초고성능컴퓨팅 기반 산업체 지원 글로벌 사업 동향 분석

박형욱* · 김재성**

Ⅰ. 서론

오늘날 우리나라 제조업 비중은 GDP의 약 30% 로 세계 2위 수준, 제조경쟁력지수는 세계 5위 수준으로 아시아는 물론 전세계적으로 제조 강국으로서의 위상을 확보하고 있다. 하지만 2000년대에 들어 국내 제조업 성장률과 고용 증가율, 부가가치율이 큰 규모로 감소하고 있는 추세를 보이고 있으며 국가 산업고용이 서비스업으로 빠르게 이동되면서 제조업의 경쟁기반 역시 약화되는 추세에 있다. LG경제연구원에 따르면 한국 제조업의 연평균 성장률은 1970년대 16.2%에서 2000년대 6.4%로 하락하였으며 제조업의 고용증가율은 1970년대 3.6%에서 2000년대 -0.6%까지 하락한 것으로 분석되었다.

이에 반해 독일, 미국, 일본과 같은 전통적인 글로벌 제조강국들은 자국의 제조경쟁력의 지속적 우위 유지와 당면 위기 극복을 위하여 국가차원의 제조업 혁신 계획을 수립하여 국가적 최우선 전략으로 추진 중에 있다. 특히 이들의 제조혁신 정책에서 주목해야 할 점은 슈퍼컴퓨터와 같은 초고성능컴퓨팅(HPC: High Performance Computing) 인프라의 국가 산업 전반의 활용을 제조혁신의 핵심 요소로 간주하고 있다는 것이다.

이에 따라 본고에서는 선진 제조강국들의 제조혁신 계획에서의 초고성능컴퓨터의 활용과 관련한 기관 및 사업의 추진 동향에 대해 살펴보고 우리나라가 추진해야할 방향에 대하여 논하고자 한다.

Ⅱ. 주요 선진국의 제조업 혁신정책 동향

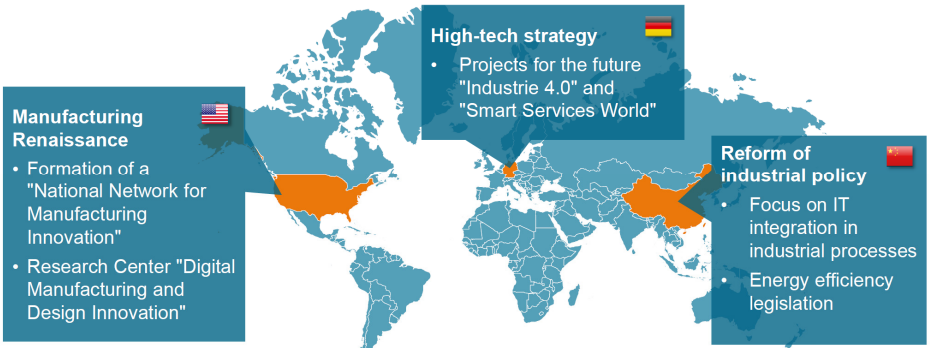
1. 주요 선진국의 제조업 혁신정책 동향

제조업분야의 선진 제조 강국들은 ICT 기술을 통한 제조업 경쟁력 강화와 경제 활성화를 목표로 국가적 차원의 정책을 추진하고 있으며, 이에 대한 투자를 확대하는 방향으로 정책을 마련하여 진행 중에 있다. 특히 미국의 경우 첨단제조기술 분야를 「2015년 R&D 예산 편성 방침」의 최우선 추진 과제로 선정하여 '국가 첨단제조 전략계획(2012년~)'을 수립하고 3D프린팅, 복합소재와 같은 첨단 제조기술 분야에 총 29억 달러(2014년)를 투자하고 있으며, 독일의 경우 'High-tech Strategy 2020' 추진의 일환으로 ICT 기반 제조업 혁신을 위한 'Industry 4.0' 프로젝트(2012년~)를 추진하여, 2015년까지 3년간 총 5억 유로의 예산을 투자 할 계획이다. 이에 걸맞게 EU에서는 혁신 및 경쟁력을 촉진하기 위해 연구프로그램인 'Horizon 2020'을 진행하여, 800억 유로의 예산을 투입할 예정이며, 우리와 가까운 일본과 중국 역시 자국의 제조 경쟁력 강화를 위한 국가적 정책과 사업을 강력히 추진 중에 있다.

