

2017. 8. 31. 제2017-001호

국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안

A Strategy for enforcing the National Supercomputing Capability

추형석 선임연구원[†]

- 본 보고서는 「과학기술정보통신부 정보통신진흥기금」을 지원받아 제작한 것으로 과학기술정보통신부의 공식의견과 다를 수 있습니다.
- 본 보고서의 내용은 연구진의 개인 견해이며, 본 보고서와 관련한 의문사항 또는 수정·보완할 필요가 있는 경우에는 아래 연락처로 연락해 주시기 바랍니다.
 - 소프트웨어정책연구소 기술·공학연구실 추형석 선임연구원(hchu@spri.kr)

《 Executive Summary 》

슈퍼컴퓨팅 기술력은 국가의 과학기술 경쟁력을 가늠하는 지표로 종종 사용된다. 컴퓨터 과학의 정수가 결집된 슈퍼컴퓨터는 컴퓨터의 본질적인 기능인 계산을 극대화하여 도전적인 문제를 해결하는 도구로 활용한다. 새로운 소립자의 발견, 기후 예측, 신소재 개발 등에 활용되는 슈퍼컴퓨팅 기술은 곧 기초과학 경쟁력과 직결될 만큼 국가 경쟁력과 밀접한 관계에 있다. 본 보고서에서는 슈퍼컴퓨팅 기술의 국내외 동향을 살펴보고, 우리나라의 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안을 제안하고자 한다.

지난 50년간 슈퍼컴퓨터의 성능은 연산처리장치의 지수적인 성장과 발맞춰 향상됐다. 그러나 “연산처리장치의 성능은 18개월 마다 2배씩 향상된다.”라는 무어의 법칙은 깨어질 위기에 놓여있다. 반도체 제조 공정상의 물리적 한계 때문이다. 2배 성능향상을 달성하기 위해 소요되는 시간이 길어짐에 따라 슈퍼컴퓨터의 지수적인 성능향상 역시 정체기에 들어섰다. 따라서 슈퍼컴퓨팅 기술의 혁신적인 발전이 시급한 실정이다.

슈퍼컴퓨팅 기술 혁신을 위해 해외 선진국은 천문학적인 자원과 역량을 투입하고 있다. 전통적인 슈퍼컴퓨터 강국인 미국은 지난 2008년부터 혁신을 위한 노력을 기울여 왔으며, 차세대 슈퍼컴퓨터 개발을 위해 연간 5천억 원 이상 총액 5조 원에 육박하는 예산을 투자하고 있다. 중국은 풍부한 자금력으로 슈퍼컴퓨터를 확보하는데 중점을 두었으며, 최근 자체개발에 성공하여 자국 기술만으로 세계 1위를 차지함에 따라 미국 일변도의 슈퍼컴퓨터 시장을 위협하고 있다. 일본은 자연재해 예측이라는 현실적인 수요에 의해 슈퍼컴퓨팅 기술이 발전한 국가로, 차세대 슈퍼컴퓨터 개발에 1조 2천억 원의 자원을 투입하고 있다.

우리나라도 지난 2011년 『국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률』을 제정하여 슈퍼컴퓨터의 순차적인 도입과 자체개발, 인력양성 등에 힘쓰고 있다. 그러나 국내 연구수준이나 환경을 비춰볼 때, 우리나라의 슈퍼컴퓨터 기술력은 선진국과 분명한 격차가 존재한다. 따라서 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화를 위해서는 우리의 실태를 정확히 파악하는 것이 선결돼야 할 과제다. 이를 바탕으로 우리의 정책적 전략을 수립할 필요가 있다. 본 보고서에서는 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안으로 (1단계) 정부 주도의 슈퍼컴퓨터 특정 요소기술의 집중 연구개발 및 기술추격을 위한 슈퍼컴퓨터 자체개발과 (2단계) 슈퍼컴퓨팅 기술의 완전 국산화 달성을 위한 슈퍼컴퓨터 전문기업 육성 방안을 제시했다.

《 Executive Summary 》

Supercomputing is often used for measuring national competitiveness of science and technology. Supercomputer, which concentrates the essence of computer science, is utilized for solving challenge problems by maximizing computational performance. As the supercomputing technology is targeting a discovery of new elementary particle, climate changes, and development of new material, it has very close relationship with the competitiveness of natural science. In this report, I explained current status of domestic and international supercomputing. Based on this, I will suggest a strategy for enforcing the national supercomputing capability in Korea.

In last five decades, the performance of supercomputer has increased dramatically following with exponential growth of processing units. However, the Moore's law, which demonstrate doubling cycle of processor performance in every 18 months, is now facing with being broken. This is because the physical limit of semiconductor. As it will take more time for doubling cycle, supercomputing is also facing with a problem in continuing exponential growth.

Advanced countries invest tremendous budgets and capabilities to supercomputing technology even in this situation. United States, the best country for supercomputing, keeps investigating for next-generation supercomputing since 2008. U.S. government promises over 5 billion dollar to promote supercomputing and high performance computing (HPC). As China continues to defend top 1 supercomputer, China is one of advanced countries in supercomputing as well as global HPC market. Japan has continuous demands of supercomputing to prevent natural disaster like earthquake and tsunami. Japan also plans to develop next-generation supercomputer by investing 120 billion yen.

