

Design of Food Management System Using NFC Tag

Jong-Chan Lee*, Gyung-Jin Bahk**

Abstract

As society advances and consumers' perception of food safety changes, the demand for the safety of refrigerated and distributed foods is spreading. In this paper, we build an ICT system that can collect the TTH data from the NFC tag, store it, analyze the food safety level using it. This service platform consists of the temperature monitoring NFC tag attached to individual packaged food, the smartphone with NFC sensor, and the monitoring server with a big data system. Consumers and administrators in this system can easily identify and predict the safety level of individual packaged foods in real time using the provided app on smartphones. In the field of food safety, the use of new technologies such as ICT can create new value by combining with existing food industry in addition to creating new market by new service.

▶Keyword: NFC Tag, TTH data, App, Big data system

I. Introduction

식품은 인류의 삶을 이어가는데 가장 원초적인 생활제이다. 전 세계적으로 2003년 기준 3조 5천억 달러 규모의 식품시장이 2010년에는 4조4천억 달러에 달했으며, 2020년에는 6조4천억 달러에 이를 전망이다. 더불어 사회구조의 핵가족화, 여성 경제참여 증가, 1인 가구의 증가 등의 원인으로 외식이 증가하면서 ‘안전 먹거리’에 대한 관심이 증가하고 있다. 현대사회에서는 도시화 및 산업화로 외식, 단체급식 등 식생활 패턴이 변화됨에 따라 식품안전사고 발생 시 인터넷, SNS 등을 통한 빠른 전파로 소비자 불안감이 증폭되고 있으며, 식품에 대한 안전성 민감도가 높게 나타나고 있다[1-5].

식품에 대한 안전성 요구는 사회가 선진화되고 식품산업의 발달과 함께 식생활 양식 변화와 더불어 소비자의 인식변화, 관심도 증가로 인해 사회적 문제로 크게 대두되었다. 식품의 안전성 확보는 국가의 중요한 정책의 하나로서 식품의 생산, 유통 및 섭취 전 단계에 걸쳐 그 안전성을 확보하기 위한 노력이 필요하다[6-8]. 특히, 소비자들은 안전한 식품 공급(51.0%)에 대한 관심이 가장 높은 것으로 나타났으며, 최근 2년간 식품 안전 관련 피해를 경험한

응답자는 11.8%였으며, 가공 포장식품, 외식 순으로 피해를 경험했던 것으로 조사되었다. 식품 피해자가 가장 우려하는 것은 신선도가 부족한 제품에 의해서 발생하는 식중독에 의한 식품안전사고(22.5%)였다. 특히, 식중독 발생을 일으키는 여러 원인 중 “온도관리”는 중요한 위험 요인(risk factor)으로 알려져 있으며, 이중 냉장 유통되는 식품의 경우 냉장 온도관리 부주의로 인해 주요 식중독 발생 주요 식품안전 사건 및 사고의 원인으로 나타나고 있다[9-13]. 따라서 관리자는 이런 위험을 효과적으로 관리하고 사용자는 식품의 안전도를 실시간으로 확인할 수 있는 ICT(Information & Communication Technology) 시스템의 도입이 필요한 시점이라 판단된다.

국제 산업 구조가 ICT 융합형(convergence)으로 구조 전환 중으로, 다양한 분야에 새로운 제품과 서비스가 등장하면서 일상생활 전반을 더욱 편리하고 효율적인 형태로 변화시킬 전망이다. 특히 사물 간 통신에 기인한 서비스의 첨단화, 제품의 용도 확대, 실시간 정보 활용, 건강관리 서비스의 일상화 등이 실현되면서 지능형 생활 서비스가 사회 전반으로 확산될 전망이다[14-18].

