모바일 RFID 장치를 이용한 박물관 관리 시스템 설계 및 구현

김영일*, 정태수*

Design and Prototype Implementation of Museum Asset Management System Using Mobile RFID Devices

Young-Il Kim, Tae-Su Cheong

Abstract

As the research activities related to 'Ubiquitous Computing' whose concept was introduced by Mark Weiser are growing, RFID (Radio Frequency Identification) technology has recently gained attention as a technology to advance the ubiquitous computing and a lot of related researches are also in progress. Research works done so far are mainly linked to the situation that the research outputs apply to meet the requirements for asset tracking and data sharing with partners over supply chain by using fixed RFID readers. However, it is essential that users have access to real-time information about the tagged objects and services whenever and wherever they want in the era of ubiquitous computing, so mobile devices – including PDA, smart phone, cellular phone, etc - which are equipped with an RFID reader can be regarded as an essential terminal for users living in ubiquitous computing environment. As far as the application with mobile devices are concerned, there are many considerations due to their limited capabilities of data processing, battery consumption and so on.

In this paper, we review the generic RFID network model and introduce the revised RFID network model in consideration of incorporation with mobile devices equipped with an RFID reader. Also, we derive the requirements for software embedded within an RFID- enabled mobile terminal and then discuss essential components for implementation. Moreover, we develop the applications for asset management at museum by using mobile RFID network model.

***Key Word** : Mobile RFID, Ubiquitous, Museum Asset Management*

---

* 한국전자통신연구원 텔레매틱스 · USN연구단 RFID/USN미들웨어연구팀 연구원

1. 서론

최근들어 인터넷의 발달과 시스템간의 통합 기술에 대한 연구가 활발해 지면서, 1988년에 마크와이저가 처음으로 사용하여 큰 연구 성과를 내지 못했던 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 연구가 다시금 활성화되고 있다[1]. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅을 실현하기 위한 핵심 기술로서 홈네트워킹, 센서 네트워크, 텔레매틱스, 자동식별 및 데이터 수집 등 다양한 분야들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 모든 사물에 고유의 ID를 부여하고 이에 대한 정보를 네트워크에 구축하여 활용하고자 하는 RFID 기술이 주목받고 있으며 RFID 기술을 도입하기 위해 다각도로 연구가 진행 중에 있다. RFID 시스템은 무선 주파수를 이용하여 기존의 바코드로 구성된 시스템보다 높은 인식율을 보여주고 있으며, 동시에 여러 개의 물체를 인식할 수 있어 보다 효과적으로 비즈니스를 처리할 수 있게 된다[2].

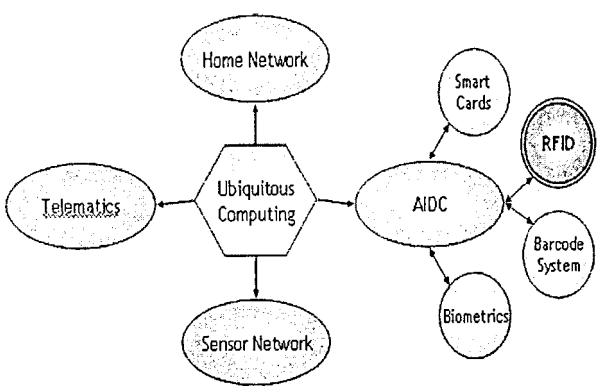

그림 1. 유비쿼터스 컴퓨팅과 관련된 연구 분야들

초기의 RFID와 관련된 연구 및 시장 형성은 공급망관리(SCM, Supply Chain Management) 분야에서 사물의 유통 흐름을 파악하기 위한 방법으로 가장 활발한 연구가 진행됐으며, 점차적으로 그 활용도를 넓혀 최근에는 휴대폰과 PDA와 같은 모바일 장비를 통해서 사용자가 손쉽게 사용할 수 있는 분야에 대한 연구로 확산되고 있다.

