



Proposal CPS Assessment Model Based on Medical Domain

Ju-Hyuck Han¹, Ki-Won Song¹

¹*Department of Medical Engineering, Konyang University*

**Corresponding author : Ki-Won Song (kiwonsong@konyang.ac.kr)*

A B S T R A C T

In this study, we propose cloud assessment services based on the technical standards of Cyber Physical System (CPS), which implements the physical domain of recently evolving integrated technology systems as computing power. There are currently a lot of research and projects on CPS at home and abroad, which consist of a combination of systems and systems. With the current software quality test, software quality evaluation of complex systems such as CPS is difficult. Thus, a technology standard with greater reliability between systems will have to be utilized for the CPS-based software quality assessment than the existing technology standard. However, with the advent of CPS, many of the technical standards studied are difficult to adapt to existing software quality test frames. Therefore, this study was implemented to supplement these problems and increase the convenience and practicality of the quality assessment. It is also based on medical domains with high software requirements among Korean-style CPS domain services. In particular, three of the C5 models proposed by many studies were focused on the three conditions and organized in each phase of classifying and merging each standard. The future research plan will study CPS domains in other industry sectors not covered by this study and will interoperate various international standards by sector.

© 2019 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : CPS Medical Domains, Software Quality Test, C5 Reference Architecture, CPS Concerns, Technical Concerns, Critical Point, CPS Assessment Model

ARTICLE INFO: Received 28 January 2018, Revised 11 February 2019, Accepted 11 February 2019.

*Corresponding author is with the Department of Medical Engineering, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro

Seo-gu Daejeon, 35365, KOREA.
E-mail address: kiwonsong@konyang.ac.kr

1. 서론

4차 산업혁명이 도래한 오늘날, 컴퓨팅 파워와 데이터 처리로 새로운 가치를 창출하는 것이 무엇보다 중요해졌다. 이러한 시대적 흐름에 따라 소프트웨어의 파워 또한 중요해져, 많은 기관 및 기업, 단체는 향상된 소프트웨어 품질과 접근 편리성을 요구하고 있다[1]. 또 가상 데이터와 물리적인 데이터를 컴퓨터, 통신, 센서, 등의 각각의 분야가 연계된 CPS(Cyber-Physical System)의 개념이 처음으로 등장했다[2][3]. 여러 복합적인 기술이 융합된 시스템(CPS)가 등장함으로써 기존의 소프트웨어는 여러 분야에 걸쳐 포괄해야 하는 요구사항이 방대하게 증가했다[4]. CPS는 시스템의 측면에서 단순히 여러 기술이 연동된 시스템이 아니라, 제어, 사회시설, 생산 공정, 등과 같이 보다 능동적인 역할을 수행한다.

임베디드 시스템의 발전 사례로서, 기존의 시스템은 공장의 로봇, 기계들을 각각 개별적으로 제어하여 결과물을 향상시키는 것을 목표로 한다. 하지만, CPS의 경우 공장 자체를 하나의 그룹화 하여 그룹별 제어를 통해 결과물을 향상시키는 것을 목표로 한다. 이를 통해 기존의 소프트웨어에서는 성능이 가장 중요한 요구사항이었지만, CPS화 된 소프트웨어에서는 성능뿐만 아니라 물리시스템과 컴퓨터 간의 상호 복잡도, 시스템 환경에 따른 OS의 신뢰성, 보안성, 오류 복구 등도 중요한 고려사항이 됨을 알 수 있다.

<표 1>에서 설명하는 바와 같이, CPS는 물리적인 프로세서에 소프트웨어를 탑재한 임베디드 시스템의 발전적인 형태이다[5][6].

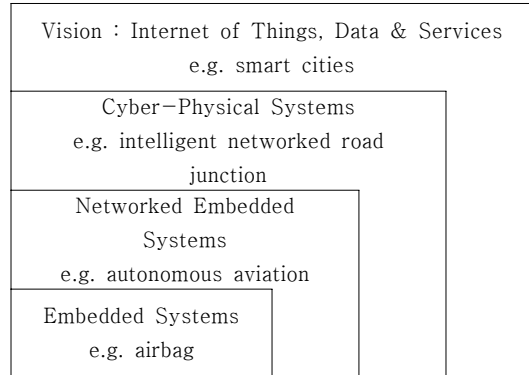


표 1. 시스템 발전 단계
Table 1. System Development Step

특히, 의료 분야의 소프트웨어는 타 분야에 비하여 수많은 제한사항과 높은 신뢰성, 보안성이 요구된다. 또 국내에서는 병원 간 의료정보 전송을 위한 규격에 관한 논의 및 연구가 계속 진행되고 있으며, 최근 들어 이에 따른 표준 연구도 많은 관심이 집중되고 있다.