For domestic status of supercomputing, a law 『ACT ON UTILIZATION AND FOSTERING OF NATIONAL SUPER-COMPUTERS』 has been enacted since 2011 to foster self-construction of supercomputing and professional manpower training. To compare with international status of supercomputing, Korea seems to be behind in supercomputing. In order to promote competitiveness of supercomputing, we should investigate deeply for what is our correct status and what field has to be invested first. In this report, I suggest two phase for a strategy of future supercomputing in Korea. (Phase 1) Concentrated investment for a specific fields of supercomputing and catching up technology by self-construction supercomputer. (Phase 2) Completing the localization of supercomputing and promoting professional supercomputing company.

《 목 차 》

| | |
|----------------------------|----|
| 1. 배 경 | 1 |
| 2. 슈퍼컴퓨팅 국내외 현황 | 4 |
| (1) 해외 현황 | 4 |
| (2) 국내 현황 | 14 |
| 3. 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안 | 17 |
| 4. 결 론 | 20 |

《 Contents 》

| | |
|---|----|
| 1. Backgrounds | 1 |
| 2. International and Domestic Status of Supercomputing | 4 |
| (1) International Status | 4 |
| (2) Domestic Status | 14 |
| 3. A Strategy for Enforcing the National Supercomputing Capability | 17 |
| 4. Conclusion | 20 |

1. 배 경

- 슈퍼컴퓨팅 기술력은 국가의 R&D 역량을 대변하는 중요한 지표 중 하나
 - 슈퍼컴퓨팅은 실험적으로 모사할 수 없는 극한상황에서의 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 자연현상의 법칙을 도출
 - 나노단위의 물성변화, 별의 생성과 소멸, 기후 변화의 전지구 모델, 단백질 접힘 구조 분석 등 실험이 불가능한 영역의 시뮬레이션 수행하여 과학적 난제를 해결
 - 컴퓨팅의 성능이 발전함에 따라 시뮬레이션의 정확도가 높아지고, 원자 수준에서의 모사가 가능해짐에 따라 컴퓨팅의 수요는 지속적*으로 발생
 - * 이소옥탄의 에너지 밀도를 계산하기 위해서는 2.75억 개의 연립방정식의 해를 찾아야하며, 이를 실시간으로 처리하려면 일반 PC 3만 대 수준 필요
 - 선진국은 슈퍼컴퓨터 자체 개발 기술력을 확보하여 기초과학 역량 육성
 - 미국은 세계 최고의 슈퍼컴퓨터 강국으로 세계 최초로 고성능컴퓨팅 관련 법안이 입법*되어, 민간 기업의 자발적인 생태계 조성**
 - * 당시 미국의 부통령인 앨 고어 주도로 『High Performance Computing Act』 법 제정(1991)
 - ** CPU 생산기업 Intel과 AMD, GPU 생산기업 NVIDIA, FPGA 생산기업 Altera와 Xilinx, 슈퍼컴퓨터 전문기업 Cray와 HPE 등 민간 기업이 세계 1위의 기술력 보유
 - 중국은 풍부한 자금력으로 슈퍼컴퓨터 환경을 구축했으며, 지난해 6월 자체 기술력으로 개발한 슈퍼컴퓨터 “선웨이 타이후라이트*”가 세계 정상을 차지함에 따라 미국과 양대 주축을 형성
 - * 중국은 2006년부터 연산처리장치의 국산화에 노력을 기울여 2016년 고성능 연산 처리장치 개발(SW26010)에 성공했고, 이를 바탕으로 슈퍼컴퓨터 생산
 - 일본은 지진과 쓰나미 예측 등 자국의 물리적인 환경*에 의해 슈퍼컴퓨팅 기술이 발전한 나라로 지난 2011년 자국의 기술력으로 개발한 ‘K 컴퓨터’가 세계 정상에 등극
 - 유럽은 전통적인 기초과학의 강국으로 자체개발 보다는 수요에 의해 슈퍼컴퓨팅 환경을 도입했으나, 2011년부터 차세대 고성능컴퓨팅 자체개발에 착수