현재 RFID 태그를 통해 인식된 식별자를 어떻게 활용할 것인가에 대한 문제를 해결하기 위해 다양한 RFID 네트워크 모델이 제시되고 있다. 그러나 대부분의 모델은 고정형 리더기를 이용하는 방식을 위주로 하고 있으며 주위에 있는 사물에 대한 정보를 이동식 리더기가 장착된 모바일 장비를 통해 실시간으로 얻게 되거나, 어디서든지 마음에 드는 물건을 모바일 장비를 통해 인식하고 바로 주문할 수 있는 서비스를 제공하는 등과 같은 서비스를 위한 RFID 네트워크 모델에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 이와 같은 모바일 장비를 통한 서비스 모델은 장비의 연산 능력 및 가용 리소스에 제한이 있을 수 있으므로 이를 고려한 RFID 네트워크 모델이 필요하게 된다.

본 논문에서는 먼저 기존의 RFID 네트워크 모델을 살펴보고, 이를 기반으로 모바일 환경에서 RFID와 관련된 작업의 효율성을 높일수 있는 모바일 RFID 네트워크 모델을 제시하고자 한다. 또한 설계된 모바일 RFID 네트워크 모델을 기반으로 모바일 장비를 이용한 박물관 관리 시스템을 설계하고, 구현함으로써 모바일 RFID 네트워크 모델의 활용성을 제시하고, 향후 모바일 RFID 네트워크 모델의 발전을 위한 연구 방향을 제시하고자 한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제안된 일반적인 RFID 네트워크 모델에 대하여 살펴보고, 3장에서는 2장에서 살펴본 RFID 네트워크 모델을 기반으로 모바일 환경을 고려한 모바일 RFID 네트워크 모델을 제시하며, 4장에서는 제시된 모델을 활용한 박물관 관리 시스템의 설계 및 구현을 설명한다. 끝으로 5장에서는 결론 및 모바일 RFID 네트워크 모델의 향후 연구방향에 대하여 설명한다.

2. RFID 네트워크 모델 분석

RFID 기반의 시스템은 기본적으로 사물에 부착될 태그와 이를 인식하는 리더기, 리더기로부터 데이터를 전달받아 필터링이나 그룹핑을 통해 응용 프로그램에 전달하는 미들웨어, 최종적으로 데이터를 이용하여 서비스를 제공하는 응용 프로그램으로 구성된다.

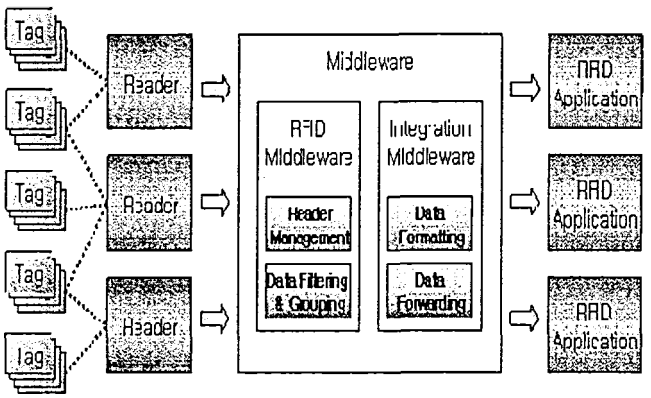

그림 2. RFID 네트워크의 기본 구성 요소

미들웨어는 RFID 리더로부터 유입되는 태그 데이터를 의미있는 정보로 변환하여 기존 레거시 시스템과의 연계를 수행하는 역할을 담당하게 된다. 이는 다시 RFID 미들웨어와 기존에 많은 연구가 진행된 시스템 통합 미들웨어로 나뉘어진다. RFID 미들웨어는 통상적인 미들웨어와 달리 RFID 네트워크 상에 존재하는 다수의 이기종의 리더기에 대한 관리를 담당한다. 시스템 통합 미들웨어는 조직 내외에 분산되어 있는 레거시 시스템간의 연계 및 통합을 지원하며, RFID 기술의 도입에 따라 단순하게는 미들웨어로부터 전달된 의미있는 정보를 다양한 프로토콜에 기반한 기존 시스템으로 라우팅하고, 적절한 포멧으로 변환하여 전달하는 역할을 담당하게 된다[3].

