

5.2.2 u-Farm 아키텍처 적용성 평가

u-Farm 아키텍처의 적용성 평가를 위해 본 연구에서 TPM((Technical Performance Measure, 기술성능측정) 모형을 개발하고 현장적용시험의 결과를 평가하였다. TPM 모형의 평가지표는 추상성(abstraction), 정합성(validation), 가용성(availability), 정확성(verification)이다. 추상성은 미들웨어의 표준 API 지원성능, 정합성은 사용자 요구사항 반영의 정확성, 가용성은 다양한 기기중 시스템의 지원성능, 그리고 정확성은 요청 정보에 대한 응답의 정확성이다.

개발된 TPM 지표들을 이용하여 현장시스템의 실 사용자 만족도를 생육정보, 평균생산량, 영농사례비교, 저장관리정보, 출하결정, 재고확인 및 소비정보 확인 등 다

양한 정보서비스 제공성의 측면에 대하여 평가하였다. 평가는 실 사용자의 만족도를 0(매우 불만족)부터 9(매우 만족)까지의 10단계로 분류하고 농업분야의 전문가로 구성된 포커스 그룹에 대한 인터뷰 방식으로 실시하였다. u-Farm 시범모형의 평가 결과 상기의 다양한 정보서비스 제공 측면에 대해 네 가지의 TPM 지표가 평균적 만족도 기준보다 매우 우수한 것으로 나타났다. <Figure 16>과 <Figure 17>은 사과 APC에서의 중요 정보서비스인 저장관리정보의 제공성과 출하결정 정보의 제공성 측면의 평가결과를 나타낸 것이다.

6. 결론 및 시사점

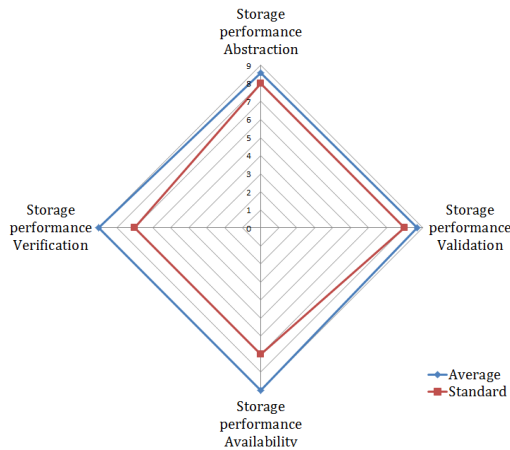
본 연구에서는 농업분야 특성을 반영한 표준화된 정보 아키텍처인 u-Farm 아키텍처와 이의 적용을 위한 핵심 기술인 RFID/USN 정보관리 기술과 u-Farmware와 같은 미들웨어 기술을 개발하였다. 개발된 u-Farm 아키텍처의 적용성과 RFID/USN 정보 관리기술의 기능 및 성능을 검증하고 평가하기 위해 사과 APC를 중심으로 현장 검증시험 및 평가를 실시하였다. 평가결과 본 연구에서 개발한 u-Farm 아키텍처와 u-Farmware 기술의 적용성 및 유효성이 상당히 우수한 것으로 판명되었다.

본 연구에서 제안된 u-Farm 아키텍처와 RFID/USN 정보 관리기술은 향후 농업 분야의 ICT 융합 시스템 및 서비스 개발의 주요 표준화 정보 아키텍처 및 정보기술 기본 모델로 활용될 수 있을 것이다. 또한 본 연구에서 제시한 성능분석을 위한 TPM 지표와 현장검증 평가기술은 향후 농산물 ICT 융합 사업의 효과성 및 성능 평가의 주요 성능지표로 활용될 수 있을 것이다.

