

SmartAmerica Challenge 기술동향

Technology Trends of SmartAmerica Challenge

김원태 (W.T. Kim)	CPS 연구실 실장
이수형 (S.H. Lee)	CPS 연구실 책임연구원
전인걸 (I.G. Chun)	CPS 연구실 책임연구원
유미선 (M.S. Yu)	CPS 연구실 선임연구원
김경태 (K.T. Kim)	CPS 연구실 선임연구원
임채덕 (C.D. Lim)	임베디드소프트웨어연구부 부장

* 본 연구는 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음(10035708, 고신뢰 자율제어 SW를 위한 CPS(Cyber-Physical Systems) 핵심 기술 개발).

최근 CPS(Cyber-Physical Systems)는 IoT(Internet of Things), 빅데이터 기술과 함께 미래 전력산업의 핵심 키워드로 등장하고 있다. CPS는 산업의 중심이 하드웨어에서 소프트웨어로 빠르게 전환하고 있는 현시점에서 기존의 물리시스템 혹은 물리프로세스를 효율적이고 안전하며 지능적으로 만들고 운영하기 위한 기술이다. 지난 2007년 미국을 중심으로 기술개발이 시작된 이래 다시금 새로운 전환기를 맞이하고 있다. 미국은 지난 2013년 제 2기 PIF(Presidential Innovation Fellow)의 주도로 SmartAmerica Challenge라는 이름으로 새로운 가치와 일자리 창출을 위한 국민생활 밀착형 대규모 CPS 융합 프로그램을 추진 중이다. 이를 통해 미국은 학술적이고 이론적인 CPS R&D 전략으로부터 보다 현실적으로 국부를 창출할 수 있는 개방형 R&BD형의 CPS 기술발전을 모색하고 있다. 본고에서는 CPS의 태동 배경으로부터 최근 SmartAmerica Challenge에 이르는 전반적인 CPS 기술동향을 조망하고 향후 우리의 나아갈 바를 제언하는 것으로 글을 맺고자 한다.

2014
Electronics and
Telecommunications
Trends

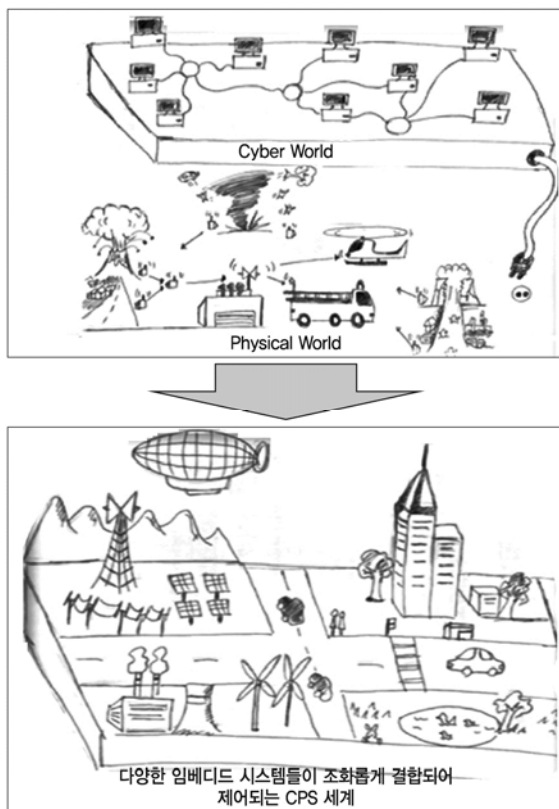
소프트웨어 기술동향 특집

- I. 서론
- II. SmartAmerica Challenge 동향
- III. SmartAmerica Challenge 주요 응용
- IV. Super CPS 2020 구축에 대한 제언
- V. 결론

1. 서론

CPS(Cyber-Physical Systems)는 센서와 액츄에이터를 갖는 물리시스템과 이를 제어하는 컴퓨팅 요소가 결합된 네트워크 기반 분산제어 시스템이라 할 수 있다 [1]. 기존에는 사이버 영역과 물리시스템 영역의 기술들이 각각 독립적으로 발전되어 왔다. 사이버 영역은 임베디드소프트웨어를 포함하는 컴퓨팅기술, 통신기술 및 제어기술 등을 포함한다.

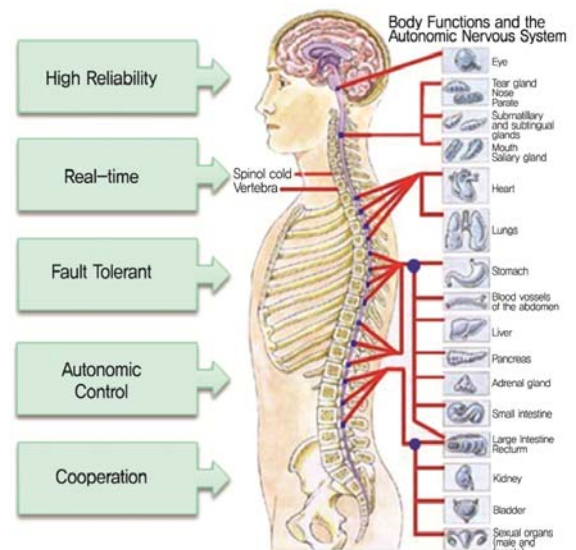
주지하는 바와 같이, 사이버 영역의 기술이 최근 10년동안 급속히 발전했다. 물리세계로부터 복잡하고 대규모인 센싱정보가 고속의 유무선 통신망을 통해 전달되면 고성능 컴퓨팅시스템들이 실시간으로 입력된 센싱정보를 처리하고, 상황을 정확히 인지하고 판단하는 수준에 이르렀다. 궁극적으로 확정적인 결과를 얻을 수 있