RFID 네트워크와 관련된 국제표준화는 아직 EPCglobal을 제외하고는 거의 미진한 상태이다. EPCglobal은 유통, 물류 분야를 중심으로 미들웨어 표준화 작업을 활발히 진행하고 있으며 'De facto Standard'로 채택될 가능성이 높다. 따라서 EPCglobal의 전신인 Auto-ID센터로부터 발진되어온 RFID 네트워크의 국제 표준화 및 진화 과정을 살펴보도록 한다.

Auto-ID 센터는 1999년에 RFID 기술을 이용한 광범위의 RFID 네트워크 모델을 개발하기 위한 목적으로 설립되었다. Auto-ID 센터에서는 MIT와 캠브리지 등의 6개의 대학등으로 구성되어 있으며, EPC Network 모델을 처음으로 개발하였다.

EPC Network는 다음과 같은 개념 모델을 정의하고 있다. 우선 객체에 부착된 태그는 리더기를 통해 인식하게 된다. 태그에는 EPC (Electronic Product Code) 값이 부여되어 있으며, 이는 특정 물체를 유일하게 구별할 수 있는 식별자로 사용된다. 리더기는 EPC 값을 인식하여 이를 Savant라는 컴포넌트로 전달하게 된다. Savant는 전달받은 데이터를 요약 및 필터링하여 외부 프로그램에 전달하게 된다. 데이터에 대한 요약 및 필터링 기능은 EPC Network에서 가장 중요한 요소가 되며, 불필요한 데이터를 최소화하여 응용 프로그램에 전달함으로써 응용 프로그램의 부하를 줄이는 역할을 하게 된다[4].

ONS (Object Naming Services)는 태그가 부착된 객체에 대한 정보를 제공해주는 시스템에 접근하기 위한 정보를 제공한다. 객체에 대한 정보를 제공하는 시스템을 EPC IS (Information Services)라고 하며, 이 때 주고받는 정보의 표현을 PML (Physical Markup Language)로 표현하도록 정의하고 있다.

그러나 모든 사물에 대한 표현을 위한 PML의 표준화는 어려운 상태이며, 이를 서비스하기 위한 EPC IS에 대한 표준화도 어려운 상태에 있어 이 부분에 대한 연구가 아직도 많이 요구되고 있는 실정이다[5].

EPCglobal은 2003년 10월에 EAN과 UCC가 Auto-ID 센터를 흡수/합병하며 설립한 비영리기구로서 Auto-ID 센터에서 개발한 EPC네트워크에 대한 기술의 표준화, 상용화 및 EPC코드 보급과 관리 등을 목적으로 활동하고 있다. EPCglobal은 RFID 태그로부터 외부 애플리케이션에 이르기까지를 계층구조로 표현하고, 각 계층간의 인터페이스를 EPCglobal 표준화 대상으로 삼고 있다.

그림 3은 Auto-ID 센터에서 제시한 구성요소와 현재 EPCglobal에서 진행되고 있는 EPC Network 구성 요소 간의 차이점을 나타내고 있다.

RFID 미들웨어와 EPC Capturing Application 사이에 존재하는 Application Level Events (이하 ALE) [6]는 기존 Savant의 개념을 대체하되 Savant 규격에서와

같이 내부 구조 및 구현기술 등은 명시하지 않고 오직 외부 인터페이스 정의에 초점을 맞추고 있다. ALE는 리더로부터 전달된 EPC 데이터를 일정기간에 걸쳐 수집한 후, 중복 혹은 불필요한 데이터를 제거하여 응용 프로그램에 리포팅하는 API를 제공한다. EPCIS Capturing Interface는 ALE를 통해 수집된 데이터를 EPCIS Repository에 전달하기 위한 인터페이스를 정의한다. EPCIS Query Interface는 EPCIS를 통해 태그가 부착된 물체에 대한 정보를 얻기 위한 응용 프로그램과의 인터페이스를 제공한다[7]. 이는 기존의 Auto-ID Center에서 정의한 Savant, PML, ONS 등의 개념을 통한 네트워킹 구조를 새롭게 정의한 형태이다.

