

사이버물리시스템의 현재와 미래: 응용 어플리케이션 관점에서의 접근

원명규, 박태준, 손상혁
대구경북과학기술원

요약

사이버물리시스템 (Cyber Physical Systems, CPS)은 우리가 살아가는 물리 세계와 센서, 액추에이터, 임베디드 컴퓨팅 시스템 등으로 구성된 사이버 세계와의 융합을 추구하는 새로운 패러다임이다. 본고에서는 CPS가 무엇인지, 왜 중요한지, 그리고 풀어야 할 숙제는 무엇인지에 대한 논의를 CPS 응용 어플리케이션의 관점에서 접근해본다. 특히 CPS 핵심 응용 분야 중 교통, 의료, 전력시스템과 관련하여 현재 대구경북과학기술원의 CPS글로벌센터에서 수행 되고 있는 연구와 그러한 연구의 기여도에 초점을 맞추어 논의를 진행한다. 즉 본고에서는 지능형 교통 시스템, 스마트 홈, 스마트 그리드 및 미래의 헬스케어 시스템에 관한 연구 소개를 통하여 CPS에 대한 실질적인 이해를 돕고 앞으로 CPS 연구와 관련하여 나아가야 할 방향에 대하여 논의한다.

I. 서론

마이크로 프로세서와 메모리 기술의 발달로 더 작고 성능이 뛰어난 시스템이 개발되었다[1]. 이러한 기술적 발전을 통하여 등장한 임베디드 시스템은 다양한 기계 및 전자 장비에 삽입되어 우리가 원하는 조작을 효율적으로 가능하게 하여 인간의 삶의 질을 크게 향상시켰다[2].

최근 이러한 전통적인 임베디드 시스템의 개념적 경계를 넘어서는 새로운 패러다임이 주목을 받기 시작하였다[3]. 사이버 물리 시스템 (Cyber Physical Systems, CPS)은 개별적으로 동작하는 전통적인 임베디드 시스템과는 달리 시스템과 우리가 살아가는 물리 세계와의 밀접한 상호작용을 강조한다. 특히 CPS는 통신 기술을 활용하여 물리적 현상을 관찰, 계산 및 조작하는 각 시스템 개체들간의 협력적 관계를 구축한다. 궁극적으로 CPS는 이러한 통신 (Communication), 연산 (Computation), 조작 (Control)의 세 요소를 핵심 개념으로 하

여 인간과 공존하는 물리 세계 개체들 (Physical entities)과, 센서, 액추에이터, 임베디드 시스템 등과 같은 시스템 개체들로 구성되는 사이버 세계와의 융합을 추구한다. 특히 여기서 말하는 물리 세계 개체란 인간과 상호작용 가능한 모든 사물과 자연 환경 등을 지칭한다. 예를 들어 그것은 자동차, 주택, 의료기기, 심지어 인간의 뇌까지도 아우르는 포괄적인 개념이다.

물리 세계와 사이버 세계의 융합을 통하여 우리가 얻을 수 있는 가치는 실로 어마어마하다고 할 수 있다[4]. 그 중 몇 가지를 예로 들면, 첫째, 우리는 CPS를 통하여 물리 세계를 좀 더 정확하게 이해할 수 있다. 인간이 이해하고 연산할 수 있는 영역은 컴퓨터가 할 수 있는 그것에 비해 많이 제한되어 있다. 그러므로 인간 대신에 시스템이 물리 세계를 인지, 분석, 계산하여 인간에게 정보를 제공함으로써 인간은 물리 세계를 좀 더 명확히 이해할 수 있는 기회를 얻게 된다. 로봇을 이용한 의료기술이 그 좋은 예라 할 수 있다. 즉 로봇에 부착된 다양한 센서가 환자의 상태를 정확히 파악하여 인간의 안전한 수술을 도울 수 있다. 둘째, CPS를 통하여 자율성 (autonomy)을 확보할 수 있다. 즉 이제는 시스템이 인간이 정해 놓은 수동적인 작업을 하는 것에서 한 걸음 더 나아가 물리 세계를 직접 인지하고 인지한 내용을 바탕으로 해서 스스로 반응을 할 수 있는 자율성을 가지게 될 것이다. 이러한 시스템의 자율성을 통하여 인간에게 주어진 업무 부담을 크게 줄일 수 있게 된다. 셋째, CPS를 통하여 안전성 (Safety)이 대폭 향상될 것이다. 즉 물리 세계와 밀접하게 융합된 시스템을 통하여 물리 세계를 정확히 분석할 수 있을 뿐 아니라 빠르게 반응함으로써 안전성을 향상시킨다. 예를 들면, 지능형 자동차는 센서를 이용하여 주변 위험요소를 명확히 인지하고 빠르게 반응함으로써 운전자의 안전성을 향상시킨다.

이렇듯 CPS는 인간의 삶에 엄청난 개혁을 불러일으킬 혁신적인 기술이다. 과거 인터넷이 인간과 인간 사이의 커뮤니케이션에 혁신을 불러 왔다면 CPS는 인간과 인간 주변의 물리 세계와의 상호 작용에 혁신을 가져올 것으로 기대된다.