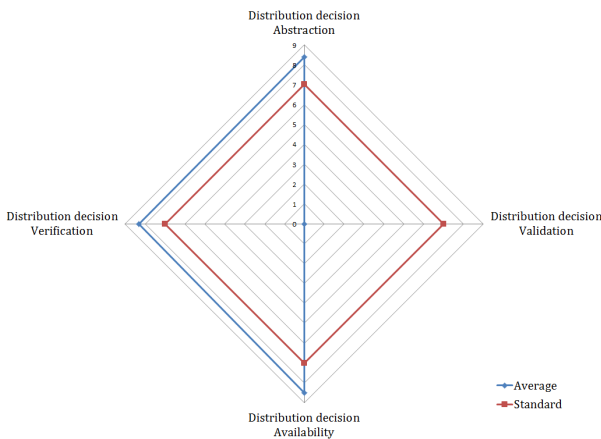
그러나 u-Farm 아키텍처와 RFID/USN 정보 관리기술은 사과 APC를 중심으로 주요 기능 및 적용성 시험을 실시하였으므로 다양한 농업 상품과 해당 상품의 공급사슬 전 단계에 대해 보다 광범위한 시험, 평가 및 이에 따른 보완개발이 필요하다. 또한 개발한 아키텍처 및 정보관리기술의 농업 전반에 대한 적용 및 확산을 위해서는 농축산물 이력관리시스템 등 관련 정보시스템과의 연동 기술 개발도 필요하다. 이와 더불어 농업분야의 ICT 융합 관련법과 제도의 개선, 농민 등 관련 이해당사자에 대한 홍보 및 교육 방향에 대한 연구도 필요하다.

Acknowledgement

이 논문은 2012년도 중앙대학교 연구년 결과물로 제출됨.



<Figure 16> Storage Performance Evaluation Result



<Figure 17> Distribution Decision Evaluation Result

## References

- [1] Chief Information Office Council, A practical Guide to Federal Enterprise Architecture-version 1.0, 2001.
- [2] Harmon, P., Developing an Enterprise Architecture. *Business Process Trend-white Paper*, 2003.
- [3] Kang, S., Kim, S., Lee, J., and Kim, H., USN Based Agricultural IT Convergence Technology Trends. *Trends in Electronics and Telecommunications*, 2011, Vol. 26, No. 6, pp. 96-107.
- [4] Kim, D. and Jung, H., Networking based Technology Standardization for Agricultural Sector. *TTA Journal*, 2012, Vol. 149, pp. 76-79.
- [5] Kim, J., Agriculture and IT-Telecommunications Leads Future. *Agriculture, Fishery and Environment*, 2012, Vol. 116, pp. 14-25.
- [6] Kim, W. and Byun, Y., Design and Implementation of Semantic Web Ontology for Enterprise Architecture. *Journal of the Korea society of IT services*, 2008, Vol. 7, No. 3, pp. 239-252.
- [7] Lee, C., Jang, K., Kim, J., and Yoo, W., A Simulation Study for RFID Application to the Port Container Terminal. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2007, Vol. 30, No. 4, pp. 30-38.
- [8] Ministry of Administration and Safety(MOAS), Technical Guidance for Construction and Operation of Information Systems. *Notification of the MOAS*, 2011-36, 2011.
- [9] Paek, M. and Ko, S., The Study on RFID Traceability System for Animal Identification. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2008, Vol. 31, No. 1, pp. 116-123.
- [10] Park, C., Bae, S., and Ko, R., Development of RFID Middleware with Business Process Logic Representation Capability. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2008, Vol. 31, No. 3, pp. 80-89.
- [11] Ryu, S., Oh, S., Park, S., and Oh, D., Cooperative Data Stream Filtering for Sensor Tag. *Journal of KICS*, 2011, Vol. 36, No. 8, pp. 683-690.
- [12] Scott, D. et al., Introducing the Gartner IT Infrastructure and Operations Maturity Model. Gartner for IT Leaders, 2007.
- [13] Shin, D., Park, S., Ok, D., and Ryu, S., A Smoothing Data Cleaning based on Adaptive Window Sliding for Intelligent RFID Middleware Systems. *Journal of Intelligence and Information Systems*, 2014, Vol. 20, No. 3, pp. 1-18.
- [14] The Open Group, "The Open Group Architectural Framework(TOGAF)-Version. 8.1," 2003. 12, <http://www.open-group.org>.
- [15] Zachman, J., A Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal*, 1987, Vol. 26, No. 3, pp. 276-292.

## ORCID

- Seungwan Ryu | <http://orcid.org/0000-0001-7302-7907>
- Sei-Kwon Park | <http://orcid.org/0000-0002-8707-5843>
- Dongok Oh | <http://orcid.org/0000-0002-1621-8560>
- Young-Jun Kang | <http://orcid.org/0000-0002-2548-510X>
- You-Jin Park | <http://orcid.org/0000-0002-1006-5380>
- Dong-Cheon Shin | <http://orcid.org/0000-0002-0951-007X>