

오픈 소스 하드웨어를 이용한 임베디드 기반의 분산형 RFID 게이트웨이의 설계

Design of Embedded Based Distributed RFID Gateway Using Open Source Hardware

전 준철

금오공과대학교 컴퓨터공학과

Jun-Cheol Jeon

Department of Computer Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyeongsangbuk-do 730-701, Korea

[요 약]

본 논문에서는 최근 이슈가 되고 있는 대표적인 오픈소스 하드웨어인 아두이노와 라즈베리파이를 이용하여 RFID (Radio Frequency IDentification) 게이트웨이를 구성한다. RFID 기술은 라디오 주파수 신호를 이용하여 자동으로 사물을 식별하는 기술로써 다양한 환경에 핵심 기술로 부각되고 있다. 본 논문에서는 다양한 리더의 통신 방법과 대량으로 발생하는 RFID 태그 정보를 효율적으로 처리하기 위한 분산형 RFID 게이트웨이를 제안하고, RFID 리더의 확장성과 미들웨어 통신 효율성을 높이고자 한다. 기존 RFID 미들웨어는 리더와 연동을 위한 웹 서비스 또는 표준 통신 규격을 준수해야하는 문제점이 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 RFID 리더 제작 시 시리얼 통신 이외에 다양한 방식의 디지털 신호처리 방식의 통신 규격을 만족하도록 구성하여 미들웨어의 통신효율을 증대시킨다.

[Abstract]

In this paper, we configure a Radio Frequency IDentification (RFID) gateway using an arduino and raspberry pi which are recent issues with a representative open source hardware. RFID technology is emerging as a key technology in a variety of environments as a technique to automatically identify objects using a radio frequency signal. In this paper, we propose a distributed RFID gateway for providing various communication methods and processing a large amount of RFID tag information efficiently, and to increase the scalability and middleware communication efficiency of the RFID reader. Existing RFID middleware systems have the problems that they should adhere the web service for interworking with a reader and the communication standard. Therefore, in this paper, we comprise our RFID gate to satisfy not only the serial communication configuration but also various digital signal processing standard so that it increases the communication efficiency of the middleware system.

Key word : RFID, Embedded system, Distributed gateway, Open source hardware.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.6.581>



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

Received 14 October 2015; Revised 25 November 2015

Accepted (Publication) 15 December 2015 (30 December 2015)

*Corresponding Author; Jun-Cheol Jeon

Tel: +82-54-478-7534

E-mail: jcjeon@kumoh.ac.kr

1. 서론

1-1 연구의 배경

RFID (Radio Frequency IDentification) 기술은 라디오 주파수 신호를 이용하여 자동으로 사물을 식별하는 기술로써 다양한 환경에서 핵심 기술로 부각되고 있다. 특히, 유비쿼터스 실현의 핵심 기술인 RFID 기술이 중요해짐에 따라 기술의 표준화가 요구되었고 EPCglobal은 RFID와 관련된 하드웨어, 소프트웨어 기술에 대한 국제 표준을 제정하였다 [1].

RFID 시스템은 관리가 요구되는 사물에 전파 이용이 가능한 전자 태그를 부착한 후, 사물의 정보 및 주변 환경 정보를 인식함으로써 다양한 형태의 서비스를 제공한다. RFID 시스템을 구축하기 위한 RFID 응용시스템은 RFID 태그(tag)를 인식하여 정보를 송신하기 위한 RFID 리더(reader)와 RFID 정보를 저장하고 있는 중앙의 메인 서버, RFID 태그를 활용하기 위한 서버 시스템, 그리고 리더와 서버 중간에서 정보를 전달하기 위한 RFID 미들웨어 시스템으로 구성한다 [2],[3].