일본의 경우 제조업 부흥을 목적으로 '일본산업 재흥계획'을 수립하고 제조기술 선진화를 위한 설비투자와 첨단 제조기술 개발을 위하여 2012년 이후 3년간 70조엔의 막대한 예산을 투자 하고 있으며, 중국은 제12차 과학기술발전 5개년 계획의 일환으로 생산장비 고도화 및 정보통신 진흥을 위한 세부 계획을 수립하고 3D

* 박형욱, 한국과학기술정보연구원 가상설계분석실/연구원, hyungwook@kisti.re.kr
** 김재성, 한국과학기술정보연구원 가상설계분석실/실장, jaesungkim@kisti.re.kr

프린팅, 사물인터넷(IoT), 제조 빅데이터 연구를 위한 전문센터 설립 등을 위해 1억 달러의 예산을 투입할 계획이다.



<그림 1> 선진제조강국의 제조혁신정책 동향 (SIEMENS, 2014)

<표 1> 주요국의 제조혁신 계획 수립 현황

국가명	계획 수립 내용	투자 현황
미국	'국가 첨단제조방식 전략 계획' 수립 - 국가제조협력네트워크, 민·관 협력 컨소시엄 운영을 통한 중소기업의 초고성능컴퓨터(HPC) 활용 촉진	• 29억 달러 투입('14년)
EU	'Horizon 2020', PRACE 프로젝트 추진 - 유럽에서 새로운 성장과 일자리 창출을 견인하기 위한 연구 프로그램 추진 - 범 유럽의 HPC 생태계 구성을 목적으로 PRACE 설립	• 800억 유로 투입 / 4억 유로 투입
독일	'Industry 4.0' 프로젝트 추진 - 사물인터넷(IoT), 사이버물리시스템(CPS) 등 첨단 과학기술·ICT 기반의 제조업 진화 전략	• 3년간 총 5억 유로 투입
일본	'일본산업재흥계획' 수립 - 초고성능컴퓨터, 3D프린팅 등을 활용한 차세대 제조기술 확보	• 3년간 70조엔 투입
중국	'12차 과학기술발전 5개년 계획' 수립 - 3D프린팅, 사물인터넷, 사이버물리시스템 등 ICT 기반의 제조생산 장비 고도화 추진	• 1억 달러 투입

이들 제조강국들의 제조업 혁신 계획에서 공통적으로 찾아볼 수 있는 점은 첨단 ICT 기술과 제조업의 융합을 통해 자국의 제조 경쟁력 강화와 경제 활성화를 목표로 하고 있다는 점이다. 특히, 초고성능컴퓨팅(HPC)·3D 프린팅 등 첨단 ICT 기술과 제조업의 융합을 위한 「제조혁신 계획」을 수립하여 강력 진행하고 있으며, 이를 통해 고부가가치 제조업 육성으로 양질의 일자리 창출과 국가 제조 경쟁력 우위 확보를 국정 최우선 과제로 추진하고 있다.

2. 슈퍼컴퓨터 활용 산업체지원 동향

윗 절에 기술한 바와 같이 미국, 일본 등 주요국들은 첨단제조기술 R&D 지원 및 초고성능컴퓨팅 등 관련 인프라 활용을 핵심으로 활성화를 적극 추진중에 있다. 특히 미국의 경우 중소 제조기업들의 경쟁력 강화를

위해 모델링·시뮬레이션, 초고성능컴퓨팅 등 첨단기술·인프라 지원 정책 추진 중에 있으며, 일본의 경우에는 초고성능컴퓨터(K-Computer), 3D 프린팅 등을 활용하여 지리적·공간적 제약을 극복하는 차세대 제조기술 확보 등 관련 기술개발을 강화하는데 국가적 지원을 아끼지 않고 있다. 마찬가지로 독일의 경우 물리적 제조활동을 가상제조 활동으로 복제하여 검증·관리·활용하기 위한 HPC 기반 모델링·시뮬레이션 솔루션(e.g, Siemnse의 ITA)을 CPS의 핵심요소 육성하는 정책을 함께 진행함으로써 '스마트공장'의 실현을 위해 힘쓰고 있다.