• First Author: Jong-Chan Lee, Corresponding Author: Gyung-Jin Bahk
*Jong-Chan Lee (chan2000@kunsan.ac.kr), Dept. of Computer Information Engineering, Kunsan National University
**Gyung-Jin Bahk (bahk@kunsan.ac.kr), Dept. of Food & Nutrition, Kunsan National University
• Received: 2017. 11. 20, Revised: 2018. 03. 29, Accepted: 2018. 05. 15.
• This research was supported by a grant (16163MFDS001) from Ministry of Food and Drug Safety in 2016, Republic of Korea.

특히 복잡하고 다양한 가치사슬 경로를 갖고 있는 국내 식품시장에 ICT 기반의 안전한 식품유통시스템이 도입한다면 새로운 부가가치를 크게 창출할 수 있을 것으로 기대된다. 식품안전 분야에서 ICT 등 신기술의 활용은 새로운 서비스에 의한 시장창출 외에도 기존 식품산업과 결합하여 신산업을 탄생시킴으로써 국가 경제 활성화를 위한 새로운 동력으로 작용할 수 있다. 특히 ICT가 식품안전이 보장된 건강한 국민 삶 향상과 식중독 발생 등 식품안전부분 현안 해결을 위한 합리적 수단으로 활용할 수 있다.

본 논문에서는 ICT 기술을 활용하여 식품에 노출된 저장 온도와 시간(Time-Temperature History; 이하 TTH) 데이터를 수집하고, 개별단위 포장식품의 안전수준을 스마트폰을 이용 소비자 및 관리자가 실시간으로 쉽게 무료로 확인할 수 있는 시스템을 제안한다. 현재 구매 및 보관하고 있는 냉장유통 식품에 대한 미생물학적 안전수준을 소비자에게 제공하기 위해서는 TTH 데이터를 바탕으로 식품 안전수준을 예측할 수 있는 기능이 포함된 시스템 개발과 함께, 소비자가 현장에서 직접 확인(예, 스마트폰 활용)할 수 있는 기술 개발이 필요하다.

2장에서는 식품 안전수준 판단 시스템 구조를 기술하고 3장에서는 시스템의 세부 기능을 설명한다. 4장에서는 논문에 대한 결론 및 향후 연구에 관하여 논의한다.

II. Structure of Food Management System

본 논문에서는 수집된 식품의 TTH 데이터를 데이터베이스화하며 이로부터 냉장유통 식품의 안전수준을 판단하고 사용자가 앱(app)을 통하여 각 식품의 안전 수준을 실시간으로 확인할 수 있는 서비스 플랫폼을 구축한다. 그림 1에 식품의 안전 수준을 결정하기 위한 서비스 플랫폼 구조를 보인다.

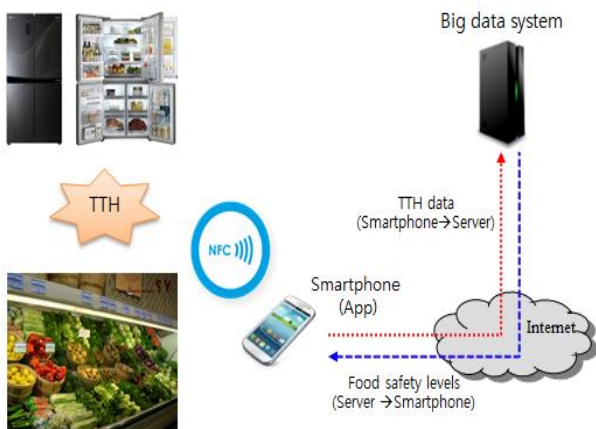


Fig. 1. Service platform for determination of food safety level

각 식품에 부착된 NFC(Near Field Communication) 태그로부터 TTH 데이터를 수집하여 빅데이터화하고, 이 데이터를 분석하여 개별 포장 단위 식품의 안전수준을 판단할 수 있는 소프트웨어와

이를 사용자가 확인할 수 있는 스마트폰용 앱(app)을 개발한다. 부가적으로 식품의 NFC 태그와 스마트폰의 앱(app)간의 NFC 인터페이스와 앱(app)과 모니터링 장치간의 TCP/IP 인터페이스의 개발이 필요하다.