이런 점을 고려하여 본 연구는 의료 도메인을 기반으로 하는 CPS 평가 모델을 제안한다. CPS의 특징을 반영한 한국형 CPS 도메인 서비스인 I-Korea4.0 정책을 참고하였다. 서비스는 의료용 소프트웨어 품질보증에 필요한 정의, 항목, 범위, 요구사항을 포함하고 있다. 또 품질에 심각한 위험을 초래할 수 있는 요구사항들을 주요항목으로 배치하여 소프트웨어의 개발이 진행되는 동안 발생하는 치명적인 문제를 미연에 방지한다. 또, 본 연구는 소프트웨어의 개발 동안 발생할 수 있는 정정 요구사항을 반영하며, 구현과 함께 테스트를 진행한다. 테스트의 결과 또한 각 분야별 요구사항에 맞게 문서화하여 제공하며 테스트 결과로 요구사항의 소프트웨어 커버리지를 추적, 확장한다.

1.1. 시장 규모 및 현황

국내에서는 연구소와 학계를 중심으로 소규모 CPS 관련 연구가 이루어지고 있으며, 아직까지 국방 분야 및 몇몇 소수 응용분야에 부분적으로 적용이 되고 있다. CPS 관련 기술 개발 현황은 분야별로 차이가 있겠지만 대부분 초기단계에 머물러 있다[7]. 각 기술 분야별로 CPS 기술 개발을 소개하자면, 자율제어 시스템 개발이라는 공통 목표로 여러 IT 업체들이 다양한 도메인에 적용될 수 있는 공통 기술 개발을 진행하는 단계이며, 제조업체들은 도메인에 특화된 전자 및 제어 기술에 IT 기술을 융합하는 형태로 개발을 진행하고 있다. 특히, 중소기업에서는 제조업 도메인(자동차, 조선, 항공 등)을 위주로 분야별 특화된 모델링 및 시뮬레이션 기술을 개발해서 생산 시스템의 효율을 증진한다.

표 2. TTA PG609 표준현황
Table 2. TTA PG609 Standard Status

표준종류	표준번호	표준제목
정보통신 단체표준 (TTAS)	TTAK.KO_ 11.0175/R1	CPS 하이브리드 모델링 언어표기
정보통신 단체표준 (TTAS)	TTAK.KO_ 11.0175	CPS 하이브리드 모델링 언어정의
정보통신 단체표준 (TTAS)	TTAK.KO_ 11.0174	CPS 협업형 목표 모델링 요구사항
정보통신 단체표준 (TTAS)	TTAK.KO_ 11.0143	CPS 모델링을 위한 합성 환경 데이터 표현 지침
정보통신 단체표준 (TTAS)	TTAK.KO_ 11.0096	CPS 하이브리드 모델링 지침

CPS 기술 표준화 부분은 한국정보통신기술 협회

(TTA)의 기술 표준화 PG609에서는 “사이버-물리 시스템(CPS)” 프로젝트 그룹을 신설하고 2010년부터 표준화 과제를 제안하고 있다[8].

이와 같은 추세로 2019년 CPS 관련 기술의 시장 규모는 147,440 억 원으로 추산된다[9]. 따라서 국내에서 적용되는 CPS 관련 기술이 신뢰성 있는 소프트웨어 파워를 갖기 위해선 CPS 기술표준의 도입이 시급하다.

표 3. CPS 시장의 국내의 규모
Table 3. Size of CPS Market

표준종류	(억원)		
	2014년	2017년	2019년
세계 시장 규모	55,020	99,390	147,440
국내 시장 규모	3,106	4,470	6,432

따라서 본 논문은 CPS를 구성하는 관련기술을 설명하고 의료용 CPS 평가 모델을 CPS 평가 모델의 분류방법과 기술적인 분류방법, 선정 카테고리별 중요도 순으로 분류, 병합하는 방법으로 여러 표준의 카테고리에 복합적으로 적용되는 의료용 CPS 평가 모델을 제안한다.