<표 2> 선진 제조강국의 HPC 활용 산업 육성 개요

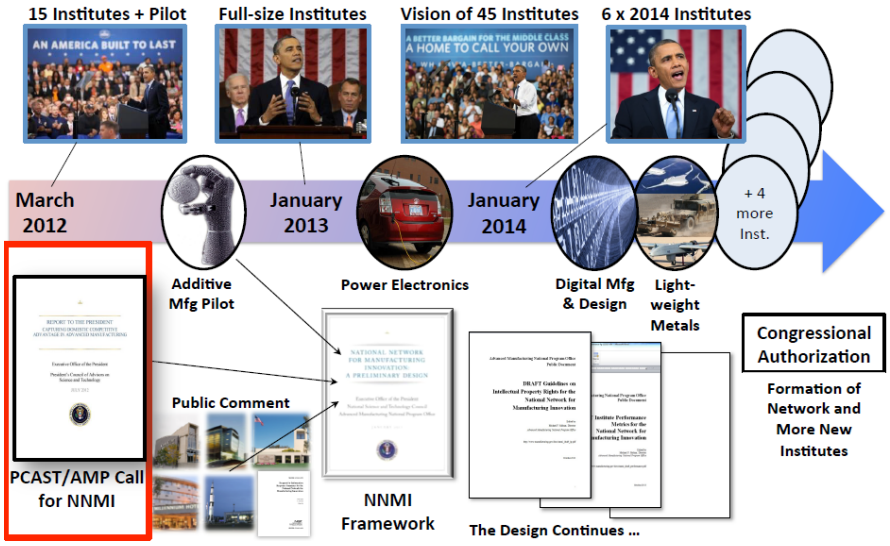
Industry 4.0	국가첨단제조전략계획	산업재흥계획
ICT기반 '스마트공장' 구현을 위한 사이버물리시스템(CPS) 등 제조시스템과 도구 개발	디지털 제조 등 첨단제조기술 개발, 인력양성, 공공-민간/ 산학연 파트너쉽 구축	에너지기술, 자동운전시스템, 혁신적설계/생산기술 등 전략적 이노베이션 10대 기술 개발
물리적 제조활동을 가상제조 활동으로 복제하여 검증·관리·활용하는 HPC 기반 사이버솔루션이 CPS의 핵심요소	제조혁신기관(IMI)/네트워크(NNMI)구축을 통한 중소기업의 HPC 활용을 적극 촉진(경쟁력위원회 핵심 과제로 선정, 중점추진 중)	초고성능컴퓨터, 3D프린팅 등을 활용하여 지리적·공간적 제약을 극복하는 차세대 제조기술 확보 (K-Computer<세계4위> 적극 활용)
[목표] 제조생산성 30% 증대 (독일기업 47% 참여 중)	[목표] HPC 활용 개발 제품 비율 98%로 증대	[목표] K-Computer의 산업체 활용율 5% → 8%로 증대

III. 주요 선진국의 제조업 혁신 활동

1. 미국

1) NNMI (National Network of Manufacturing Innovation)/ IMI (Institute for Manufacturing Innovation)

미국의 제조업은 GDP의 12.2%를 차지하며 미국의 경제성장을 견인해 왔으나 우리나라와 마찬가지로 성장성 저하와 제조업 공동화(hollowing-out)로 인한 고용감소의 문제에 직면하면서 제조업 위기에 대한 국가적 인식이 확산되었다. 특히 미국 제조경쟁력 저하의 여러 원인들 중 대학, 정부연구기관 등의 공공 연구개발 결과가 산업에서의 최종제품으로 연계되지 못하여 궁극적으로 산업 경쟁력 확보의 기회를 상실하게 되는 문제(Missed Opportunities)가 공통적으로 제기되었다. 이를 해결하기 위한 방법으로 오바마 행정부는 미국 제조업의 경쟁력 회복과 리더쉽 확보를 위한 핵심 사업으로 국가차원의 대규모 공공-민간 협력파트너쉽을 기반으로 하는 국가적 제조혁신인프라 및 생태계를 구축하여 공공영역과 산업영역의 간극(Missing Middle)을 줄임으로써 새로운 제품, 새로운 시장, 새로운 일자리 창출을 도모하고자 국가 제조혁신네트워크(NNMI : National Network of Manufacturing Innovation)의 구축을 추진하였다. 국가 제조혁신네트워크는 크게 1) 분야별 제조혁신기관(IMI : Institute for Manufacturing Innovation) 설립과 운영 및 2) 제조혁신기관 간의 국가적 협력네트워크 구축(NNMII : National Network of Manufacturing Innovation Institutes)의 두 가지 핵심 축으로 구분하여 진행되었으며, 두 핵심 축 간의 체계적 연계와 협력을 바탕으로 미국의 산업혁신을 위한 제조인프라 구축과 함께 대학 등 공공 연구기관들의 산업적 문제해결 활동의 강화를 위해 연방의회에 10억 달러(1 billion $) 투자를 요청하였다.