미국 등의 선진국들은 이미 이러한 CPS의 가능성에 주목하고 있다. 2007년과 2010년에 보고된 미국의 대통령과학기술자문위원회의 보고서에 따르면, CPS가 국가 경쟁력 강화를 위한 최

우선 연구 과제로 선정되었으며 실제로 2009년부터 National Science Foundation을 통한 대규모 연구 지원을 시작하였다[4]. 유럽의 경우 Framework Programme 7 ARTEMIS를 통하여 연구 투자가 활발히 진행되고 있다[4]. 일본은 연간 약 250만 달러 규모의 재난대응 및 헬스케어 분야 CPS 연구 지원을 하고 있는 실정이다[4]. 반면 국내의 경우 아직 CPS 관련 연구가 걸음마 단계에 머무르고 있다. 특히 조직화된 대규모 기초 연구 및 그에 걸맞은 지원이 매우 부족한 상태이다[5].

CPS 분야에서 한 발 앞서가고 있는 미국의 경우, 이미 CPS 연구 개발과 관련한 핵심적인 응용분야로서 다음의 일곱 가지를 제시한 바 있다[4].

- 스마트 생산 공정 시스템
- 스마트 교통 시스템
- 스마트 전력 시스템
- 스마트 헬스케어 시스템
- 스마트 홈/빌딩 시스템
- 스마트 국방 시스템
- 스마트 재해 대응 시스템

본고에서는 이러한 CPS의 핵심적인 응용분야들과 그 흐름을 같이 하여 현재 대구경북과학기술원의 CPS글로벌센터(이하, CPS글로벌센터)에서 수행되고 있는 연구 프로젝트들을 소개하고, 해당 연구 프로젝트들이 기존의 CPS 연구에 기여하는 점과, 앞으로 나아가야 할 방향 등을 논의한다. 그렇게 함으로써, 우리는 본고를 통하여 다음과 같은 목표를 달성하고자 한다. 첫째, CPS 응용 분야에 대한 연구 소개를 통하여 CPS에 대한 실질적이고 현실적인 이해를 돕는다. 즉 우리 실생활과 밀접하게 연관된 예를 통하여 CPS가 우리에게 실질적으로 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 생각할 수 있는 계기를 부여한다. 둘째, 현재 CPS와 관련하여 어떠한 연구가 진행 중인지에 대한 이해를 증진시킨다. 마지막으로, CPS 연구와 관련하여 우리가 풀어야 할 숙제는 무엇인지 즉 CPS 연구의 미래의 방향에 대하여 살펴본다.

II. 본론

1. 지능형 교통 시스템 (Intelligent Transportation Systems)

국내에서는 매년 수 많은 교통 사고가 발생한다. <그림 1>에서 볼 수 있듯이 최근 2012년에만 무려 20만 건 이상의 교통사고가 발생하였고 하루 평균 611 건의 교통사고가 발생하였다

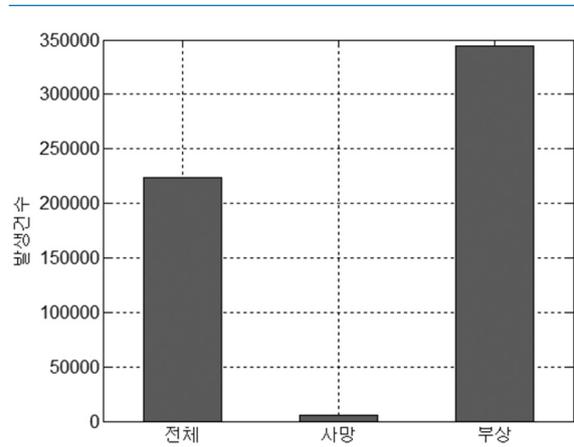


그림 1. 2012년 교통사고 현황 [6]

[6]. 통계에서 보듯이 도로 교통의 안전성 확충은 현재 매우 시급한 문제이다. 이러한 필요성에 따라 CPS글로벌센터에서는 CPS 기술을 응용한 지능형 교통 시스템을 개발하여 도로 교통의 안전성을 혁신적으로 향상시키고자 하는데 연구의 궁극적인 목적을 두고 있다.

도로 교통의 안전성을 향상시키기 위한 연구는 이미 활발하게 진행되어 왔다. 특히 차량과 차량간 통신 (Vehicle to Vehicle, V2V) 및 차량과 기반시설과의 통신 (Vehicle to Infrastructure, V2I), 또는 차량과 사람의 통신 (Vehicle to Person, V2P) 기술 (통칭하여 V2X)을 활용하여 교통사고를 미연에 방지하는 다양한 프로토콜과 알고리즘들이 개발되었다. 그러나 지금까지는 제안된 프로토콜과 알고리즘들의 성능을 분석 및 검증하기 위해서 시뮬레이션 도구가 주로 사용되어 온 것이 사실이다[7]. 중요한 이유 중의 하나는 제안된 프로토콜이나 알고리즘을 실제 교통 시스템에 적용하여 테스트를 해 보려면 상대적으로 높은 비용과 수고가 들어가기 때문이다. 예를 들어, 차량과 차량의 통신을 이용한 프로토콜을 실제 교통 시스템에서 테스트 하고자 하는 경우 실제 자동차와 통신 장비 등의 시스템의 구현이 요구된다. 그러나, 불행히도 시뮬레이션 도구만으로는 그 성능을 분석하는데 여러 가지 제한 요소가 많이 발생한다. 즉, 시뮬레이션을 이용한 방식으로는 차량과 도로, 그리고 제반 교통 시설 등을 포함하는 거시적인 관점에서 제안된 프로토콜의 성능을 테스트 해 볼 수는 있으나, 운전자의 반응이나 실제 차량 내에 탑재되는 소프트웨어의 효율성 등과 같은 미시적인 관점 (또는 다른 말로, 운전자 관점)에서의 테스트는 매우 어렵게 된다. 그러나 운전자 (운전자와 직접 관련되는 실 차량용 소프트웨어를 포함)가 교통 시스템에서 무엇보다 중요한 요소임은 누구도 부인할 수 없는 사실이다.