표 1과 같이 서비스 플랫폼은 NFC 태그가 부착된 개별 포장단위 식품과 NFC 센서가 탑재된 스마트폰, 그리고 빅데이터 시스템을 보유한 모니터링 서버로 구성되는 3계층 구조를 갖는다. 1계층은 식품포장에 부착된 NFC 태그에서 TTH 데이터를 전송하는 역할, 2계층은 NFC 센서에 의해 TTH 데이터를 수집하고 분석하는 기능, 3계층은 스마트폰으로부터 전송된 TTH 데이터를 모니터링 서버에서 빅데이터화하고 이를 분석하여 식품의 안전수준을 실시간으로 사용자 및 식품 관리자에게 제공하는 역할을 수행한다.

Table 1. Components of the Service Platform

Platform unit	Function	Major components
Individual packaged food	- Measurement of temperature - Temporary storage of temperature values	- Temperature monitoring - NFC tag
Smart phone	- Collection of TTH data - Assessment of food safety level - TTH data transfer	- NFC sensor - Food safety assessment app
Monitoring server	- Collection of TTH data - Storage of TTH data - Big data analytics	- Big data systems - Mongo DB

그림 2는 모니터링 기능을 수행하는 하둡(hadoop) 기반 빅데이터 시스템의 구성도이다. 이 시스템은 20대의 서버를 사용하여 그 중 1대 서버를 마스터 서버(master server), 나머지 19대의 서버를 슬레이브 서버(slave server)로 설정하여 분산처리 클러스터를 구축한다.

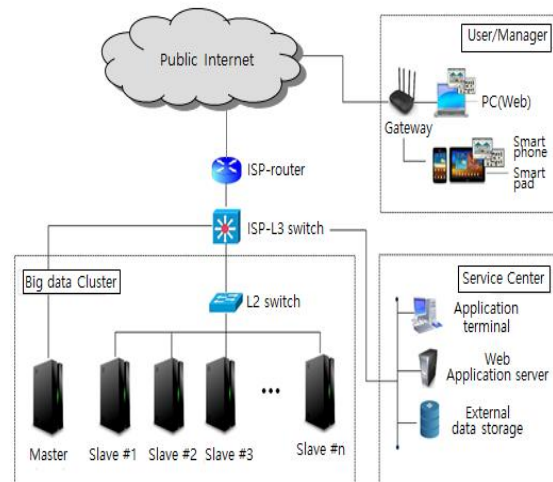


Fig. 2. Structure of big data system

빅데이터 처리 시스템의 고가용성을 위해 마스터 서버의 고장 시에도 슬레이브 #1 서버가 마스터 서버의 역할을 대신하여 작업을 수행할 수 있도록 구축했으며, 또한 각각의 슬레이브 서버가 동시에

2대까지 고장 나더라도 나머지 슬레이브 서버가 그 역할을 대신하도록 시스템을 구축한다. 각 슬레이브 서버는 L2 스위치로 연결하여 서로 통신하고, 클러스터 간 접속을 위하여 마스터 서버는 L3 스위치에 배치한다. 관제 및 서비스를 위하여 필요한 서버 등은 L3 스위치에 배치한다.

III. Functions of Food Management System

1. Food safety judgment

그림 3과 같이 식품의 안전 수준을 판단하기 위한 시스템의 기본 기능은 아래와 같다.