(그림 1) CPS 세계로의 발전 비전

는 예측가능한 물리시스템을 만들고 실시간 제어하는 수준의 기술이 요구되고 있다. 우리는 이러한 수준에 이른 시스템을 CPS라고 한다. 따라서, CPS는 기존의 사이버 영역기술들과 물리시스템 기술의 완벽한 조화와 결합이 이루어져야 한다. (그림 1)은 CPS를 기반으로 하는 실 세계를 도시한다. 불확실, 복잡, 불안, 무지의 영역인 실제 물리세계에 사이버 영역의 기술들이 도입되어 수많은 물리시스템들이 조화롭고 인간이 원하는 형태로 제어되는 세계로 발전하기 위한 CPS 비전을 보여준다. CPS는 자동차와 같이 내부의 전용네트워크를 기반한 ECU들의 결합에 의해 제어되는 단위 시스템으로부터 대도시와 같이 수많은 단위 CPS들이 결합되어 거대한 CPS를 구성하는 경우까지 시스템 특성과 스케일이 매우 다양하다. 이것이 CPS의 연구영역이 매우 상이하고 다학제적일 수 밖에 없는 이유이다. 지난 4월 베를린에서 열린 CPSWeek 2014에서 이러한 CPS의 특성으로 인해 CPS를 연구할 연구자를 어떻게 양성할지에 대한 산학연 참여자들 간의 열띤 토론이 벌어지기도 하였다.

또한, 궁극의 서비스 차원에서는 CPS가 IoT나 빅데



(그림 2) CPS 특성과 인간의 자율신경계

이더 기술과 많은 부분 유사하나, CPS는 엄밀히 말해 시스템 제어기술이며, IoT는 통신기술을 근간한 수많은 IoT 객체를 연동하는 기술이라 할 수 있다. 물론, 빅데이터 기술과도 근본적인 차이점을 갖는다. 그러므로, CPS는 연구자들이 도전할 CPS만의 고유 기술영역이 존재하며, CPS는 (그림 2)에 도시하는 바와 같이 인간의 자율신경계가 가지는 고도 안정성, 실시간 대응성, 오류 복구성, 자율제어 및 협업성 등의 기술적 특성을 가진다.

CPS는 2007년 미국 대통령과학기술자문위원회(PCAST: President's Council Advisors on Science and Technology)에서 백악관에 제출한 NITRD(Networking & Information Technology Research and Development)분야 보고서에 처음 공식적으로 등장하며, 2010년 PCAST 보고서에서는 지속적으로 미국이 확보해야 하는 최우선 핵심 연구 아이템이라 발표된 바 있다[1]. 현재 미국을 포함해서 유럽 및 일본, 중국 등에서도 활발히 CPS에 대한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 특히 미국에서는 매년 3천만불 이상 연구개발 투자가 이루어지고 있으며, 독일은 2012년 차세대 제조혁신을 이루기 위해 Industrie 4.0을 천명하고 그 기반 기술로 CPS와 IoT를 지정하고 관련 핵심기술과 응용기술을 개발하고 있다[2].

CPS는 고도로 발달된 SW기술을 기반으로 우리가 생활 속에서 이용하는 대부분의 시스템과 연관되어 있다. 그렇기 때문에, 지난 수년간 국제적으로 수행되어온 CPS 관련 연구개발 투자의 산물로서 창출된 다양한 CPS 결과물들을 우리의 생활과 결합시켜 보다 새롭고 의미있는 창조형 서비스로 만들고자 하는 노력이 미국에서 새로이 이루어지고 있다. 이른바 SAC(Smart America Challenge)가 바로 그것이며, 본고의 II장부터는 SAC에 대한 내용을 상세히 다루고자 한다. III장은 SAC의 주요 연구 토픽들을 요약정리하고 IV장에서는

SAC와 같은 창조융합형 CPS 연구를 토대로 우리가 나아가갈 방향에 대한 제언을 하는 것으로 본고를 마치고자 한다.

II . SmartAmerica Challenge 동향

SmartAmerica Challenge는 미국 내의 각 사업 및 산업영역에서 독자적으로 발전 구축되고 있는 CPS 시스템들이 상호연결되어 운용가능한 테스트베드 혹은 CPSNet을 구축하고, 이를 기반으로 기술적·사회적 이슈를 도출하고자 하는 사전 연구 프로젝트이다. SmartAmerica Challenge 프로그램은 미국 대통령 자문 기구인 PIF 2기 프로그램의 하나로 진행되고 있다.