따라서 본 연구에서는 미래의 지능형 교통 시스템으로 가기

위한 첫 걸음으로서 Hardware-in-the-loop-simulation (HILS) 즉 실제 자동차 하드웨어와 시뮬레이션 모델의 연동을 추진하고 있다. 본 연구는 카네기 멜론 대학 (Carnegie Mellon University) 과의 긴밀한 협조를 통하여 수행되고 있다. 즉 CPS글로벌 센터에서는 카네기 멜론 대학에서 개발된 차량간 통신 모델 기반 차량용 시뮬레이션 도구 (Autosim) 와 실제 자동차 주행환경을 제공하는 모의 주행 시스템 (OpenDS)과의 연동을 추진하고 있다. 이는 기존의 방식과는 명백히 차별화된 방식으로, 다양한 차량용 센서와 차량간 또는 차량과 기반시설 간의 통신 등 여러 가지 CPS 적 요소가 탑재 가능한 테스트베드이다. 특히 이와 같은 연동을 위하여 Autosim의 기능적 확장 및 수정, 또는 새로운 알고리즘 개발 등이 수행되고 있다.

〈그림 2〉에서 CPS글로벌센터에서 사용 중인 자동차 모의 주



그림 2. DGIST 모의 주행 시스템

행 시스템을 볼 수 있다. 이 모의 주행 시스템은 AutoSim과 연동되어 서로간에 동기화된 지도 정보를 공유하며 정해진 규약에 따른 메시지를 실시간으로 주고 받고 주변 차량 정보, 차량간 통신 정보, 기반 시설과의 통신 정보, GPS 정보 등과 같은 다양한 데이터를 서로 간에 매핑시킴으로써 여러 가지 관점에서 제안된 프로토콜이나 알고리즘들의 성능을 분석할 수 있는 환경을 제공한다. 결과적으로, 시뮬레이션 도구 (Autosim)와 실제 차량 운행 시스템 간의 연동을 통하여 기존에 할 수 없었던 운전자 관점에서의 다양한 실험들을 수행할 수 있게 될 것이다. 이를 통하여 기존의 연구로는 밝힐 수 없었던 여러 가지 문제들을 발견하고 그러한 문제들을 해결할 수 있는 토대를 마련한다는 데에 본 연구의 의의가 있다 하겠다.

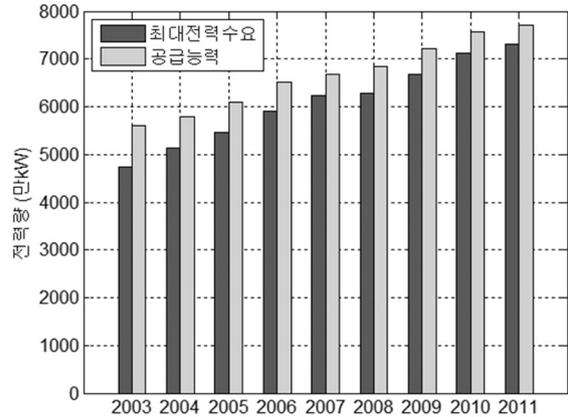


그림 3. 국내 전력 사용량 [8]

2. 스마트 홈 (Smart Home)

최근 국내 전력 사용량이 급격히 증가하였다. 그러나 〈그림 3〉에서 보듯이 전력 공급량은 아직까지 많이 부족한 것이 현실이다[8]. 그 결과, 2013년에는 전력 공급난에 따른 전력수요 제한조치까지 발효되는 지경에 이르러 많은 사람들이 어려움을 겪어야 했다. 특히, 가정에서의 에어컨 사용 증가는 전력 사용량의 급격한 증가에 지대한 영향을 미쳤다. 따라서, CPS글로벌 센터에서는 가정 전력 사용량을 줄이는데 초점을 맞추어 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 거주자의 행동 패턴 (Activity of Daily Living, ADL) 을 적극적으로 활용한다는 면에서 기존의 연구와 차별화된다. 미래의 가정에서는 여러 가지 다양한 목적을 가진 센서가 배치되어 인간의 생활과 사이버 시스템과의 융합이 추구될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 센서들이 감지하는 거주자의 생활 패턴을 이용하여 전력 사용을 최소화하는 데 연구 목적을 두고 있다.

CPS글로벌센터에서는 이러한 목적을 달성하기 위하

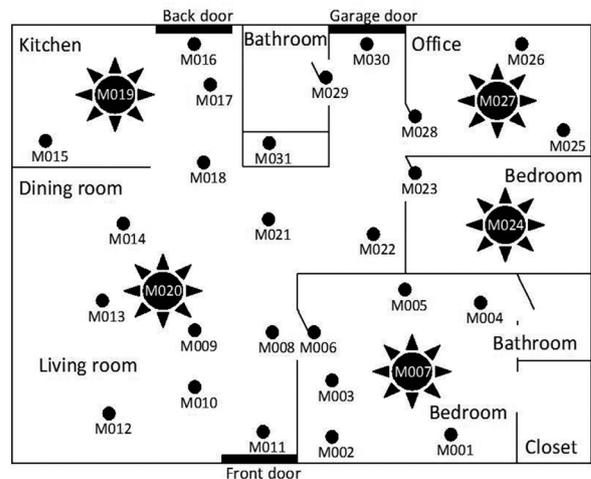


그림 4. 스마트 홈 센서 배치도 (M0~M31 은 배치된 센서를 나타냄)

여 “Doorjamb” 이라는 연구 프로젝트를 수행하고 있다. Doorjamb은 초음파 센서를 가정의 각 출입구에 배치하여 거주자가 현재 누구인지 확률적으로 계산하고 그 거주자가 현재 어디로 이동했는지, 더 나아가 어디로 이동할 가능성이 있는지에 대한 판단을 기존의 거주자 이동 패턴에 따라 확률적으로 계산하여 가정의 전자기기들을 필요에 따라 끄고 켜으로써 전력 사용의 최소화를 도모한다.