RFID 태그를 인식하기 위한 RFID 리더는 창고의 출입구 등과 같이 RFID 태그를 고정된 위치에서 인식하는 고정형 시스템과 사용자 손이나 팔 등에 휴대 및 부착이 가능한 이동형 시스템으로 분류된다. 고정형 시스템의 경우 RFID 미들웨어와 통신을 위하여 RS-232c, RS-485, Wi-Fi 및 Ethernet 등 다양한 형태의 유무선 통신 기능을 이용하여 구성이 되고, 이동형 시스템의 경우 휴대 효율성을 높이기 위하여 주로 무선의 Wi-Fi 시스템으로 구성이 된다. 따라서 RFID 미들웨어 시스템은 다양한 통신 형태의 RFID 리더와 연동을 위한 통신 기능을 구비해야 한다 [4].

RFID 미들웨어는 메인 서버와의 통신을 담당하는 시스템으로 리더에서 송신되는 정보 외에 신규로 생성되는 태그의 정보, 최종적으로 폐기 되는 태그의 정보, 그리고 태그 정보의 변경 등을 처리하기 위한 다양한 기능의 프로토콜을 동적으로 구성 가능해야 한다. 또한 리더에서 송신하는 태그의 중복성 문제도 해결 해야 한다 [5].

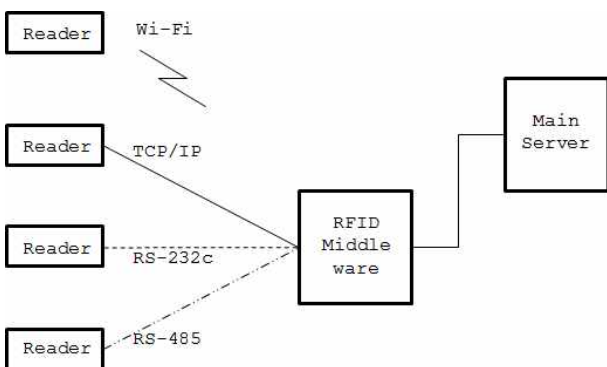


그림 1. RFID 시스템 구성도
Fig. 1. RFID system configurations.

그림 1은 이러한 RFID 미들웨어 시스템을 나타낸다. 그림 1에서와 같이 다양한 통신형태로 구성되는 리더의 정보를 수신하기 위하여 RFID 미들웨어는 각각의 통신 규격을 처리할 수 있는 기능이 준비되어야 한다.

1-2 연구의 목적

다양한 통신 규격을 포함하는 RFID 미들웨어는 본연의 기능인 정보의 정합 및 전달 기능 등의 시스템 구성상의 복잡도가 증가하는 경향이 있다 [6],[7]. 따라서 본 논문에서는 다양한 리더의 통신 방법과 대량으로 발생하는 RFID 태그 정보를 효율적으로 처리하기 위한 분산형 RFID 게이트웨이를 제안한다. 이를 위하여 오픈소스 하드웨어 (OSHW; OpenSource HardWare)인 아두이노 (arduino)와 라즈베리파이 raspberry pi)를 이용한다.

아두이노는 리더로부터 송신되는 RFID 태그 정보를 수신하기 위하여 다양한 형태의 통신을 제공하는 리더의 통신 확장성을 보장한다. 라즈베리파이는 RFID 미들웨어와 TCP/IP 로 연결되어 RFID 리더로부터 수신되는 정보를 RFID 미들웨어로 전달하는 기능으로 구성하며, RFID 미들웨어의 복잡한 통신 기능을 단순화 하여 통신에 대한 신뢰성을 보장한다. 제안하는 게이트웨이의 핵심인 아두이노와 라즈베리파이는 내부적으로 RS232c/RS485 등의 시리얼 통신으로 구성하여 다양한 형태의 리더를 수용할 수 있도록 구성할 수 있는 장점이 있다. 그림 2는 아두이노와 라즈베리파이를 이용한 RFID 게이트웨이를 나타낸다.