1. PIF 프로그램[3]

PIF 프로그램은 정부 안팎의 최고 혁신가를 참여시켜 정부가 추진하는 IT 프로젝트에 창의성을 불어 넣고 높은 성과를 도모할 목적으로 2012년 5월에 도입되었다(〈표 1〉 참조). 현재 2기 프로그램이 진행 중이며, 이를 통해 미국정부는 미래 혁신기술 발굴 및 일자리 창출 등의 실질적인 변화를 이끌어 낼 수 있는 국가적인 아젠다를 발굴하고 이를 실행할 수 있는 실천 프로그램을 도출하

〈표 1〉 PIF 프로그램

구분	프로그램
1기 (2012년, 5개)	Open Data Initiative, Blue Button for America, RFP-EZ, The 20% Initiative, MyGov
2기 (2013년, 11개)	MyUSA, BusinessUSA, RFP-EZ and Innovative Contracting Tools, Cyber-Physical Systems , Open Data Initiatives, MyData Initiatives, Innovation Toolkit, 21st Century Financial Systems, Disaster Response & Recovery, Development Innovation Ventures, VA Modernization Team
3기 (2014년, 3개)	Making Digital the Default: Building a 21st Century Veterans Experience, Data Innovation, By the People, for the People: Crowdsourcing to Improve Government

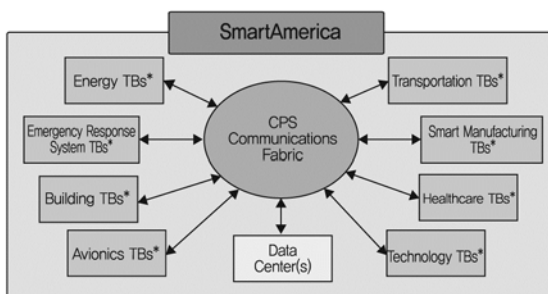
여 국정에 반영하는 것이 목표이다.

2. SmartAmerica Challenge 목표 및 접근방법[4]

가. 등장 배경 및 목표

SmartAmerica Challenge 프로그램의 주요 동인은 전 국가 차원의 CPS 시스템의 확대가 예상된다는 점이다. 따라서 Smart Manufacturing, Healthcare, Smart Energy, Intelligent Transportation, Disaster Response와 같이 각 도메인에서 이루어지고 있는 CPS 연구개발 결과를 CPS 테스트베드를 통해 통합하여 미국민의 일상생활과 미국경제에 미치는 이득을 측정 가능하고 체감할 수 있는 수준에서 검증, 제시하는 것이 SAC 프로그램의 목표이다.

현재 SAC 프로그램에 자동차, 의료, 에너지, 건축 등의 산업 분야에 걸쳐 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology), NSF(National Science Foundation), DoD(Department of Defense), DoT(Department of Transportation), DoE(DoE Department of Energy), DHS(DHS Department of Homeland Security) 등 미국 국가기관을 포함한 100개 이상의 단체가 참여하고 있다. 또한 20개 이상의 CPS 관련 프로젝트가 SAC에서 CPSNet상에서 구축하기 위한 후보로서 검토 진행 중에 있다. 아래는 SAC 프로그램에서 고려하고 있는 대표적인 CPS 과제들이다.



(그림 3) SmartAmerica Challenge 테스트베드 개요

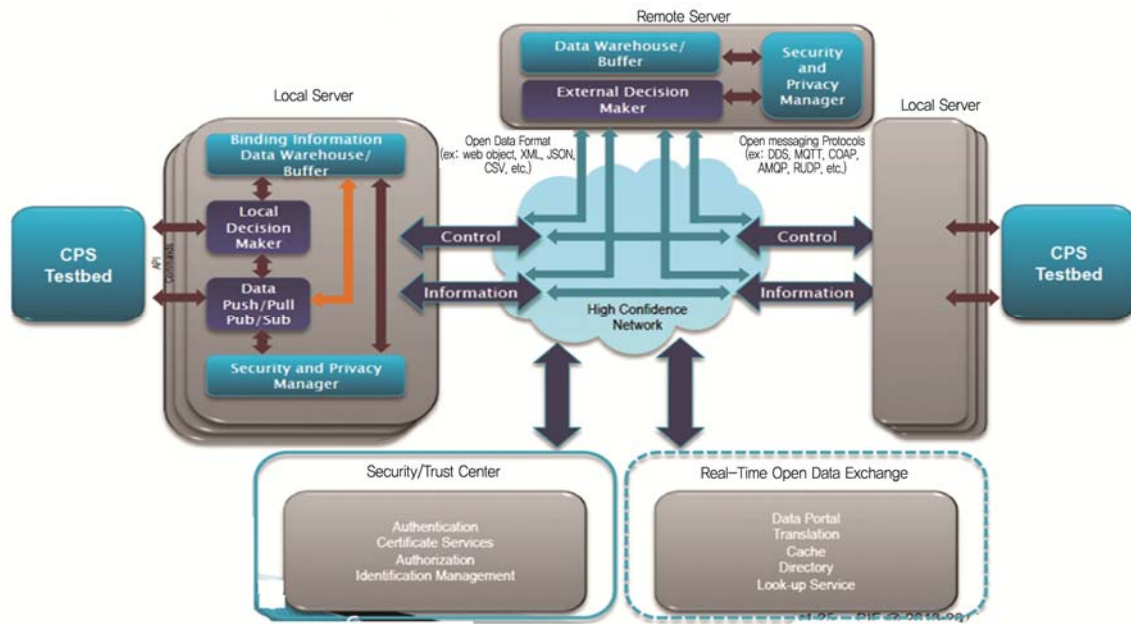
- Closed Loop Healthcare
- Transactive Energy
- Public Safety for Smart Communities
- Smart Emergency Response Systems
- Smart Distributed Manufacturing
- Autonomous Vehicles working with Hospital System
- Smart Vehicle Communication
- Event Management for Smart City
- Smart Manufacturing
- Smart Building Rooftops