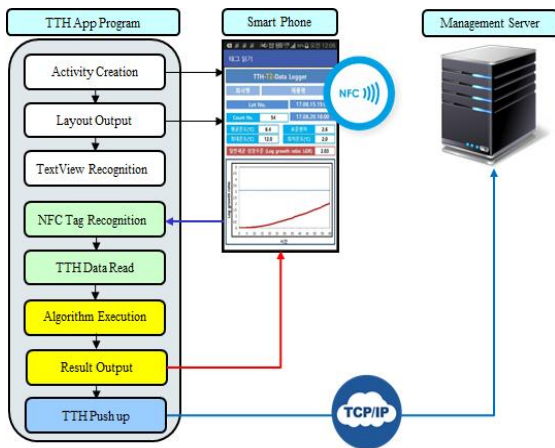


Fig. 3. Real-time judgment system framework of food safety level using a smartphone app

① 스마트폰은 NFC 태그로부터 TTH 데이터를 수집하고 일시 저장하며, 모니터링 서버에 전달하는 기능을 갖는다. 즉, 스마트폰은 지능형포장재기반의 네트워크의 동작을 총괄하는 주체로서 모니터링 서버 및 사용자와 유/무선 연결 기능을 지원한다.

② 예측모형을 통한 식품 안전수준 판단 소프트웨어의 기능으로는 식품의 안전 수준(safety level) 진단 기능, 가능 저장 시간(possible storage time) 진단 기능, 그리고 식품 변질 수준(level of food corruption) 진단 기능을 포함한다.

③ 앱(app)은 사용자가 식품의 안전 수준을 확인하는 기능을 갖는다. 안드로이드 기반 스마트폰에 특화된 앱(app)으로서, 이를 이용하여 무선으로 해당 식품에 대한 이력과 유통 정보와 연계한 식품의 안전 수준을 실시간으로 확인할 수 있다.

④ 모니터링 서버는 TTH 데이터의 저장 기능과 이 저장된 정보의 분석을 통한 식품 안전수준 판단 기능을 갖는다.

그림 4에 각 기능 간의 데이터 흐름을 보인다. 스마트폰은 NFC 태그를 스캔하여 NFC 태그를 인식한다. 태그로부터 NDEF 메시지가 스마트폰에 전송(read)되고, 이 메시지를 파싱하여 각 레코드의

페이로드에 저장된 TTH 데이터를 추출한다. 우선 스마트폰은 추출된 TTH 데이터를 바탕으로 식품안전수준판단 소프트웨어를 구동하여 안전수준을 산출하고, 스마트폰 사용자에게 이의 결과를 보인다. 또한 빅데이터 처리를 위하여 이 TTH 데이터는 스마트폰에서 TCP 패킷으로 변환되어 모니터링 서버로 전달된다. 모니터링 서버는 패킷에서 TTH 데이터를 추출하여 MongoDB에 저장한다.

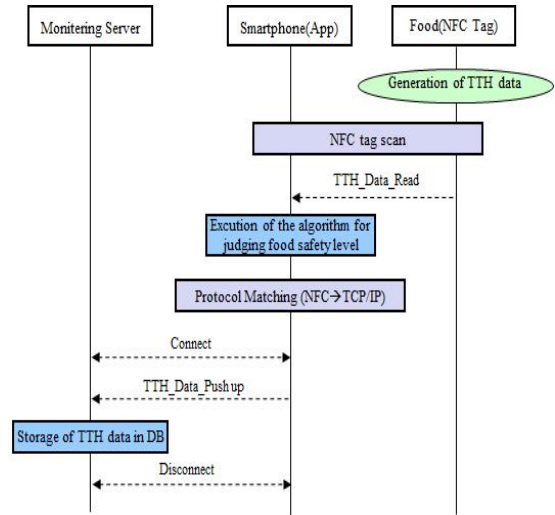


Fig. 4. Service execution procedure of each functions

2. TTH data collection on the smartphone

그림 5와 같이 NFC에서 사용되는 데이터 형식은 NDEF(Nfc Data Exchange Format)이고, NDEF 메시지가 태그와 스마트폰 사이에서 전송된다. NDEF 레코드는 크게 헤더(header)와 페이로드(payload)로 구분된다. 헤더는 페이로드의 타입을 지정하고 실제 데이터는 페이로드에 저장된다. 헤더는 다시 식별자, 길이, 타입으로 구분되는데, 여기서 페이로드 길이 (payload length)는 페이로드의 옥텟 개수를 가리키고, 페이로드 타입 (payload type)은 페이로드의 유형을 나타낸다. 이 타입에 의해 페이로드에 저장된 TTH 데이터가 적당한 스마트폰 앱(app)에 디스패치되는 것이 가능하다. 이 페이로드에는 식품 안전수준 판단에 사용되는 저장된 온도 값, 온도 측정 시간을 비롯하여 제조업체명, 제품명, 로트번호, 제조일자 등이 저장된다.

