

A Quality Evaluation Model for IoT Services

Mi Kim[†] · Nam Yong Lee^{**} · Jin Ho Park^{***}

ABSTRACT

In this paper We focuses on suggestion to quality model for IoT infrastructure services for Internet of Things. Quality model is suggested on security set out in ISO25000 quality factors and assessment of the existing traditional software application of ISO 9126 quality model. We validated that the proposed model can be realized it was applied to evaluate the 4 elements and related security in Metrics.

Keywords : Quality Model, IoT Services, Internet of Things, Functionality, Reliability, Security

IoT 서비스를 위한 품질 평가 모델

김 미[†] · 이 남 용^{**} · 박 진 호^{***}

요 약

본 논문은 사물인터넷을 인프라로 한 IoT 서비스를 기반으로 품질평가 모델을 제시한다. 제시된 품질평가 모델은 기존 ISO 9126의 전통적인 소프트웨어 어플리케이션을 평가하는 품질평가 요인과 ISO25000에서 제시된 보안성(Security)에 초점을 맞춰 품질평가모델을 제시한다. 전통적인 품질평가 중 4가지 요소에 보안성(Security)에 관련된 품질평가 요소를 Metric에 적용하여 품질평가의 신뢰성과 효율성을 검증 하였다.

키워드 : 품질모델, IoT 서비스, 사물인터넷, 기능성, 신뢰성, 보안성

1. 서 론

Internet of things (IoT)는 기존 인터넷 인프라위에 사물인터넷을 기반으로 서비스되는 컴퓨팅 환경을 의미한다. Quality model은 소프트웨어 어플리케이션에 대한 품질모델에 기여하는 어플리케이션의 특성을 평가하기 위한 프레임워크이다. 소프트웨어 어플리케이션의 품질평가는 폭넓게 알려진 Metric을 통해 적용된 평가요인으로 매우 중요한 품질 요인이다. 특정 도메인인 IoT 서비스의 평가 요인을 정의하는 표준화된 기준과 사용자에게 맞는 품질모델이 필요하다. 이러한 기술의 세대교체의 흐름으로 IoT 서비스의 품질을 관리하고 측정하여 QoS를 실현할 수 있다. IoT 서비스의 품질을 측정하는 방식은 기존 전통적인 소프트웨어 시스템의 품질 측정과는 다소 차이가 있다. 전통적인 소프트웨어 품질평가는 IoT 디바이스의 하드웨어 친화적인 특징으로

인해서 품질측정이 어렵다. IoT 기술이 하드웨어와 소프트웨어 결합으로 새로운 패러다임으로 전통적인 측정방식으로 평가 하기 어렵고 더욱이 ISO9126의 소프트웨어품질평가는 IoT 서비스를 측정하기 위한 Metric으로 부족하고 이에 ISO 25000의 보안성 품질요인을 추가하여 정확하고 신뢰성 있는 IoT 서비스의 품질을 평가한다.



Fig. 1. Service of IoT

[†] 준 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 박사과정
^{**} 정 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
^{***} 종신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
Manuscript Received : August 9, 2016
Accepted : August 29, 2016
* Corresponding Author : Jin Ho Park(gomalove@daum.net)

본 논문에서는 IoT 서비스의 품질 특징을 도출하고 품질 속성의 기준과 Metric을 제안하여 IoT 서비스를 평가하는 Quality model을 제시한다. 2장에서 관련 연구, 3장에서 IoT 서비스의 특징, 4장에서 품질특성 주특성, 해당 Metric을 제안하고 신뢰성을 평가 한 후 결론을 내린다.

2. 관련 연구

본 연구의 품질모델은 많은 연구자들이 전통적인 소프트웨어 품질모델을 연구해 왔다. ISO9126은 IoT 애플리케이션을 측정 하는데는 적합하지 않다. 품질모델은 기본적으로 IoT 상황인식이나 IoT 애플리케이션을 분석할 수는 있지만 앞에서 언급한 여러 가지 특징들 즉 네트워크환경, 미들웨어, 스마트 디바이스, 웨어러블 컴퓨팅들은 전통적인 품질모델로는 측정하기 어려움이 있다.