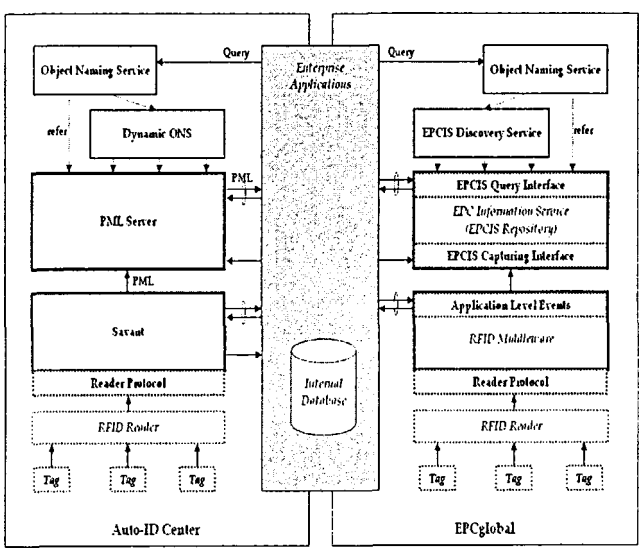

그림 3. EPC 네트워크 측면에서 Auto-ID 표준과 EPCglobal 표준과의 차이점

결과적으로 그림 3에서 보는 바와 같이 계층별로 위치하고 있는 구성요소들의 기능은 대동소이함을 알 수 있다. 그러나, 대부분의 경우에서 Auto-ID 센터는 구성요소들의 정의 및 내부 구성요소 도출에 초점을 맞춘 반면, EPCglobal 에서는 요소간 인터페이스 정의에 중점을 두는 정책적 변화가 일어났음을 알 수 있다. 이와 같은 접근방식은 향후 상호 운영성 및 표준 적합성 검증을 용이하게 하며, 예를 들면, 리더계층에서 ALE 인터페이스를 구현하여 미들웨어 역할도 동시에 수행할 수 있도록 확장하는 등 표준을 준수하는 한 구현 주체에 대한 구분을 의미없게 함으로써, 유연성과 확장성 있는 구조설계가 가능해진다.

3. 모바일 RFID 네트워크 모델

2장에서 살펴본 바와 같이 고정형 리더기를 활용하기 위한 RFID 네트워크 모델은 이미 많은 연구를 이루고 있다. 그러나 이동식 리더기를 활용하기 위한 RFID 네트워크 모델은 아직 많은 연구를 이루지 못하고 있다. 본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 연구의 일환으로 일반 사용자들이 언제, 어디서나 쉽고, 빠르게 주위에 놓인 사물에 대한 정보를 얻을 수 있는 환경을 제공하기 위해 모든 사물에 RFID 태그를 부착하고, 이를 휴대폰이나 PDA와 같은 휴대형 장비를 통해 인식하고 이동 통신(mobile communication)이나 무선랜(wireless LAN)을 이용하여 실시간으로 정보를 교환할 수 있도록 하는 모바일 RFID 네트워크 모델을 제시하고자 한다.