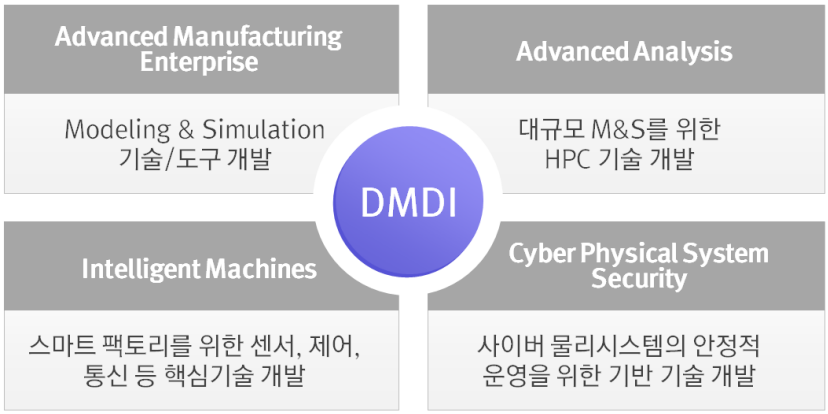


<그림 2> NNMI 추진 경과 Overview(출처: NNMI Overview, Mike Molnar)

IMI는 각 분야별 전문화된 공공-민간 협력 파트너쉽 구축 및 분야별 특화된 기술개발과 중소기업지원, 기술의 상용화·제품화 등을 중점 추진하여 해당 지역의 제조혁신을 위한 허브(hub)로서 역할 수행하는 역할을 담당하게 되었으며, 이에 따라 2012년 8월, 40개 기업, 14개 대학, 11개 비영리 단체로 구성되는 컨소시엄을 구성하여 오하이오주 Yongstown에 NNMI 개념의 실행 가능성 검증을 위한 파일럿 기관으로 NAMII(National Additive Manufacturing Innovation Institute)를 설립하였다. NAMII에서는 제조혁신기관의 기본 역할에 근거하여 3D 프린팅(Additive Manufacturing)을 위한 재료, 장비, 기술 개발, 인프라 공유 및 관련 인력양성을 위한 교육·훈련을 진행하고 있다.

2) DMDI (Digital Manufacturing and Design Innovation)

디지털 설계 및 제조혁신기관(DMDI)은 설계 및 생산기술 분야의 제조혁신기관으로 제품개발단계에서 필요로 하는 첨단 설계와 제조기술을 연구 개발하여 미국내 제조 기업에 보급, 활용을 촉진함으로써 제조업의 글로벌 경쟁력을 확보하기 위하여 설립된 기관이다. DMDI는 시카고에 위치하는UILAB의 주관하에 41개 기업, 23개 대학, 9개 비영리기관의 대규모 협력체제를 바탕으로 하고 있다. 미국 연방정부가 7,000만 달러를 투자하였으며 GE 등 컨소시엄 참여기업이 2억 5,000만 달러를 투자하여 총 3억 2,000만 달러의 운영 재원을 확보하고 있다. 또한 점차 복잡화/개인화되고 있는 제조환경에 유연하게 대응하기 위한 미래공장(Factory-of-the-future) 구축을 목표로 첨단 정보기술과 도구, 표준화, 센서 및 제어기술 등에 대한 연구개발을 추진하고 있으며, 특히 국가슈퍼컴퓨팅센터(NCSA, National Center for Supercomputing Application)를 중심으로 초고성능컴퓨팅 기반의 모델링 & 시뮬레이션 기술 및 관련 소프트웨어의 개발과 보급을 통해 중소기업의 제품개발 시간과 비용의 획기적 절감의 지원을 중점 추진할 계획이다.