[5]의 Chua의 연구는 ISO/IEC 9126기반으로 E-Learning 시스템 Blackboard version 6.1의 품질을 평가했다. 이 연구에서는 ISO/IEC9126을 E-Learning시스템에 적용했을 때 사용성 부분에서 교육자들이 직접 평가에 활용하기 복잡하다고 문제점을 제기하였고 일관성, 단순성, 가독성, 가시성 등을 추가해 사용성을 확장하고자 하였다. 그러나 이 연구에서는 추가한 속성들에 대한 명확한 Metric의 제시가 미흡하다.

[7]의 Isi Castillo는 요구사항, 관점에 따른 소프트웨어 품질에 대하여 ISO/IEC 25010과 25030을 기반으로 REASQ 모델을 제시하였다. 이 모델은 관점지향적인 입장에서 품질 평가를 위한 요구사항을 새로운 품질평가모델의 품질평가특성영역을 정의하여 개념적 모델을 제시하였다. 이 프로세스는 IoT 서비스의 보안 품질모델을 평가하기에는 다소 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 보안품질을 가미한 모델을 제시한다.

3. IoT서비스의 특성

IoT 서비스는 비전통적인 소프트웨어적인 특징을 갖고 있다. 하드웨어와 소프트웨어의 복합장르로 최신 융복합 기술의 새로운 패러다임으로 전통적인 소프트웨어적인 특징과는 다음과 같은 특징을 더한다.

3.1 하드웨어 디바이스의 참여(Participation)

IoT에서 정보교환 등 지능형 의사결정 등의 활동에 참여하게 된다. 다양한 지능형 디바이스는 보안, 안전 등 IoT 디바이스의 성능을 높이는데 장착되고 있다. 모바일 디바이스는 작은 용량의 버퍼를 갖고 있지만 방대한 양의 데이터를 생성하는 특징을 갖고 있다.

IoT 디바이스는 두 가지 요소로 구성되어 있고 일반적으로 소프트웨어 컴포넌트와 하드웨어 디바이스컴포넌트로 구성되어 있다. IoT 서비스의 분석과 설계시 하드웨어 디바이

스의 소프트웨어 친화적인 특징을 고려해서 디바이스간 참여가 고려되어야 한다.

3.2 IoT 디바이스의 협업모델(Collaboration model)

소프트웨어 애플리케이션은 일반적으로 워크플로우 즉 다중 비즈니스 처리, 협업 등으로 구성되어 있다. IoT 서비스에서 IoT 디바이스의 기능적인 요소를 포함하고 있다. 예를 들면 아마존의 우편물을 포함하는 택배시스템 기반의 드론 등이 그 예이다. IoT 서비스의 협업은 전통적인 소프트웨어 특징에 복합 장르적인 협업 요소를 고려해서 설계되어야 한다.

3.3 이동성과 연결성(Mobility and Connectivity)

이동성의 특징은 서로 다른 시스템에서 정확한 정보처리를 의미한다. 이 특징은 IoT 서비스와 웹시스템에서 사용되는 특징이다. 연결성의 특징은 IoT 정보에 빠른 접근과 효율적 연결을 의미한다.

IoT 디바이스는 헬스케어, 스마트 워치 등의 사람에 의한 외부적인 영향의 이동성과 AR드론과 같은 고유의 이동성 두 가지로 구성된다. 이러한 이동성은 한 가지 결함을 갖고 있다. 시야에서 벗어났을 때 네트워크존을 벗어나거나 즉 네트워크의 끊김, 물리적인 외부의 충돌로 인해 발생하는 결함이다.

3.4 IoT디바이스의 모니터링(Monitoring)

스마트디바이스를 통한 자동계측, 가스, 난방 등의 원격관리이다. 스마트 디바이스를 통해서 실시간 처리와 정확한 서비스를 모니터링 한다.

3.5 제한된 자원(Limited Resource)

IoT 디바이스의 자원은 배터리, 네트워크 설비, 메모리, 전력소비 등을 들 수 있다. 예를 들어 드론은 제한된 배터리와 메모리, 네트워크존을 벗어날 수 있다. 따라서 표준화된 주파수 대역과 위성통신 등 다양한 네트워크를 위한 설계를 고려해야 한다. IoT 디바이스는 제한된 배터리 생명주기와 에너지 소비가 지배적이다. 에너지 효율화는 전송전력을 조절 함으로써 효율성을 증가시킬 수 있다.