2. 관련기술

전통적인 소프트웨어 개발 방법으로는 이종 시스템들 간의 결합에 따른 복잡성, 불확실성, 불예측성을 다루기 어렵기 때문에 높은 신뢰 시스템을 위한 모델링 및 시뮬레이션 기술을 활용한다. ‘CPS 모델링 및 시뮬레이션 기술’은 사이버시스템과 물리시스템 간의 상호작용 및 상호의존성을 토대로 복잡한 시스템의 신뢰성을 제공할 수 있는 기술로 정의된다.

특히 <그림 1>에서 설명하는 바와 같이 의료용

CPS는 컴퓨팅 파워를 통해 새로운 시스템이 확립되고 있다[10]. 따라서 기존에 시스템 표준으로는 시스템 간의 상호보완적인 기능을 가진 CPS의 품질보장에 어려움이 발생한다.

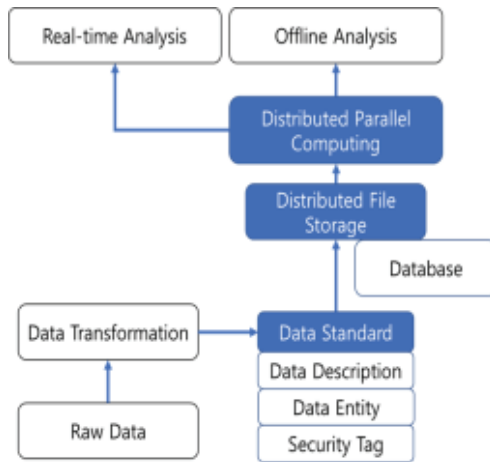


그림 1. 의료용 CPS 데이터 관리
Figure 1. Healthcare CPS Data Management

2.1. 대상 시스템의 환경 고려

CPS의 평가 시스템을 기반하는 의료 도메인은 의료용 소프트웨어의 신뢰성을 지원하기 위해 대상 시스템 내에 포함되는 물리시스템, 컴퓨팅 시스템 및 대상 시스템을 둘러싸고 있는 환경까지 포함한 System of Systems를 개발할 수 있는 기술이다[11].

2.2. 시스템 간의 자율제어 기술 고려

물리적인 측면으로 운영 중인 시스템의 신뢰성을 보장하기 위해 자율제어 기술을 활용하는 방법이다. 기존의 시스템 제어가 인간의 의사 결정에 컴퓨터(Cyber System)를 활용하고 다시 전자 및 제어 기술로 물리시계(Physical System)를 제어하는

방식이라면, CPS는 인간의 관여를 최소화하고, 컴퓨터를 중심으로 물리세계를 제어하는 자율제어 시스템 표준이 필요하다. 컴퓨터 과학 분야에서 발전해온 네트워크/분산컴퓨팅, 상황인지, 인공지능, 실시간 컴퓨팅을 기반으로 가상시스템 구축이 가능하며, 이러한 가상시스템은 물리세계와 밀접하게 연동되고 이를 제어한다[12].

2.3. 대규모 CPS

대규모 CPS는 다양하게 분산된 이종의 시스템을 위한 CPS 통합 연동 기술이다[13]. CPS의 시스템 간 연동을 위한 네트워크 기술에 기초해 각 산업도메인별 상호운용성을 보장하기 위하여 시스템들 간의 데이터 연동을 지원할 수 있는 사물인터넷(IoT) 통신 미들웨어 기술로서 개발되고 있다.

특히, 대규모 CPS는 스마트교통, 스마트국방, 스마트빌딩 등과 같이 인프라 규모의 대규모(Large-Scale)성을 가진다. 또 대규모 CPS는 독자적인 운용이 가능한 많은 수의 소규모(Small-Scale) CPS 시스템들이 유기적으로 통합 운영되어 하나의 대규모 시스템처럼 운용되는 System of Systems의 형상을 가지며 이들 시스템들 간의 높은 신뢰성을 보장한다.

3. 의료용 CPS 평가 모델 구조

앞서 설명한 바와 같이 본 연구는 의료 도메인을 기반으로 하는 CPS 평가 모델을 제안한다. 특히 I-Korea4.0에서 발표한 12개의 산업 분야 중 소프트웨어의 품질기준이 높게 요구되는 의료분야를 웹 도메인 형태로 서비스한다[14].

