

도서관의 시맨틱 기반 사물인터넷(IoT) 적용에 관한 연구

A Study on Internet of Things based on Semantic for Library

정민경(Min-Kyung Jung)*

권선영(Sun-Young Kwon)**

〈목 차〉

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| I. 서론 | 2. 정보 통합 측면의 사물인터넷 |
| 1. 연구의 필요성 및 목적 | 3. 이용자 서비스 측면의 사물인터넷 |
| 2. 연구 방법 | IV. 시맨틱 기반 도서관 사물인터넷 |
| II. 사물인터넷 | 1. 도서관 사물인터넷 요소 정의 |
| 1. 사물인터넷의 개념과 주요기술 | 2. 도서관 사물인터넷 온톨로지 설계 |
| 2. 시맨틱 기반 사물인터넷 | V. 도서관 사물인터넷 모델링 제안 |
| III. 도서관의 사물인터넷 적용 범위 | VI. 결론 및 제언 |
| 1. 관리 측면의 사물인터넷 | |

초 록

본 연구에서는 도서관에 사물인터넷(Internet of Things) 개념을 적용하여 사람, 사물, 데이터 등의 정보가 서로 유기적으로 연계되는 생태학적인 네트워크 공간으로서의 해석을 시도하였다. 먼저 도서관의 물리적 공간에 존재하는 다양한 사물과 인터넷 공간에 존재하는 데이터를 사물인터넷 요소로 정의하였다. 다음으로 다양한 사물들이 상이한 메타데이터와 통신 프로토콜을 통해 정보를 교환하고 유용한 정보로서 서로 통합하기 위한 시맨틱 웹 기술 적용을 제안하였다. 마지막으로 인터넷 공간속에서 다양한 사물인터넷의 요소들이 실시간으로 공유하는 정보를 도서관 관리 및 이용자 서비스 등 특정 목적에 활용될 수 있는 방안으로서 사물인터넷 모델을 제시하고자 하였다.

키워드: 사물인터넷, 시맨틱, 온톨로지, RFID, 디지털도서관

ABSTRACT

This study aims to apply the concept of Internet of things to library and interpret a library as ecological space where human, thing and data are communicating and organically networking through internet. First, we defined various things existing in physical spaces of the real world and internet spaces as elements of Internet of Things. Then we proposed to apply a semantic web platform to integrate different meta-data formats and communication protocols from things. Finally, we provide the model of Internet of Things based on Semantic web to utilize a variety of information from things for library management and user service.

Keywords: IoT, Semantic, Ontology, RFID, Digital library

* 성균관대학교 문헌정보학과 박사과정 (kamuiee@naver.com) (제1저자)

** 성균관대학교 정보관리연구소 선임연구원(freesson@gmail.com) (공동저자)

• 논문접수: 2014년 5월 20일 • 최초심사: 2014년 5월 23일 • 게재확정: 2014년 6월 12일

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

오늘날 도서관은 정적이고 고정된 물리적 공간이 아닌, 인터넷 공간에서 변화하는 수많은 정보를 제공하는 살아있는 공간이다. 도서관은 서가에 보관된 장서 이외에도 다양한 정보 서비스를 제공하고 있으며, 이용자는 인터넷을 지원하는 다양한 전자 기기를 통해 정보 접근이 보다 용이해지고 있다.

최근 학계와 산업 전반에서 급속히 발전하고 있는 유비쿼터스 기술을 통합하고 새롭게 확장하기 위한 개념으로서 사물인터넷(Internet of Things: IoT)이 대두되고 있다. 사물인터넷이란 센싱(Sensing) 기술과 유·무선 통신 기술을 활용하여 실제 세계에 존재하는 공간, 사물, 사람, 데이터, 다양한 정보 등 모든 사물들(Things)이 인터넷을 통해 가상의 공간에서 마치 살아있는 생명처럼 유기적으로 연결(networking)되어 실시간 정보를 서로 의사소통하는 기술 및 서비스를 뜻한다. 특히 다양한 사물들에 센싱 기술과 통신기술을 접목하여, 이용자와 이용자의 실제 생활과 밀접하게 관련된 정보를 수집하고, 수집된 정보를 사물 간 직접적인 정보 교환과 공유를 통해 기존의 독자적인 서비스들을 결합하여 새로운 서비스로 재창조하는 것이 사물인터넷이 추구하는 핵심 방향이다.

현재까지 국내 연구에서 도서관에 사물인터넷 개념을 적용한 사례는 없지만, 해외에서는 사물인터넷의 주요 기술로 RFID를 제시하고, 이를 도서관의 관리측면에서 활용하는 연구가 이루어졌다. Liu와 Sheng은 도서관 운영과 관리에 있어서 RFID 기술을 적용한 검색 및 대출 서비스를 제안함으로써 사물인터넷의 개념을 설명하고 있다.¹⁾ Srinivasan과 Vanithamani 또한 도서의 검색 및 대출이라는 관리적 측면에서 RFID 기반의 데이터 모델을 제시하고 있다.²⁾ 하지만 이들의 연구는 사물인터넷 적용의 사례가 대출 등의 RFID를 통한 도서관 관리로 한정되어, 도서관이 제공하는 다양한 사물 및 서비스와 급속히 발전하는 다양한 통신 기술에 대한 사물인터넷 모델을 제시하는데 한계가 있다.

국내 연구에서는 도서관에 사물인터넷의 개념이 도입되기 이전의 유사한 개념으로서 유비쿼터스가 주로 언급되었다. 노동조는 유비쿼터스 도서관을 '언제 어디서나 이용자가 원하는 정보를 정

1) Xueqing Liu and Wenwen Sheng, "Application on Internet of Things Technology Using in library Management," *Advanced Research on Electronic Commerce, Web Application, and Communication, Communications in Computer and Information Science*, Vol.144(2011), pp.391-395.

2) S. Srinivasan and R. Vanithamani, "An Internet of Things Approach to Library management and Monitoring," *IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*, Vol.1(2013), pp.1-4.

보화기기를 통해 쉽게 접근하고 획득할 수 있도록 유무선통신망이 구축된 컴퓨팅 환경에 기반을 두고 정보를 제공하는 디지털 도서관'으로 정의하였다.³⁾ 하지만 이용자가 도서관 서비스의 수동적인 소비자였던 유비쿼터스 도서관의 모델과 비교해 볼 때, 사물인터넷에서 이용자들은 스마트폰을 통해 사물 간 서비스와 실시간 연결됨으로써 직간접적으로 서비스 생산에 기여를 한다는 점에 차이가 있다. 오늘날 국내 도서관 환경은 사물인터넷의 기반 기술을 갖추어 나가고 있다. 도서관에 부착된 바코드는 점차적으로 RFID 태그로 대체되고 있으며, 이용자들은 인터넷을 지원하는 모바일 기기를 통해 사물들과 정보를 커뮤니케이션 할 수 있다. 따라서 정보 통신 기술의 발전과 사물인터넷의 중요성이 증대되는 현 시점에서 사물인터넷의 개념을 도서관에 적용함으로써 정보의 통합에 대한 기술적 해석을 시도하고자 한다.

최근 사물인터넷 관련 연구의 주요 현안은 '다양한 기기간의 상이한 정보 프로토콜과 데이터 표준을 어떻게 통합할 것인가'이다. 다양한 사물에 센싱 기술을 접목하여 사물인터넷으로 활용하려는 시도가 증가할수록, 다양한 사물의 이기종 시스템 간 통신 프로토콜과 데이터 포맷을 통합하여 상호운용하기 위한 노력의 필요성 역시 증가하고 있다. 사물인터넷에서 다양한 기기 간 정보를 상호운용하기 위해 통일된 표준을 정의하는 대신 시맨틱 웹 기술을 활용한 방안이 연구되고 있으며, 수집된 사물들 간 센싱 정보를 시맨틱 웹을 통해 다양하게 활용하기 위한 시맨틱 기반의 플랫폼을 개발하여 오픈 서비스로 활용하려는 사례가 늘어나고 있다.

따라서 본 연구에서는 먼저 사물인터넷 주요기술인 RFID/USN 및 NFC 등 다양한 센싱 기술을 활용할 수 있는 도서관의 사물인터넷 적용 범위를 고찰함으로써, 기존의 도서관 정보 시스템과 도서관에 존재하는 다양한 사물들과 이용자를 사물인터넷 요소로 정의한다. 그리고 유기적으로 정보를 공유하고 다양한 사물로부터 수집된 정보들을 인터넷 공간에서 서로 유기적으로 연계하여 활용될 수 있는 방안으로서 시맨틱 웹 기술의 적용을 제안하고자 한다. 궁극적으로는 도서관에서의 통합적인 정보 관리와 이용자 서비스에 활용될 수 있는 시맨틱 기반 사물인터넷 모델을 제시하는 것이 그 목적이다.

2. 연구 방법

첫째, 본 연구의 이론적 기반을 구축하기 위해 문헌연구를 통해 선행연구와 연구동향을 분석하고, 사물인터넷의 개념과 핵심적인 기술들을 고찰하였다.

둘째, 국내 도서관의 RFID 시스템을 조사하여 RFID와 도서관 서지 정보의 연동방식을 파악하였으며 최근 RFID 표준화 동향을 분석하였다. 다음으로 사물인터넷을 도서관에 적용할 수 있는

3) 노동조, "유비쿼터스 컴퓨팅에 기반한 유비쿼터스 도서관의 과제와 전망에 관한 연구," 한국비블리아학회지, 제 15권, 제2호(2004), pp.219-240.

범위를 모색하기 위해 그리고 도서관의 적용범위를 모색하고 그에 따른 사물인터넷 요소를 정의하였다.

셋째, ISO/IEC 11179 표준과 OWL-S 어휘를 기반으로 사물인터넷 요소에 대한 온톨로지의 어휘를 설계하였다. 이를 기반으로 사물인터넷의 향후 전망에 따른 도서관 사물인터넷 모델을 제시함으로써, 미래사회에서의 도서관 사물인터넷 개념 적용을 구체화하였다.