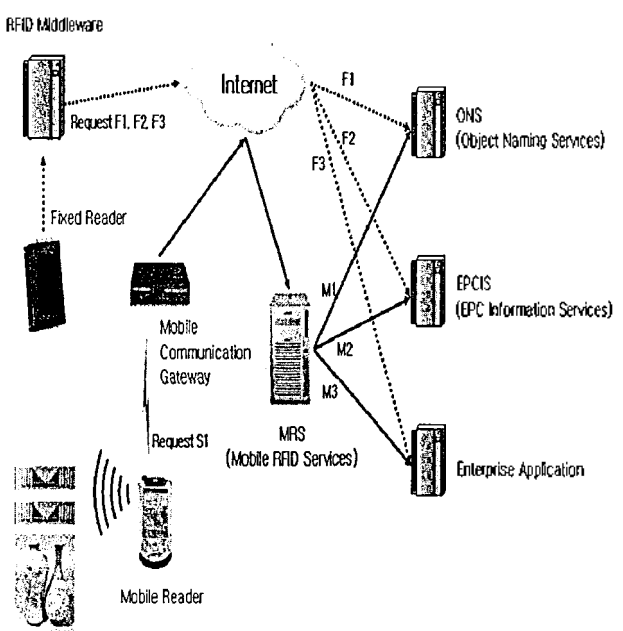

그림 4. 모바일 RFID 네트워크 모델

이동식 RFID 리더기가 장착된 모바일 휴대폰이나 스마트폰, PDA와 같은 모바일 장치를 통해 사물에 부착된 RFID 태그를 인식한 후, 사물에 대한 정보를 얻기 위해서는 일반적인 RFID 네트워크 모델과

동일하게 ONS와 EPCIS, 응용 프로그램 등과 통신하여 사물에 대한 정보를 얻어올 것이다. 이러한 경우에는 모바일 장치의 정보 처리 능력 및 모바일 통신 비용 부담 등의 문제점이 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 RFID 네트워크 상에 모바일 RFID 서비스(Mobile RFID Service, 이하 MRS) 시스템을 두고, 이 시스템에서 모바일 장치를 대신하여 정보를 처리해 주는 방식의 모바일 RFID 네트워크 모델이 필요하게 된다.

그림 4는 고정형 리더기를 사용하는 일반적인 RFID 네트워크의 동작 방식과 이동형 리더기를 사용하는 모바일 RFID 네크워크 모델의 동작 방식을 나타낸다. 고정형 리더기에서 인식된 태그 정보는 RFID 미들웨어에 전달되며, 태그가 부착된 사물의 정보를 얻기 위해서는 RFID 미들웨어에서 F1 요청을 통해 ONS에서 EPCIS의 URL을 얻어 오고, F2 요청을 통해 사물에 대한 정보를 얻어 오게 된다. 마지막으로 이 정보를 필요로 하는 응용 프로그램에 전달하기 위해서는 F3 요청을 통해 전달하게 된다.

만약 이러한 방식을 이동형 리더기에서 동일하게 이용할 경우에는 총 3번의 통신을 필요로 하게 되며, 각 통신을 통해 얻어온 결과에 대한 처리를 필요로 하게 된다. 그러나 앞에서 설명한 모바일 RFID 네트워크 모델처럼 모바일 장치에서 MRS에 S1 요청을 전송하면 MRS가 이미 정의된 작업 목록에서 S1 요청에 해당하는 처리 작업인 M1, M2, M3를 단계적으로 수행하고 그 결과를 모바일 장치에 반환하게 된다. 이러한 방식은 총 1번의 통신만을 필요로 하게 되며, M1, M2, M3 각 단계를 통해 얻어온 결과에 대한 처리는 MRS가 담당하게 되어 모바일 장치의 연산 부담을 최소화 할 수 있게 된다.

그림 5는 모바일 RFID 서비스 시스템의 내부 구조이다. Command Receiver와 Responder는 모바일 장치와 HTTP 기반의 통신을 지원한다. Command Interpreter는 전달받은 명령을 파싱하여 Task Manager나 Task Processor에 전달하여 명령을 수행한다. 모바일 RFID 서비스 시스템은 HTTP 기반의 SOAP RPC 메시징을 사용한다. 그림 6은 통신에 사용되는 메시지 구조이다.