<그림 3> DMDI의 주요역할

특히 DMDI의 역할 중 주목해야할 부분은 HPC를 활용하여 모델링 및 시뮬레이션을 지원하기 위한 M&S 도구와, 물리기반 M&S 기술, 생산설비 종합관리, 설계 및 생산정보 보안을 목표로 사업을 추진 중이라는 점 이다. HPC 기반 모델링·시뮬레이션 기술 개발 및 확산을 위해 선진 M&S SW 기업인 Ansys, MSC, PTC 등의 글로벌 전문 제조 서비스업체가 함께 참여하여 중소제조업체를 지원하는 것으로 알려져 있으며, 뿐만 아니라 Intelligent Machines을 통한 센서/생산정보의 종합관리과정에서 발생하는 빅데이터를 처리하기 위하여 슈퍼컴퓨터를 활용함으로써 중소기업의 제품 전체 개발과정에서 의사결정에 도움을 줄 것으로 기대된다.

3) NCSA (National Center for Supercomputing Applications)

국가슈퍼컴퓨팅센터(NCSA)는 1986년 NSF의 미국 슈퍼컴퓨팅센터 프로그램에 의해 설립된 5개 슈퍼컴퓨팅센터 중 하나로 일리노이 주립대(University of Illinois at Urbana-Champaign) 산하 기관으로 운영되고 있다. NCSA는 세계최초 페타플롭스(Petaflops)급 슈퍼컴퓨터인 Blue Water를 구축(2007년)하여 운영한 바가 있으며 사비어인프라스트럭쳐 기반의 첨단 연구환경을 구축하여 서비스하는 XSEDE(Extream Science and Engineering Discovery Environment) 프로젝트의 주관기관으로서 미국을 대표하는 슈퍼컴퓨팅센터라고 할 수 있다.

NCSA는 1986년부터 현재까지 중소기업 등 산업체 지원을 위한 전담 프로그램(PSP : Private Sector Program)을 운영 중에 있다. PSP에서는 산업체를 대상으로 하는 응용연구에서부터 HPC 기반 설계 및 제조 기술의 기업 활용을 촉진하기 위한 컨설팅에 이르기까지 다양한 활동을 추진하고 있다. 본 프로그램에서는 특정 제품 개발을 직접적이고 단기적으로 지원하기 보다는 장기적 관점에서 기업의 제품 개발 프로세스를 HPC의 활용을 바탕으로 하는 디지털 방식으로 전환하는데 초점을 맞추고 있다. 또한 Ford, Boeing 등 포춘 50대 기업의 33% (포춘 100대 기업의 60%)와 협력관계를 구축하여 이들 기업들의 공급체인을 형성하는 중소기업들을 대상으로 슈퍼컴퓨팅 전용자원 제공(iForge, 2.7TFlops), 컴퓨팅SW의 병렬성능 벤치마킹 및 모델링 & 시뮬레이션 기술 지원 등을 수행하고 있다.

2. 유럽

1) PRACE(Partnership for Advanced Computing in Europe)/ SHAPE Program

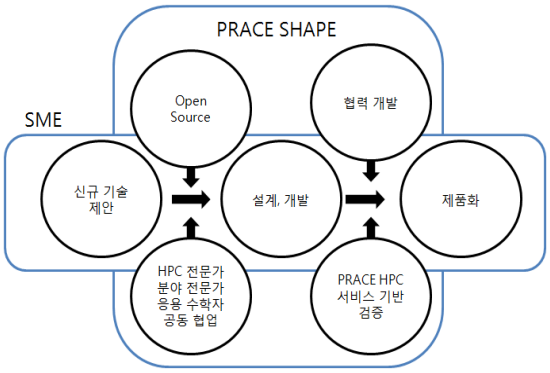
유럽연합은 각 국에 산재되어 있는 HPC 자원을 통합하고, 범 유럽의 HPC 생태계를 구축 할 목적으로 25

개 국가가 참여하는 비영리단체, PRACE(Partnership for Advanced Computing in Europe)를 설립하였다. PRACE는 세계최고 수준의 HPC 통합 활용환경을 바탕으로 새로운 과학적 발견이나 혁신적 공학기술의 개발을 위한 HPC 서비스를 지원하고 있다. 범유럽 HPC 시스템 및 서비스는 성격에 따라 3단계로 구분되며 그 중 최상위 레벨인 Tier-0단계는 Petaflops, Exaflops급의 초고성능컴퓨팅 자원과 서비스를 제공하고 있다.