II. 사물인터넷

1. 사물인터넷의 개념과 주요기술

사물인터넷의 개념은 1999년 MIT의 Auto-ID 센터의 Ashton에 의해 처음으로 제시되었다.⁴⁾ Auto-ID 센터 연구의 주목적은 컴퓨터와 사물간의 네트워킹을 개발하는 데 있었기 때문에 사물인터넷(Internet of Things)이란 요소를 제안하게 되었다. 연구자들의 사물인터넷에 대한 다양한 견해를 살펴보면, Gershenfeld 등은 사물인터넷을 “실세계(physical world)에 닿기 위한 인터넷의 확장”이라고 정의한 반면에⁵⁾ Fleisch는 사물인터넷은 “인터넷과는 또 다른 단계로서 인터넷이 가능한 다양한 서비스의 응용형태”라고 정의한바 있다.⁶⁾ 여러 국제기구에서는 사물인터넷의 중요성을 인식하고 보고서를 발간하거나 주요 아젠다로 채택하는 것을 볼 수 있다. 그 예로 유럽연합집행위원회(European Commission)의 보고서에서는 사물인터넷을 미래 인터넷(future internet)의 한 부분으로써 ‘기계(machine)의 미래 비전’이며, 그 요소로 기계가 느끼고 반응하는 인지(perceive)가 중요하다고 언급하였다.⁷⁾ 국제전기통신연합(ITU)에서는 2005년에 ‘ITU 인터넷 보고서’를 발간하면서 사물인터넷의 서비스 활용 방안과 표준에 대해 폭 넓게 다룬 바 있으며,⁸⁾ 2014년 부산에서 개최될 ITU 전권회의 주요 의제로서 사물인터넷을 세계 ICT 미래기술로 주목하고 있다.

4) Kevin Ashton, “That ‘Internet of Things’ thing in the real world, things matter more than ideas,” <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>> [cited 2014. 4. 5].

5) N. Gershenfeld, R. Krikorian and D. Cohen, “The Internet of Things,” *Scientific American*, Vol.291, No.4(2004), pp.76-81.

6) E. Fleisch, “What is the internet of things? An economic perspective,” *Economics, Management, and Financial Markets*, Vol.5, No.2(June. 2010), pp.125-157.

7) H. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess and S. Woelffle, Vision and challenges for realising the internet of things. Cluster of European research Projects on the Internet of Things, 2010.

8) ITU. ITU Internet Reports Series, The Internet of Things, 2005. <<https://www.itu.int/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>> [cited 2014. 4. 8]

사물인터넷의 주요기술은 사물과 환경에서 정보를 얻기 위한 '센싱 기술', 사물 간 연결을 위한 '유무선 통신 및 네트워크 기술', 수집된 데이터를 통해 특정 기능을 수행하기 위한 '서비스 및 인터페이스 기술'로 나누어볼 수 있다(<표 1> 참조).⁹⁾¹⁰⁾

<표 1> 사물인터넷의 주요기술

주요 기술	기술 개요	기술 예
센싱 기술	사물과 환경의 다양한 정보를 수집하는 센서로서, 다중 센싱 기술을 사용하여 보다 지능적이고 고차원적인 정보추출이 가능	온도/습도/열/가스/조도/초음파, 원격 감지, SAR, 레이더, 위치, 모션, 영상 센서, RFID/USN 등
유·무선통신 및 네트워크 인프라 기술	인간, 사물, 정보 서비스를 연결하기 위한 모든 유·무선 네트워크 기술	RFID, NFC, WPAN, WiFi, 3G/4G/LTE, Bluetooth, Ethernet, BcN, 위성통신, Microwave, 시리얼 통신, PLC 등
서비스 및 인터페이스 기술	다양한 통신 프로토콜 및 데이터 표준의 서비스를 유기적으로 연동하기 위한 인터페이스 기술	검출정보 기반 기술, 위치정보 기반 기술, 보안 기능, 프로세스 관리, 오픈플랫폼 기술, 미들웨어, 데이터마이닝, 클라우드, 웹서비스, SNS, API, 가상화, 온톨로지, 시맨틱 웹, 빅 데이터

본 연구에서 <표 1>의 사물인터넷 주요기술에 따라 도서관의 사물인터넷에 제시하고자 하는 핵심 기술을 소개하면 다음과 같다.

가. RFID/USN

RFID는 Ashton이 '기술개발의 놀라운 업적(incredible milestone)'이라고 극찬한 기술로 기존의 바코드와 달리 태그와 리더기가 직접 접촉하지 않고 무선으로 원거리에서 데이터를 송수신하는 기술이다. 또한 RFID는 바코드보다 태그의 데이터 저장 용량이 크고, 장애물을 투과할 수 있는 통신이 가능하기 때문에 보다 다양한 정보를 원거리에서 송수신할 수 있다. 도서관에서 사용되는 RFID 시스템은 주로 13.56MHz의 주파수를 사용한다. 13.56MHz의 주파수는 최장 1m의 인식거리를 가지며 1초에 10~40개의 태그를 인식한다.¹¹⁾ 사물인터넷의 핵심은 이와 같이 사물 간 정보를 공유할 수 있는 다양한 센싱 기술에 있다. RFID 태그에 센싱 기술을 접목한 RFID/USN(Ubiquitous Sensor Network)은 주변의 온도, 압력, 조도 등을 감지하여 해당 정보를 수집 전송하는 기술이다. 이러한 센싱 기술은 최근 5년 동안 상당한 발전을 이루어왔으며¹²⁾ 2020년경

9) 민경식, 사물 인터넷(Internet of Things). NET Term, 한국인터넷진흥원, 2012. 6.
 10) 박세환, 사물 인터넷 핵심기술 및 시장성 분석, ICT 기획시리즈, 주간기술동향, NIPA, 2014. 1. 29.
 11) 최종원, 13.56MHz 대역 RFID의 ID 및 OID 적용 방안 연구, 한국인터넷진흥원, 2011, pp.11-16.
 12) Arkady Zaslavsky, Charith Perera and Dimitrios Georgakopoulos, "Sensing as a service and big data,"

에는 대략 500억에서 1000억 개의 기기가 인터넷에 연결될 것으로 예상된다.¹³⁾

나. NFC와 M2M

NFC는 모바일 RFID 기술의 일종으로, 13.56MHz 주파수를 사용하여 10cm의 근거리에서 사물 간 무선통신을 지원하는 비접촉식 근거리 무선통신 규격이다. NFC는 서비스 모델에 따라 세 가지 모드로 구분된다. 첫째, R/W 모드는 NFC 지원 모바일 기기가 리더기 역할을 하며 태그의 정보 읽고 통신하는 방식으로 사물에 부착된 태그로부터 정보를 수집할 수 있다. 둘째, 외부의 리더기가 NFC지원 모바일 기기를 일종의 태그로 인식하여 정보를 수집하는 방식으로, 현재 휴대 단말기에서 제공하는 교통카드 또는 신용카드 등 서비스에 해당한다. 셋째, P2P(Peer-to-Peer) 모드는 Bluetooth, WiFi 등 무선 통신 서비스를 지원하는 다양한 기기와 NFC 휴대 단말기가 서로 통신하며 파일, 영상 등의 정보를 직접 교환하는 방식이다. 이 세 가지 서비스 모델 중 현재 도서관에서 활용하기에 적합한 서비스 방식은 NFC 지원 모바일 기기가 RFID 또는 NFC 태그의 리더기 역할을 하는 R/W모드 방식으로, NFC 포럼은 NFC와 RFID의 통신의 상호 호환을 위해 13.56MHz 기반 RFID를 기본으로 채택하고 있다.¹⁴⁾ 즉, NFC 리더기는 ISO 15693 호환 13.56MHz RFID 태그와 데이터 송수신이 가능하므로, 도서관 시스템의 기술적인 개선을 통해서 이용자들은 NFC 지원 모바일을 통해 RFID 태그로부터 직접적인 정보수집이 가능하다.

사물지능통신이라 불리는 M2M(Machine to Machine)은 센싱 기술에 WiFi, Bluetooth, 3G/4G/LTE 등의 이동통신망 기술을 결합하여 기존의 NFC보다 장거리 통신이 가능하고, 보다 많은 양의 데이터를 전송할 수 있다. M2M은 주로 모바일 기기 간 통신을 말하며, 통신 모듈을 장착한 모든 사물에 적용할 수 있으므로 NFC의 단점으로 지적되는 데이터 전송속도와 전송량, 짧은 인식 범위 등의 한계를 해결하기 위한 기술적 대안이 되고 있다. 이는 사물인터넷 초기에 RFID와 NFC의 태그와 리더기를 통해 수집된 정보들의 송수신 방식이 주를 이루었다면, 최근의 사물인터넷은 M2M은 이동통신망을 통해 서비스의 목적에 따라 센싱 기술로 수집한 데이터를 원거리에서 기기 간 송수신이 가능하다. 따라서 M2M의 발전은 기존의 유비쿼터스의 정보서비스의 공간적 한계를 넘어서고 있다. 예를 들면, 위치 기반 서비스의 경우 이동통신망을 통해 도서관의 이용자에게 공간의 제한 없이 이용자와 사물의 위치 등 다량의 데이터를 실시간 제공할 수 있다.

다. 시맨틱 웹 인터페이스

시맨틱 웹은 최근 사물인터넷에서 사물 간 다양한 정보를 상호 교환하고, 수집된 정보를 정제하

Advances in Cloud Computing (ACC-2012), Bangalore, India, (Jul. 2012), pp.21-29.

13) International Data Corporation (IDC). Worldwide smart connected device shipments, (Mar. 2012).

14) 김형준, 모바일 + RFID, TTA-Journal, p.108.

고 통합하기 위한 인터페이스 기술로 대두되고 있다. 시맨틱 웹은 온톨로지 기술을 활용하여 기계가 인간의 정보를 이해하게 함으로써, 이용자가 필요로 하는 정보로의 접근을 유도하는 기술이다. 시맨틱 웹은 RDF, RDFS, OWL 등 온톨로지 언어를 사용하여 메타데이터에 식별정보 또는 계층화된 리소스를 기술함으로써 정보의 유일성을 부여하고, 클래스(Class)와 속성(Property)의 관계를 통해 다양한 의미적 해석을 도출한다. 또한 링크드 데이터(Linked Data)란 가공되지 않은 데이터(Raw Data)를 웹상에 발행하기 위해 제안된 대표적인 시맨틱 웹 기술로서, 링크드 데이터로 발행된 데이터는 시맨틱 검색 질의어인 SPARQL에 의해 검색과 접근이 가능하기 때문에, 웹상에서 데이터의 자유로운 교환과 재사용이 가능하고, 이기종간의 메타데이터의 상호운용을 가능케 한다.¹⁵⁾

2. 시맨틱 기반 사물인터넷

사물인터넷에서는 이기종의 다양한 기기들이 서로 다른 데이터 규격과 통신 프로토콜을 통해 정보를 교환해야하기 때문에 상호운용성이 중요하다. 상호운용을 위해서는 통일된 국제 표준을 따르는 것이 일반적이지만, 사물마다 고유한 특색이 있고, 정보 교환의 목적이 다르기 때문에 통일된 규격을 제정하는 것만으로 다양한 정보들의 상호운용을 지원하는데 한계가 따른다.