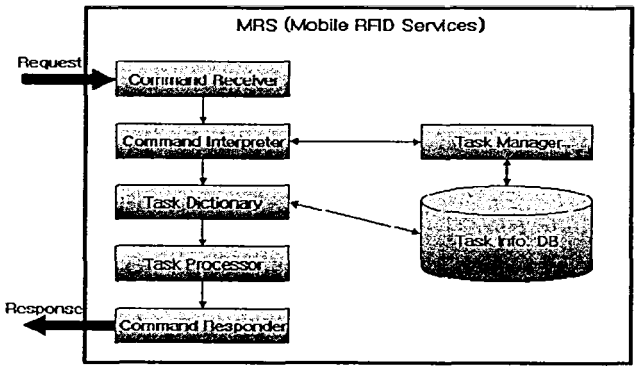

그림 5. 모바일 RFID 서비스 시스템 구조

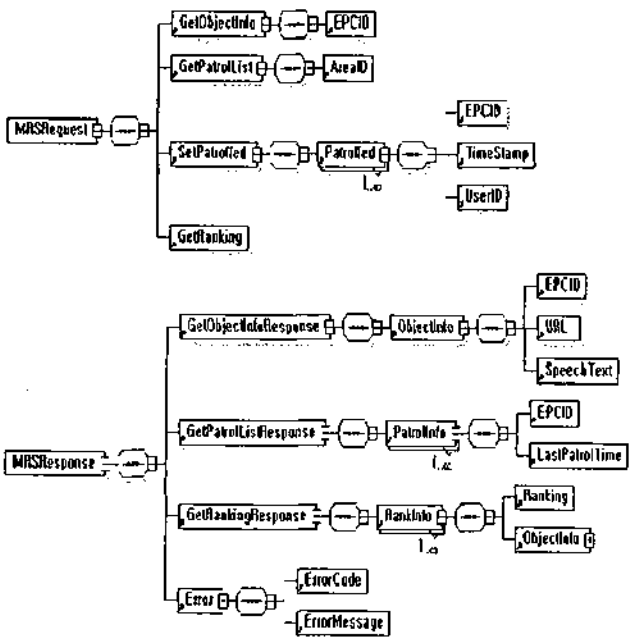

그림 6. MRSRequest와 MRSResponse의 메시지 구조

3. 박물관 관리 시스템 설계 및 구현

본 연구에서 개발된 박물관 관리 시스템은 이동형 리더기가 부착된 PDA 장치를 통해 박물관 관리를 위해 효과적인 서비스를 개발하고, 이를 통해 이동형 RFID 장치를 통한 서비스의 활용 가능성을 제시하는데 목적이 있다. 본 연구를 통해 설계된 박물관 관리 시스템의 구조는 그림 7과 같다.

Reader Device Handler는 900MHz 대역의 이동식 RFID 리더기와의 시리얼 통신을 지원하며 태그 데이터를 읽고 쓰는 등의 기능을 지원한다. Reader Device Handler는 일정 시간 주기를 가지고 리더기에 태그 읽기 명령을 전달하여 태그 데이터를 얻어오는 폴링 방식을 사용한다.

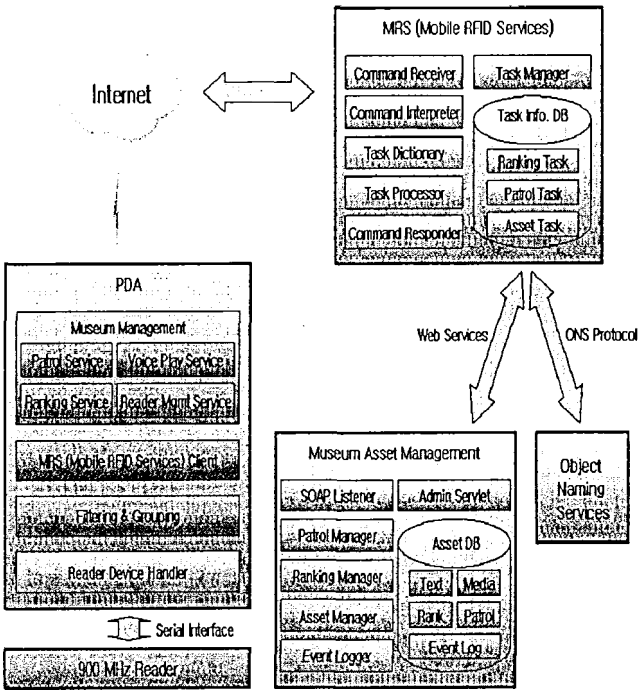

그림 7. 박물관 관리 시스템 구조

리더기를 통해 얻어온 태그 데이터는 Museum Management 컴포넌트에서 정의한 형태의 필터와 그룹핑 룰에 따라 처리되어 전달된다. Museum Management 컴포넌트는 다음과 같은 서비스를 제공하는 모듈을 갖는다.