따라서 스마트워치, 웨어러블 기기등의 스마트디바이스의 에너지 소비를 위한 효율적인 솔루션이 필요하다.

3.6 디바이스의 보안성과 인증(Security)

IoT 디바이스의 보안성과 협업을 위해 디바이스 참여가 되고 이에 정확한 디바이스의 서비스를 받는지를 확인하는 절차가 필요하다. 디바이스 협업간에 중간탈취로 인한 디바이스 보안을 위해 정확한 디바이스로부터 받은 정보인지 인증 수단이 필요하다. 이를 위해 중간탈취를 막는 인증 알고리즘을 고려해서 설계해야 한다.

다음 Fig. 2는 위에서 언급한 IoT 서비스의 특징을 도식화 했다.

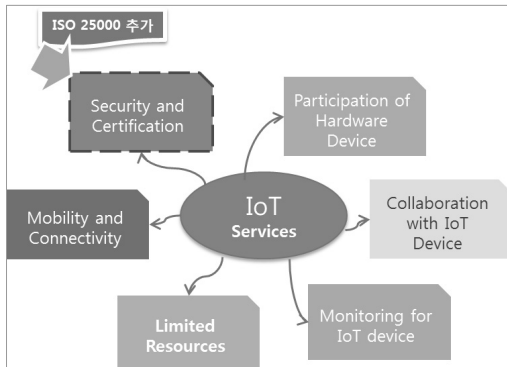


Fig. 2. Characteristics of IoT Service

4. 품질속성과 Metric

4.1 IoT 서비스의 품질속성 정의

본 연구에서는 앞 장에서 정의한 IoT 서비스의 특징을 바탕으로 Quality model을 제시한다.

Fig. 3에서는 IoT 서비스의 품질특성에 맞는 품질속성을 도출했다.



Fig. 3. Quality attributes of IoT Service

Functionality : functionality는 IoT에서 운용되는 기능으로 IoT 디바이스를 통해서 다른 시스템으로 연결되는 기능이다. IoT 서비스에서는 기능적인 요구사항이 요구된다. 예를 들어 하드웨어 기능적인 요소로 드론을 들 수 있다. 드론 시스템은 택배시스템과 비행서비스가 수행되어야 한다. IoT 서비스는 협업모델을 고려해서 소프트웨어 애플리케이션에 고려해야 한다. 전통적인 소프트웨어 애플리케이션과 측정방식이 상이하다.

Reliability : Reliability는 서로 다른 기능적인 요소에서 측정할 수 있는 품질요인으로 정보제공 등의 신뢰성을 의미한다. 부특성으로 성숙도(Maturity)는 지정된 인터페이스내에서 소프트웨어적인 결함에 견디는 조건을 나타낸다.

Connectivity는 IoT 서비스에 빠르고 효율적으로 연결되는 것을 나타내며 프로그램의 성능이 사용자가 만족할 수 있는지의 여부이다.

Mobility는 네트워크를 통해서 IoT 디바이스가 저전력을 실현하면서 빈번한 데이터 이동성을 의미한다. RFID/NFC 기술은 IoT 서비스의 보안을 고려한 연결이 필요하며, IoT특성을 고려한 품질속성의 표준화가 필요한 실정이다. 따라서 본 논문에서 제안된 Metric은 이러한 특징을 반영하여 제시하였다.

Efficiency : IoT 디바이스는 자원의 시간내 실행하는 효율적인 특징을 갖고 있고 제한된 배터리와 메모리를 극복하고 처리율 즉 자원 활용성이 좋아야 한다. 따라서 시간내 처리율과 자원의 활용성은 약간의 차이가 있다.

Portability : 이식성은 서로 다른 시스템 환경에서 실행되는 능력을 의미한다. 이식성은 IoT 서비스의 플렉서블 디스 플레이, 증강현실의 시스템 환경에서도 유연하게 적용하여 테스트 할 수 있어야 한다.

Security는 보안 품질의 특성으로 보안 프로세스에 의하여 사용자 디바이스가 탈취된 정보가 아닌 정확한 IoT 디바이스가 맞는지 여부를 평가하는 품질특성이다.