Song 등은 사물인터넷에서 이기종 시스템 간 서로 다른 서비스를 상호운용하기 위한 방안으로 시맨틱 기반의 미들웨어 플랫폼을 구축하였다. 그는 표준 기반의 상호운용의 경우 하나의 표준이 사물인터넷에서 사용되는 수많은 다양한 프로토콜을 제어할 수 없는 한계를 지적하며, 기존의 시스템에서 활용되는 프로토콜을 활용하면서 이들을 플랫폼에서 융합할 수 있는 시맨틱 웹 기술 활용을 제시하였다. 그는 서비스 온톨로지 표현방식인 OWL-S(OWL for Service)를 적용하여 사물의 서비스를 서비스의 기본명세인 Profile, 서비스의 송수신 파라미터를 정의한 Process, 그리고 서비스 인스턴스의 상세정의인 Grounding의 3단계로 어휘를 기술 하였다. 그는 3단계의 온톨로지 어휘로 구현한 시맨틱 기반의 미들웨어를 통해 UPnP를 지원하는 기기와 블루투스를 지원하는 기기 간의 상호운용성을 검증하였다.¹⁶⁾

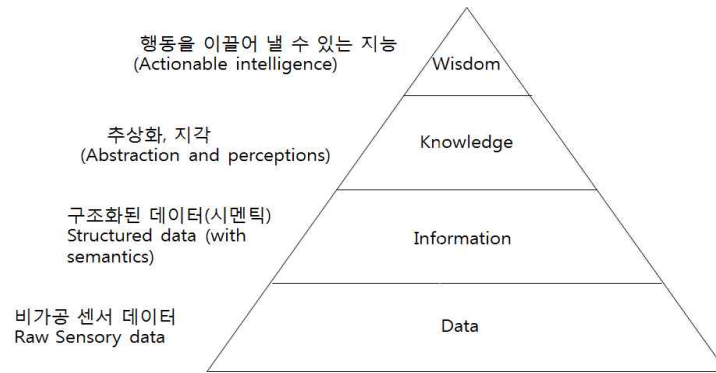
Barnaghi 등은 사물인터넷 환경에서의 사물 간의 상호작용을 일련의 정보 프로세스로 살펴본 바 있다.¹⁷⁾ 그는 Rowley의 “Knowledge Hierarchy” 에서 사물인터넷에 시맨틱 개념을 적용하여

15) 정민경, 메타데이터 레지스트리의 의미적 상호운용성 지원을 위한 시맨틱 웹 검색 시스템의 구축 및 그 효용성과 만족도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구(석사학위논문, 성균관대학교 대학원 문헌정보학과, 2013)

16) Zhexuan Song, Alvaro A. Cárdenas and Ryusuke Masuloka, “Semantic Middleware for the Internet of Things,” *Proceedings of the 2010 Internet of Things(IoT)*, 2010.

17) P. Barnaghi, W. Wang, C. Henson and K. Taylor, “Semantics for the Internet of Things: early progress and back to the future,” *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, Vol.8, No.1(2012), pp.1-21.

수집된 데이터를 시맨틱 언어인 온톨로지 어휘로 구조화하고, 인공지능을 통해 상위 단계인 ‘행동을 이끌어 낼 수 있는 지능’을 도출하는 네 가지 단계를 제시하였다. (<그림 1> 참조).¹⁸⁾ 그는 데이터를 통합하기 위해서는 단지 온톨로지 어휘로 데이터를 기술하는 단계에서 그쳐서는 안 되며, 이를 효과적으로 분석하고 도출하기 위한 인공지능 매커니즘이 필요하다고 보았다. 또한 링크드 센서 데이터(Linked Sensor Data)를 활용하여 데이터를 웹상에 오픈하여 재활용하는 방안을 언급한 바 있다. 링크드 센서 데이터란 다양한 사물로부터 수집된 수많은 센서 정보를 링크드 데이터를 통해 웹상에 발행하여 범지구적으로 활용하기 위한 기술이다.



<그림 1> 시맨틱 기반 사물인터넷의 지식구조 “Knowledge Hierarchy”

Ⅲ. 도서관의 사물인터넷 적용 범위

본 연구는 사물인터넷 요소를 도출하기에 앞서, 도서관의 사물인터넷 적용 범위를 기존 선행 연구의 적용범위와 시맨틱 기반 서비스의 상호운용성을 고려하여 세 가지 측면에서 고찰하였다. 첫째, 도서의 대출과 반납 등 관리 측면이다. 기존 유비쿼터스 도서관의 연구 범위인 RFID 시스템을 통한 대출 등 자동화 업무 이외에도, 사물인터넷 기술을 적용할 수 있는 업무적 측면을 검토하였다. 둘째, 도서를 중심으로 다양한 정보들의 통합 측면이다. 도서 이외에도 다양한 정보들이 사물인터넷 기반의 도서관에서 메타데이터가 상호 운용되는 측면을 검토하였다. 셋째, 궁극적으로 사물인터넷 기반의 도서관에서 센싱 기술을 통해 수집된 정보를 제공받을 수 있는 이용자 서비스 측면을 고찰하였다.

18) J. Rowley, “The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy,” *Journal of Information Science*, Vol.33, No.2(2007), pp.163-180.

1. 관리 측면의 사물인터넷

정보의 증가는 도서관의 전산화 도입에 따른 업무의 자동화와 맥락을 같이한다. 도서관 정보환경의 측면에서 70년대는 '전산화의 시대', 80년대는 '네트워크의 시대', 90년대는 인터넷에 의해 가속화되는 '전자도서관 또는 가상 도서관의 실현의 시대', 2000년대는 '디지털 도서관으로 전환되는 시대'라고 말할 수 있다.¹⁹⁾ 2000년대에는 도서관 관리와 관련하여 RFID 기술이 급속도로 보급되었다. 도서관에서는 도서관카드에 대출 기록을 쓰지 않고도, 리더기(Reader)를 통해 책에 부착된 RFID 태그를 인식함으로써 대출관리 업무가 자동화 되었다. 세계 최초로 RFID 시스템을 적용한 도서관은 싱가포르 국립 도서관으로 RFID 시스템을 1998년 무인 대출 및 반납 등에 적용하여 현재 까지 다양한 도서관 업무에 활용하고 있다. 국내에서는 국립중앙도서관이 2005년 RFID 시스템을 처음 도입한 이래로, 현재 많은 도서관에서 바코드(BarCode)를 RFID 태그로 대체하여 대출관리 업무에 활용하고 있다.

Liu 등은 RFID를 도서관의 사물인터넷 요소로 정의하고, 도서관의 관리를 사물인터넷 기술의 주요 활용 측면으로 보았다. 그는 기존의 바코드 시스템이 가지고 있는 한계와 문제점을 RFID의 사물인터넷 기술을 적용하여 해결할 수 있음을 강조하였다.²⁰⁾ 또한 Luo 등은 RFID를 기반 사물인터넷 기술을 적용한 인텔리전트 도서관을 구축하기 위해 도서관의 물리적 환경 요소 외에도 RFID의 데이터 수집 방식을 고려하여 '물리적 환경 레이어', 'RFID 센싱 레이어', '미들웨어 레이어 데이터', '데이터 프로세싱 레이어', '하이-레벨 시스템' 으로 구성된 RFID 기반의 인텔리전트 도서관을 제안하였다(〈표 2〉 참조).²¹⁾

〈표 2〉 인텔리전트 도서관의 구성요소

요소	설명
하이-레벨 시스템	대출 및 검색 등 도서관리 서비스를 제공하는 어플리케이션 시스템
데이터 프로세싱 레이어	특정 목적에 따라 데이터를 처리하는 데이터 프로세싱 시스템
데이터 미들웨어 레이어	데이터를 수집, 처리, 전송하는 데이터 미들웨어 시스템
RFID 센싱 레이어	RFID 태그 및 리더기
물리적 환경 레이어	도서관의 도서량, 서가배치, 공간 크기 등 물리적 공간 및 환경

19) 남태우, "한국 도서관계에서 디지털의 의미 디지털도서관의 현상과 인식," 한국도서관·정보학회 동계 학술발표회(2011), pp.9-36.

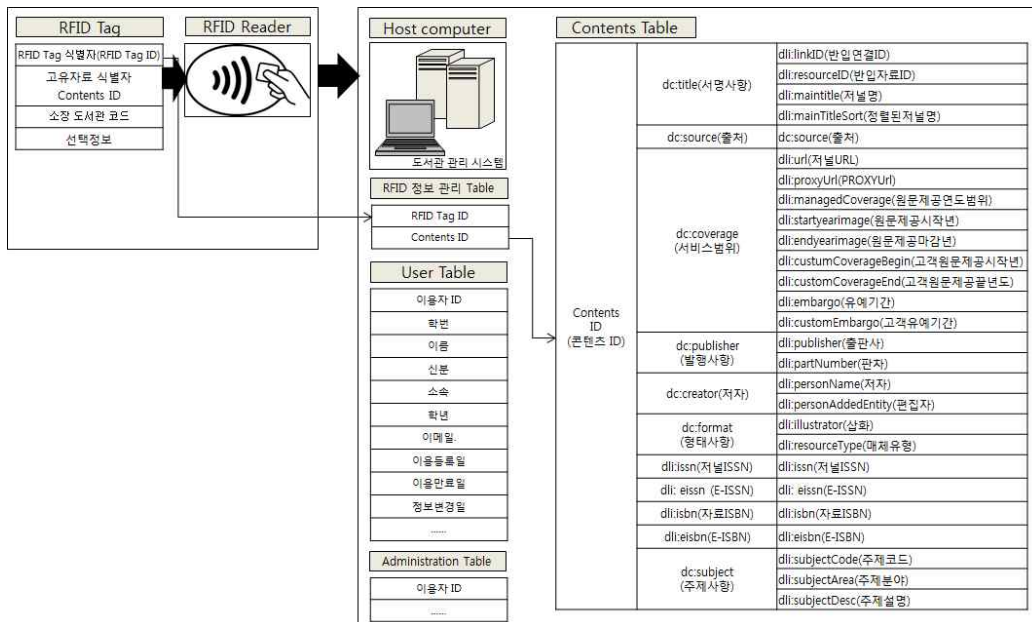
20) Xueqing Liu, Wenwen Sheng, 전제논문, pp.391-395.

21) Jun Luo, Lianlong Yan, Shenghua Xu, "Build Intelligent Library by Using Technology of the Internet of Things," *Advanced Materials Research*, Vols.403-408(2012), pp.2138-2141.