논문의 전체 구성은 다음과 같다. 2장에서는 EPCglobal 네트워크와 RFID 미들웨어에 대하여 기술한다. 3장에서는 제안하는 시스템에 대한 요구사항을 도출하고, 도출된 요구사항을 기반으로 시스템을 설계하고 구현한다. 4장에서는 제안하는 시스템에 대하여 평가한 후 5장에서 결론을 맺는다.

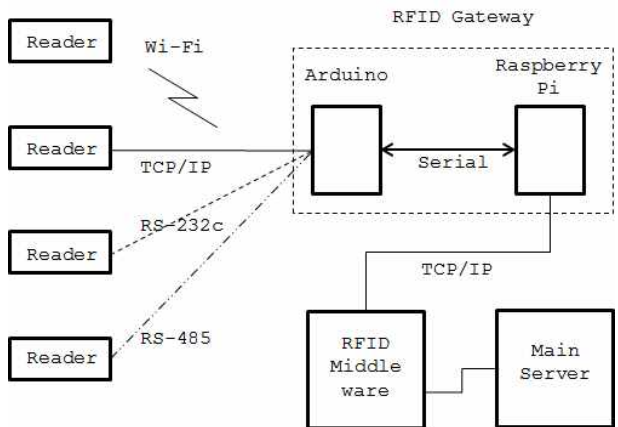


그림 2. RFID 게이트웨이 구성도
Fig. 2. RFID gateway configurations.

II. 관련 연구

2-1 EPCglobal 네트워크

EPCglobal 네트워크는 RFID 기술을 이용하여 상품을 자동으로 식별하고, 식별된 상품 혹은 제품 정보를 인터넷을 통하여 RFID 태그 정보를 처리하기 위한 메인 서버 시스템들 사이에서 실시간으로 추적 및 조회가 가능한 글로벌 네트워크 시스템이다. EPC (electronic product code)는 RFID를 이용한 객체 식별과 EPCglobal 네트워크를 통한 객체 정보 접근 및 교환을 위한 키(key)이다. EPCglobal 네트워크는 EPC 리더, EPC 미들웨어, EPCIS (EPC information service), 검색 서비스 (discovery service) 등 상품과 제품 공급망이 유기적으로 결합되어 추적성과 가시성을 제공한다 [8],[9],[10]. 그림 3은 EPCglobal 네트워크를 나타낸다.

2-2 RFID 미들웨어

RFID 태그를 유효한 정보로 수집하기 위한 시스템의 개념적 구성도는 그림 1에 나타내었다. RFID 미들웨어를 사용하는 이유는 다음과 같다. 어플리케이션을 장치 인터페이스로부터 캡슐화하고, RFID 리더에서 송신된 데이터를 처리해서 최종 시스템에 적합한 형태로 변환하며, 어플리케이션에서 처리한 데이터 분량을 적정 수준으로 조절한다 [11],[12].

RFID 리더로 부터 수신된 정보를 CRM, SCM, ERP, MIS, WMS 그리고 태그 데이터베이스 서버 등 중앙의 시스템으로 전송하기 위한 RFID 미들웨어는 다양한 형태로 구성된 RFID 리더의 통신 규격을 이용하여 정보를 수집, 정제, 전송을 담당해야 한다. EPCglobal로 정의되어 있는 RFID 미들웨어 표준안은 RFID 리더와 연동하기 위한 리더 어댑터를 별도로 정의하고 있다. 그림 4는 EPCglobal/ISO180006C/IEC24730 표준의 RFID 미들웨어 계층도를 나타내고 있다. RFID 미들웨어는 EPCglobal 표준에 의하여 RFID 리더에서 전송되는 RFID 태그에 대한 표준화된 처리 방법을 제공한다. 이를 위하여 RFID 미들웨어는 서비스를 주목적으로 하는 웹 서비스 인터페이스 표준으로 구성된다 [13],[14],[15],[16].