- 고성능컴퓨팅 환경의 발전에 수반하여 최근 인공지능 기술이 급격히 발전하므로, 인공지능 기술을 본격 적용하기 위해서 슈퍼컴퓨팅 자원과 기술력 확보가 시급함
 - 2016년 구글의 바둑 인공지능 프로그램 AlphaGo는 당시 세계 300위권¹⁾의 고성능컴퓨팅 환경을 활용하여 세계 최정상 바둑기사인 이세돌 9단에게 4:1로 승리
 - AlphaGo에서 활용한 컴퓨팅 환경은 최대 1,920개의 중앙연산처리장치(CPU)*와 280장의 그래픽연산처리장치(GPU)
 - * CPU 개수는 물리적인 코어 (예 - 쿼드코어 CPU는 4개)
 - 학습기반의 인공지능으로 각광을 받고 있는 심층학습 알고리즘은 연산강도가 높은 세부 알고리즘(Subroutines)으로 구성되어 고성능컴퓨팅 환경의 활용률을 높이고 유연한 확장성을 기대할 수 있음¹⁾
 - 연산강도는 계산량과 메모리 전송량의 비율로 결정되고, 연산강도가 높을수록 현대 연산처리장치의 성능을 극대화* 할 수 있음
 - * 현대 연산처리장치는 계산성능이 메모리전송 속도보다 월등히 높은 구조
 - 연산강도가 높은 알고리즘일수록 유연한 확장성*을 기대할 수 있으므로, 투입되는 컴퓨팅 환경에 비례하여 성능을 보장
 - * 유연한 확장성(Scalability)은 두 배의 컴퓨팅 환경이 조성되면 기존보다 두 배에 가까운 성능향상을 보장할 수 있는 경우 (이론성능 대비 6~70% 수준)
 - 일본은 특히 인공지능 전용 컴퓨팅 플랫폼 ABCI²⁾를 기획하여 추진하는 등 적극적인 행보
- 국내에서도 초고성능 컴퓨터법이 제정되는 등 일부 움직임을 보이고 있으나, 조속한 기술력 확보를 위한 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안 수립이 시급함
 - 해외 선진국의 슈퍼컴퓨팅 기술 현황과 동향을 분석하고, 국내 현황을 제시함으로써 우리의 위치를 객관적으로 파악
 - 슈퍼컴퓨팅 기술의 조속한 국산화를 위한 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안 마련 필요

1) 인공지능의 핵심 인프라 - 고성능컴퓨팅 환경의 중요성 (2017.01.), 소프트웨어정책연구소 이슈리포트 2016-013

2) AI Bridging Computing Infrastructure, 195억 엔 규모, half-precision 기준 130페타플롭스 성능

슈퍼컴퓨터 요소 기술

- 슈퍼컴퓨터는 컴퓨터의 본질적인 기능인 계산능력을 극대화한 기계로서 고도의 요소기술이 필요함
 - 슈퍼컴퓨터는 물리적으로 고성능 컴퓨터 수 백 대를 고속 상호연결망(inter-connection network)으로 연결시킨 집합체로, 여러 대의 컴퓨터를 동시에 활용할 수 있는 고성능컴퓨팅 (High Performance Computing, HPC) 기술이 필수
 - 슈퍼컴퓨터의 대표적인 하드웨어기술은 직접계산을 처리하는 연산처리장치, 정보를 고속으로 처리하는 메모리 전송 기술, 슈퍼컴퓨터를 효율적으로 운영하기 위한 설계 등
 - 이러한 하드웨어를 십분 활용하기 위한 기술인 소프트웨어 요소기술은 슈퍼컴퓨터의 계산기능에 최적화 된 운영체제와 파일시스템, 수 천 만개의 프로세스를 동시 처리할 수 있는 병렬처리 기술 등
- 슈퍼컴퓨터의 HW와 SW기술은 궁극적으로 과학적인 문제 해결을 위한 기반이기 때문에, 해결하고자 하는 분야의 문제와 긴밀한 연계가 중요
 - 예를 들어 기후 예측에 필요한 수치해석 라이브러리의 성능을 최적화 하기 위해 전용 HW를 설계하고 이를 구동하기 위한 SW를 개발



[그림 1] 슈퍼컴퓨팅 요소기술

자료 : 미래 초고성능컴퓨팅 생태계 구축을 위한 국가 슈퍼컴퓨팅 인프라 개발과 구축(2016.02.)에서 정리

2. 슈퍼컴퓨팅 국내외 현황

(1) 해외 현황

□ 세계 동향 - 엑사스케일(Exa-scale) 컴퓨팅

- 슈퍼컴퓨터의 성능은 무어의 법칙*에 의해 지속적으로 발전하는 연산처리장치에 힘입어 동반성장

* 무어의 법칙은 약 18개월 마다 연산처리장치의 성능이 2배 증가한다는 이론

Flop/s(초당 부동소수점 연산수) - 계산성능의 척도

- Flop/s 는 Floating-point operations per second 의 약자로 초당 부동소수점 연산수를 의미함
 - 연산처리장치의 연산능력을 표현하는 지표로 슈퍼컴퓨터의 성능 비교 등에 사용함
 - 알고리즘을 실제로 구현했을 때 필요한 연산수를 나타냄
 - 현대 슈퍼컴퓨터의 성능을 나타내는 단위는 테라플롭스(TeraFlop/s, 초당 1조), 페타플롭스(PetaFlop/s, 초당 1천조), 엑사플롭스(ExaFlop/s, 초당 1백경) 등이 있음
- 부동소수점(Floating-Point)
 - 연산 한 개의 기준은 보통 덧셈이나 곱셈 한 개이나, 최근에는 덧셈과 곱셈을 묶어서 하나의 연산으로 간주함
 - 수치적인 연산이 대부분 덧셈과 곱셈이 동시에 이루어지므로, 이를 통합한 기능이 연산처리장치에 탑재됨 (예, FMA³⁾)
 - * 예를 들어, 100차원 벡터 두 개를 요소별로 더하는 알고리즘의 연산수는 100flop
 - 유효숫자(precision)에 따라서 성능을 구분함
 - * 16-bit half precision, 32-bit single precision, 64-bit double precision