현재까지 관리 측면에서 도서관에서 활용되는 사물인터넷의 주요 기술은 RFID이며, 그 외의 기술이 활용된 사례는 많지 않다. 하지만 사물인터넷의 다양한 센싱 기술을 활용할 경우 전통적 도서관 업무인 수서, 목록, 대출관리, 연속간행물, 참고업무 뿐 아니라 넓은 범위의 관리가 가능하다. 예를 들어 박물관 또는 미술관에서 유물 또는 전시품을 보관하기 위해 사물인터넷 기술이 활용된다. '온도', '습도', '조도'와 같은 센싱 정보들은 장기적으로 도서 관리에 영향을 미치는 환경 요인이다. 또한 도서관의 일반 열람실 및 서가의 복도에 센싱 기술을 적용할 경우, 이용자들의 동선을 파악하여 리모델링이나 서가의 효과적인 배치에 활용이 가능하다.

2. 정보 통합 측면의 사물인터넷

도서관에는 소장된 도서, 간행물, 음원 및 영상자료 외에도 데이터베이스에서 관리되고 있는 전자저널, 학술 논문 등 다양한 데이터를 보유하고 있다. 도서관에서 보다 다양한 목적의 서비스를 제공하기 위해서는 정보의 통합적 관리가 전제되어야 한다. 사물인터넷의 경우 기관 내 고유 정보뿐만 아니라 실시간 사물로부터 수집된 다양한 센싱 정보를 포함하기 때문에 이를 통합하여 서비스를 제공하기 위한 관리 체계의 정의가 필요하다. 도서관의 많은 정보 중 중심축을 이루는 핵심정보는 서지정보로서, 서지정보를 기준으로 이용자 정보 및 관리 정보 등이 연계된다. <그림 2>는 S대학 도서관에서 이용자가 도서를 대출을 할 때, RFID 태그와 도서관 관리 시스템의 서지정보가 서로 연동되는 방식이다.



<그림 2> S 대학 도서관 정보시스템과 RFID 연동

호스트(host) 컴퓨터의 데이터베이스에는 서지정보, RFID 태그 정보, 사용자 정보, 관리 정보 등을 관리하는 테이블이 존재하고, RFID 리더기가 책에 부착된 RFID 태그를 인식할 때마다 RFID 태그의 식별자(RFID Tag ID)와 서로 매핑 되는 콘텐츠 아이디(Contents ID)의 정보를 서지정보 테이블(Contents Table)에서 불러오게 된다. 즉, RFID정보 관리 테이블에서는 RFID 태그 아이디마다 하나의 콘텐츠 아이디가 저장되어, RFID의 태그 데이터와 서지정보 데이터를 서로 매핑 하는 역할을 한다.

<표 3> ISO 28560 - RFID in U.S. Libraries

Data object	필수 여부	Relative OID	주요 목적 또는 사용되는 코드
고유 자료 식별자	필수	01	자료 식별
객체 내용 색인	필수	02	태그 내 데이터 식별
소장 도서관 코드	조건	03	ISIL 코드 (ISO 15511) 사용
세트 정보	선택	04	자료 속성
이용 유형	선택	05	자료 이용
서가 위치	선택	06	장서점검 지원 (LC 청구기호, DDC)
ONIX 미디어 형식	선택	07	자료 속성
MARC 미디어 형식	선택	08	자료 속성
공급업자 식별자	선택	09	수서
자료 주문번호	선택	10	수서
ILL 신청 기관 코드	선택	11	ILL 지원, ISIL 코드 (ISO 15511) 사용
ILL 신청 트랜잭션 코드	선택	12	ILL 트랜잭션 추적
GS1 생산 식별자	선택	13	식별
Alternative Unique Item 식별자	선택	14	식별
내부 데이터 A	선택	15	내부 데이터
내부 데이터 B	선택	16	내부 데이터
자료 표제	선택	17	식별
내부 생산 식별자	선택	18	식별
기타 미디어 형식	선택	19	자료 속성
공급 사슬 단계	선택	20	다용도
송장 번호	선택	21	수서
내부 자료 식별자	선택	22	식별
소장 도서관의 대체 코드	조건	23	식별
소장 도서관의 기타 정보	선택	24	식별
ILL 신청 기관의 대체 코드	선택	25	ILL 지원
내부 데이터 C	선택	26	내부 데이터

하지만 도서관마다 데이터베이스 스키마는 각기 다르며 RFID 역시 제공 업체에 따라 다른 표준을 사용하기 때문에 호환이 되지 않는 경우가 많다. RFID의 서로 다른 표준 문제를 해결하기

위해 국내에서는 최재황이 국내 도서관 RFID 표준 제정을 위한 연구를 수행하면서, 6개 국가의 도서관에서 사용 중인 RFID 데이터 모델 및 ISO 28560을 분석하여 국내에 맞는 데이터모델을 제시하였다. 그는 '고유 자료 식별자', '소장 도서관 코드', '세트 정보', 'ILL 신청 기관 코드'의 4개 요소로 구성된 데이터 모델을 제시하였다.²²⁾ 국외에서는 NISO에서 ISO 28560이 2011년 3월 22일에 발표된 이후, 2007년 12월 발표했던 버전²³⁾을 ISO 28560의 제정에 따라 2012년 3월 새롭게 개정하여 발표하였다(<표 3> 참조).²⁴⁾

NISO의 2008년 버전에서는 필수 데이터요소로 '고유자료식별자' 하나만 제시되었지만, 최근 업데이트된 2012년 버전에서는 '객체내용색인' 또한 필수 데이터 요소로 제시되었으며 '소장도서관 코드', '소장도서관 대체 코드'는 조건적 필수 데이터 요소로 변경되었다. 이는 제시된 필수 데이터 요소가 고정 요소가 아닌 향후 도서관의 요구 및 환경의 변화에 따라 필수적으로 바뀔 수 있는 요소라는 것을 의미한다.

현재 도서관의 RFID 시스템에서는 데이터베이스 스키마를 통한 데이터 통합이 주를 이루었지만 사물인터넷에서는 다양한 표준을 통해 정보의 커뮤니케이션이 이루어진다. 따라서 이러한 다양한 표준들을 상호운용하기 위해 RFID, NFC 등 기술 별 통일된 표준의 제정 외에도 다양한 표준을 통합하는 방안이 필요하다. 무엇보다도 도서관 시스템의 사물 인터넷의 구현을 위해서 국제 표준에 근거하여 시스템 구축이 전제되어야 하며 이러한 기반에서 수집된 정보를 통합하기 위한 시맨틱 웹, 빅데이터 등 데이터 융합 기술 기반의 인터페이스 구현이 필요하다.

3. 이용자 서비스 측면의 사물인터넷

과거 디지털 도서관에서는 전산화나 디지털화 등의 기술적 측면이 강조된 바 있다. 하지만 최근 들어 웹과 모바일 기술의 발전으로 도서관에서 전자기기를 통한 서비스 제공의 중요성은 더욱 높아지면서 점차 이용자 측면에서의 접근이 고려되고 있다. 특히 모바일 기기는 이용자 접근성이 가장 높은 사물이다. 스마트 폰은 센싱 기술을 통해 이용자의 행위 정보를 수집하고, 인터넷을 통해 이용자에게 필요한 정보를 제공한다. 정보서비스 환경에서 이용자의 중요성이 강조된 연구는 다음과 같다. 최석두는 '디지털도서관이 정보서비스의 중심이 되었을 때, 가장 중요한 일은 국민이나 기관의 사용자에게 필요한 정보원을 편리하게 액세스할 수 있도록 해야 하는 일이다'²⁵⁾ 라

22) 최재황, "주요 국가표준 도서관 RFID 데이터 모델의 비교 및 분석," 한국도서관·정보학회지, 제40권, 제2호 (2009), pp.87-110.

23) RFID in U.S Libraries, NISO RP-6-2008 <<http://www.niso.org/publications/rp/RP-6-2008.pdf>> [cited 2014, 4, 22].

24) RFID in U.S Libraries, NISO RP-6-2012 <http://www.niso.org/apps/group_public/download.php/8269/RP-6-2012_RFID-in_US_Libraries.pdf> [cited 2014, 4, 22].

고 하며, 이용자 중심의 서비스를 강조하였다.²⁶⁾ 또한 이재윤은 ‘기존의 연구는 ‘자료의 디지털화와 원격접근 문제를 주로 다루고 있으며 정보서비스와 인적요소에 대해서는 주목하고 있지 않다’고 하며 디지털도서관 환경에서 사서와 이용자 사이의 협력을 위한 상호작용을 강조하였다.²⁷⁾ 이정미는 도서관 정보서비스에 이용자의 상황정보를 수집, 분석하여 이용자에게 최적화된 서비스를 제공하는 ‘상황인식 컴퓨팅(Context-Aware Computing)’을 언급하였으며 상황인식컴퓨팅 서비스를 모바일 정보서비스 어플리케이션에 활용할 수 있는 방안을 모색하였다. 그는 도서관 이용자들에게 컴퓨팅 서비스에 대한 이용자의 인식과 요구를 조사하여 도서관 환경에 적용하여 이용자 중심의 도서관 모바일 서비스를 제공하고자 하였다.²⁸⁾

사물인터넷 환경에서도 이용자 서비스와 가치는 여전히 강조된다. 신동희²⁹⁾는 사물인터넷에서 사람은 이용자일 뿐만 아니라 시스템의 필수적인 요소로 보고 사물인터넷 시스템에서 인간의 상호작용을 증진시키는 것에 대한 중요성을 언급한 바 있다. 이처럼 이용자 서비스에 모바일 서비스가 중심이 되는 경향이 지속되고 있다. 사물인터넷 관점에서도 NFC, 모바일 RFID의 기술을 활용함으로써 도서관의 모바일을 통한 도서 대출, 결제, 열람실 예약 등의 서비스를 다양화할 수 있다. 또한 도서관 내 수집된 센싱 정보와 이용자 경험 정보를 분석하고 융합할 수 있는 플랫폼이 구현된다면, 다양한 정보의 매쉬업 서비스 제공이 가능하다.

IV. 시맨틱 기반 도서관 사물인터넷

1. 도서관 사물인터넷 요소 정의

3장에서 살펴본, ‘관리’, ‘정보 통합’, ‘이용자 서비스’ 라는 도서관에서의 사물인터넷 적용범위의 세 가지 측면을 기준으로 도서관의 사물인터넷 요소를 관리의 대상인 다양한 ‘사물’, 정보서비스의 수요자인 ‘이용자’ 그리고 도서관에서 제공되는 ‘정보’의 세 단계에서 도출하였다. 또한 거시적 정보 환경에서 도서관을 현실의 물리적 공간과 가상의 인터넷 공간으로 해석하여 사물인터넷 요소를 <그림 3>과 같이 정의하였다.