* Patrol Service - 박물관 관리 시스템(Museum Asset Management)을 통해 순찰해야 될 문화재의 목록을 다운 받고, 순찰자가 RFID 리더기를 통해 문화재에 부착된 태그를 인식하여 순찰내용을 업데이트 한다.

* Voice Play Service - 문화재에 대한 정보를 박물관 관리 시스템을 통해 전달받아 TTS (Text To Speech) 기능을 이용하여 PDA에서 직접 음성으로 변환하여 관람자에게 제공한다.

* Ranking Service - 관람자가 PDA를 통해 문화재 상세 정보 조회 및 음성 서비스 등을 사용한 횟수를 문화재 별로 수집하여 문화재의 인기 관람 순위를 제공하며 추후 문화재 배치등에 주요한 기능으로 활용될 수 있다.

* Reader Management Service - 리더기의 가동 및 종료 등의 관리 기능 및 리더기로부터 RFID 태그 정보를 폴링하는 주기를 세팅하는 기능을 제공한다.

MRS Client는 Museum Management 컴포넌트의 각 모듈이 RFID 태그와 관련된 정보를 얻기 위하여 MRS의 작업(Task)을 호출할 수 있도록 HTTP 1.0 기반의 프로토콜을 지원한다.

MRS는 MRS Client의 요구 사항을 전달받아 MuseumTask Information Database에 정의된 Ranking Task, Patrol Task, Asset Task를 수행하고 결과를 반환하게 된다. MRS에서 정의하는 작업은 그림 7과 같은 XML 형태로 정의된다. Header는 정의하는 규칙에 대한 번호와 이름, 설명 등을 보관하고, Body에는 규칙을 처리하기 위한 조건과 각 조건을 만족할 경우에 처리해야될 액션에 대하여 기술하게 된다.

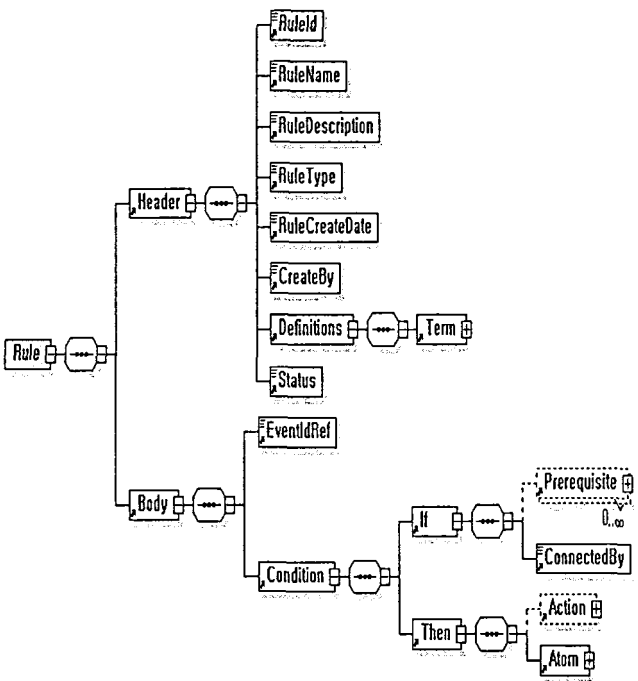

그림 8. MRS의 작업 정의 규칙

MAM (Museum Asset Management)는 박물관의 문화재와 관련된 순찰 관련 정보, 순위 정보, HTML 형태의 문화재 정보 및 음성 출력 정보 등을 처리하고 관리하며, 정보 제공자로써 웹서비스 기반의 통신을 통해 EPCIS의 역할을 수행한다.