- 페타스케일 컴퓨팅 환경은 연산처리장치 생산공정의 발전*을 토대로 구축했으나, 엑사스케일 컴퓨팅은 공정상의 물리적 한계**로 인해 영향을 받음

* 현재 연산처리장치는 10nm(= 10⁻⁹m) 공정으로 진입

** 10nm 이하의 기술은 양자 터널링이라는 물리적 현상으로 연산처리장치 기능을 상실할 가능성이 큼

3) Fused Multiply-Add, https://en.wikipedia.org/wiki/Multiply%E2%80%93accumulate_operation

- 연산처리장치의 저성장 기조에 따라 엑사스케일 컴퓨팅 환경은 HW 기술의 혁신적인 발전이 없이는 달성하기 어려움
- 엑사스케일 컴퓨팅은 기술적으로 커다란 도전적인 과제 (Grand Challenge)
 - 세계 1위의 슈퍼컴퓨터를 단순히 확대해서 엑사스케일을 산출할 경우 소모 전력은 약 123MW(메가와트)*
 - * 2017년 6월 기준 1위 슈퍼컴퓨터는 125PetaFlop/s의 이론 성능에 15.37MW 전력 소비. 엑사스케일을 달성하기 위해서 8배의 시스템을 구축할 경우 123MW 소비
 - ※ 서울시 강북구의 14만 가구가 소비하는 최대전력은 약 144MW
 - ※ 전력당 계산효율이 가장 우수한 경우(NVIDIA DGX SATURNV)로 산정을 했을 때 엑사스케일에 도달하기 위해 71MW가 필요
 - 엑사스케일의 주된 화두 중 하나는 저전력(20MW 이하)으로, 1와트 당 50GigaFlop을 달성하는 것이 핵심 도전과제 (세계 최고 수준 : 1와트 당 14GigaFlop, 2017.06.)
 - 또한 엑사스케일 컴퓨터가 구축되더라도 현실적인 난제*가 많기 때문에, 이를 효율적으로 해결할 수 있는 SW 기술이 필요
 - * 예) 10억 개 이상의 병렬처리를 동시에 처리해야 하는 문제, HW 아키텍처에 대한 지식 없이도 병렬처리 효율성이 높은 프로그래밍 툴
 - 엑사스케일 환경에서의 응용 분야 문제를 사전 기획하고, 이를 구현하기 위한 SW와 HW기술이 긴밀한 협업이 필요
- 엑사스케일 컴퓨팅의 목표 달성은 많은 기대효과를 산출
 - 엑사스케일 환경을 선점하는 국가는 슈퍼컴퓨팅의 세계 선도자로 자리매김
 - ※ 현재 미국, 일본, 중국 등 슈퍼컴퓨팅 기술 선도국 위주의 경쟁구도 형성
 - 슈퍼컴퓨팅 경쟁력 확보는 곧 도전적인 기초과학 R&D의 역량과 직결되고, 새로운 과학적 발견에 기여
 - 엑사스케일 컴퓨팅은 컴퓨팅 장치의 능력이 인간의 뇌 수준과 비슷해진다는 점에서 큰 가치를 시사
- 미국과 일본은 엑사스케일 컴퓨팅을 달성하기 위한 정책마련으로 가장 적극적인 행보를 보이고 있고, 자체기술력으로 급성장한 중국 역시 엑사스케일 컴퓨팅을 위한 시제품 개발을 진행 중

□ (미국) 세계 최고의 슈퍼컴퓨팅 기술력 보유

- 미국은 중국의 급격한 성장세가 위협하는 상황을 타개하기 위해, 적극적인 R&D 기획과 투자로 엑사스케일 시대의 세계적 선도자 역할을 목표
- 2016년 자국 내 민간기업과 국책연구소의 역량을 십분 활용하는 엑사스케일 컴퓨팅 프로젝트(Exascale Computing Project, ECP) 발족

- 미국은 지난 2008년부터 엑사스케일 컴퓨팅을 목표로 기술적 난제를 분석하고 도전적인 과제를 도출⁴⁾
 - (2008, DARPA⁵⁾) 2008년 6월 페타플롭스를 달성한 이후 엑사스케일 시스템의 가장 중요한 과제로 전력 수급, 메모리, 병렬 처리, 오류 회복력을 제시
 - (2010, ASCAC⁶⁾) 미국 에너지부에서 지정한 과학기술난제* 해결 중심의 전략 수립 강조, 엑사스케일 컴퓨팅 구현과 관련된 도전과제로 전력, 병렬 처리 기술, 오류 회복력을 제시
 - * 이상기후, 가뭄과 홍수 등 기후변화 예측, 핵발전의 효율성과 안전 등
 - (2014, ASCAC) 2010년 보고서 이후 기술발전을 반영하여 더 현실적인 10대 과제를 제시*하고 엑사스케일 컴퓨팅에 대한 정부 투자를 강조
 - * 전력 효율성, 데이터 전송, 메모리 시스템, 확장성 높은 SW, 데이터 관리 등
- 엑사스케일 컴퓨팅 프로젝트 발족 (2016)
 - 대통령 직속 국가전략컴퓨팅 이니셔티브(2015.07.29.)는 미국의 경제력과 과학적 발전을 뒷받침하는 고성능컴퓨팅(High Performance Computing, HPC) 기술 진흥을 위하여 ECP 발족
 - ECP는 미국 에너지부 산하 과학연구소와 국가핵보안국⁷⁾의 협업체제 구성
 - 7년 기간 동안 약 35 ~ 57억 달러(4조 ~ 6조 5천억 원)의 정부 투자 예상⁸⁾
 - * 연간 5,700 ~ 9,300억 원에 달하는 대규모 투자 계획