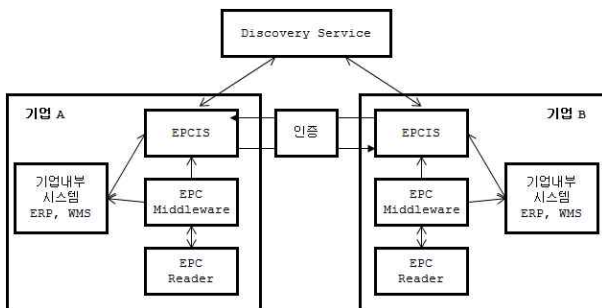


그림 3. EPCglobal 네트워크
Fig. 3. EPCglobal network.

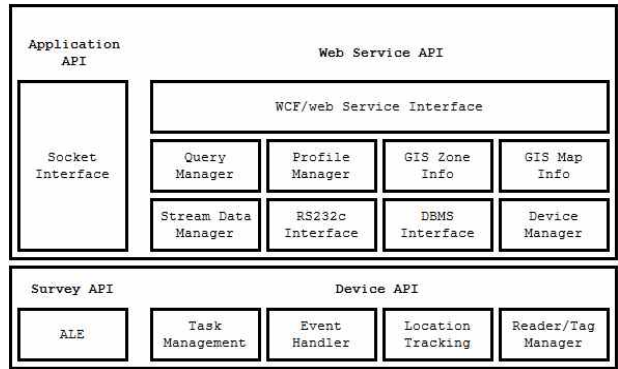


그림 4. RFID 미들웨어 계층도
Fig. 4. Layered architecture of RFID middleware.

표 1. 시스템 요구사항
Table 1. System requirements.

functions	requirements
web service	XML protocol configuration features
data integrity	Transport integrity of the recognized tags from multiple reader
location transparency	Identity guarantee for multi- reader

III. RFID 게이트웨이

3-1 시스템 기능 분석 및 요구사항

RFID 미들웨어는 RFID 리더와 통신하기 위한 TCP/IP, RS232c와 같은 일련의 표준 규격을 지향하는 통신 표준을 사용한다. 결과적으로 RFID 미들웨어와 통신하기 위한 RFID 리더의 경우 표준 통신 규격을 준수해야 하는 부담감이 존재한다. 최근 폭발적으로 증가하고 있는 DIY(do it yourself) 제품을 고려할 때, 표준 규격의 통신 기능을 이용하여 RFID 리더를 구성하는 것은 개발 인력, 시간 등의 비용 효율성이 저하되는 상황이다. 따라서 RFID 미들웨어의 변경을 최소화하고 RFID 리더의 확장성을 보장하기 위한 RFID 게이트웨이의 요구사항을 정리하면 다음과 같다. RFID 미들웨어와 RFID 리더 간의 표준화 통신 방식인 웹 서비스가 가능해야 한다. 또한 대량의 RFID 리더 연결을 감안하여 중복으로 전송되는 RFID 태그의 무결성이 보장되어야 한다. 마지막으로 동적으로 확장이 가능한 RFID 리더의 위치가 명확히 지정되어야 한다. 표 1에서는 제안하는 시스템을 위한 요구사항을 요약하였다.

3-2 시스템 설계

다양한 통신 규격의 RFID 리더를 수용하고 RFID 미들웨어의 통신에 적합한 RFID 게이트웨이는 그림 5와 같이 구성이 가

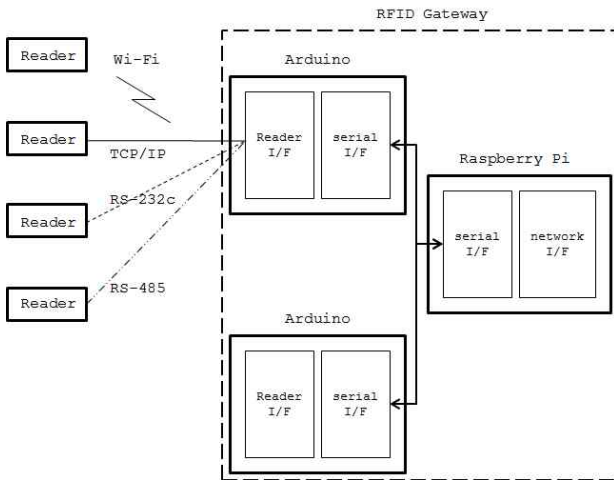


그림 5. RFID 게이트웨이 구성도
Fig. 5. RFID gateway configurations.