Doorjamb은 버지니아 대학 (University of Virginia) 과의 공동 연구 프로젝트로서 CPS글로벌 센터에서는 특히 거주자 식별 정확도를 극대화하는데 집중하고 있다. 또한, 기존의 연구가 제한된 거주자 수의 경우에만 동작하는 것과는 달리 최대 거주자 수를 확장하여 보다 일반적인 경우에 적용할 수 있는 기술을 개발하고 있다.

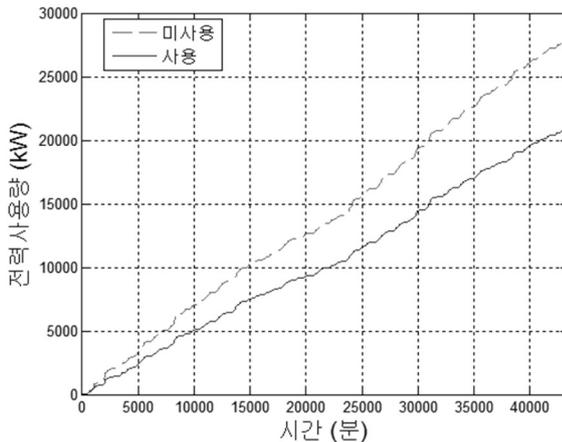


그림 5. 전력 사용량 비교

그러나 Doorjamb은 주로 거주자의 키 정보를 이용하여 거주자를 식별하므로 그 정확도가 높다 하더라도 키가 같거나 비슷한 거주자는 식별하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 스마트 홈 관련 두 번째 연구 프로젝트로서, “Foot-print를 이용한 거주자 감식” 프로젝트에서는 거주자의 걸음 패턴이나 몸무게 등의 다양한 다른 정보를 활용하여 거주자를 식별하고 식별된 정보를 다른 센서들 (예컨대, Doorjamb 센서)이나 액추에이터들과의 통신을 통하여 공유함으로써 보다 효율적으로 거주자의 이동 패턴을 파악하고 이를 통해 전력 사용량을 줄이려 한다. 이를 위하여, 압력 센서를 바닥에 배치하여 거주자 이동 시 바닥 전해지는 압력을 실시간으로 측정하여 거주자의 몸무게, 걸음걸이, 그리고 발바닥의 압력 분포 등의 다양한 정보를 얻을 수 있고 그 정보를 이용하여 좀 더 정확한 거주자 식별을 가능하게 한다. 현재 이 연구를 통하여 거주자 식별 정확도를 최대 97%까지 올리는 성과를 내고

있는 상황이다.

〈그림 4〉에서 볼 수 있듯이 실제 가정 환경에 센서를 배치하여 이용자들의 생활패턴을 감지하고 그러한 식별 정보를 활용하여 전자기기의 전력량을 컨트롤 하였다. 예를 들어 거주자가 특정 방으로 이동한 것이 계산되었을 경우 그 거주자가 이전에 머물던 방에서 소모되는 전력을 (예컨대, 컴퓨터 모니터나 전등 등의 장치) 최소화한다. 그 결과, 〈그림 5〉에서 볼 수 있듯이 본 연구의 알고리즘을 사용하여 전력사용을 컨트롤하였을 경우, 그렇지 않을 경우와 비교했을 때, 한 달 동안 최대 25%의 전력을 절약할 수 있었다.

이러한 일련의 연구에서 한 걸음 더 나아가, 가정에 배치된 센서들이 오랜 기간 감지하여 축적한 거주자 행동 패턴 데이터를 보다 적극적으로 활용하고자 한다. 즉 이 연구에서는 센서의 감지 여부에 대한 히스토리를 담고 있는 데이터베이스를 기반으로 하여 미래의 거주자 행동 패턴을 예측하고 그에 따라서 센서 및 액추에이터의 스케줄을 최적화한다. 다시 말해, 본 연구에서는 기존의 단기 예측 방식을 확장하여 “장시간” 축적된 데이터를 바탕으로 하여 거주자의 생활 패턴을 좀 더 정확히 파악하고 그 정보를 바탕으로 가전기기를 컨트롤 함으로써 가정의 전력 사용량을 더욱 더 공격적으로 줄일 수 있도록 하고 있다.

이 연구에서는 각 센서를 활동상태, 휴면상태, 그리고 센트리 (Sentry) 상태로 분류한다. 즉 거주자의 과거 행동 패턴을 바탕으로 하여 확률적으로 활동상태가 될 가능성이 큰 센서들을 활동상태로 두고 나머지 센서들을 휴면상태로 둔다. 그러나 이와 같은 경우, 의외의 상황, 즉 거주자가 예상되는 행동 패턴에서 많이 벗어나는 행동을 하는 경우 활동상태의 센서들이 그러한 거주자의 행동 이벤트들을 정확히 감지하지 못할 수 있는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 휴면상태의 센서들을 최적화된 방법으로 그룹화하고 각 그룹에서 하나의 센서를 센트리 상태 (저전력 대기 상태)로 둬으로써 이러한 예측 불가한 이벤트들 또한 정확히 감지할 수 있도록 한다.