4) ExaScale Computing Study: Technology Challenges in Achieving Exascale Systems (2008.09.), DARPA

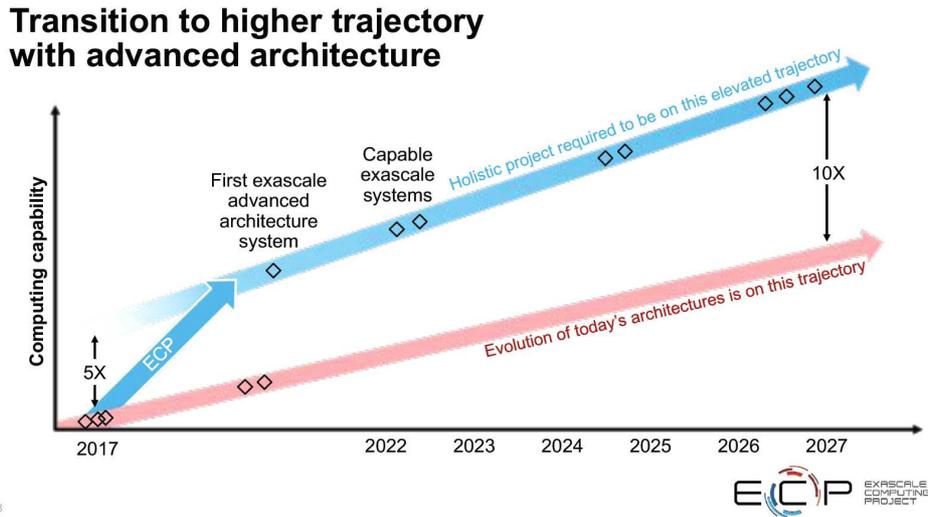
5) 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency)은 도전적인 미래기술을 달성하기 위한 연구과제 수행

6) 고등계산과학자문회(Advanced Scientific Computing Advisory Committee)은 이공학적 난제에 대한 이슈를 다루는 자문 기구

7) 과학연구소(Office of Science, SC), 국가핵보안국(National Nuclear Security Administration, NNSA)

8) The U.S. Exascale Computing Project (2017.03.), Exascale Computing Project

- 현재 슈퍼컴퓨팅 연산처리능력의 발전은 무어의 법칙에서 벗어나 완만하게 향상되는 추세로 엑사스케일 개발을 위해 슈퍼컴퓨팅 기술의 총체적인(holistic) 혁신이 필수 ([그림 2] 참조)
- 2021년 엑사스케일 시스템 초기형태 구축하고, 2022년에 완성하며, 2023년에 정식으로 응용분야에 적용할 계획으로 추진



[그림 2] ECP의 역할 - Holistic Project

자료 : The U.S. Exascale Computing Project (2017.03.) slide 18, ECP

- 총체적인 혁신을 달성하기 위한 기술적 4대 핵심 도전 분야 (Four key technical challenges) 및 세부내용 제안 (<표 1> 참조)

<표 1> ECP의 4대 핵심 도전 과제

| 분 야 | 세 부 내 용 |
|--------|---|
| 병렬 처리 | - 현존하는 시스템 보다 1,000배 많은 10억 개의 프로세스 동시 처리기술 - 가상의 엑사스케일 시스템을 기반으로 병렬 처리 SW 구현 |
| 메모리 | - 데이터 과학, 기계학습을 위한 빅데이터의 효율적인 처리 - 메모리 용량, 대역폭 등을 개선 (저전력) |
| 오류 복원 | - 엑사스케일 컴퓨팅의 대규모 병렬처리, 대규모 메모리 시스템의 오류를 최소화 하기 위한 SW 기술 |
| 에너지 소비 | - 약 10~20MW 수준으로 엑사스케일 시스템 구현 목표 - 에너지 소비에 직접적인 관련이 있는 HW 뿐만 아니라, SW 측면에서의 에너지 절감 연구 |

자료 : The U.S. D.O.E. Exascale Computing Project - Goals and Challenges (2017.02.), ECP

- ECP의 철학은 HW, SW, 응용분야의 공동 설계(Co-design)
 - 단순한 HW의 성능으로 엑사스케일 환경을 구현할 수 있다고 해도, 이것을 활용하기 위한 SW기술, 나아가 응용분야에 적용하는 기술적 차이(Gap)가 매우 큼
 - 따라서 ECP는 엑사스케일 환경을 십분 활용하기 위해 HW, SW, 응용분야의 상호 유기적인 협업을 강조