능하다. RFID 게이트웨이의 내부 구조는 RFID 리더를 연결하기 위한 아두이노와 RFID 미들웨어와 통신하기 위한 라즈베리파이로 구성한다. 아두이노는 다양한 통신 규격의 리더와 연결되어 리더에서 인식된 RFID 태그 정보를 수집한다. 아두이노의 reader I/F는 다양한 통신 규격을 처리하도록 구성하고, serial I/F는 라즈베리파이와 병렬로 연결하도록 구성한다. 라즈베리파이는 아두이노와 1 대 N의 구조로 연결되어 대량의 RFID 태그 정보를 수집하고, RFID 미들웨어와의 통신 규격인 웹 서비스 프로토콜을 이용하여 RFID 미들웨어로 송신한다. 라즈베리파이의 serial I/F는 아두이노와 병렬로 연결하도록 구성하며, network I/F는 RFID 미들웨어와 통신하도록 구성한다.

3-3 시스템 구현

그림 6은 라즈베리파이에 구성된 시스템 구성도를 나타낸다. 라즈베리파이는 네트워크 운영체제 기반의 표준 통신 인터페이스를 지원하는 시스템으로, 시스템 콜 인터페이스는 TCP/IP, RS232c/RS485 등 표준 통신 인터페이스를 제어한다. XML handler는 RFID 태그 정보를 RFID 미들웨어에 전달하기 위하여 웹 서비스 표준 프로토콜 규격인 XML을 처리하는 기능을 담당한다. socket handler, HTTP protocol handler는 웹 서비스를 구성하는 웹 서비스 프레임워크의 주요 구성요소이다.

RFID 리더와 연결되는 아두이노 내부에서는 다음과 같은 버퍼를 구성하여 각 리더로부터 수신되는 정보를 임시로 저장한다. 그림 7은 아두이노에 구성된 버퍼를 나타낸다. 버퍼의 인덱스는 아두이노와 연결되어 있는 RFID 리더를 구분하기 위하여 사용한다. serial I/F에서는 버퍼의 저장된 값을 주소와 버퍼의 길이 형태로 전송한다.

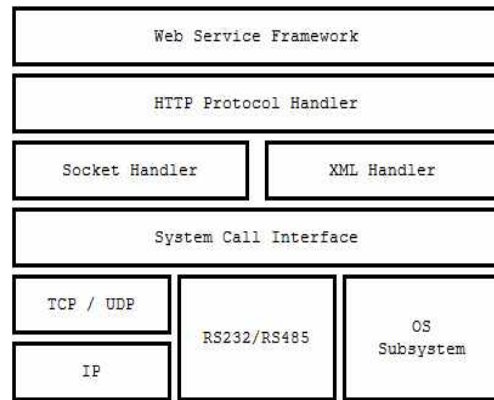


그림 6. 라즈베리파이 시스템 구성도
Fig. 6. Raspberry pi system configurations.

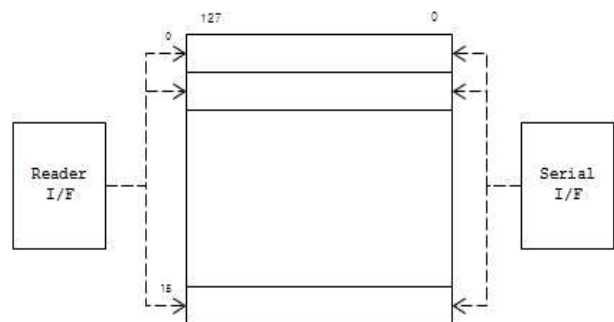


그림 7. 아두이노 버퍼 구성도
Fig. 7. Arduino buffer configurations.