SAC 프로그램에서는 CPS를 ICT 기술에 의한 사이버(Cyber)적인 요소와 엔지니어링 가능한 물리적 요소가 결합된 하이브리드 네트워크로 정의하고 있다. 다른 특이점은 CPS를 구현하기 위한 네트워킹 기술인 IoT를 통신 영역에서의 CPS 시스템으로 분류하여 이를 통합 대상으로 본다라는 점이다.

나. 접근방법 및 구조

각 CPS 도메인에서 진행 중인 연구과제별 테스트베드를 상호연결하는 통합 CPS 테스트베드를 (그림 3)과 같이 구축한다[4]. 이 테스트베드상에서 운용될 시나리오를 정의하고 필요한 데이터데 공유 및 연관관계 분석을 통해 각종 CPS 응용들의 국가 내 각 도메인에서의 적용을 가속화하고 CPS들간의 실통합을 용이하게 진행할 예정이다.

각 도메인에서 발전 중인 CPS 시스템들을 연동, 시험하기 위해 (그림 4)와 같은 구조를 제시하고 있다[4]. 각 도메인에서 해당 도메인에 특화된 CPS 시스템들을 시험하기 위해 이미 구축된 테스트베드를 관리 제어하기 위한 로컬서버를 두고 로컬서버 간에 연동을 통한 대규모의 CPS 테스트베드를 구축한다. 로컬서버에는 각 도



(그림 4) SmartAmerica Challenge 테스트베드 구조

메인의 CPS 테스트베드 운용을 위한 제어 기능과 Push/Pull, Pub/Sub에 기반한 통신 기능 및 해당 로컬 서버의 보안을 통제할 매니저를 둔다. 전체 대규모 CPS 테스트베드를 관리, 통제하기 위해 로컬서버와 동일한 기능 모듈들로 구성된 리모트 서버, 즉 중앙 서버를 운용하도록 한다. 전체 CPS 테스트베드 운용결과를 분석, 반영하기 위해 실시간 데이터 교환센터를 설치하고 전체 테스트베드의 접근제어, 인증, 서비스제어를 수행하기 위한 보안센터를 운용한다. 로컬서버와 중앙서버들 간에 통신은 XML(eXtensible Markup Language), 웹과 같은 개방형 데이터 포맷을 사용하여 DDS(Data Distribution Service)와 같은 개방형 메시징 프로토콜을 사용한다.

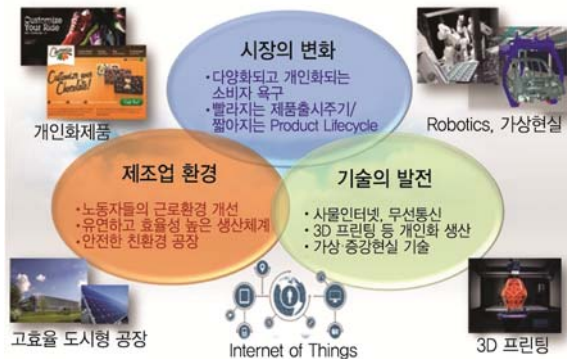
III. SmartAmerica Challenge 주요 응용

1. Smart Manufacturing

Smart Manufacturing은 산업경제에 커다란 비중을 차지하고 있는 제조산업의 패러다임을 변화시킬 기반

기술로서 현재 정체상태에 있는 국내 제조산업의 경쟁력을 획기적으로 향상시킬 수 있는 국가 핵심기술분야이다[5][6]. (그림 5)와 같이 21세기의 제조업은 디지털화, 컴퓨터 네트워크, 유비쿼터스 센서 네트워크, 인공지능 등과 같은 ICT(Information and Communication Technology) 기술에 기반하는 기술융합산업으로써 제조기술 변화 및 다양화되고 개인화되는 고객의 요구 변화에 효과적으로 대응하여, 치열해지는 글로벌 경쟁에서 우위를 점하기 위해 제조산업 혁신 노력을 범국가적으로 진행 중이다[7]. 특히, 세계 주요 국가들은 국가 산업경쟁력 제고 관점에서 센서기술과 네트워크기술을 개발하기 위하여 노력하고 있다[8][9].