좀 더 자세히 설명하면, 본 연구는 휴면센서들을 그룹화하고 각 그룹 당 센트리 센서를 선택하는 최적화 알고리즘을 제공한다. 특히 이 알고리즘은 그룹의 수를 최소화하고 (센트리 센서 수를 최소화) 그룹화의 결과물로 얻어지는 이벤트 감지 정확도를 최대화한다. 즉 제안된 알고리즘은 다양한 예측 불가한 이벤트가 감지될 수 있도록 디자인 되었다. 특히 센서 그룹이 형성된 이후에는 각 휴면상태 센서 그룹에서 센트리 역할을 서로 돌아가면서 수행하게 함으로써 에너지가 균형적으로 소모될 수 있도록 하였다.

3. 스마트 그리드 (Smart Grid)

전세계적으로 지구 온난화 문제를 해결하고 녹색성장 추진을 가속화하고자 국가 차원에서 스마트 그리드 연구개발을 적극 추진 중이다. 스마트 그리드는 물리시스템인 전력망에 컴퓨팅 요소를 결합한 것으로 CPS의 중요 응용분야 중 하나이다. 고도로 분산된 CPS 기술을 전력망에 접목한다면 전력생산 및 소비정보를 양방향·실시간으로 수집할 수 있을 것이며, 이를 통해 에너지 효율 최적화, 신재생에너지원 통합, 피크전력 관리를 통한 전력시스템 신규 투자비용 절감, 자가치유 기능 극대화를 통한 무정전·고품질 전력망 운영 등을 실현할 수 있을 것이다 [10]. 또한 날씨, 소비자 생활 패턴, 시간대별 에너지 가격 등을 근거로 필요 예상 전력과 비용도 정확히 예측할 수 있어 소비자들에게 저렴한 전기를 제공할 수 있게 될 것이다.

본 연구에서는 CPS 기반의 신개념 에너지관리시스템 및 스마트 그리드에 특화된 보안 기법 등의 연구를 수행하며, 기술실증을 위해 실험실 수준의 스마트 그리드 테스트베드 구축을 함께 진행하고 있다. <그림 6>은 현재까지 구축된 테스트베드로서, 직류 및 교류 발전원, 태양광 발전원, 부하장치 및 실시간 전력 HILS 장치를 통합하며, 스마트 미터로부터 에너지 정보를 수집·분석하고, 분석된 자료를 기반으로 변화 요소를 예측하고,

이를 통해 에너지 사용량 최적화를 수행한다.

본 연구에서 제안하는 에너지관리시스템은 분산된 에너지 저장장치들을 실시간으로 제어함으로써 전력망의 수급균형을 유지하고 고품질의 주파수 추종 성능을 얻는 것을 목표로 한다. 이를 위해 소규모 마이크로그리드별로 에너지 저장량 및 수요량을 예측하고, 이를 바탕으로 마이크로그리드 계통분리를 위한 최적 스케줄을 생성하는 방법을 개발한다.

보안은 스마트 그리드 활성화를 위해 해결해야 할 가장 근본적인 문제 중 하나이다. 스마트 미터들의 물리적 접근 용이성과 인터넷 접속에 따른 시스템의 개방성으로 인해 새로운 보안 문제들이 야기될 것이기 때문이다. 따라서 보안 공격 상황에 처하더라도 전력망이 계속 만족할 만한 수준으로 운영되고 효과적으로 복구될 수 있어야 한다. 본 연구에서는 특히 스마트 그리드 상태추정기(State Estimator)에 대한 위조 데이터 삽입 공격[11]을 방지하는 것을 목표로 한다. 주요 연구성과로는 배전망의 토폴로지로부터 공격에 취약한 스마트 미터들의 위치를 규명해 내고, 보안 수준을 극대화하는 PMU(Phasor Measurement Unit) 최적배치 방법을 제시한 것을 들 수 있다.