특히 의료용 소프트웨어가 가지는 특성상 Data-to-information conversion 항목과 Cognition, Confijuration 세가지 항목에 집중했다. 병원에서 사

용될 의료용 소프트웨어에서 환자와 환경의 상태 인지, 이를 정보로 변경하는 항목, 특수한 상황을 요구하는 환경설정은 각각 큰 의미를 가진다. 또한 특수한 상황을 산정하여 제작되는 소프트웨어를 평가하는 만큼 CPS 평가 모델 또한 특수한 상황을 설정, 인지, 평가할 수 있어야 할 것이다.

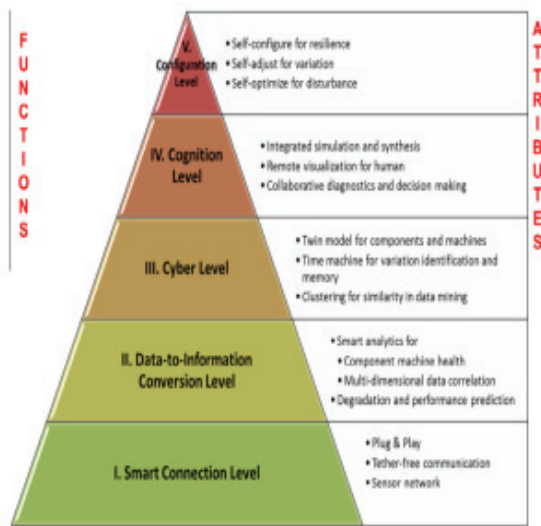


그림 2. CPS 참조 아키텍처 (5C)
Figure 2. CPS Reference Architecture (5C)

본 연구는 <그림 2>와 같이 물리적인 환경에서 사이버 공간을 구성하는데 필요한 요건인 5C level architecture를 적용한 도메인이다[11][15].

3.1. 표준 분류 방법

본 연구에서 제안하는 CPS 평가 모델은 의료용 소프트웨어에 대하여 여러 국제 표준을 규격화 했는지를 큰 범위에서 CPS Concern으로 정의하며, 표준의 세부적인 카테고리를 Technical Concerns로 분류했다. 이와 같은 방식은 이전까지 동일한 모델에서 구분지을 수 없었던 여러 표준들의 카테

고리를 일괄적으로 표기하며, 관련된 카테고리간의 연결성과 중요도를 한눈에 파악할 수 있는 모델이다. 하지만 이와 같은 모델의 구조상 각 표준별로 나타내는 카테고리의 정량화된 기준치와 표준기구간 주요논점이 다르기에 필연적으로 발생하는 문제가 있다.

따라서 본 연구에서 제시하는 모델은 <그림3>와 같이 특정 영역의 카테고리를 항목의 밀접성 별로 연결하여 특정 영역의 군을 생성한 후, 각각의 카테고리 군끼리의 Concern을 분석하여 분류하는 방식을 제시한다.

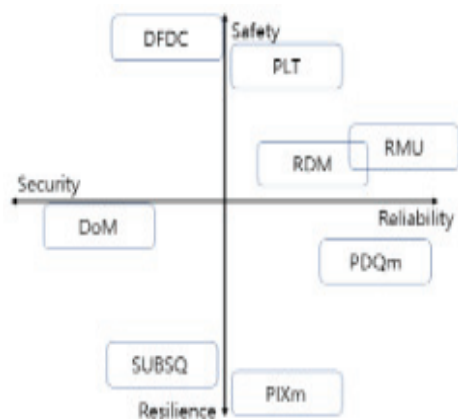


그림 3. CPS 도메인 선택 화면
Figure 3. CPS Concern 정의

CPS Concern 별로 새롭게 구성된 카테고리 군을 <표4>과 같이 Technical Concerns에 맞추어 구성한다면, 각 표준별로 상이한 요구사항을 새로운 기준으로 정립할 수 있다. 이는 의료용 소프트웨어 개발의 새로운 기준이 될 수 있으며, 클라이언트(의료기관)가 소프트웨어 선택에 있어 절대적인 틀이 될 수 있다.