주요 선진국들은 2008년 글로벌 금융위기 이후 제조업 기반이 강한 국가들이 빠르게 위기를 벗어나면서 일자리 창출, 경제성장의 원천인 제조업의 역할을 재조명하고 있다. 유럽은 FoF PPP(Factories of the Future Public-Private Partnership)에 2014년~2020년 동안 70억 동안 70억 유로투자 25개의 산업에서 부가가치 창출을 목표로 하고 있으며, 미국은 제조업 부흥을 통한



(그림 5) 제조산업 환경의 변화

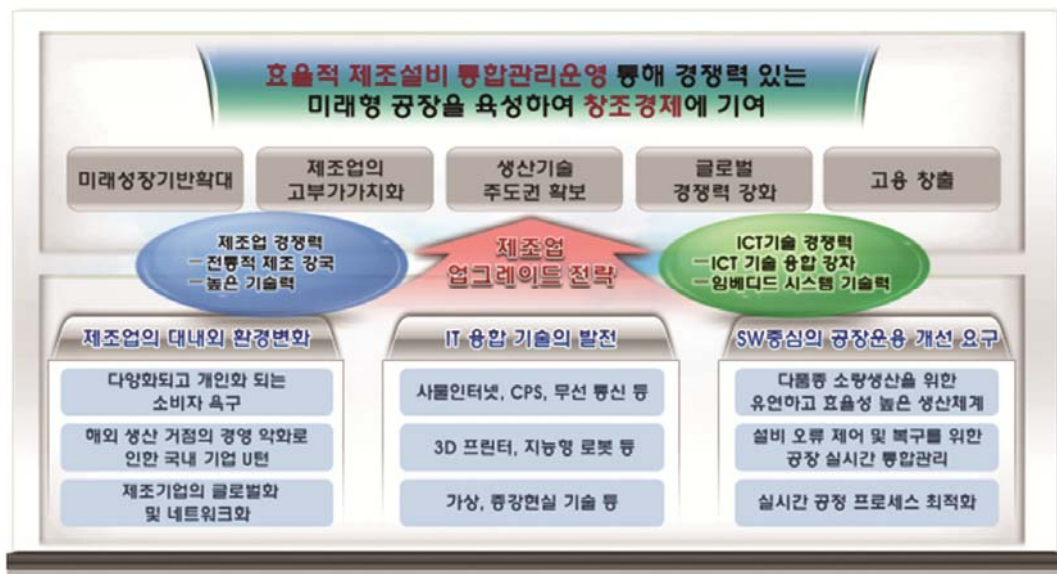
일자리 창출을 목표로 2012년부터 NNMI(National Network for Manufacturing Innovation) 프로그램 구성, 미국 전역 15개에서 지역 제조 클러스터 조성 중이다. 일본은 전통 제조업 활성화 및 국제경쟁력 강화를 위한 2010년부터 ‘Vision 2010’ 사업 추진 중에 있고, 독일은 Industrie 4.0 사업을 통하여 High-tech 제품 혁신 및 혁신기업 육성정책과 맞춤형 특수장비 제작, 서비스 등 토탈 솔루션 개발에 투자하고 있다. 또한 우리나라 정부도 생산성을 높이고 제조업의 서비스화를 촉진하기 위해 창조경제혁신센터를 통한 아이디어 기반 시제품 제작/창업 활성화 및 스마트 제조 인프라 개발을

추진하고 있으나 괄목할만한 성과는 없는 실정이다. 따라서 (그림 6)과 같이 이러한 문제를 해결하기 위해 한국전자통신연구원에서는 국가 제조 경쟁력 확보를 위해 제조업 업그레이드 전략을 추진하기 위한 CPS 기반 ICT 제조사업을 기획 중에 있다.

특히, 스마트 팩토리는 최근 미국에서 추진하고 있는 SmartAmerica Challenge의 주요 도메인이기도 하다. SmartAmerica Challenge에서 추진하고 있는 범국가적인 지능형 제조 인프라 구축을 위해서는 다양한 기업 간, 생산단계 간 공통된 접근방식이 필요하기 때문에 제조 과정, 장치, 환경 등 생산설비 및 생산주체별로 적합한 표준화 정책, 각 단위별로 성숙된 기술의 개발과 공급, 네트워크의 활용도 향상으로 인한 보안성 및 안전성 강화가 필요하다.

2. Smart Transportation

STS(Smart Transportation System)은 사람과 재화를 스마트한 방법으로, 효율적으로, 안전하게 이동시키는 시설 및 제어 시스템을 일컫는다. STS는 교통 주행 시간 단축, 도로안전 향상, 교통혼잡 회피 및 감소 등을



(그림 6) 스마트 팩토리 연구 배경

이끌어 내는 서비스로 도로 시스템과 연료효율 성능을 크게 향상시켜 기존 교통과 관련된 분야뿐만 아니라 지식 기반 산업에도(데이터 분석, 그린 에너지, 전자전기 등) 엄청난 경제적 효과를 가져올 수 있다.