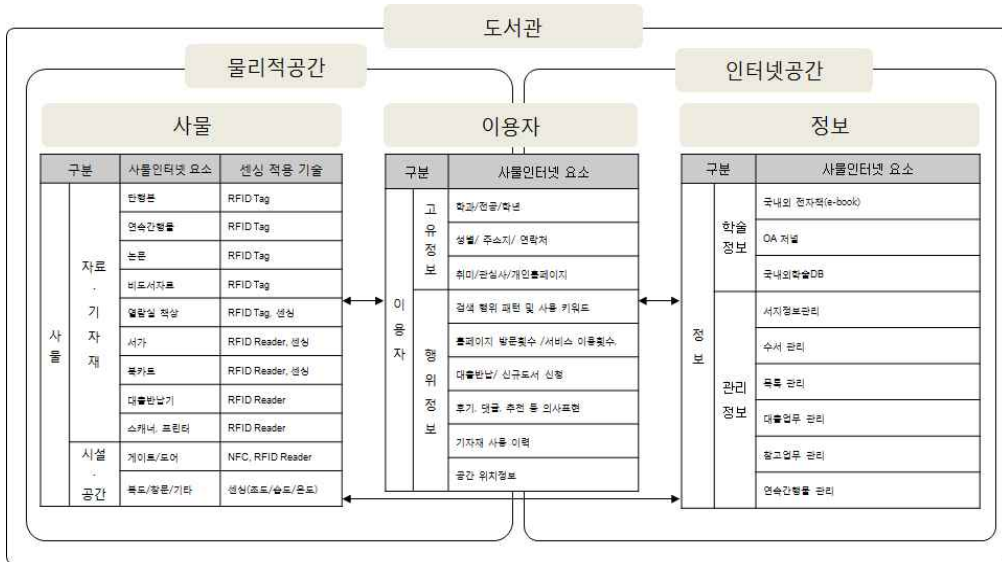
25) 최석두, “정보화사회와 디지털도서관,” 社會科學論集, 제15집(1996), pp.55-78.

26) 윤희윤, “도서관의 미래상에 대한 담론 및 쟁점의 분석과 형상화,” 도서관학논집, 제27집(1997), pp.61-95.

27) 이재윤, “전자도서관 환경에서 이용자-사서간 협력을 위한 상호작용에 대한 연구,” 정보관리학회지, 제15권, 제1호(1998), pp.109-127.

28) 이정미, 전계논문, pp.179-194.

29) Donghee Shin, “A socio-technical framework for Internet-of-Things design: A human-centered design for the Internet of Things,” *Telematics Informatics*, Vol.31, No.4(2014), pp.519-531.



〈그림 3〉 도서관의 사물인터넷 요소

먼저, 사물은 도서, 논문 등의 자료 및 책상, 프린터 등의 기자재와 도서관의 물리적 환경을 구성하고 있는 게이트, 도어, 복도 등의 시설·공간으로 구분하였다. 이들 사물 중 도서관의 업무적 주요 관리 대상인 도서에는 RFID를 사용하고 있으며 관리 목적에 따라 일반도서, 연속 간행물, 논문, 비도서 자료에도 RFID 시스템적용을 확대할 수 있다. 그리고 책상, 서가 등의 가구 및 스캐너, 복사기 등의 전자기기의 모든 기자재는 센싱 기술 및 유비쿼터스 기술을 통해 이용자와 관리자의 행위 정보 수집이 가능하다.

또한 도서관의 물리적 환경을 구성하고 있는 게이트, 도어, 복도 등의 시설·공간의 사물은 사물인터넷 기술을 적용함으로써 이용자의 행위 정보뿐만 조도, 습도, 온도 등의 환경정보 역시 기계적 데이터의 변환이 가능하다.

이용자는 도서관이 제공하는 서비스의 수요자이지만, 정보와 시설을 이용하는 과정에서 피드백을 제공함으로써 직간접적으로 서비스 생산에 기여하게 된다. 도서관의 이용자는 대출과 서비스를 이용하기 위해 자신의 고유정보를 기관에 제공하게 된다. 최근에는 서비스 이용을 위해 전산 상에 입력되는 기존의 성명, 성별, 연락처 등 프로필 정보뿐만 아니라 개인홈페이지 및 SNS 서비스 등 정보 수집 범위가 커지고 있다. 또한 대다수의 홈페이지에서는 이용자 분석 프로그램을 통해 방문횟수, 이용경로, 키워드 등 사용자 경험 및 이용자의 검색 패턴 및 이용경험을 분석하고 있다. 게이트를 지나가거나 시설을 사용할 때마다 개인의 사용이력과 위치정보도 자동적으로 기록하게 된다. 특히 이러한 정보 소비와 기여는 스마트폰의 모바일 기기를 통해 시공간의 제약 없이 실시간 이루어지고 있다.

도서관에서 관리하는 데이터 정보는 크게 학술 정보와 관리 정보로 나누어 볼 수 있다. 학술정

보는 도서관에서 보유하고 있는 자료를 뜻한다. 이는 실제 보유하고 있는 자료 이외에도 보유하고 있지 않더라도 도서관을 통해 서비스 되는 정보원을 모두 포함한다. 관리정보는 전통적으로 도서관의 관리업무인 수서, 목록, 대출, 참고업무, 연속관행물 등과 같은 관리와 관련된 정보를 뜻한다.

이와 같이 도출한 도서관의 사물인터넷의 3가지 요소인 ‘사물’, ‘이용자’, ‘정보’는 유기적 관계 뿐 만아니라 상호보완적 관계로 이루어져 있다. 본 연구에서는 이 3가지 요소를 바탕으로 모델링을 제시하고자 한다.

2. 도서관 사물인터넷 온톨로지 설계

본 연구에서는 모델의 확장과 상호운용성을 위한 표준의 요소를 고려하고 디지털 서비스의 원칙을 제시한 UK의 안³⁰⁾을 고려하여 아래 7가지의 설계 원칙을 제시하고자 한다.

- (1) 도서관 이용자의 요구를 고려하여 설계한다.
- (2) 도서관의 데이터에 근거하여 설계한다.
- (3) 도서관 이용자의 편의성을 고려하여 설계한다.
- (4) 도서관의 다양한 이용자 대상을 고려하여 설계한다.
- (5) 도서관의 실제적인 서비스 상황을 고려하여 설계한다.
- (6) 도서관의 서비스는 표준을 준수하여 일관성 있게 설계한다.
- (7) 도서관의 서비스는 차후 확장성을 고려하여 설계한다.

사물인터넷에서 다양한 사물들이 상호작용하는 관계는 실제적인 사물, 사물이 제공하는 정보 그리고 정보가 유통되는 서비스의 세 단계로 구분할 수 있다. 사물인터넷의 대표적인 온톨로지 표현 어휘인 OWL-S에서는 사물인터넷에서 실제적인 서비스의 개념과 구체적인 프로세스의 흐름인 정보 교환 방식을 표현하기 위해서, 사물의 정보 간 웹 서비스를 <표 4>와 같이 아래 3단계로 구분하였다.³¹⁾

<표 4> OWL-S 의 온톨로지 구조

온톨로지 클래스		설명
Service	Service profile	실제적인 서비스의 명세를 기술 (정의, 기능, 특징 등)
	Service Model	서비스의 동작 방식을 기술 (계층, 흐름, IOPE(Input/Output/Prcondition/Effect))
	Service Grounding	서비스 접근을 위한 통신 프로토콜을 기술

30) UK. Gov. Design Principles. Government Digital Service, <<https://www.gov.uk/design-principles>> [cited 2014. 4. 25].

31) David Martin, et al, "OWL-S : Semantic Markup for Web Service", W3C Member Submission, 2004. <<http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-OWL-S-20041122/>> [cited 2014. 4. 25].

이미연은 OWL-S를 적용하여, 유비쿼터스 서비스를 Functional/Environment Effect, Abstract u-Service, Composite u-Service, Atomic u-Service의 4단계로 범주화된 온톨로지 구조를 설계하였다.³²⁾ 사물 인터넷은 이처럼 단계적인 서비스를 기술하기 위한 온톨로지 뿐만 아니라 다양한 이기종의 사물의 프로필을 설명하기 위한 온톨로지 설계가 필요하다. 또한 사물 인터넷은 공간과 이용자처럼 추상적 개념뿐만 아니라 PDA, 스마트폰의 다양한 기종과 이들을 지원하는 다양한 센서 기기 등의 구체적인 사물을 표현하기 위한 온톨로지 설계가 필요하다. 본 연구에서는 이처럼 다양한 사물들의 개념을 정의하기 위해 ISO/IEC 11179 표준에서 기술하고 있는 개념영역(Concept Domain)과 값 영역(Value Domain)을 적용하여, 사물의 의미를 구체화하였다. ISO/IEC 11179는 ISO/IEC JTC1 SC32 WG에서 진행하는 메타데이터 레지스트리의 국제 표준이다. 여기서 개념영역은 실제 값 또는 데이터들의 의미의 집합체이자 포괄적 심상에 해당하는 상위 개념이며, 값 영역은 특정 표준에서 허용할 수 있는 값의 영역이다.³³⁾

본 연구에는 OWL-S의 서비스 개념과 ISO/IEC 11179의 개념 영역과 값 영역의 개념을 적용하여 사물인터넷을 사물 및 기기, 서비스, 데이터, 환경의 4단계로 구분하고, <표 5>와 같이 5단계의 온톨로지 클래스를 표현하였다.

<표 5> 시맨틱 기반 사물인터넷 온톨로지 클래스 정의

IoT 클래스		설명	비고
Internet of Things (IoT: 사물 인터넷)	iot:Concept (개념)	실제적인 사물 및 기기의 개념과 명세를 기술 예> 책, 북카드, 서가대, PDA, 스마트폰 등	사물 및 기기
	iot:Sensor (센서)	사물에 부착된 센싱 디바이스의 명세를 기술 예> 명칭, 기능, 제조사, 특징, 수집정보 등	
	iot:Service (서비스)	서비스의 명세 및 통신 프로토콜 등을 기술 예> RFID, NFC 통신, SOAP 프로토콜 등	서비스
	iot:Value (값)	유통되는 정보의 값과 형식, 표준 등을 기술 예> NFC NDEF 데이터 포맷, RFID 표준 등	데이터
	iot:Context (맥락)	환경 및 인프라 시설, 분류 스키마 등을 기술 예> 도서관 정보관리시스템, 데이터베이스 등	환경

온톨로지의 프로퍼티는 클래스 간 리소스 관계를 기술하며, 클래스의 리소스의 특성에 따라 다양하게 기술되는 영역이다. 따라서 프로퍼티가 상세하게 정의될수록 클래스 간의 관계가 다양해 지므로 매핑 가능한 요소가 증가한다. <표 6>은 사물인터넷의 다양한 서비스의 기술적 관계를 개략적으로 기술한 프로퍼티를 정의한 것으로, 사물의 특성에 따라 온톨로지 설계자에 의해 보다 상세하게 기술될 수 있다.