4.2 IoT 품질 평가 Metric

본 장에서 우리는 모든 품질 모델에서 정의한 특성과 제안된 품질평가요인의 세부 Metric은 확장 또는 각 특성에 맞게 조정할 수 있다. 따라서, 제안된 속성값의 Metric은 품질요인을 계산하여 도출할 수 있다.

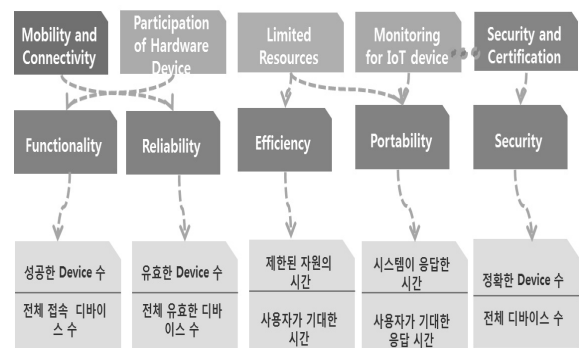


Fig. 4. Quality Metrics

1) Functionality Metric

Functionality : IoT 서비스의 기능적인 연결의 정도를 측정하는 Metric이다.

$X = A/B$ 에서 A는 IoT 애플리케이션의 기능적인 특징인 functionality 기능의 성공한 접속수를 의미하며, B는 기능들의 전체접속수를 의미한다.

Functionality의 범위는 0~1 사이의 값이다. functionality가 1에 가까운 경우는 모든 사용자의 접속이 모두 성공한 경우이며 Functionality가 0이면 해당 서비스가 설치 운영되고 있지 않거나 일시적인 장애로 인해 접속 시도가 실패한 경우이다.

2) Reliability Metric

Reliability : IoT 서비스에 끊기지 않고 데이터에 접속할 수 있는 기능을 측정하는 Metric이다.

$X = A/B$ 에서 A는 데이터의 유효성을 체크하는 수이며, B는 데이터의 유효성을 체크하는 전체 수이다.

Reliability의 범위는 0.1사이의 값으로 Reliability가 1에 가까운 경우는 데이터의 유효성이 높게 평가되는 값이다.

3) Efficiency Metric

Efficiency : IoT서비스에 제한된 시간 안에 실행과 제한된 자원에서 기능이 지속할 수 있는지를 측정하는 Metric이다.

$X = A/B$ 에서 A는 배터리 지속시간이며, B는 사용자 요구사항에 명시된 지속시간이다.

Efficiency의 범위는 0.1사이의 값을 가지고 1에 가까울수록 Efficiency가 높게 평가된다.

4) Portability Metric

Portability는 flexible data와 같이 다른 환경에서도 실행되는지를 측정하는 Metric이다.

$X = A/B$ 에서 A는 시스템의 응답한 시간반응성이며, B는 사용자가 기대하는 응답시간을 나타낸다.

Portability의 범위는 0.1사이의 값을 가지고 1에 가까울수록 Portability가 높게 평가된다.

5) Security Metric

Security는 IoT 디바이스의 진위여부 판단을 측정하는 Metric이다.

$X=A/B$ 에서 A는 정확히 인증된 디바이스의 수를 의미하며 B는 전체 인증 디바이스 수이다.

Security의 범위는 0.1사이의 값으로 security가 1에 가까운 경우는 디바이스의 진위여부가 높은 값으로 보안성이 높게 평가된다.

6) IoT 서비스의 통합 Metric(IS-QM)

본 논문에서 정의된 i번째 품질속성을 Q_i 라고 정의한다. i의 범위는 1부터 5이다. 2절에서 정의된 각 품질속성 별 가중치가 적용된다. 각 Q_i 에 해당하는 가중치는 W_i 이고, 가중치 값은 높음(0.3)으로 정의하고, 보통의 가중치(0.2), 가장 낮은 가중치(0.1)로 표현했다.

Table 1. Weight for attributes

품질속성	가중치
Functionality	보통(0.2)
Reliability	높음(0.3)
Efficiency	낮음(0.2)
Portability	보통(0.1)
Security	보통(0.2)
SUM	1

$$IS-QM = \sum_{i=1}^5 w_i * q_i \quad (1)$$

7) 품질모델 가중치

본 논문에서는 계산편의를 위해 Reliability를 제외한 품질속성의 가중치를 0.2와 0.1로 하였다. 가중치 높음의 품질속성을 제외한 나머지 품질속성을 보통으로 결정한다. IS-QM이 1을 가지므로 높은 품질로 평가된다.