STS은 복합센서로 인지도가 향상된 센서들, 정교한 제어장치와의 연동, 복잡한 교통상황을 관리하는 방법 뿐만 아니라 이른바 ‘Cyber’ 요소와 컴퓨터 네트워크가 동적으로 연동할 수 있어야 한다. 이는 개별시스템이 제공할 수 있는 영역을 넘어서 안전성, 지속 가능성, 효율성 및 편리성을 증진시키기 위해 STS 장치 간에 위험상황을 막기 위한 경고나 예방적 권고, 그리고 편이를 증진시키는 조치를 취하는 것을 포함한다.

(그림 7)은 STS 응용서비스를 나타내고 있다. 우선 지능 운전 서비스에서는 사람의 개입이 필요 없는 무인 운전, 차량 출발 및 정지를 최소화 하거나 경제속도를 유지하여 에너지를 절약하는 그린제어 기능을 제공할 수 있다. 안전과 관련된 온라인 차량진단 서비스는 실시간으로 차량과 도로상황을 모니터링 한 후 교통사고를 예방하는 장애물 우회, 추돌사고 회피, 교통사고 책임소재를 판별할 수 있는 기능을 제공할 수 있다. 또한 사용자 기반 개인화 서비스에서는 교통혼잡 시 경로를 분산시키는 내비게이션, 개인행위(흥미)에 맞는 오락 멀티미디어를 제공할 수 있다.

이러한 STS 응용서비스가 프로젝트로 성공적으로 진행중인 예는 CCS(Congestion Charging System)를 꼽



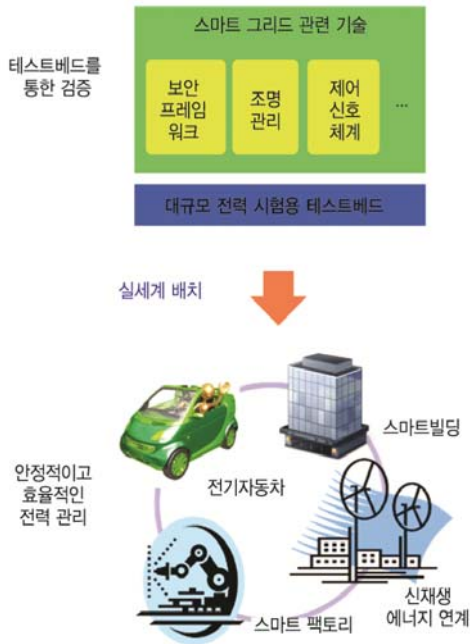
(그림 7) Smart Transport System 응용서비스

을 수 있다. CCS는 스웨덴 스톡홀름에서 버스와 기차 서비스를 효율적으로 증가시키고 주차와 환승시설을 효율적으로 관리하며 통합된 티켓서비스를 제공하여 통근시간 교통혼잡을 50%정도 줄이고 CO2 배출량을 14~18% 감소시켰다[10].

미국 교통국(US DOT(U.S. Department of Transportation))에서는 SmartAmerica Challenge 프로젝트를 위해 DSRC를 기본으로 다양한 통신방법(Wi-Fi, Cellular)을 지원하는 오픈 아키텍처를 개발 중에 있다. DOT에서는 교통사고 예방, 교통흐름 분산, 스마트 파킹과 같은 서비스 이외에도 NextEnergy에서와 같이 전기자동차 운전자들이 충전소를 손쉽게 찾을 수 있는 사용자 중심의 다양한 서비스를 제공하고 있다[11].

STS로 접근하기 위한 기술적 핵심 포인트는 IT 장비를 적극 활용하여 전 구간에서 개인화에 유리한 정보제공과 1m 이내의 거리오차를 기반으로 적시에 사건 발생 전에 정보전달이 완성되는 시스템을 구축하는 것이다. 이는 특정 개인에게 필요한 정보나 행위가 지체 없이 서비스되며 불필요하거나 관심 없는 정보는 필터링을 통해 제어하고, 잠재적 충돌이나 사고를 예방하는데 꼭 필요한 인근차량의 정보나 상황 예측을 통해 안전성과 편리성을 증진시킬 수 있는 정확하고 시기 적절한 서비스를 제공하는 것으로 요약할 수 있다.

이를 위해서는 차량 간 통신 및 차량-기지국 간 통신을 기반으로 차량과 도로가 소통하는 지능화된 환경을 구축함으로써 종전에 인프라를 통하여만 정보를 전달하는 것이 아니라 소셜 네트워크처럼 특정시간에 필수적이고 요긴한 정보를 주고 받아 전체 교통환경의 확대된 인프라 시스템을 구축하는 것도 필요하다. 또한 향후 도로상의 모든 차량이 교통 네트워크를 형성한다는 전제하에 시스템 모델링 및 시뮬레이션이 검증되고 비용/효율적 측면에서 STS 애플리케이션과 장치 간의 정보를 공유하고 통신을 효과적으로 수행해야 한다. 이는 CPS에서와 마찬가지로 모델 디자인에서부터 검증단계까지



(그림 8) 기술 검증구조 및 적용분야

에너지 소모를 최소화하고 QoS(Quality of Service)를 최대화하는 프로세스를 포함하고 있다.