표 4. CPS 도메인별 표준 요구사항
Figure 4. Standard requirements by CPS domain

CPS Concern	Technical Concerns				
Trust worthy	Timing	Interoperability	Data	Scalability	intelligence
Safety		DFDC	PLT		
Reliability			PDQm	RMU	RDM
Resilience	SUBSQ				PIXm
Security				DoM	

또, 물리적인 환경의 데이터를 정보로 가공하여 컴퓨터와 인터넷 등의 가상의 환경을 구성하는 CPS의 특성상 IEC, IHE 등과 같은 의료 표준에서 정의하는 의료 장비, 소프트웨어의 기준과 산업 표준의 간극은 분명히 존재한다. 산업이 발전하고 융합됨에 따라 생성되는 규약이 다양해지는 만큼 기존의 의료용 도메인을 기반으로 하는 CPS 평가 모델은 분명히 필요하다. 하지만 Technical Concerns 으로 표준을 분류해도 카테고리 별로 분류된 Concerns가 동일할 수 있다. 이는 특징 별로 카테고리를 분류하는 방법에 있어 표준 규약별 가장 세밀한 부분이다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 연구는 Technical Concerns 별로 Critical Point 라는 개념을 도입했다. 이는 기존에 소프트웨어 품질평가 틀에서 표준별, 카테고리 내부에 규약항목으로 정의되어 있는 부분의 중요도를 표기하기 위한 방법이었다. 결과적으로 본 연구에서 도입한 중요도(Critical Point)는 규약 항목의 중요도를 표기하는 것이 아니라, Technical Concerns으로 분류된 카테고리 간의 내용으로 중복되거나 비슷한 부분, 정의하는 기술이 다르지만 동일한 Concerns 부분, 등을 분류할 수 있다. 본 연구는 서로 다른 분야의 표준

규약들을 CPS 평가 모델의 분류방법과 기술적인 분류방법, 선정 카테고리 별 중요도 순으로 분류, 병합하는 방법을 선정했으며, 의료 도메인을 기반으로 하여 기존에 정의된 표준 규약을 서로 연계하고 여러 표준의 카테고리에 복합적으로 적용되는 의료용 CPS 평가 모델을 제안한다.

4. 결론

기존의 소프트웨어 품질검사 방식과 CPS에서의 품질검사는 시스템 간의 신뢰성, 복잡도, 네트워크 기술, 등 많은 측면이 다르다. 여러 시스템이 복합적으로 연동되어 컴퓨팅 파워를 통해 제어되는 CPS는 현재 하나의 표준만으로 검사 할 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 의료용 소프트웨어의 품질검사를 위해 CPS 표준화를 목표로 하는 국내형 도메인, I - Korea4.0 중 의료 도메인을 기반한 CPS 평가 모델을 제시한다. 본 연구는 CPS Concern 분류와 기술적 분류, 선정 카테고리 별 중요도 순으로 여러 표준을 복합적으로 분류, 병합하는 방법을 제시했다. 이는 기존의 소프트웨어 품질검사 방식에서 사용하는 표준 규약을 서로 연계하고 여러 표준 별 카테고리에 적용하여 복잡한 시스템의 품질검사를 일관된 기준으로 가능하게 한다.

향후 계획으로는 본 연구에서 다루지 못한 다른 산업 분야의 도메인을 기반으로한 CPS 평가 모델을 연구할 예정이며, 분야별로 여러 국제 표준들을 한국형 도메인에 호환되도록 추가할 계획이다. 또 CPS 참조 아키텍처(5C) 중, 집중하였던 3C를 제외한 나머지 부분을 CPS Concern 분류에 적용할 계획이다.