5. 결론

유비쿼터스 컴퓨팅 대한 연구가 새롭게 진행되면서 모든 사물에 RFID 태그를 부착하고,

태그에 입력된 값을 이용하여 사물에 대한 정보를 얻고 처리하는 등의 기능이 중요한 연구 분야로 떠오르게 되었다. 이처럼 RFID를 활용하는 네트워크 모델은 SCM 상에서 고정형 리더기를 활용하는 방식을 주로 개발하고 있다. 그러나 일반 사용자들에게 필요한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 제공하기 위해서는 고정형을 이용한 서비스 모델 보다는 이동형 리더기를 통한 서비스 모델을 더 필요로 하게 된다.

본 연구에서는 이동식 RFID 리더기를 휴대형 장치에 부착하여 사용할 경우에 기존의 RFID 네트워크 모델을 사용할 경우에 발생하게 되는 문제점을 극복하기 위한 모바일 RFID 네트워크 모델을 제시하고 있다. 이 모델은 고가의 통신 비용을 최소화 하기 위하여 수회에 걸쳐 발생하게될 통신을 하나의 통신만으로 해결하고, 휴대형 장치의 연산 능력이 떨어지는 문제점을 해결하기 위해 수집된 데이터에 대한 연산을 대신 수행해 줄 수 있는 모바일 RFID 서비스 시스템을 제안하고 있다. 본 연구에서는 모바일 RFID 네트워크 모델을 이용하여 박물관 관리 시스템을 구현하였다. 박물관 관리 시스템은 이동형 리더기가 부착된 PDA 장치를 통해 박물관 관리를 위한 다양한 서비스를 제공한다. 이는 이동형 RFID 장치를 활용한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 제공하는 좋은 서비스 모델이 될 것이다.

현재 모바일 RFID 네트워크 모델은 KWISF에서 정의하고 있는 WIPI의 표준안에 RFID 서비스를 제공하기 위한 모듈로서 추가하기 위해 연구를 진행중에 있다. 뿐만 아니라 본 연구를 진행하면서 습득한 기술을 바탕으로 휴대형 리더기를 관리하기 위한 WIPI의 HAL 영역과 API 영역에 대한 표준안도 함께 작성하고 있다.

이러한 연구를 통해 우리는 이동형 RFID 리더기를 제어하고, 활용하기 위한 방안에 대한 표준화를 빠르게 진행시킴으로써, RFID 기술의 발전에 기여하고, RFID 기반의 산업의 활성화를 유도하는데 기여하고자 한다.

참고문헌

[1] Mark Weiser, The Computer of the 21st Century. Scientific American, September 1991, 94-100.

[2] Roy Want, Enabling Ubiquitous Sensing with RFID. Computer, April 2004. vol. 37, 84-86.

[3] Accenture, RFID Execute Overview. 2004.

[4] Auto-ID Center, Auto-ID Savant Specification 1.0. September 2003.

[5] Auto-ID Center, PML Core Specification 1.0. September 2003.

[6] EPCglobal, The Application Level Events (ALE) Specification 1.0. October 2004.

[7] EPCglobal, EPC Information Services (EPCIS) Specification 1.0. October 2004.

저자 약력

김영일 (Young-Il Kim) *한국전자통신연구원*
1998 : 충남대학교 컴퓨터공학과 학사
2000 : 충남대학교 컴퓨터공학과 석사
2000.1 ~ 2002.7 : (주) 케이포엠 연구원
2002.7 ~ 현재 :
한국전자통신연구원 RFID/USN미들웨어연구팀 연구원
관심분야 :
RFID 미들웨어, 모바일 RFID 네트워크
E-mail : embroca@etri.re.kr
Tel: +82-42-860-6740
Fax: +82-42-860-6508

정태수 (Tae-Su Cheong) *한국전자통신연구원*
1998 : 고려대학교 산업공학과 학사
2001 : 한국과학기술원 산업공학과 석사
2001.1 ~ 2004.2 : (주) 핸디소프트 연구원
2004.3 ~ 현재 :
한국전자통신연구원 RFID/USN미들웨어연구팀 연구원
관심분야 :
RFID 미들웨어, 모바일 RFID 네트워크,
센서네트워크, BPM
E-mail : qlink@etri.re.kr
Tel: +82-42-860-6565
Fax: +82-42-860-6508