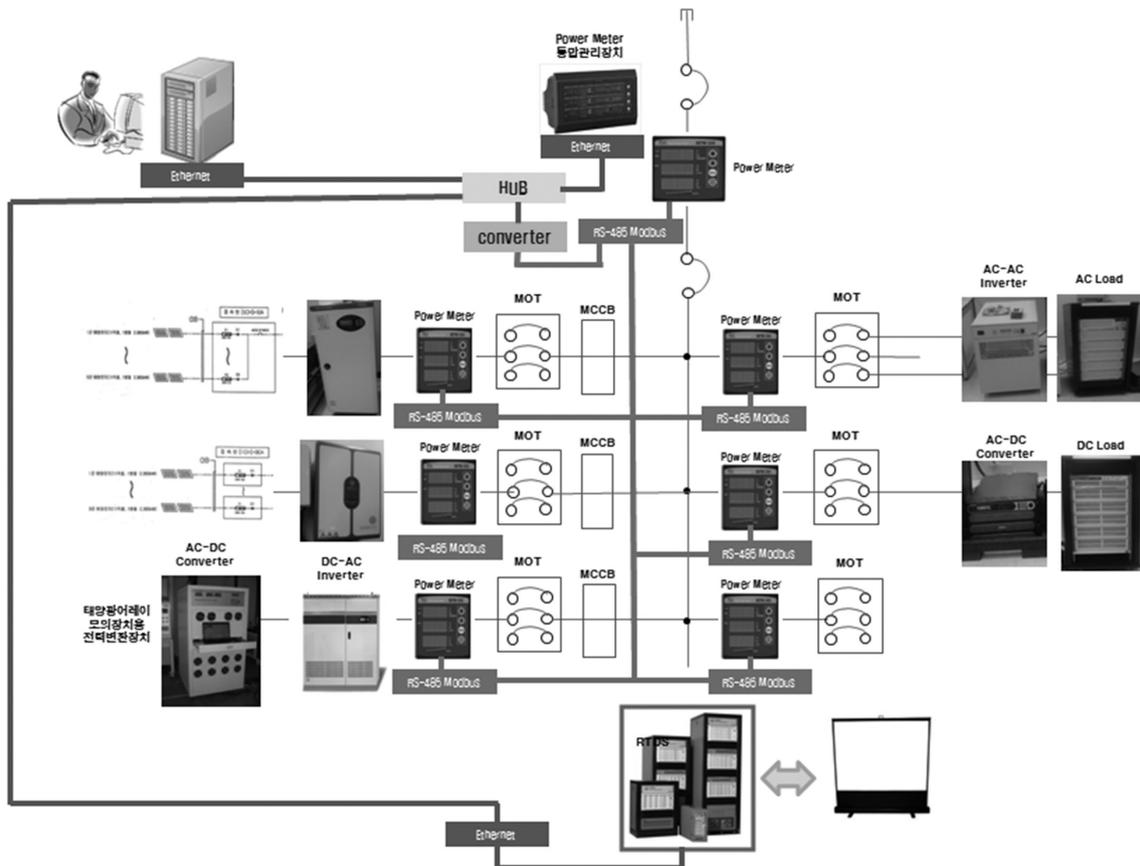


그림 6. DGIST의 스마트 그리드 테스트베드

4. 의료 및 헬스케어 (Medical and Healthcare Systems)

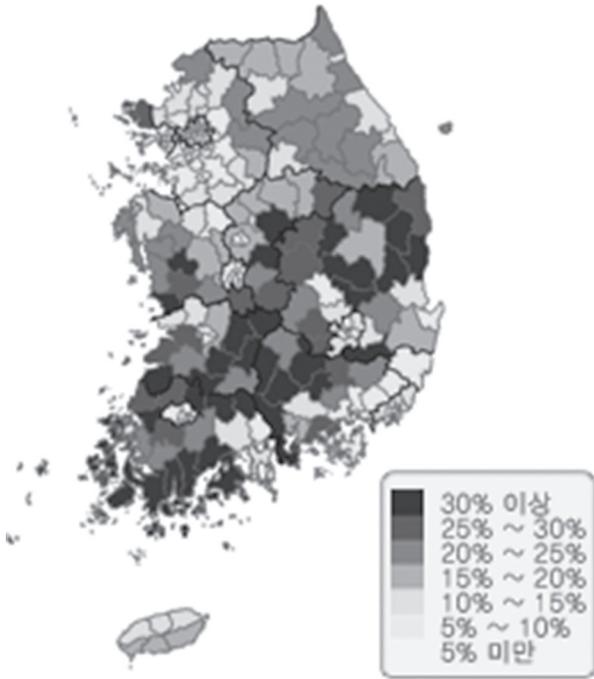


그림 7. 고령화 인구 분포도

대한민국은 이미 고령화 시대로 접어들었다[9]. <그림 7>은 나이가 60세 이상인 고령화 인구 분포를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 대한민국의 많은 지역에서 상당수의 고령화 인구가 관찰된다. 이러한 추세는 다만 국내에 국한되지 않는다. 인구 고령화는 세계적인 추세이며 그 중요성이 매우 높다. 따라서 고령화 인구를 위한 헬스케어시스템은 앞으로 그 중요성을 더해갈 것이다.

CPS글로벌센터에서는 미래의 헬스케어 시스템 개발을 통하여 고령화 시대를 미리 준비하고 있다. 즉 킨텐스 (Kintense) 라는 연구를 통하여 독거 노인 및 치매 환자가 거주하는 환경에서 그들을 낙상 사고로부터 보호하는 시스템을 개발하고 있다. 지금까지의 연구가 낙상 사고의 사후에 대처하는데 초점을 맞추어왔다면, 본 연구는 이러한 낙상 사고를 사전에 대비하는데 중점을 두고 있다. 다시 말해, 최근 광범위하게 사용되고 있



그림 8. 키넥트 센서

으며 비교적 저렴한 가격에 확보할 수 있는 모션 디텍션을 위한 키넥트 (Kinect) 센서 <그림 8>를 사용하여 독거노인이나 치매 환자의 위험행동을 미리 예측하고 위험 상황 발생시 즉시 주변의 다른 센서들과의 통신을 통하여 위험 상황을 신속하게 전파하여, 사후 대처가 어려운 경우 (예를 들어 노인이 의식을 잃을 경우 등)에 대비할 수 있도록 돕는다.

특히 낙상 사고의 경우 사전적 위험 상황 판별의 정확도가 매우 중요하므로 (잘못된 상황 판단의 경우 많은 비용과 인력의 낭비를 초래함), 위험 상황을 정확히 분석하기 위하여 단순히 키넥트 센서의 활용에 그치지 않고 기계학습과 추론 시스템을 이용하여 센서로부터 들어오는 데이터를 수정 및 가공을 통하여 보다 정확한 상황 판단이 가능하도록 하는데 본 연구의 가치가 있다고 할 수 있다.