[그림 3] 총체적인(Holistic) 혁신을 위한 Co-design

자료 : Exascale Computing Project Update (2016.04.), ECP

- Co-design은 슈퍼컴퓨터 요소 기술뿐만 아니라 산·학·연의 협업도 강조
 - 먼저 미국 에너지부 산하의 응용분야에서 엑사스케일 컴퓨팅을 활용하여 해결하고자 하는 문제의 범위 정립하고, 문제를 해결하기 위한 요구사항을 SW와 HW 연구 과제에 반영
 - 엑사스케일은 초고성능 병렬처리를 요구하므로 이를 해결할 수 있는 SW 선행연구가 수반돼야 하며, 특히 이기종 연산처리장치⁹⁾ 환경에서 사용자가 HW의 지식 없이도 성능 최적화를 할 수 있는 프로그래밍 언어 개발 필요
 - 미국은 세계 최고의 기술력을 보유한 HPC 산업생태계를 바탕으로, 응용분야와 SW가 요구하는 HW 설계 진행

9) 서로 구조가 다른(예, CPU, GPU, FPGA, Accelerator) 연산처리장치를 구현한 환경

□ (중국) 풍부한 자금력과 급성장한 기술력으로 미국과 경쟁할 수 있는 강국

- 중국은 슈퍼컴퓨터 자체개발 기술력 확보를 위해 10년간 지속적인 투자 결과 미국의 아성을 넘어 자국기술력으로 세계 최고의 슈퍼컴퓨터 개발
- 슈퍼컴퓨팅에서 미국과 양강구도를 형성하면서 자국 과학기술의 역량 강화

- 최근 중국의 슈퍼컴퓨팅 기술은 양적·질적으로 크게 발전함에 따라, 중국의 세계 슈퍼컴퓨터 점유율은 현재 미국과 대등하며, 지난 5년간 세계 1위 슈퍼컴퓨터 보유국을 수성
 - 막대한 자금력으로 미국의 슈퍼컴퓨터를 도입했으나, 이에 위기감을 느낀 미국이 슈퍼컴퓨터를 전략 제품으로 지정하여 중국으로 수출을 제재
 - 그러나 중국은 2006년부터 연산처리장치 개발*에 지속적으로 투자하여 2016년 세계 최고의 슈퍼컴퓨터 ‘선웨이 타이후라이트’ 개발에 성공
 - * 선웨이 타이후라이트에 탑재된 연산처리장치인 SW26010은 260개의 코어를 보유한 다중코어 시스템
 - 이를 바탕으로 슈퍼컴퓨팅의 기술적 독립을 성공하여 미국 일변도의 HPC 생태계에 위협적인 존재로 자리매김
 - ※ 중국의 대규모 내수시장만으로도 기술발전을 견인할 수 있는 환경이 조성됐기 때문에 향후 행보가 큰 관심사
- 현존 세계 최고의 슈퍼컴퓨터 ‘선웨이 타이후라이트’
 - 선웨이 타이후라이트는 중국 장쑤성에 위치한 우시 국가슈퍼컴퓨팅센터에 설치되어 과학기술적 난제를 해결하기 위해 활용
 - 연산처리장치, 메모리 통신망, 운영체제에 이르기까지 슈퍼컴퓨터의 거의 모든 분야를 자체기술력으로 개발
 - 93PetaFlop/s의 실측 성능을 보유하고 있으며 2016년 6월 공개 당시 가장 전력을 적게 소모하는 green500¹⁰⁾에서도 1위 차지
 - 2017년 6월 ‘선웨이 타이후라이트’의 상용화를 위한 ‘선웨이 마이크로’ 회사를 설립하여 세계 HPC 시장에 진입

10) The Green500, <https://www.top500.org/green500/>



| | |
|--------|--|
| 코어 수 | 10,649,600개 |
| 이론 성능치 | 125,436 Tera Flop/s |
| 실측 성능치 | 93,014.6 Tera Flop/s |
| 메모리 | 1,310,720 Gigabyte |
| 전력 | 15,371 kW |
| 연산처리장치 | Sunway SW26010 (260 cores) 1.45 GHz |
| 운영체제 | Sunway RaiseOS 2.0.5 |

[그림 4] 중국의 선웨이 타이후라이트와 상세정보

자료 : 선웨이 타이후라이트 홈페이지, <http://www.nscwx.cn/wxcyw/index.php>

- 중국이 비약적인 성장으로 세계 정상을 차지했으나, 과학기술 경쟁력은 여전히 미국에 열세¹¹⁾
 - 표면상으로 중국은 슈퍼컴퓨터 점유율의 측면에서 미국과 비슷하지만, 중국의 슈퍼컴퓨터는 산업계의 데이터 센터나 클라우드에 집중
 - 미국은 과학기술을 주도하는 국책연구소나 대학위주의 슈퍼컴퓨터 분포
 - ※ 구글의 컴퓨팅 인프라 현황은 top500에 집계되지 않음
- 중국 역시 엑사스케일 컴퓨팅 경쟁대열에 합류
 - 2017년 중국은 엑사스케일 시제품을 공개할 예정이고, 현재까지 언급된 정보를 토대로 봤을 때 범용 DSP*나 ARM 기반 연산처리장치가 탑재될 가능성이 높음
 - * 디지털 신호처리장치(Digital Signal Processor)로 슈퍼컴퓨터에서는 SIMD¹²⁾ 형태
 - 이 시제품을 활용해 2020년까지 엑사스케일 컴퓨팅 환경 확보를 목표
- 중국은 인공지능 관련 컴퓨팅 수요를 충족하기 위해 거대 IT기업 위주의 대규모 컴퓨팅 인프라를 구축하여 자국 내 생태계 견실화¹³⁾