<표 2> 범유럽 HPC 시스템 구성

단계	주체	센터 범위	시스템 수	성능
Tier-0	PRACE	유럽 센터	소	고성능
Tier-1	DEISSA/PRACE	국가 센터	↕	↕
Tier-2	표준	대학/지역센터	다	일반성능

PRACE는 유럽내 중소기업의 HPC 활용을 촉진하고 기업환경에 적합한 HPC 서비스를 위한 SHAPE (SME HPC Access Program in Europe) 프로그램을 운영하고 있다. SHAPE에서는 중소기업이 해결하고자 하는 문제에 최적화된 HPC 자원 및 분야별 전문가네트워크에 기반한 컨설팅 지원과 함께 HPC 활용을 위한 교육과 기술검증 등을 포함하는 포괄적 서비스를 제공하고 있다.



<그림 4> SHPAE의 중소기업 지원 프로세스

2) FORTISSIMO

FORTISSIMO(Factories of the Future Resources, Technology, Infrastructure and Service for Simulation and Modeling)는 클라우드 HPC 기반의 모델링 및 시뮬레이션 서비스를 통해 유럽내 중소기업의 HPC 활용을 촉진하고 글로벌 경쟁력 향상을 지원하기 위한 유럽 연합 프로젝트(EU7thFP,2013.7~)이다. FORTISSIMO는 영국 에딘버러 슈퍼컴퓨팅센터(EPCC : Supercomputing Centre at The University of Edinburgh) 주도로 14개국, 5개 슈퍼컴퓨팅센터, 40개 기업과 기관이 참여하고 있다.

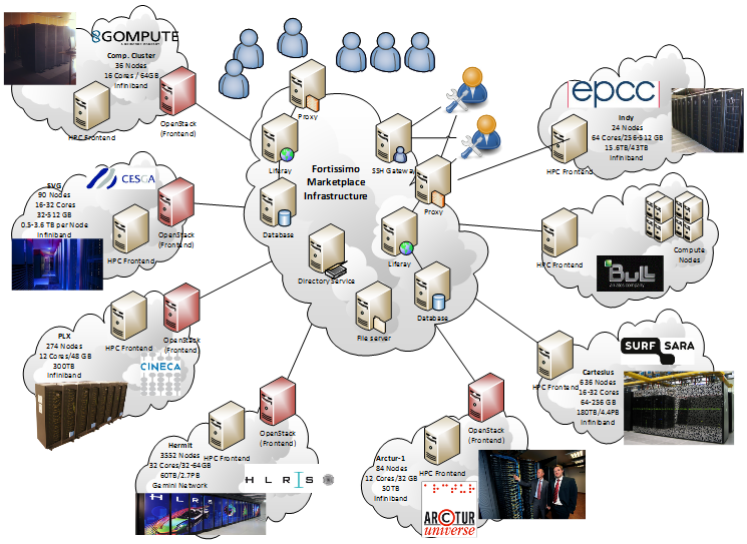
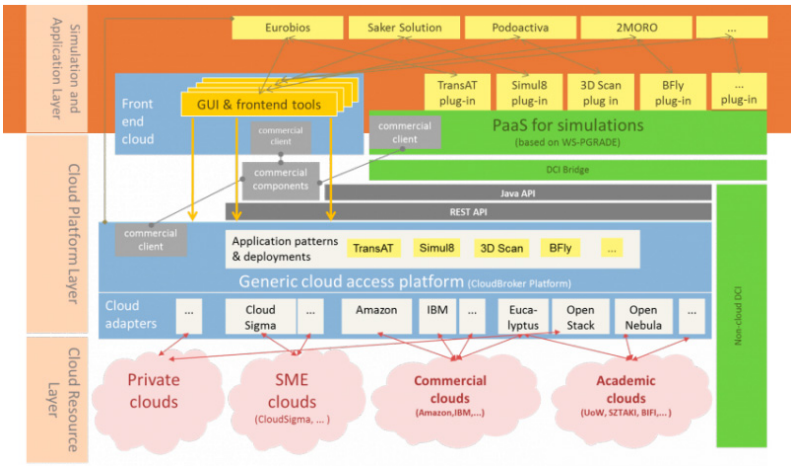


그림 4. Fortissimo 클라우드서비스 체계

FORTISSIMO에서는 중소기업이 쉽게 접근할 수 있도록 'One-Stop-Pay-per-Use-Shop' 방식의 클라우드 서비스를 통해 하드웨어, 소프트웨어, 전문지식 등의 자원을 종합적으로 서비스하고 있다. 1년에 2회에 걸친 공모를 통해 기술지원 대상 기업을 선정(20기업, 2014기준)하고 있으며 지원 분야를 자동차, 우주항공 외에도 신 재생 에너지, 환경, 석유 및 가스 등의 새로운 비즈니스 분야로 지속 확대하고 있다.