그림 8은 라즈베리파이에 구성된 버퍼를 도시한다. 병렬로 연결된 다수의 아두이노를 구분하기 위하여 다중 버퍼로 구성하여 각 버퍼의 인덱스를 아두이노 구분자로 사용한다. serial I/F로 수신된 정보는 각 버퍼별로 저장되며, network I/F의 요청에 의하여 서버 측으로 전송한다.

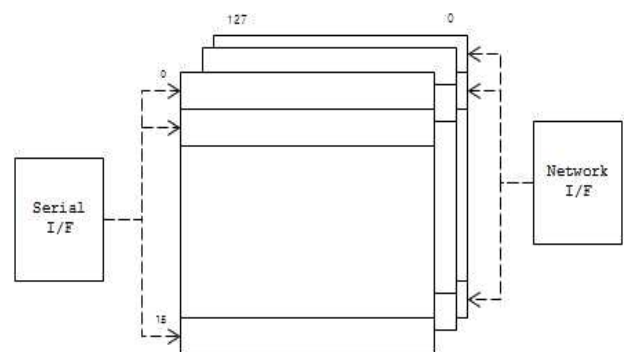


그림 8. 라즈베리파이 버퍼 구성도
Fig. 8. Raspberry pi buffer configurations.

표 2. 결과 분석

Table 2. Result analysis.

classification	no gateway application	gateway application
RFID reader development cost	high	low
RFID reader expandability	insufficient	excellent
Middleware connection complexity	high	low
Middleware communication efficiency	low	high

IV. 성능 평가

본 논문에서는 RFID 리더와 미들웨어 사이에서 리더의 웹 서비스 연결을 효율적으로 수행할 수 있는 RFID 게이트웨이를 제안하였다. 기존 RFID 미들웨어는 RFID 리더와 연동하기 위하여 RFID 리더에서 웹 서비스 혹은 표준 통신 규격을 준수하여 하는 문제점이 존재하였다. RFID 리더 제작 시에 RS232c의 시리얼 통신이외에 I2C, SPI 등의 디지털 신호처리 방식의 리더의 경우 웹 서비스 규격 및 RS232c 통신 규격을 만족하도록 구성해야 하기 때문에 시간, 공간적 비용이 증가한다. 그러나 제안하는 RFID 게이트웨이를 이용함으로써 다양한 형태의 RFID 리더를 제작할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 RFID 게이트웨이에 의하여 연결되는 RFID 리더의 증가는 RFID 미들웨어 측면에서 관리해야 할 통신 채널에 대한 감소로 나타나게 되며, 결과적으로 그림 5와 같이 RFID 미들웨어의 복잡한 연결을 감소시킴으로서 통신 효율성을 증가 시킬 수 있었다. 다음 표 2는 RFID 게이트웨이를 적용한 시스템과 미적용 시스템간의 성능을 분석한 결과를 나타낸다.

V. 결론

본 논문에서는 최근 이슈가 되고 있는 대표적인 오픈소스 하드웨어인 아두이노와 라즈베리파이를 이용하여 RFID 게이트웨이를 구성하였다. 기존의 RFID 미들웨어는 다양한 통신 규격의 RFID 리더와 연동하기위한 구조로 구성된다. 최근 활발하게 진행되고 있는 사물인터넷 환경에서 다양한 형태의 센서가 출현하는 것을 감안 할 때, 새로운 형태의 RFID 리더가 기획 될 경우 RFID 미들웨어와의 연동을 위한 통신기능을 고려해야 하는 기회비용이 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 신규 RFID 리더의 표준화된 통신 기능에 대한 고려사항을 RFID 게이트웨이로 해결함으로써 RFID 리더 제품에 대한 개발 비용을 절감하고 사용성에 대한 기회비용을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

이 연구는 금오공과대학교학술연구비에 의하여 지원된 논문임.