32) 이미연, 유비쿼터스 환경의 동적 서비스 합성을 지원하는 서비스 온톨로지 모델링(박사학위논문, 이화여자대학교 대학원 컴퓨터정보통신공학과, 2012).

33) 고영만, 서태설, "온톨로지 기반 메타데이터 명명 규칙에 관한 연구," 정보관리학회지, 제22권, 제4호(2005), pp.97-109.

<표 6> 시맨틱 기반 사물인터넷 온톨로지 프로퍼티 정의

IoT 클래스	IoT 프로퍼티의 예		
iot:Thing (사물)	iot:Concept (개념)	owl:version	버전
		rdfs:subClassof	상위 클래스
		dc:title	사물의 명칭
		dc:description	사물의 설명
		dc:relation	참조 자원
		iot:hasSensor	센서 클래스
iot:Thing (사물)	iot:Sensor (센서)	owl:version	버전
		rdfs:subClassof	상위 클래스
		dc:title	센서의 명칭
		dc:description	센서의 설명
		dc:relation	참조 자원
		iot:hasFunction	주요 기능
		iot:hasStandard	표준
		iot:hasManufacture	제조사
iot:Thing (사물)	iot:Service (서비스)	owl:version	버전
		rdfs:subClassof	상위 클래스
		dc:title	서비스의 명칭
		dc:description	서비스의 설명
		dc:relation	참조 자원
		iot:hasStandard	표준
		iot:hasEncryption	암호화 방식
		iot:inputMessageType	송신메시지 유형
iot:Thing (사물)	iot:Value (값)	owl:version	버전
		rdfs:subClassof	상위 클래스
		dc:title	값의 명칭
		dc:description	값의 설명
		dc:relation	참조 자원
		iot:hasValue	값
		iot:hasValueType	값의 유형
		iot:hasStandard	표준
iot:Thing (사물)	iot:Context (맥락)	owl:version	버전
		rdfs:subClassof	상위 클래스
		dc:title	맥락의 명칭
		dc:description	맥락의 설명
		dc:relation	참조 자원
		iot:hasOrganization	조직 및 기관명

〈그림 4〉는 RFID로 관리되는 도서정보관리시스템을 5단계의 온톨로지 클래스와 각클래스의 특징을 표현한 프로퍼티의 예를 JENA API 오픈소스를 활용하여 생성한 RDF/OWL 파일이다. 먼저 개념 클래스에서는 현실 세계의 사물인 도서, 즉 단행본을 설명하였다. 다음의 센서 클래스에서는 도서에 부착된 센서인 RFID 태그의 기능, 수집정보, 표준, 제조사 등의 정보를 프로퍼티로 구현하였다. 그리고 서비스 클래스에서는 EPC 프로토콜, 암호화 알고리즘 등의 정보를 프로퍼티로 기술함으로써 RFID 통신 방식을 구체화하였다. 특히 서비스 클래스는 그동안 선행 연구에서 유비쿼터스의 서비스 융합을 위해 온톨로지에서 다루고자한 핵심 분야이다. 그리고 값 클래스에서는 센싱을 통해 수집되는 실제 데이터의 값인 RFID 태그에 저장된 RFID 식별자 정보, 데이터 유형, 데이터 포맷 등의 정보를 기술하였다. 마지막으로 맥락 클래스에서는 실제 서비스가 이루어지는 인프라 시스템, 관리 기관 등의 환경정보를 기술하였다.

```

<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:iot="http://lib.skku.edu/iot/"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  <rdf:Description rdf:about="http://lib.skku.edu/iot/">
    <dc:date>2014-05-11</dc:date>
    <dc:creator>정민경, 권선영</dc:creator>
    <dc:description>도서관 사물인터넷 요소를 RDF/OWL로 설계</dc:description>
    <dc:publisher>성균관대학교 문헌정보학과</dc:publisher>
    <dc:language>kr</dc:language>
    <dc:title>시맨틱 기반 도서관 사물인터넷</dc:title>
  </rdf:Description>

  <!-- 개념 Class -->
  <iot:Concept rdf:about="http://lib.skku.edu/iot/Concept#001">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
    <dc:description>단행본</dc:description>
    <dc:relation>http://www.skku.edu/iot/book</dc:relation>
    <iot:hasSensor rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Sensor#001"/>
    <iot:hasContext rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Context#001"/>
  </iot:Concept>

  <!-- 센서 Class -->
  <iot:Sensor rdf:about="http://lib.skku.edu/iot/Sensor#001">
    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
    <dc:description>RFID 태그</dc:description>
    <dc:relation>http://www.iso.org</dc:relation>
    <iot:hasFunction>서지정보 코드를 기술</iot:hasFunction>
    <iot:hasStandard>ISO 28560</iot:hasStandard>
    <iot:hasManufacture>http://www.rfid_manufacture.com</iot:hasManufacture>
    <iot:hasContext rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Context#001"/>
  </iot:Sensor>

```

```

<!--서비스 Class-->
<iot:Service rdf:about="http://lib.skku.edu/iot/Service#001">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Thing"/>
  <owl:versionInfo>version 1.0</owl:versionInfo>
  <rdfs:label xml:lang="en">Service</rdfs:label>
  <rdfs:comment xml:lang="kr">서비스</rdfs:comment>
  <dc:title>RFID Protocols</dc:title>
  <dc:description>RFID 프로토콜</dc:description>
  <dc:relation>http://www.gs1.org/epcglobal</dc:relation>
  <iot:hasStandard>EPC Radio-Frequency Identity ProtocolsProtocol</iot:hasStandard>
  <iot:hasFrequency>13.56</iot:hasFrequency >
  <iot:hasEncryption>MFM Encryption</iot:hasEncryption>
  <iot:inputMessageType>EPC Ack-PJM</iot:inputMessageType>
  <iot:outputMessageType>BPSK</iot:outputMessageType>
  <iot:hasContext rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Context#001"/>
</iot:Service>

<!--값 Class-->
<iot:Value rdf:about="http://lib.skku.edu/iot/Value#001">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Thing"/>
  <owl:versionInfo>version 1.0</owl:versionInfo>
  <rdfs:label xml:lang="en">Value</rdfs:label>
  <rdfs:comment xml:lang="kr">값</rdfs:comment>
  <dc:title>RFID Tag ID</dc:title>
  <dc:description>RFID ID 식별자 코드</dc:description>
  <dc:relation>http://www.iso.org</dc:relation>
  <iot:hasValue>000029381322</iot:hasValue>
  <iot:hasValueType>numeric</iot:hasValueType>
  <iot:hasStandard>ISO 28560</iot:hasStandard>
  <iot:hasConcept rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Concept#001"/>
  <iot:hasContext rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Context#001"/>
</iot:Value>

<!--맥락 Class-->
<iot:Context rdf:about="http://lib.skku.edu/iot/Context#001">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#Class"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://lib.skku.edu/iot/Thing"/>
  <owl:versionInfo>version 1.0</owl:versionInfo>
  <rdfs:label xml:lang="en">Context</rdfs:label>
  <rdfs:comment xml:lang="kr">맥락</rdfs:comment>
  <dc:title>RFID 시스템</dc:title>
  <dc:description>RFID기반 도서정보관리시스템</dc:description>
  <dc:relation>http://lib.skku.edu/system</dc:relation>
  <iot:hasOrganization>성균관대학교</iot:hasOrganization>
</iot:Context>
</rdf:RDF>

```

<그림 4> RDF/OWL 예제

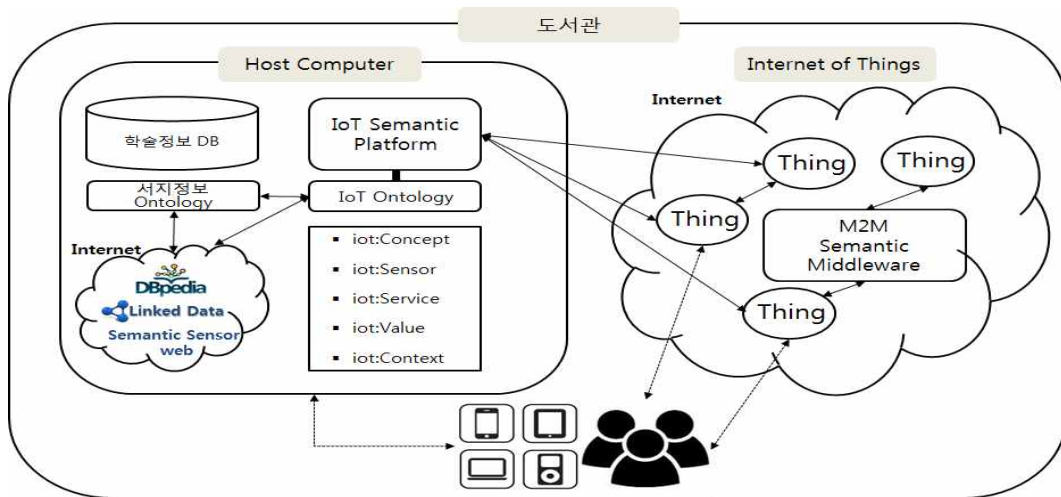
V. 도서관 사물인터넷의 모델링 제안

본 연구에서는 사물인터넷을 온톨로지로 표현함으로써 다양한 기기에서 수집된 센싱 정보를 융합하여 새로운 서비스를 창출할 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

그동안 도서관의 시맨틱 시스템을 구현하기 위해 서지정보를 온톨로지 어휘로 설계하려는 많은 연구가 이루어졌으며, 우리나라에서는 최초로 국립중앙도서관에서 기관 내 모든 학술 정보를

온톨로지 어휘로 기술하고, 링크드 데이터를 통해 웹상에 데이터를 발행한 바 있다. 또한 최근 사물인터넷에서는 링크드 데이터 개념을 도입하여, 수집된 센싱 데이터를 링크드 데이터를 통해 웹상에 오픈하고 이를 매쉬업(Mash-up)서비스로 활용하기 위한 링크드 센서 데이터의 연구가 이뤄진바 있다.³⁴⁾ 앞으로 미래 도서관에서는 기존의 서지정보와 이용자 서비스, 그리고 기존의 유비쿼터스 도서관의 다양한 센싱 정보를 융합할 수 있는 포괄적인 사물인터넷의 정의가 필요하다.