3) CloudSME

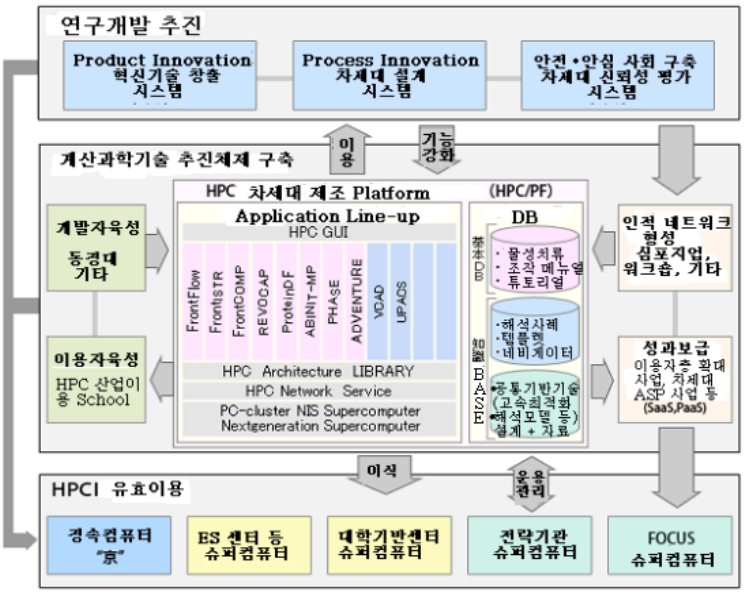
CloudSME (Cloud based Simulation platform for Manufacturing and Engineering)는 중소기업에서 활용되는 시뮬레이션 솔루션 및 하드웨어 비용의 문제를 해결하기 위한 I4MS Project중 하나로써 뮬레이션을 위하여 클라우드 기반의 확장 가능형 플랫폼을 제공하는 원스톱 숍 솔루션 개발 프로젝트이다. 특히 시뮬레이션의 원활한 활용을 위한 SaaS(Software-as-a-Service), PaaS (Platform-as-a-Service)서비스 제공을 제공함으로써 중소기업에서 소프트웨어 라이센스 비용 및 하드웨어 구축/유지보수 비용 등의 문제없이 시뮬레이션의 활용이 가능하다. 협력기관으로써 Westminister 대학 등 4개 대학에서 참여하고 있으며, Scaletools AG, Cloudbroker, Cloudsigma AG, Ascomp (Swittzerland), Saker solutions, Cutting Tools (U.K), EUROBIOS, 2MORO Solutions (France), Ingecon, Podoactiva (Spain), Sander-Werbung (Germany) 과 같은 M&S SW 개발기업이 참여하여, Aircraft maintenance 문제 및 COTS Discrete Event Simulation, Fluid dynamics 등에 대한 소프트웨어를 제공해 주고 있다.



3. 일본

1) HPCI

일본 문부과학성은 세계4위(2014.11 기준) 초고성능컴퓨터인 K-Computer의 중점 활용을 위한 국가 5대 전략프로그램 중 하나로 차세대 제조분야를 선정하고 이의 중점추진을 위한 프로젝트와 전문기관을 설립하여 운영 중에 있다. 이는 경속컴퓨터 "京"을 핵심으로 한 HPCI(혁신적 고성능컴퓨팅 인프라) 활용에 의해 제조 프로세스의 질적, 시간적 Breakthrough와 혁신적 기술, 제품의 조기 창출을 실현하고자 하는 목적으로 동경대학 생산기술연구소(대표기관), 일본원자력연구개발기구, 우주항공연구개발기구 등 3기관에 의한 네트워크형 조직으로 연구개발 추진과 동시에 계산과학기술 추진체제 구축을 진행하고 있다. 구체적인 내용을 살펴보면 초소형 고성능 Device Design, Multi-scale Simulation에 의한 재료설계와 고정밀도 신뢰성 예측, 유체 · 구조 연성계산에 의한 다목적 최적화 및 역학문제 해석 등 획득된 선도적 연구개발 과제성과를 널리 산업체에 이용하기 위한 활동을 진행중에 있다.