References

- [1] Y-S. Eun, K-J Park, M-K. Won, T-J. Park, and S-H. Yoo, *A study on the cyber physics system trends*, information science journal, Vol. 31, No. 12, pp. 8-15, 2011.
- [2] E. A. Lee, *Cyber physical systems: design challenges*, International Symposium on object/component/service-oriented real-time distributed computing(ISORC), May 2008.
- [3] V. Gunes¹, S. Peter¹, T. Givargis¹, and F. Vahid, *A survey on concepts, applications, and challenges in cyber-physical systems*, KSII TRANSACTIONS ON INTERNET AND INFORMATION SYSTEMS, Vol. 8, No. 12, Dec. 2014.
- [4] L. Wang, M. Törngren, and M. Onori, *Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing*, Journal of Manufacturing Systems 37, pp. 517-527, 2015.
- [5] S-H. Kim, and S-B. Park, *The advent of hyper-connected society and cyber physics system(CPS)*, National Information Society Agency, No. 3, Jun. 2014.
- [6] Acatech, *Cyber-physical systems: driving force for innovation in mobility, health, energy and production*, Acatech Position Paper, Dec. 2011.
- [7] W-T. Kim, and S-M. Park, *High-reliability cyber-physical system technology trends*, Information Technology Association of Korea, Vol. 8, No. 1, pp. 25-32, 2010.
- [8] H-K. Jeon, *Reference model for analyzing the structure of CPS communication middleware*, Technology Association(TTA), 2012-907.
- [9] J-J. Ko, J-H. Kang, and K-K. Lee, *Technology trend of industrial collaboration support system based on mixed reality*, Korea Institute of Industrial Technology Evaluation KEIT PD Issue Report, Sep. 2017.
- [10] Y. Zhang, M. Qiu, C-W. Tsai, M. M. Hassan, and A. Alamri, *Health-cps: healthcare cyber-physical system assisted by cloud and big data*, IEEE systems journal, Vol. 11, pp. 88-95, Dec. 2017.
- [11] J. Lee, B. Bagheri, and H-A. Kao, *A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems*, Volume 3, pp. 18-23, Jan. 2015.
- [12] K-D. Kim, and P. R. Kumar, *Cyber-physical systems: A perspective at the centennial*, Proceedings of the IEEE, Special Centennial Issue, pp. 1287-1308, 2012.
- [13] W-T. Kim, I-G Jeon, S-H Lee, and J-M. Park, *Technology of large scale self-controlled cps software platform*, Information Society of Korea Information Society, Vol. 31, No. 12, pp. 16-28, 2013.
- [14] I. Lee, O. Sokolsky, S. Chen, J. Hatcliff, E. Jee, B-G. Kim, A. King, M. Mullen-Fortino, S-J Park, A. Roederer, and K. K. Venkatasubramanian, *Challenges and research directions in medical cyber-physical systems*, Design Automation Conference (DAC), 47th ACM/IEEE, 2010.
- [15] H-S. Jin, and Y-H. Seo, *Analysis of CPS's functional and non-functional software requirements*, SPRi-Software Policy Institute, Apr. 2017.

의료 도메인을 기반으로한 CPS 평가 모델 제안

한주혁¹, 송기원²

¹건양대학교 의료IT공학과 석사과정

²건양대학교 의료IT공학과 교수

요 약

본 연구에서는 최근에 발전하는 통합 기술 시스템 중 물리적인 영역을 컴퓨팅 파워로 구현한 CPS(Cyber Physical System)의 의료용 모델을 제안한다. 현재 국내외로 CPS에 관한 많은 연구와 사업이 존재하며, 이는 시스템과 시스템의 복합적인 연동으로 구성된다. 지금의 소프트웨어 품질검사로는 CPS와 같은 복합적인 시스템의 소프트웨어 품질평가에 많은 어려움이 있다. 그러하여 CPS 기반의 소프트웨어 품질평가에는 기존의 기술표준보다 시스템간 신뢰성 보장성이 더욱 증대된 기술표준이 활용되어야만 할 것이다. 하지만 CPS가 대두됨에 따라 연구되어진 많은 기술표준들은 기존의 소프트웨어 품질검사 프레임에 알맞게 적용되기 어렵다. 따라서 본 연구는 이러한 문제를 보완하고 품질평가의 편의성과 실용성을 증대하도록 구현되었다. 또한 한국형 CPS 도메인 서비스 중 소프트웨어의 요구사항 수준이 높은 의료용 도메인을 기반으로 한다. 특히, 많은 연구에서 제안하는 C5 모델 중 세가지 조건에 집중하여 각각의 표준을 분류, 합병하는 단계 별로 구성했다. 향후 연구 계획은 본 연구에서 다루지 못한 다른 산업 분야의 CPS 도메인을 연구하여 분야 별로 여러 국제 표준들을 호환시킬 계획이다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-현장 맞춤형 이공계 인재양성 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구(No.2018025568)이다.



Ju Hyuck Han received the bachelor's degree in the Department of Medical Information Technology Engineering from the Konyang University in 2018.

He has the master's course in the Department of Medical Information Technology at Konyang University since 2018.

E-mail address: dnfwlq203@gmail.com



Ki-won Song received the bachelor's degree in computer science from Konyang University in 2002.

He received the M.S. degree and Ph.D. degree in software engineering from Chung-Ang University in 2004 and 2007, respectively. He worked in Samsung Electronics from 2007 to 2014. He has been a professor of medical information technology engineering at Konyang University since 2015.

E-mail address: kiwonsong@konyang.ac.kr