참고 문헌

- [1] Y. S. Noh, Y. C. Byun and D. C. Lee, "Load balancing for RFID middleware," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 17, No. 10, pp. 2288-2293, Oct. 2013.
- [2] W. Roy, "An introduction to RFID technology," *Pervasive Computing IEEE*, Vol. 5, No. 1, pp.25-33, 2006.
- [3] W. Griswold, M. Shonle, K. Sullivan, Y. Song, N. Tewari, Y. Gai and H. Rajan, "Modular software design with crosscutting interfaces," *Journal of IEEE Software*, pp.51-60, Jan./Feb. 2006.
- [4] T. Riedel, C. Decker, P. Scholl, A. Krohn and M. Beigl, "Architecture for collaborative business items," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4415, pp.142-156, 2007.
- [5] H. J. Ko, "Efficient resource allocation for data processing and communication in RFID Sensor Networks," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 36, No. 1, pp.184-187, Jun. 2006.
- [6] K. O. Kim, K. K. Ban, S. Y. Heo and E. K. Kim, "Design and implementation of system for sensing data collection in RFID/USN," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 5, No. 2, pp.221-226, Apr. 2010.
- [7] Y. J. Cho, K. S. Bok, M. H. Yeo and J. S. Yoo, "Efficient data management method," *Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 9, No. 6, pp.25-36, Jun. 2009.
- [8] J. Krikke, "T-Engine: Japan's ubiquitous computing architecture is ready for prime time," *Journal of IEEE Pervasive Computing*, Vol. 4, No. 2, pp.4-9, Mar. 2005.
- [9] S. Beier, T. Grandison, K. Kailing and R. Rantzau, "Discovery services-enabling RFID traceability in EPCglobal networks," in *International Conference on Management of Data*, Delhi: India, pp.214-217, 2006.
- [10] N. W. Lo and K. H. Yeh, "An efficient mutual authentication scheme for EPCglobal class-1 generation-2 RFID system," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 4809, pp.43-56, 2007.
- [11] Y. M. Park and J. H. Park, "A study on the design of RFID/USN integrated middleware for effective event processing in healthcare environment," *The Journal of Korea Information and Communications Society*, Vol. 34,

- No. 12, pp.376-382, Dec, 2009.
- [12] Y. S. Ahn and J. H. Ahn, "Design of mobile agent-based software module for reducing load of RFID middleware," *Journal of Korean society for Internet Information*, Vol. 10, No. 3, pp.95-101, Jun. 2009.
- [13] W. Tsai, "Service-oriented system engineering: a new paradigm," in *Proceeding of IEEE Service-Oriented System Engineering*, Beijing; China, Vol. 1, No. 3, pp.3-6, 2005.
- [14] E. Jaselskis and E. Tarek, "Implementing radio frequency identification in the construction process," *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 129, No. 6, pp.680-688, 2003.
- [15] D. Guinard, V. Trifa, S. Karnouskos, P. Spiess and D. Savio, "Interacting with the SOA-based internet of things: Discovery, query, selection, and On-Demand provisioning of web services," *IEEE Transactions on Services Computing*, Vol. 3, No. 3, pp.223-235, 2010.
- [16] R. Fielding and R. Taylor, "Principled design of the modern web architecture," *Association of Computer Machinery (ACM) Transactions, Internet Technology*, Vol. 2, No. 2, pp.115-150, 2002.



전 준 철 (Jun-Cheol Jeon)

2007년 2월: 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

2007년 9월 ~ 2008년 8월 : Humboldt Univ., Complexity and Cryptography Group, Post Doc.

2009년 3월 ~ 2012년 8월 : 우석대학교 정보보안학과 교수

2012년 9월 ~ 현재 : 금오공과대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 정보보안, 암호학, RFID, 양자 회로설계, 양자 프로토콜 설계