<그림 6> 일본 차세대 제조분야의 전체 모습

2) FOCUS

일본은 차세대 제조프로그램의 수행을 위하여K-Computer 등 초소성능컴퓨터를 활용하는 시뮬레이션 기술을 연구개발하기 위한 CISS(Center for Research on Innovation Simulation)와 K-Computer의 산업적 활용의 촉진을 지원하기 계산과학진흥재단(FOCUS, Foundation for Computational Science)을 설립하여 운영 중에 있다. FOCUS는 K-Computer의 산업적 활용을 촉진하기 위해 설립된 전문기관으로서 중소기업의K-Computer 활용 지원 및 K-Computer를 활용하여 수행된 첨단 연구결과들을 산업계에 보급하는 거점기관으로서의 역할을 수행하고 있다.

FOCUS는 HPC활용에 대한 기업의 요구를 파악하여 관련 대학, 연구기관, 벤더 등과 협력하여 문제를 해결하는 컨설팅 서비스와 함께 간사이지역의 대학과 연계하여 시뮬레이션 소프트웨어를 전문적으로 활용할 수 있는 인력양성을 병행하여 추진 중에 있다. 또한 시뮬레이션 소프트웨어의 병렬성능 검증 등 국산 HPC 소프트웨어 개발을 지원하기 위한 인큐베이터로서의 역할을 수행하고 있다.

Ⅳ. 결론

언급한바와 같이 선진 제조강국들은 국가 경쟁력의 발판이 되는 중소기업의 기술혁신을 촉진시키기 위해 국가 차원에서의 HPC 활용 지원 정책과 서비스가 강조되고 있다. 이에 걸맞게 국내에서 역시 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」이 제정되고 KISTI가 국가초고속컴퓨팅센터로서 중소기업을 지원하는 역할을 담당하고 있으나, 여전히 중소기업의 HPC 활용 진입장벽은 높은 편이다. 따라서 국내에서 역시 중소기업에서 필요로 하는 연구 개발 활동에서 HPC 활용이 필요한 분야를 정의하고, 각 분야별 요구되는 컴퓨팅 자원의 범위, 필요 소프트웨어, 데이터 관리 규모 등을 고려한 분야별 맞춤형 HPC 서비스 모델 수립하는 등의 경쟁력 향상 가능 분야를 도출하는 노력이 필요할 것으로 보이며, 우선적으로는 현재의 단일기관(KISTI) 중심의 기술지원 체제를 공공-민간 협의체(Public-Private Consortium) 중심의 협력체제로 확대하여 기술지원의 인적 한계 극복하고자하는 정책이 마련되어야 할 것으로 판단된다. 이러한 협의체로는 국가 기관 및 공공연구소, 민간 전문기업, 대학을 중심으로 협의체 참여기관 간의 전문분야와 상호 공동연구를 진행 할 수 있는 분야를 정의하여 중소기업이 요청한 문제를 효율적으로 해결 할 수 있는 협력 프로세스를 마련하여야 하며, 정부차원에서 역시 인센티브 지급 등 적극적인 참여를 유도하고 중소기업에는 차기 프로젝트 진행 권한 우선부여 등의 제도적 장치 마련하여야 한다. 마지막으로 정기적인 학회나 세미나 등을 활성화 하여 중소기업이 자발적으로 커뮤니티를 구성할 수 있는 기회 제공하여, 단순 참여가 아닌 참여속의 경쟁의 모습으로 발전할 수 있는 기틀을 마련할 수 있는 환경의 개선이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

McKinsey Global Institute, “Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation”, McKinsey&Company, 2012.

Mike Molnar, “NNMI Overview”, Advanced Manufacturing Partnership 2.0 Regional Meeting, 2014.

Advanced Manufacturing National Program Office, “National Network for Manufacturing Innovation: A

Preliminary Design", 2013.
Martine, "Fortissimo", 5th International Supercomputing Workshop, Tokyo, Japan, 2014.
The fortissimo project, http://www.fortissimo-project.eu/
Digital Manufacturing and Design Innovation Institute, http://dmdii.uilab.org/
CloudSME, http://cloudsme.eu/
김은진, 이식, 박형욱, "EU의 중소기업 육성을 위한 HPC 통합생태계와 지원 프로그램".
LG Business Insight, "성장과 고용창출의 동력, 제조업의 재조명", 2012.
김재성, 서동우, 박형욱, 김은진, 김명일, 이상민, "슈퍼컴퓨팅 산업체 지원글로벌 동향".