본 연구는 미 버지니아 대학 (University of Virginia) 과의 공동 연구로서 실제 가정환경에 키넥트 센서들을 배치하여 실험 및 테스트를 수행하였으며 현재는 다양한 기계 학습 알고리즘들의 적용 및 자체 알고리즘 개발을 통하여 위험 상황 감지 정확도를 극대화하려는 노력을 기울이고 있다.

CPS글로벌센터에서는 여기에 그치지 않고 키넥트 센서를 사용하여 노인 및 치매환자들에게 장애가 될 수 있는 가정 내의 물체들, 예를 들어, 바닥의 물, 바나나 껍질 등과 같은 이미지 프로세싱 만으로는 정확히 판별이 어려운 요소들의 크기, 위치, 거리 정보를 추출해 내어 어떤 물체인지 그리고 위험요소가 될 수 있는 물체인지에 대한 정보를 시스템 자체적으로 분석하여 판단하고 그 정보를 제공하도록 하여 노인 및 거동이 불편한 환자들이 안전한 생활을 할 수 있도록 돕는다.

미래의 헬스 케어 시스템과 관련한 또 다른 연구 프로젝트로

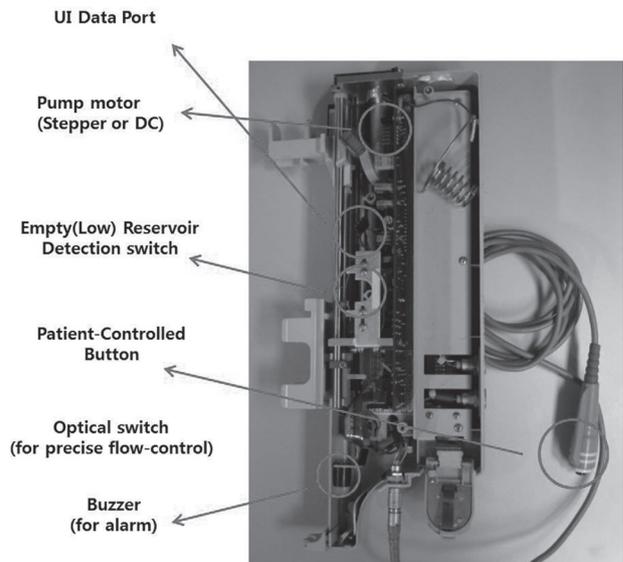


그림 9. Patient-Controlled Analgesic (PCA) infusion pump

서, CPS 기술을 이용하여 의료기기의 안전성을 높이는 연구가 수행되고 있다. 오늘날 임베디드 시스템 기술의 발전으로 수많은 의료기기에 소프트웨어가 탑재되고 있다. 그러나, 의료기기는 생명과 직결되는 장비이므로 안전성이 매우 중요한 요소가 된다. 그러므로, 소프트웨어의 버그 등으로 인하여 장애가 발생할 경우 일반적인 소프트웨어의 경우보다 심각한 문제가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 펜실베니아 대학(University of Pennsylvania)의 이인섭 교수 팀과의 공동 연구를 통하여 안전성이 높은 의료기기용 소프트웨어를 개발하고 있다.

좀 더 구체적으로 설명하면, 본 연구에서는 소프트웨어의 안전성을 테스트하기 위하여 모델 기반 기법을 적용하여 해당 소프트웨어가 안전성에 초점을 둔 시스템 요구사항을 만족하는지에 대한 확실하며 자동화된 검증을 수행하며 검증된 소프트웨어 코드를 자동으로 생성해 주기도 한다. 우리는 실제로 PCA 즉 Patient-Controlled Analgesic infusion pump <그림 9>를 테스트 기기로 채택하여 해당 기기에 소프트웨어를 탑재하고 소프트웨어의 안전성을 테스트 하고 있다.

III. 결론

마지막으로 CPS와 관련하여 우리가 나아가야 할 방향에 대한 논의를 끝으로 본고를 마무리하려 한다.

첫째, 현재 CPS 연구 개발과 관련한 표준화가 시급히 해결되어야 할 것이다. CPS에서는 다양하고 많은 수의 시스템 개체들, 예를 들어, 센서, 액츄에이터, 다양한 종류의 임베디드 시스템 등이 공존하므로 각 개체들 간의 통신, 데이터 타입 등에 관한 표준화가 이루어져야 한다. CPS글로벌센터에서 진행 중인 연구 소개를 통하여 이미 경험하였듯이 지능형 교통 시스템을 위한 HILS 개발의 경우 Autosim 과 OpenDS가 서로 다른 언어 및 프로토콜을 사용하여 동작하므로 이 둘을 동기화하기 위해 대단히 많은 노력이 요구된다. 또한 스마트 홈 프로젝트의 경우 다양한 종류의 센서들 간의 통신을 위한 표준화 부족으로 인하여 많은 어려움을 겪을 수 밖에 없다.

둘째, CPS 기술은 특정 환경에만 국한되어 개발되어서는 안되며 다양한 환경에 적용 가능하도록 디자인 되어야 한다. 즉 어떠한 환경에 배치되더라도 그 환경에 스스로 적응하며 안정적으로 동작할 수 있는 시스템이 개발되어야 할 것이다.