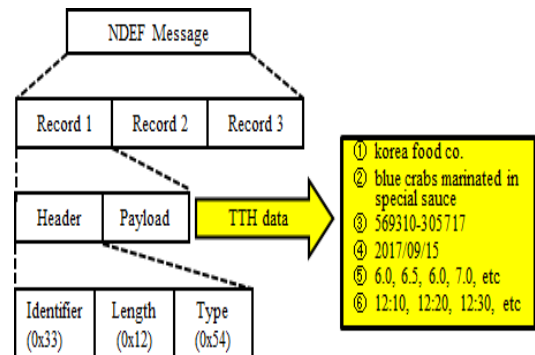


Fig. 5. NDEF message format

3. TTH data storage

TTH 데이터 처리과정을 통하여 MongoDB에 저장된 데이터 형식은 그림 6과 같다. TTH 데이터는 hht_data라는 항목을 통해서 날짜별로 관리되고 activities라는 하위 항목에 시간으로 분류하였다. 데이터 분석과정에서는 이와 같이 MongoDB에 저장된 데이터를 Map&Reduce 과정을 통하여 분석한다. 이런 과정을 통하여 분석된 결과는 웹 페이지를 통해서 확인할 수 있다.

```

{
  "_id": "12a98b"
  "company Name": "korea food co"
  "product name": "Spicy Marinated Crab "
  "lot no" : "569310-305717"
  "date of manufacture": 2017/09/15
  "reference temperature": 10
  "tth_data": [
    {
      "date": 2017/09/21
      "activities": [
        {
          "Tag measurement time ": 15:36
          {
            "temperature" : 6.0
            "temperature measuring time": 12:10
          },
          {
            "temperature" : 6.5
            "temperature measuring time": 12:30
          },
          {
            "temperature" : 6.0
            "temperature measuring time": 12:40
          }
        ]
      ],
      "date": 2017/09/22
      "activities": [
    
```

Fig. 6. Storage structure of Mongo DB

4. TTH Data Processing

그림 7과 같이 빅데이터 서버(마스터 서버와 슬레이브 서버 들)는 하둡 엔진과 빅데이터 미들웨어로 구성된다. 하둡 엔진을 기반으로 빅데이터 미들웨어를 통해 TTH 데이터를 주기적으로 MongoDB에 저장하고 저장된 TTH 데이터는 분류 및 분석 작업을 거친 후에, 분석 결과가 웹 어플리케이션 서버를 통하여 사용자 또는 식품 관리자에게 제공된다. 각각의 모듈의 기능은 아래와 같다.

- ① 통신 인터페이스는 스마트폰 앱(app)으로부터 송신된 TTH 데이터를 수신하는 역할 및 통신 제어를 담당한다.
- ② 빅데이터 미들웨어 (big data middleware)는 빅데이터 수집/처리, 빅데이터 분석, 서비스 관리로 구성된다. 빅데이터 수집/처리는 TTH 데이터의 수집, 저장, 가공하는 역할을 하며, 빅데이터 분석은 가공된 TTH 데이터의 분석을 수행한다. 서비

스 관리는 빅데이터 분석자를 통해 분석된 데이터를 바탕으로 서비스를 생성하고 제공하는 역할을 수행한다.