8) IoT 서비스의 사례연구

제안된 품질 모델의 적용 가능성을 보여주기 위해, IoT 서비스의 품질 모델을 다음 시나리오에 적용했다.

이번 장에서는 IoT 서비스의 매트릭 유효성을 검증하기 위해 다음과 같은 가상 환경을 구상했다.

a) 사용자 김차장의 시나리오

사용자 김차장은 스마트 폰을 사용하여 집에 On/OFF 기능을 이용해서 빛의 밝기를 조절 합니다. 김차장은 집에 가기 전에 본인의 집의 냉장고속 재료를 확인합니다. 지도 서비스를 사용하여 마트를 확인하고 위치를 찾기 위해 2초의 시간이 소요 되고 메모리 사용 시간이 7.8초 , 배터리 사용량은 2%를 소비합니다. 메일을 확인하기 위해 스마트폰을 사용하고 메일 확인 시 접속시간은 약 2초가 소요되었습니다. DMB요청에 따라 화면이 3초간 시간을 보냅니다. 스마트 시계를 이용하여 집에 가는 도중의 퇴근시간을 피하고자 네비게이션을 활용합니다. 사용자 김차장은 집에 도착하여 스마트폰을 활용하여 레시피를 검색 하는데 소요된 시간은 약 2초입니다. 전자레인지에 요리를 넣은 후 오늘의 영업매출액을 확인하기 위해 스마트폰을 활용하여 고객매출시스템에 접속하여 매출을 확인 합니다. 스마트 디스플레이를 통해서 약 8초간 제품매출액을 확인합니다. 트레이드밀에서 약 5분간 조깅을 하며 보냅니다.

b) IS-QM 매트릭 시나리오 적용 및 평가

Functionality를 본 시나리오에 적용하기 위해 스마트폰에 접속한 총 횟수는 8회이고, 이중 성공한 횟수는 6회이다.

$$FUC = \frac{\text{스마트폰에 접속이 성공한 횟수}(7)}{\text{스마트폰에 총접속한수}(8)} = 0.875 \quad (2)$$

따라서 Functionality는 0.875이고 1회의 실패가 있었고 기능범위 1에 가까운 점수로 기능점수는 높다고 할 수 있다.

Reliability를 본 시나리오에 적용하기 위해 유효한 디바이스 개수는 총 8개이며, 전체 디바이스 개수는 7개였다.

$$REL = \frac{\text{유효한 디바이스수}(7)}{\text{전체 디바이스 수}(8)} = 0.875 \quad (3)$$

따라서 Reliability는 0.875이며 한 개의 디바이스만이 접속을 실패하였고 신뢰도는 1에 가까운 점수로 비교적 높다.

EFFICIENCY를 본 시나리오에 적용하기 위해 사용자가 기대한 시간은 8초이며 제한된 자원의 시간은 7.8초이다.

$$EFF = \frac{\text{자원의 유효시간}(7.8)}{\text{사용자가기대한시간}(8)} = 0.975 \quad (4)$$

따라서 Efficiency는 0.975이며 자원의 유효한 시간은 7.8초이며 효율성은 0.975로 1에 매우 근접하므로 효율성이 높았다.

Portability를 본 시나리오에 적용하기 위해 사용자가 기대한 응답시간은 8초이며 전체 시스템 응답시간은 7.8초였다.

Table 2. Function Points

품질속성	기능점수 X 가중치	합산
Functionality	0.875 X 0.2	0.175
Reliability	0.875 X 0.2	0.175
Efficiency	0.975 X 0.2	0.195
Portability	0.875 X 0.2	0.175
Security	0.88 X 0.2	0.176
SUM		0.896

$$POR = \frac{\text{전체 시스템 응답시간}(7)}{\text{사용자가 기대한 응답시간}(8)} = 0.875 \quad (5)$$

따라서 전체 시스템 응답시간 대비 사용자가 기대한 응답시간을 계산하면 0.875로 1에 가까운 기능점수가 나왔다.