셋째, 복잡한 CPS의 성능을 분석 및 평가하기 위한 시스템 개발이 시급하다. 특히 작은 오류가 큰 사고를 불러일으킬 수 있는 어플리케이션, 예를 들어, 항공, 재난대비 시스템, 및 군사

용 시스템 같은 경우 그 성능 및 안전성이 제대로 검증되지 않는다면 큰 문제가 발생할 수 있다. 하지만 여러 물리 개체 및 시스템 개체들이 복잡하게 얽혀있는 CPS의 경우 그 성능을 테스트하기란 매우 어려운 일이다. CPS글로벌센터에서 현재 개발 중인 HILS의 경우에도 그러한 노력의 연장선 상에 있다 하겠다.

넷째, 체계적인 시스템 개발방법이 부족하다. CPS는 단순한 소프트웨어 시스템의 개발을 넘어서 다양한 이 종류의 개체들 간의 상호 작용뿐 아니라 인간과의 상호 작용 또한 포함하는 매우 복잡한 시스템이다. 그러나 아직까지 CPS를 위한 체계적인 개발 방법론이 제시되지 않았으며 대부분 Ad Hoc 한 방식으로 개발되고 있는 것이 현실이다.

이상으로 현재 추진 중인 CPS 연구 관련 연구 프로젝트들의 소개를 마친다. 우리는 본고를 통하여 독자들의 CPS에 대한 이해를 돕고 더 나아가 국내 CPS 연구 개발의 활성화에 기여할 수 있길 바라며, 또한 CPS 연구에 국가적인 차원의 많은 지원이 이어지길 바란다.

참고 문헌

- [1] B. Warneke, K.S.J. Pister, "MEMS for Distributed Wireless Sensor Networks," in Proceedings of International Conference on Electronics, Circuits and Systems, 2002
- [2] D. D. Gajski, S. Abdi, A. Gerstlauer, and G. Schirner, "Embedded System Design - Modeling, Synthesis, and Verification". Springer, 2009.
- [3] R. Rajkumar, Insup Lee, Lui Sha and J. Stankovic, "Cyber-physical systems: The next computing revolution," in Proceedings of Design Automation Conference (DAC), 2010 47th ACM/IEEE, 2010.
- [4] NIST Report, "<http://www.nist.gov/el/isd/cps020613.cfm>"
- [5] Y. Lim, Y. Oh, T. Park, S. Son, "Cyber-Physical Systems (CPS) for the Smart New World", PM Issue Report, Vol. 1, Issue 1., 한국방송통신전파진흥원, 2013.
- [6] 도로교통공단, "<http://taas.koroad.or.kr/accidentStats.sv>"
- [7] R. Azimi, G. Bhatia, R. Rajkumar, P. Mudalige, "Reliable Intersection Protocols Using Vehicular Networks," in Proceedings of IEEE/ACM ICCPS, 2013.

- [8] e-나라지표, “http://www.index.go.kr/egams/stts/jsp/potal/stts/PO_STTS_IdxMain.jsp?idx_cd=1163”
- [9] 통계지리정보서비스, “<http://sgis.kostat.go.kr/publicsmode/>”
- [10] Office of the National Coordinator for Smart Grid Interoperability, "Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards Release 1.0" NIST Special Publication 1108, January 2010.
- [11] Y. Liu, P. Ning, and M. Reiter, "False data injection attacks against state estimation in electric power grids", in Proceedings of the 16th ACM conference on Computer and communications security, Chicago, Illinois, pp. 21–32, 2009.

약 력



원 명 규

2007년 서강대학교 공학사
 2013년 Texas A&M 대학교 공학박사
 2013년~현재 대구경북과학기술원 CPS글로벌센터 연구원
 관심분야: Cyber Physical Systems, Vehicular Ad Hoc Networks, Wireless Mobile Systems, and Wireless Sensor Networks



박 태 준

1992년 홍익대학교 공학사
 1994년 한국과학기술원(KAIST) 공학석사
 2005년 University of Michigan at Ann Arbor 공학박사
 1994년~2000년 LG전자 우면동연구소 연구원/주임연구원/선임연구원
 2005년~2008년 삼성전자 종합기술원 수석연구원
 2008년~2011년 한국항공대학교 정보통신공학과 조교수
 2011년~현재 대구경북과학기술원(DGIST) 정보통신융합공학전공 부교수 및 CPS글로벌센터 부센터장
 관심분야: Cyber-Physical Systems, Embedded Real-Time Systems, Wireless Sensor Networks, and Security



손 상 혁

1976년 서울대학교 공학사
 1978년 한국과학기술원(KAIST) 공학석사
 1984년 University of Maryland 공학석사
 1986년 University of Maryland 공학박사
 1986년~2012년 University of Virginia 조교수/부교수/정교수
 1994년~1995년 한국과학기술원(KAIST) 초빙교수
 1999년 Korean Computer Scientists and Engineers Association in America 회장
 2007년~2008년 IEEE Computer Society Technical Committee on Real-Time Systems 회장
 2008년~2011년 서강대학교 WCU 석좌교수
 2012년~현재 대구경북과학기술원(DGIST) Fellow(석학교수) 및 정보통신융합공학전공 책임교수
 2012년~현재 대구경북과학기술원(DGIST) CPS글로벌센터 센터장
 2013년~현재 IEEE Fellow(석학회원)
 관심분야: Cyber-Physical Systems, Real-Time Systems, Database and Data Services, Wireless Sensor Networks, QoS Management, Information Security, Mobile Systems