③ 하둡 엔진(hadoop engine)은 TTH 데이터의 분산 저장과 맵리듀스를 통한 대규모 데이터의 병렬 처리를 수행한다. 외부 데이터 저장소는 하둡 파일 시스템을 통해 수집되거나 가공된 TTH 데이터를 저장한다.

④ 웹 어플리케이션 서버와 서비스 어플리케이션은 식품안전수준 판단 및 유통관리를 위하여 사용자 및 식품 관리자의 인터페이스 역할을 수행한다. 사용자 또는 식품 관리자가 웹브라우저 및 모바일 기기를 통해 웹 어플리케이션 서버로 분석 결과 등을 요청하면 서버는 요청에 대한 정보 및 서비스를 제공한다.

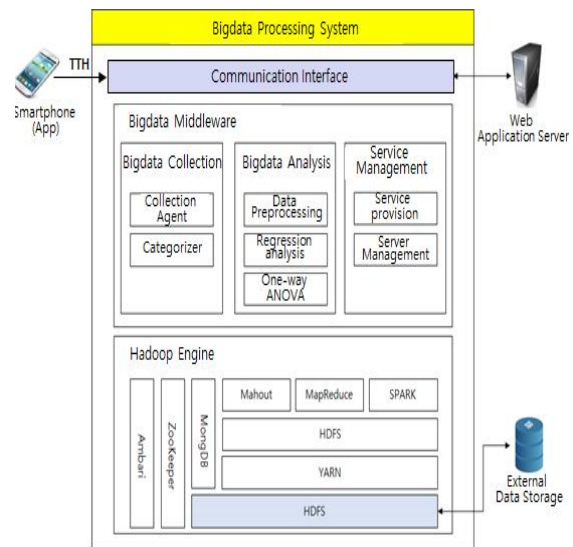


Fig. 7. Structure of big data processing system

IV. Conclusions

소비자 라이프 스타일의 급격한 변화와 함께 제품의 양적인 측면에서 질적인 측면으로 소비형태가 바뀌고 있으며, 제품의 포장도 소비자 중심으로 변화하면서 편리성과 함께 제품의 품질 즉 식품안전성을 확인하기 위한 기술의 필요성이 높아지고 있다. 본 논문에서는 소비자 또는 식품 관리자가 스마트폰을 사용하여 냉장 단계에 있는 개별 포장단위 식품의 안전 수준을 실시간으로 예측하고 판단할 수 있는 시스템을 제안하였다. 이를 위하여 식품에 부착된 NFC 태그로 부터 정보를 수집하여 빅데이터화하고, TTH 데이터를 분석하여 식품의 안전수준을 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하였으며, 이를 통하여 사용자에게 서비스를 제공하기 위한 서비스 플랫폼을 구축하였다. 식품의 생산에서부터 소비에 이르는 과정까지 국민과 기업이 직접 사용 가능한 실용적인 식품 안전기술로서 추후 식품관련 안전기술 산업분야로의 확대를 위한 기초기반 기술로서의 가치가 충분하다고 판단된다.