Security를 본 시나리오에 적용하면 전체 디바이스 수가 9개이며 정확한 디바이스 수는 8개로

$$SEC = \frac{\text{정확한 디바이스 수}(8)}{\text{전체 디바이스 수}(9)} = 0.88 \quad (6)$$

따라서 전체 디바이스 수에 대비한 정확한 디바이스 수는 0.88로 1에 가까운 보안성을 보였다.

위 Equation (6)인 IS-QM= $\sum_{i=1}^5 w_i * q_i$ 을 적용하면 0.896이라는 품질기능점수가 도출 되었고 1에 가까운 수로 높은 품질을 측정할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구는 IoT 서비스에 대해서 정의하고 IoT 서비스의 품질특성을 도출했다. IoT 서비스의 품질모델을 정의하여 5개의 품질속성(Functionality, Reliability, Efficiency, Portability, Security)과 각 속성별로 적용할 수 있는 6개의 Metric을 구성하였다. 제시된 품질모델은 각 품질특성에 따르는 가중치를 계산하여 IS-QM을 이용하여 IoT 서비스의 품질을 실용적으로 정확히 측정하여 신뢰성을 검증할 수 있다.

References

- [1] E. Welbourne, L. Battle, G. Cole, K. Gould, K. Rector, and S. Raymer, et al, "Building the internet of things using RFID: the RFID ecosystem experience," *IEEE Internet Computing*, 2009, Vol.13, Issue 3, pp.48-55, 2009.
- [2] G. Kortuem, F. Kawsar, D. Fitton, and V. Sundramoorthy, "Smart objects as building blocks for the internet of things," *IEEE Internet Computing*, Vol.14, pp.44-51, 2010.
- [3] G. Broll, E. Rukzio, M. Paolucci, M. Wagner, A. Schmidt, and H. Hussmann, "PERCI: pervasive service interaction with the internet of things," *IEEE Internet Computing*, Vol.6, pp.74-81, 2009.
- [4] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, Vol.54, pp.2787-2805, 2010.
- [5] B. B Chua and L. E. Dyson, "Applying the ISO9126 model to the evaluation of an e-learning system" in *Proc, ASCILITE*, pp184-190, Perth, Australia, dec., 2004.
- [6] Fan Shaoshuai, Shi Wenxiao, Wang Nan, and Liu Yan, "MODMbased Evaluation Model of Service Quality in the Internet of Things," *Procedia Environmental Sciences*, Vol.11, pp.63-69, 2011,
- [7] Isi Castilola, Francisca Losaviob, Alfredo Matteob, and Jorgen Boeghc, "Requirements, Aspects and software quality: the RESASQ mode," *Journal of Object Technology*, pp.69-91, Sep., 2010.
- [8] C. Ko, S. Roy, J. R. Smith, H. W. Lee and C. H. Cho, "RFID MAC Performance Evaluation Based on ISO/IEC 18000-6 Type C," *IEEE Communications Letters*, Vol.12, No.6, Jun., 2008.
- [9] Jianhua Liu and Weiqin Tong, "Adaptive Service Framework Based on Grey Decision-Making in the Internet of Things," *2010 6th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 2010.



김 미

e-mail : pytwoori@gmail.com

2000년 호남대학교 정보통신공학과(석사)

1996년~2000년 LG전자 연구원

2016년~현 재 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정

2016년~현 재 IT업체 프로젝트 PM, PL, 개발자

관심분야 : IoT 서비스, Software Engineering, Software Quality



이 남 응

e-mail : nylee@ssu.ac.kr
1979년 숭실대학교 전자계산학과(학사)
1983년 고려대학교 경영정보학(MIS)
(경영학석사)
1993년 미시시피 주립대학교(MSU)
경영정보학(MIS)(경영학박사)

현 재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
관심분야: 소프트웨어 테스트, 품질보증, MIS, IT정책경영



박 진 호

e-mail : gomalove@daum.net
1998년 숭실대학교 소프트웨어공학(학사)
2001년 숭실대학교 컴퓨터학과
소프트웨어공학전공(석사)
2011년 숭실대학교 컴퓨터학과(박사)
현 재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수

관심분야: SW Reuse, SW Maintenance, IT Service,
IT기술평가전략