STS 기술을 정의하기 위해 2010년부터 이에 대한 연구를 진행하고 있는 대표적인 표준화 기구는 ETSI(European Telecommunications Standardization Institute), CEN(Committee European Norm)/TC 278, European Committee for Electrotechnical Standardization), 그리고 ISO/TC 204로서 이들 기구에서 논의되고 있는 개념은 독립 실행형 시스템의 범위를 넘어 안전성 향상, 지속 가능성, 효율성 및 편의 증진을 목적으로 지능적인 통신을 이용하여 정보 또는 권고를 제공하거나 대응행위를 규정하고 있다.

3. Smart Energy

2000년대 초부터 지속된 미국정부의 스마트 그리드 R&D 사업지원과 관련 기술개발과 보급·확산 노력으로 스마트 그리드 기술은 이미 연구단계를 넘어 실세계 적

용단계로 들어서고 있다[12].

스마트 그리드는 기존의 전력망과 정보통신기술이 통합된 형태로 전력 수요자와 공급자 간의 양방향 관리·운용과 정보 상호작용이 가능하여 전력의 안정적이고 효율적인 전력 관리에 유리하며, 인터넷과 같이 향후 우리 사회를 획기적으로 변화시킬 원동력이 될 기술로 예상되고 있다.

SmartAmerica Challenge의 Smart Energy 부문은 이러한 스마트 그리드 시스템 및 관련 기술의 효율성, 안정성, 보안성, 상호운용성 등 실제 운용에 필요한 핵심기능을 시뮬레이션을 통해 검증해 볼 수 있는 테스트베드를 제공하고, 최종적으로 해당 기술의 사회·경제적 효과를 가지적으로 입증하는 것을 주요한 목표로 하고 있다. (그림 8)은 이러한 Smart Energy 부문이 목표로 하는 스마트 그리드 기술 검증구조 및 적용분야를 보여준다.

현재 Smart Energy 부분에는 다섯개의 프로젝트가 참여하고 있으며, 각 프로젝트에 대한 간략한 설명은 아래와 같다.

- Cyber-secure SynchroPhaser with Security Fabric

스마트 그리드의 제어(control), 보안(security), 견고성(robustness)을 향상시켜 사이버 공격(cyber-attack)으로 인한 대규모 정전사태가 발생하지 않도록 하는 것에 초점을 맞춘 보안 프레임워크를 제공

- Smart Energy CPS

기본적인 연구와 범국가적 수준의 대규모 전력시험을 위한 연구 기반 환경(infrastructure)을 제공하며 동시에 확장성 있는 연구 테스트베드를 제공

- Smart Power, Smart Light-Made in Detroit

기존 시스템보다 안정적이고 효율적이며, 빌딩 변화에 따라 변형 가능한 모듈화되고 확장성 있는 저전력 조

명 시스템을 개발하여 디트로이트에 있는 NextEnergy 센터에서 테스트를 완료하였으며, 개발된 시스템은 디트로이트에 있는 크라이슬러 하우스에 설치할 계획임.

- Smart Rooftops

건물의 공조설비 시스템의 전력소비 효율을 증대시키기 위해, 에너지 센서와 지능형 무선 게이트웨이가 부착되어 전력 모니터링 및 제어가 가능한 옥상설비(RTU: Rooftop Units)를 개발함.

- Transactive Energy Management

스마트 그리드의 분산 전력자원(DER: Distributed Energy Resources)이 비즈니스 객체와 운용 객체 모두에게 최적화되어 사용될 수 있도록 지원하기 위한 제어 신호체계를 정의

IV . Super CPS 2020 구축에 대한 제언

지금까지 미국의 SmartAmerica Challenge의 연구개발 동향분석을 통해, 미 행정부에서 기존의 CPS 연구결과물들을 국민의 생활밀착형으로 집대성하고 검증하기 위해 진행 중인 시도를 알아 보았다. 이를 기반으로 한국의 CPS 미래전략상 Super CPS 2020을 제안한다. 한국의 CPS는 아직 집중적인 투자가 이루어지지 않고 있는 상황에서 미국의 SmartAmerica Challenge와 같은 접근방법이 부적절할지 모르나, SAC의 경우 장기간 서로 다른 프로젝트를 통해서 개발해 온 성과물을 단기간 내에 연동시키고 상호협업한다는 것은 매우 어렵고 개발비용 이상의 투자비용과 기간이 요구될 수도 있다. 그러므로, 한국의 CPS 기술은 표준화된 인터페이스를 정의하고 이를 기반으로 확장 개발되어야 할 것이다. 다양한 CPS를 하나의 제어평면에서 컨트롤하는 것이 이론적으로는 가능하나 현실적으로는 각 영역에서의 도메인

표준이 존재하므로, 각 CPS에 대한 인터페이스만을 표준화하고 각 도메인 내에서는 도메인 고유의 표준과 기술을 적용하여 CPS를 완성하는 형태로 진화시켜야 할 것이다. 또한, 이것은 향후 CPS 기술의 폭발적 성장기에 들어섰을 때 기본적인 프레임워크로 가동되는데 필수적일 것으로 사료된다.