〈그림 5〉는 링크드 데이터로 발행된 서지 정보와 유비쿼터스 도서관의 다양한 센싱 정보들이 시맨틱 기반의 사물인터넷 플랫폼을 통해 서비스 융합의 가능성을 보여주는 개념도이다. 시맨틱 기술은 다양한 사물들의 서로 다른 통신방식을 지원하기 위해 시맨틱 기반 미들웨어에 활용될 수 있다. 그리고 이렇게 사물간의 통신 정보들이 도서관의 호스트 컴퓨터에 수집되어 다양하고 방대한 양의 센싱 정보들을 상호운용하기 위한 방안으로 시맨틱 기반 플랫폼에 활용될 수 있다. 시맨틱 기반의 플랫폼에서 수집된 정보들의 다양한 유형과 데이터 포맷은 〈그림 4〉에서 제안한 바와 같이 온톨로지 언어로 재구성될 수 있다. 또한 온톨로지 언어로 기술된 사물인터넷의 센싱 정보들은 인터넷을 통해 기존의 도서관 관리시스템에 저장된 서지정보와 이용자 정보와 결합하거나, DBpedia와 같은 외부 링크드 사이트에서 수집한 정보들과 결합하여 새로운 정보 서비스를 창출할 수 있다. 즉, 사물인터넷 시맨틱 플랫폼은 도서관에서 수집할 수 있는 모든 정보를 인터넷 공간에서 융합하기 위한 인프라 시스템의 구축 기반이 되는 것이다. 이러한 정보인프라 시스템에서 수집된 이용자, 사물, 공간, 데이터 정보는 융합과 정제를 통해 궁극적으로 도서관 이용자에게 필요한 정보 또는 이용자의 특성과 행위를 분석할 수 있는 의미 있는 데이터로 활용될 수 있다.



〈그림 5〉 시맨틱 기반 도서관 사물인터넷의 개념도

34) Barnaghi, 전개논문.

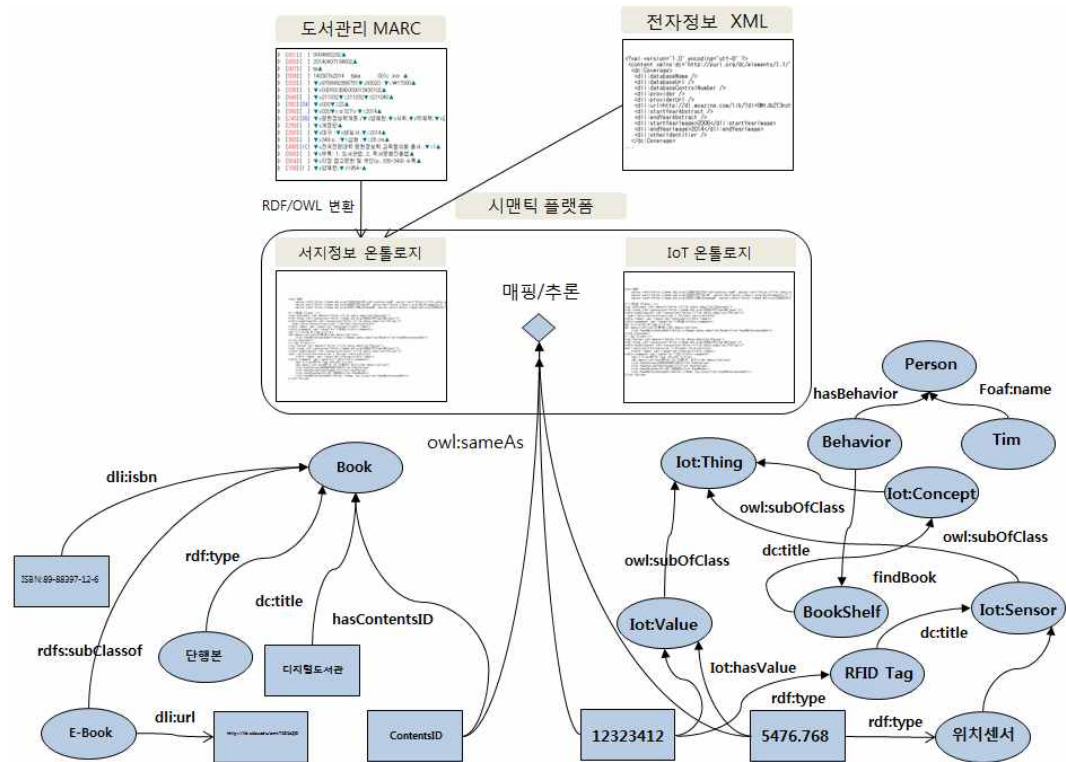
현재에도 많은 도서관에서 서지 정보의 메타데이터 포맷으로 MARC가 주로 사용되고 있다. 그리고 전자정보의 경우 더블링크어로 기술한 XML방식으로 기술하기도 한다. 이처럼 도서관의 일반도서, 전자도서, 그리고 각종 매체의 다양한 메타데이터 정보를 통합하기 위해 주로 DB의 스키마의 고유 값을 매핑 하는 방법을 사용하고 있다. 하지만 이러한 DB 스키마를 통한 매핑은 정보가 연결될수록 DB 스키마는 복잡해지고 관리해야할 정보의 양이 늘어날 가능성이 있다. 다양한 서지정보 메타데이터의 관계를 유연하게 연결하고, 정보를 인터넷에서 확장하기 위한 방안으로 서지정보를 온톨로지로 기술하려는 시도가 있었다. 그 중 한 예로 교육학술정보원에서는 관계기관의 해외논문과 저널, 그리고 전자책 등의 학술 정보를 기존의 MARC 태그와 기술한 온톨로지 속성 정보와 서로 매핑하여 링크드 데이터로 구축한 바 있다.³⁵⁾ 하지만 교육학술정보원의 링크드 데이터 웹의 SPARQL의 검색 방법은 온톨로지 어휘와 SPARQL 쿼리 문법을 이해하고 이용자가 직접 쿼리를 작성해야하는 불편함이 있다. 그리고 검색엔진에 입력할 수 있는 키워드 역시 제한적이다. 이러한 현재의 링크드 데이터의 SPARQL의 쿼리 작성 기반의 검색 방식은 이용자검색 만족도를 저해하는 요인이 되므로, 링크드 데이터 시스템 이용의 확산을 위해서는 인공지능의 추론 기능을 통한 정보의 매핑 자동화가 필요하다.³⁶⁾ 또한 도서관의 시맨틱 시스템을 구현하는 정보의 범위가 서지정보로 제한될 경우, 기존의 데이터베이스 스키마 기반의 일반 검색엔진 웹사이트와 비교했을 때 이용자 입장에서 링크드 데이터 시스템 이용시 검색 결과의 만족도 차이가 크지 않다면, 실제로 구축된 링크드 데이터 시스템의 활용이 저조할 수 있다. 하지만 실제 도서관 이용자와 밀접한 사물의 센싱 정보를 수집한 정보와 해외의 링크드 센싱 데이터 웹의 정보를 매쉬업한다면 기존의 서지정보 링크드 데이터 웹의 결과와 비교하였을 때 보다 다양한 정보를 실시간으로 제공이 가능하다. <그림 6>은 <그림 5>의 도서관 사물인터넷 개념을 온톨로지 관계로 적용한 예이다. 도서관리 MARC 태그와 전자정보의 XML 태그는 시맨틱 플랫폼을 통해 온톨로지 어휘와 매핑하여 RDF/OWL 파일로 변환된다. 또한 사물 인터넷의 사물 간의 센싱 정보 역시 호스트 컴퓨터로 수집되어 시맨틱 플랫폼을 통해 <그림 4>와 같이 기술한 온톨로지 어휘를 통해 RDF/XML로 변환된다. 하지만 사용자에게 실제적으로 필요하고 만족적인 서비스를 제공하기 위해서는 온톨로지 클래스와 속성 값을 비교하고 매핑할 수 있는 추론 기능이 필요하다. 이러한 추론은 예를 들어, 온톨로지 설계자에 의해 두 개의 속성값이 동일하다고 정의함으로써 (owl:sameAs) 매핑할 수 있지만, 사물이 수집하는 정보가 하나 이상으로 다양할 경우 인공지능을 통한 자동적인 매핑이 필요하다.

일반적으로 도서관에서는 일반도서의 경우 이용자의 대출이력을 통해 이용률을 파악한다. 하지만, 대출을 하지 않고 열람을 하는 경우 도서의 이용을 파악하기란 쉽지 않다. 비단 일반도서 뿐

35) RISS Linked Data <http://data.riss.kr/main.do> [cited, 2014. 4. 24].

36) 정민경, 전계논문.

아니라, 연속 간행물과 같이 대출이 불가능한 도서의 경우 더욱이 이용하는 정보를 파악하기란 쉽지 않다. 이는 관리적 측면으로 본다면 도서관의 물리적 자원에 대한 실제 이용정보를 정확히 실시간으로 파악하지 못하는 문제와 직결된다. 전통적인 도서관, 디지털 라이브러리, 그리고 최근의 유비쿼터스 라이브러리에서도 이와 같은 문제점은 여전히 해결되지 못하고 있다. 하지만 본 논문에서 언급한 사물 인터넷 개념을 기반으로 한 모델은 이를 해결할 수 있는 기반이 될 수 있을 것이다. 예를 들어 서가대의 위치정보와 책을 보유하고 있는지 수집된 센싱 정보와 해당 연속 간행물의 서지정보 XML과 전자저널에서 제공하는 URL정보를 결합하면, 관리자 측면에서의 이용 현황을 파악할 수 있고, 이용자 측면에서는 현재 해당 저널이 이용 중이며, 관련 전자저널 정보 또는 대체 저널을 이용할 수 있다. 이처럼 사물인터넷 시스템을 구축함으로써 관리의 자동화를 이룰 뿐만 아니라, 이기종 기기들에서 수집된 다양한 정보의 통합을 가능하게 하고, 궁극적으로 인터넷 공간에서 다양한 서비스들의 융합을 통해 보다 다각적인 측면에서 도서관 이용자와 밀접한 정보서비스를 실시간 제공할 수 있다.