11) Putting the Rise of Chinese Supercomputing in Perspective (2017.01.), top500.org

12) Single Instruction Multiple Data, 많은 데이터가 동일한 연산을 수행하는 구조로 수치해석의 기반 라이브러리인 벡터-행렬 연산의 병렬처리에 활용

□ (일본) 자연재해 예측이라는 현실적인 문제 해결을 위해 슈퍼컴퓨팅 기술이 발전

- 일본은 지리적인 특성(지진해일 예측 등)에 의해 슈퍼컴퓨팅 기술이 발전한 강국으로 엑사스케일 시스템인 Post-K 컴퓨터 개발에 주력
- 특히 일본은 인공지능을 육성하기 위한 정책으로 슈퍼컴퓨터급 환경을 지속적으로 구축할 계획

○ Flagship 2020 프로젝트는 Post-K 컴퓨터¹⁴⁾ 개발을 위해 명명된 일본의 엑사스케일 프로젝트

- 일본 역시 미국과 마찬가지로 Co-design의 철학을 강조하여 슈퍼컴퓨터 개발과 응용분야의 긴밀한 협업을 추진
- 투입 예산은 총 1,100억 엔(1조 1453억 원)이며 목표 소모전력은 20~30MW
- Flagship 2020은 9대 응용분야*를 선정하여 사회적·국가적 견지에서 높은 의의가 있는 문제 해결

* 헬스케어, 재난 예측, 에너지 과학, 산업경쟁력 강화, 기초과학 등

- 2020년 Post-K 컴퓨터 운영을 목표로 했으나, 최근 연산처리장치 개발상의 난제와 제조 가격의 상승 등 무어의 법칙에서 벗어나는 현상으로 2021년 하반기 운용을 목표¹⁵⁾



[그림 5] Flagship 2020 Project의 추진 일정 변화

자료 : HPC計画について, (2017.03.)

※ 위 그림에서 추진 일정은

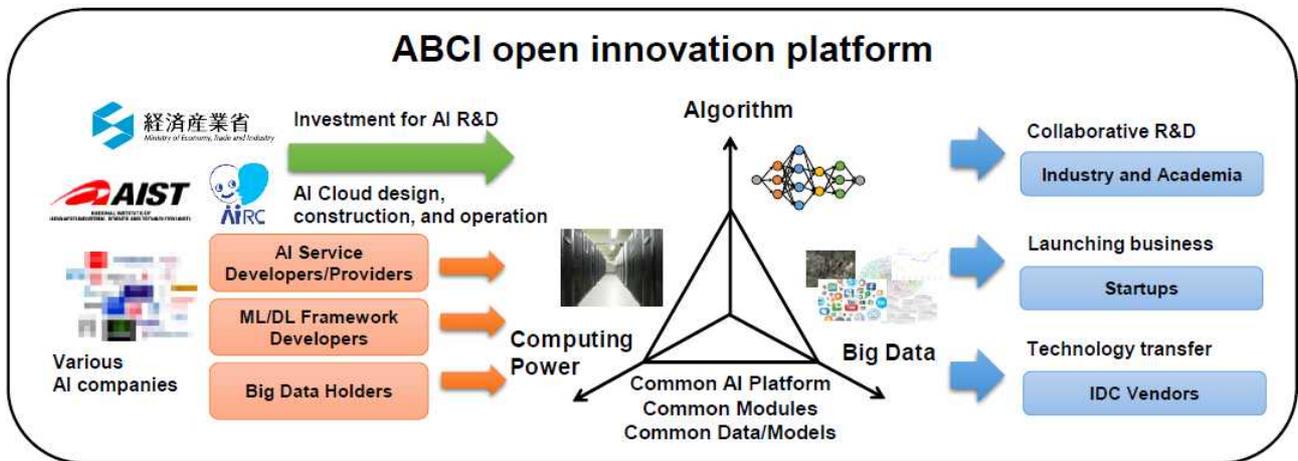
기본설계 → 시작·상세설계(▲코스트·성능평가, ◆중간평가) → 제조(양산) → 설치·조정 → 운용

13) Chinese Firms Racing to the Front of the AI Revolution (2017.02.), top500.org