더불어, 각종 센서 네트워크로부터 입력되는 대규모 센싱 데이터를 융합하여 정보를 추출하여 상황을 정밀하게 파악한 후 다양한 CPS를 표준화된 인터페이스를 통해 융합제어하는 기능을 개발하는 것이 필요할 것이다. 그리고, CPS가 확장되고 복잡화 됨에 따라 이종 시스템들 간의 결정적인 동작을 보장할 수 있도록 지원하는 미들웨어의 기능이 더욱 중요해질 것이며, CPS 미들웨어는 IoT와의 연계를 통해 비약적으로 커지는 정보 공간을 지원해야 할 것이다.

마지막으로, 이러한 대규모성을 가지는 Super CPS를 원활하게 제어하기 위해서는 정형화된 시스템 모델링 기술이 필요하다. 특성과 스케일이 다양한 CPS 구성 시스템들을 가상 모델화하여 클라우드 컴퓨팅 환경에서 시뮬레이션하고, 런타임 시에 대규모 컴퓨팅 지원을 받아 복잡하고 동시성 제어가 요구되는 그 어떠한 상황에서도 사용자의 요구에 실시간 대응이 가능한 컴퓨팅 환경 구축이 필요하다. 물론, 이 컴퓨팅 환경은 물리시스템 혹은 물리프로세스와 직접적으로 연결되어 동작하여야 하므로 고속의 유무선 통신망을 기반으로 설계되어야 한다. 즉, 기가 코리아와 같은 수준의 네트워크 환경을 요구한다고 할 수 있다.

V. 결론

본고를 통해 저자들은 CPS 기술의 태동 배경, 기술적 필요성과 달성 목표, 미국의 CPS 기술 정책을 고찰하였다. 특히, 최근 이슈화되고 있는 미국 차기 CPS 정책인

Smart America Challenge에서의 움직임을 상세히 조망하고 주요 산업 도메인에서의 CPS 연구에 대한 조사를 통해 현재 미국의 CPS 연구동향을 파악하였다. 이를 바탕으로 향후 한국 CPS 기술정책으로써의 ‘Super CPS 2020’에 대한 소견을 제안하였다.

마지막으로, 미국이나 유럽에 비해 턱없이 부족한 연구자원 기반을 가진 우리로서는 산·학·연·군·관의 긴밀한 협력을 바탕으로 현명한 선택, 집중 그리고 구체적인 실천을 통해 전략산업의 중요 핵심 SW기술인 CPS의 주도권을 획득해야 할 것이다.

약어 정리

CCS	Congestion Charging System
CEN	Committee European Norm
CPS	Cyber-Physical Systems
DDS	Data Distribution Service
DHS	Department of Homeland Security
DoD	Department of Defense
DoE	Department of Energy
DoT	Department of Transportation
ETSI	European Telecommunications Standardization Institute
GPS	Global Positioning System
ICT	Information and Communication Technology
IoT	Internet of Things
NIST	National Institute of Standards and Technology
NSF	National Science Foundation

QoS	Quality of Service
SNS	Smart Transpiration System
US DOT	U.S. Department of Transportation
XML	eXtensible Markup Language

참고문헌

- [1] PCAST report, <http://ostp.gov/pcast/NITRD%20Review.pdf>
- [2] http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderse-en/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf
- [3] Presidential Innovation Fellows, <http://www.whitehouse.gov/InnovationFellows>
- [4] S. Rhee and G. Mulligan, “Smart America Challenge,” <http://www.smartamerica.org>
- [5] 현대경제연구원, “제조업이 살아야 경제가 산다,” 경제주평, vol. 554.
- [6] 옥스포드이코노믹스, “제조환경변화,” 2013.
- [7] Wolfgang Wahlster, “Industry 4.0: The semantic product memory as a basis for Cyber-Physical,”
- [8] 전인걸 외, “사이버-물리 시스템에서의 자율 컴퓨팅 기술 연구동향,” 정보통신산업진흥원, 주간기술동향, 2010. 8.
- [9] 박정민 외, “고신뢰 CPS를 위한 자율제어 시스템에 관한 연구,” 대한임베디드공학회 논문집, vol. 8, no. 6, 2013.
- [10] IBM, <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/28463.wss>
- [11] SMART AMERICA, <http://smartamerica.org/teams/south-east-michigan-smart-transportation/>
- [12] <http://collaborate.nist.gov/twikisggrid/bin/view/SmartGrid/WebHome>