〈그림 6〉 시맨틱 기반 도서관 사물인터넷 모델의 적용

VI. 결론 및 제언

최근 들어 사물 인터넷은 사람과 사물을 연결해주는 차세대 스마트 융합 서비스로써 각광받고 있다. 실제로, 최근 국가적 차원의 노력, 산업계의 사물인터넷과 관련한 연구개발, 서비스 등과 같은 움직임을 비롯하여 학계에서의 사물인터넷과 관련한 연구들을 쉽게 접할 수 있으며 이는 사물 인터넷의 잠재성에 대한 큰 기대의 반영이다.

도서관 역시 정보통신 기술의 동향을 비추어 볼 때, 사물인터넷의 개념의 적용에 대한 논의가 필요한 시점이라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 도서관에 사물인터넷 개념을 적용하여 도서관을 사람, 사물, 데이터 등의 정보가 서로 유기적으로 연계되는 생태학적인 네트워크 공간으로서의 해석을 시도하고자 하였다. 도서관에서의 사물인터넷 요소를 도출하기 위하여 먼저 도서관의 사물인터넷 적용범위를 관리측면, 정보의 통합 측면, 이용자 서비스 측면에서 살펴보았다. 그리고 모델의 확장과 상호운용성, 표준을 고려하여 설계원칙을 제시한 후 이에 기반을 두어 도서관의 물리적 공간에 존재하는 다양한 사물, 인터넷 공간에 존재하는 다양한 데이터 그리고 이용자를 사물인터넷 요소로 정의하였다. 다음으로 다양한 사물들의 상이한 메타데이터와 통신 프로토콜을 통해 서로 정보를 교환하고 유용한 정보로 통합하기 위한 인터페이스로서 시맨틱 웹 기술 적용을 제안하였다. 마지막으로 인터넷 공간 속에서 다양한 사물인터넷의 요소들이 실시간으로 공유하는 정보를 도서관 관리 및 이용자 서비스 등 특정 목적에 활용하는 방안으로서 사물인터넷 모델을 제시하였다.

도서관에서의 신기술의 도입은 신중해야 하며, 도서관에서 이루어지는 모든 서비스는 항상 이용자를 위해 구성되고 이용자 중심이라는 본질에서 벗어나서는 안 될 것이다. 이는 사물인터넷의 본질, 즉 단순히 사물간의 통신이 의미가 있는 것이 아니라 그것을 이용하는 이용자의 행위에 따라 가치가 부여된다는 것과 맥락을 같이 한다. 본 연구는 도서관에서의 사물인터넷 적용에 관한 첫 시도으로써 논의의 방향을 제시하였다는 데 의의를 가진다.

참고문헌

- 고영만, 서태설. “온톨로지 기반 메타데이터 명명 규칙에 관한 연구.” 정보관리학회지, 제22권, 제4호(2005. 12), pp.97-109.
- 김형준. 모바일 + RFID, *TTA-Journal*, p.108.
- 남태우. “한국 도서관계에서 디지털의 의미 디지털도서관의 현상과 인식.” 한국도서관·정보학회 동

- 계 학술발표회(2011. 12), pp.9-36.
- 노동조. “유비쿼터스 컴퓨팅에 기반한 유비쿼터스 도서관의 과제와 전망에 관한 연구.” 한국비블리아학회지, 제15권, 제2호(2004. 6), pp.219-240.
- 민경식. 사물 인터넷(Internet of Things). NET Term, 한국인터넷진흥원, 2012. 6
- 박세환. 사물 인터넷 핵심기술 및 시장성 분석, ICT 기획시리즈, 주간기술동향, NIPA, 2014. 1. 29.
- 이미연. 유비쿼터스 환경의 동적 서비스 합성을 지원하는 서비스 온톨로지 모델링, 박사학위논문, 이화여자대학교 대학원 컴퓨터정보통신공학과, 2012.
- 이재윤. “전자도서관 환경에서 이용자-사서간 협력을 위한 상호작용에 대한 연구.” 정보관리학회지, 제15권, 제1호(1998. 3), pp.109-127.
- 이정미. “상황인식 컴퓨팅의 개념과 도서관 정보서비스에의 적용.” 한국비블리아학회지, 제23권, 제1호(2012. 1), pp.179-194.
- 정민경. 메타데이터 레지스트리의 의미적 상호운용성 지원을 위한 시맨틱 웹 검색 시스템의 구축 및 그 효용성과 만족도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구, 석사학위논문, 성균관대학교 대학원 문헌정보학과, 2013.
- 최석두. “정보화사회와 디지털도서관.” 社會科學論集 제15집(1996), pp.55-78.
- 최재황. “주요 국가표준 도서관 RFID 데이터 모델의 비교 및 분석.” 한국도서관·정보학회지, 제40권, 제2호(2009. 6), pp.87-110.
- 최종원. 13.56MHz 대역 RFID의 ID 및 OID 적용 방안 연구. 한국인터넷진흥원, 2011, pp.11-16.
- Ashton, Kevin. “That ‘Internet of Things’ thing in the real world, things matter more than ideas.” <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>> [cited 2014. 4. 5]. [cited 2014. 4. 8]
- Barnaghi, Payam, Wang, wei, Henson, Cory and Taylor, kerry. “Semantics for the Internet of Things: early progress and back to the future.” *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, Vol.8, No.1(2012), pp.1-21.
- Fleisch, Elgar. “What is the internet of things? An economic perspective.” *Economics, Management, and Financial Markets*, Vol.5, No.2(Jun. 2010), pp.125-157.
- Gershenfeld, Neil, Krikorian, Raffi and Cohen, Danny. “The Internet of Things.” *Scientific American*, Vol.291, No.4(2004), pp.76-81.
- International Data Corporation (IDC). Worldwide smart connected device shipments, March 2012.
- ITU. ITU Internet Reports Series, The Internet of Things, 2005. <<https://www.itu.int/wsis/tunis/newsroom/stats/The-Internet-of-Things-2005.pdf>>
- Liu, Xueqing and Sheng, Wenwen. “Application on Internet of Things Technology Using in

- library Management.” *Advanced Research on Electronic Commerce, Web Application, and Communication, Communications in Computer and Information Science*, Vol.144 (2011), pp.391-395.
- Luo, Jun, Yan, Lianlong and Xu, Shenghua. “Build Intelligent Library by Using Technology of the Internet of Things.” *Advanced Materials Research*, Vols.403-408(2012), pp.2138-2141
- Martin, David et al, “OWL-S : Semantic Markup for Web Service.” W3C Member Submission, 2004. <<http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-OWL-S-20041122/>>
- RFID in U.S Libraries, NISO RP-6-2008 <<http://www.niso.org/publications/rp/RP-6-2008.pdf>> [cited 2014. 4. 22].
- RFID in U.S Libraries, NISO RP-6-2012 <http://www.niso.org/apps/group_public/download.php/8269/RP-6-2012_RFID-in_US_Libraries.pdf> [cited 2014. 4. 22].
- RISS Linked Data <<http://data.riss.kr/main.do>> [cited. 2014. 4. 24].
- Rowley, Jennifer. “The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy.” *Journal of Information Science*, Vol.33, No.2(2007), pp.163-180.
- Shin, Donghee. A socio-technical framework for Internet-of-Things design: A human-centered design for the Internet of Things. *Telematics Informatics*, Vol.31, No.4(2014), pp.519-531.
- Srinivasan, S and Vanithamani, R. “An Internet of THings Approach to Library management and Monitoring.” *IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*, Vol.1(2013), pp.1-4.
- Sundmaeker, Harald, Guillemin, Patrick, Friess, Peter and Woelffle, Sylvie. Vision and challenges for realising the internet of things. Cluster of European research Projects on the Internet of Things, 2010.
- UK. Gov. Design Principles, Government Digital Service <<https://www.gov.uk/design-principles>> [cited 2014. 4. 25].
- Zaslavsky, Arkady , Perera, Charith and Georgakopoulos, Dimitrios. “Sensing as a service and big data.” *International Conference on Advances in Cloud Computing (ACC-2012)*, Bangalore, India, (Jul. 2012), pp.21-29.

국한문 참고문헌의 영문 표기

(English translation / Romanization of reference originally written in Korean)

- Choi, Jae-Hwang. “Comparison and Analysis of Library RFID Data Model for Major National

- Standards.” *Journal of Korean Library and Information Science Society*, Vol.40, No.2(Jun. 2011), pp.87-110.
- Choi, Jong won. “Research on the ID and OID Application Mechanism in 13. 56 MHz Band RFID” *Kisa*, (2011), pp.11-16 .
- Choi, Suk Doo. “The Impact of the Digial Library on Information Society.” *Sahoegwahagnonjib*, Vol.15(1996), pp.55-78.
- Jung, Min Kyung. “Study on the establishment of Semantic web search system for an interoperability of metadata registry and the factors influencing its effectiveness and user satisfaction.” M.A. thesis, thesis, Department of Library & Information Science Sungkyunkwan University, 2013.
- Kim, Hyoung Jun. Moble + RFID, *TTA-Journa*, (Jun. 2005), p.108
- Ko, Young Man and Seo, Tae-Sul. “A Study on the Naming Rules of Metadata based on Ontology.” *Journal of the Korean Society for Information Management*, Vol.22, No.4(Dec. 2005), pp.97-109.
- Lee, Jae-Yun. “User-Librarian Interactions in the Digital Library Environment.” *Journal of the Korean Society for Information Management*, Vol.15, No.1(Mar. 2001), pp.109-127.
- Lee, Jeong-Mee. “The Concept of the Context-Aware Computing and Its Application to the Library Information Services.” *Journal of the Korean Biblia Society for Library and Information Science*, Vol.23, No.1(Jan. 2012), pp.109-127.
- Lee, Meeyeon. *Ontology-based service modeling method for dynamic service composition in Ubiquitous computing*. ph.D. thesis, Department of Computer Science and Engineering Graduate School Ewha Women’s university, 2001.
- Min, Kyoung Sik. Internet of Things. *NET Term*, Kisa, (2012)
- Nam, Tae-Woo. “Hankuk doseogwanyeseo digital uimi digitaldoseogwan-ui hyeonsang-gwa insik.” *Proceedings Journal of Korean Library and Information Science Society*, (Win. 2011), pp.9-36.
- Noh, Dong-Jo. “A Study on the Problems and Prospects of Ubiquitous Library Through Ubiquitous Computing.” *Journal of the Korean Biblia Society for Library and Information Science*, Vol.15, No.2(Jun. 2004), pp.219-240.
- RISS Linked Data <<http://data.riss.kr/main.do>> [cited. 2014. 4. 24].
- Yoon, Hee-Yoon. “Doseogwan-ui milaesang-e daehan damlon mich jaengjeom-ui bunseoggwa hyeongsanghwa.” *Doseogwanhagnonjib*, Vol.27(Jan. 1997), pp.61-95.