REFERENCES

- [1] C. Chatchawan, "Quality changes of anchovy under refrigerated storage of different practical industrial methods in Thailand," *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 25, No. 1, Feb. 2014.
- [2] J. Xie, X. H. Sun, Y. J. Pan, and Y. Zhao, "Physicochemical properties and bactericidal activities of acidic electrolyzed water used or stored at different temperatures on shrimp," *Food Research International*, Vol. 47, No. 2, pp. 331-336, 2012.
- [3] Korean Food Standards Codex: Ministry of Food and Drug Safety, 2016.
- [4] C. H. Hong, W. C. Sim, S. J. Chun, Y. S. Kim, D. H. Oh, and S. D. Ha, "Predictive growth model of native isolated *Listeria monocytogenes* on raw pork as a function of temperature and time," *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. No. 5, pp. 850-855, 2005.
- [5] N. Ackerley, A. Sertkaya, and R. Lange, "Food transport safety: characterizing risks and controls by use of expert opinion," *Food Protection Trends*, Vol.30 No.4 pp.212-222, 2010.
- [6] E. J. Choi, M. H. Kim, G. J. Bahk, "Sanitary conditions for cold and frozen food storage warehouses in Korea," *Journal of Food Hygiene and Safety*, Vol. 26, no.4, pp. 283-288 2011.
- [7] M. S. Choi, J. A. Choi, M. H. Kim, G. J. Bahk, "The comparison and distribution of temperatures established in display stands and food surfaces for cold and frozen foods in large discount stores in Korea," *Journal of Food Hygiene and Safety*, Vol. 26, No. 4, pp. 308-314, 2011.
- [8] H. T. Kim, S. K. Kim, O. J. Behk, G. J. Bahk, "The survey of cold storage temperature and determine of appropriate statistics probability distribution model. *Journal of Food Hygiene and Safety*," Vol. 27, No. 3, pp. 312-316, 2012.
- [9] M. K. Chourasia, T. K. Goswami, "Simulation of effect of stack dimensions and stacking arrangement on cool-down characteristics of potato in a cold store by computational fluid dynamics," *Biosystems Engineering*, Vol. 96, No. 4, pp. 503-515, 2007.
- [10] S. G. Choi and S. E. Hong, *Refrigeration engineering*, Gungiwon, pp. 110, 2009.
- [11] B. S. Kim, "Future safe food distribution system-u-food system," *Safe Food*, Vol. 12, pp. 3-14, 2016.
- [12] H. Fujikawa and Y.Kano, "A new method for estimation of temperature in food exposed to abuse temperature," *Food Science and Technology Research*, Vol. 14, No. 2, pp. 111-116, 2008.
- [13] X. U. Qian and X. I. E. Jing, "Food safety and temperature monitoring of food in the circulation in low temperature," *Journal of Shanghai Fisheries University*, Vol. 16, pp. 180-184, 2007.
- [14] Basole, R. C., Park, H. and Barnett, B. C., "Coopetition and Convergence in the ICT Ecosystem", *Telecommunications Policy*, 39(7): 537-552. 2015.
- [15] X. Liu, O. Tang, and P. Huang. "Dynamic pricing and ordering decision for the perishable food of the supermarket using RFID technology." *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, Vol. 20, No. 1, pp. 7-22, 2008.
- [16] I. Barreto, "Dynamic capabilities: A review of past research and an agenda for the future," *Journal of Management*, Vol. 36, No. 1, pp. 256-280, 2007.
- [17] F. Hacklin and M. W. Wallin, "Convergence and Interdisciplinarity in Innovation Management: A Review, Critique, and Future Directions," *The Service Industries Journal*, Vol. 33, No. 7, pp. 774-788, 2013.
- [18] Y. Taran, H. Boer, and P. Lindgren, "Business Model Innovation Typology," *Decision Sciences*, Vol. 46, No.2, pp. 301-331, 2015.

Authors



Jong-Chan Lee received the M.S. and Ph.D. degrees in computer science and engineering from Soongsil University, Korea, in 1996 and 2000 respectively. He is a senior member of engineering staff in ETRI From 2000 to 2005. Since 2005, he has

worked in the Department of Computer Information Engineering, Kunsan National University. His current research interests are in the areas of resource management for mobile multimedia networks.



Professor Gyung-Jin Bahk was earned his Ph.D. in food safety from Seoul National University's Department of Animal resources in 2001, and his doctoral dissertation was the origin of microbial risk assessment (MRA) in Korea. He was a post-

doctorate research associate at National Food Safety & Toxicology Center in Michigan State University from 2004-06. He had been working at Department of HACCP (Hazard analysis Critical Control Points) promotion in Korea Health Industry Development Institute till 2007. He currently is a professor of Department of Food and Nutrition in Kunsan National University and a committee of food safety for animal resources of Korean Government. He published over 75 research papers and 58 presentations or proceedings in food safety and microbial risk assessment.