14) 일본의 ‘K 컴퓨터’는 2011년 세계에서 정상을 차지한 슈퍼컴퓨터

15) HPC計画について, (2017.03.) 文部科学省研究振興局 参事官(情報担当)付 計算科学技術推進室

- 일본은 특히 인공지능 분야에 슈퍼컴퓨터급 환경 구축을 확산
 - 미국과 중국은 글로벌 IT 기업(구글, 바이두 등)이 인공지능 연구에 적극적인 행보를 보이며 선도하고 있으나, 일본은 이러한 역할을 수행할 기업 부족
 - 따라서 일본 정부는 인공지능 컴퓨팅 환경조성을 토대로 자국 내 인공지능 연구개발 경쟁력과 생태계 형성에 기여를 목표
 - (ABCI) 일본의 경제산업성이 195억 엔의 예산을 투입하여 130PetaFlop/s*와 3MW를 만족하는 인공지능 전용 클라우드 인프라 조성 예정 (2018년 1분기)
 - * 기준은 half-precision(16bit), 통상적인 슈퍼컴퓨터 성능은 double-precision(64-bit)**
 - ** 따라서 ABCI의 double-precision 기준 성능은 32.5PetaFlop/s



[그림 6] 일본의 대규모 인공지능 클라우드 ABCI의 체계

자료 : AI Bridging Cloud Infrastructure, (2016.11.) AIST

- (TSUBAME 3.0*) 도쿄공업대학에 half-precision기준 47PetaFlop/s의 성능을 구축하여 인공지능 전용 인프라로 활용
 - * 2017년 6월 기준 전력 당 계산성능을 측정하는 green500¹⁶⁾ 순위에서 14.11GigaFlop으로 1위
- 일본 역시 중국의 등장으로 슈퍼컴퓨팅 시장의 패권을 잠시 이양했으나, 엑사스케일 컴퓨팅 시스템 구축을 위한 체계적인 정책 마련으로 돌파구 마련
 - Fujitsu는 일본이 전략적으로 육성한 슈퍼컴퓨터 생산 기술 보유 기업
 - 지진 예측에서 세계적인 권위를 보유하고 있기 때문에, 슈퍼컴퓨팅에 대한 정부의 의지가 확고

16) Green500.org, <https://www.top500.org/green500/lists/2017/06/>

일본의 슈퍼컴퓨터 전문기업

- 2002년 세계 최고의 슈퍼컴퓨터인 일본의 지구 모사시스템(Earth Simulator)는 자국 기업의 슈퍼컴퓨팅 경쟁력을 강화하는 동시에 기후 예측 분야에의 과학적 발견을 위한 선도적 입지를 마련¹⁷⁾
 - 당시 약 6백억 엔(6천억 원)이라는 천문학적인 금액을 투자
 - 일본의 슈퍼컴퓨터 기업인 NEC가 입찰에 성공하여 세계 최고수준의 슈퍼컴퓨터 개발에 성공하고 10km 격자의 전지구 모델링에 활용
- 일본은 자국내 슈퍼컴퓨터 전문기업을 적극적으로 지원하는 정책을 바탕으로 슈퍼컴퓨팅 기술 국산화 노력을 경주
 - 일본의 글로벌 슈퍼컴퓨터 전문기업인 Fujitsu는 지난 2011년 세계 최고의 슈퍼컴퓨터인 K 컴퓨터를 자체적으로 개발
 - 엑사스케일 프로젝트인 Flagship2020에도 Fujitsu가 슈퍼컴퓨터 개발 업체로 선정
 - Fujitsu는 일본의 정부출연연구소인 이화학연구소(RINKEN)와 긴밀한 협업을 통해 차세대 슈퍼컴퓨터 수요에 대응하는 협력개발(co-development)체계 구축
 - 또한 Fujitsu는 연산처리장치를 자체 개발할 수 있는 기술력을 보유하고 있을 뿐만 아니라, 운영체제나 파일시스템과 같은 SW 기술력도 겸비하여 명실 상부한 글로벌 슈퍼컴퓨터 기업으로 도약



[그림 7] 일본의 슈퍼컴퓨터 Earth Simulator(좌) K-computer(우)

자료 : Wikipedia, 地球シミュレータ, 京 (スーパーコンピュータ)

17) Supercomputing Resurrected (2013.02.), MIT Technology Review

(2) 국내 현황

- 우리나라는 슈퍼컴퓨터 점유율, 슈퍼컴퓨팅 기술력에서 선진국 대비 많이 뒤쳐져 있으나, 슈퍼컴퓨터 5호기 도입 추진으로 돌파구 마련
- 슈퍼컴퓨팅 자체기술력 확보를 위한 R&D 예산은 슈퍼컴퓨터 도입비용 보다 상당히 낮은 수준으로, 국가 슈퍼컴퓨팅 기술 육성을 위한 방안 마련이 시급

□ 국내 슈퍼컴퓨터 현황

- 2017년 6월 top500.org¹⁸⁾에 게시된 현황을 기준으로 우리나라의 슈퍼컴퓨터 점유율은 1.6%로 8위 차지
 - 지난 20여 년간 우리나라의 슈퍼컴퓨터 점유율*은 1~3%를 유지했으며, 전 세계에서 7~10위 권 분포
 - * 점유율은 단순히 슈퍼컴퓨터 도입과 관련된 수치로, 이것이 국가의 슈퍼컴퓨팅 기술력과 직결된다는 것을 의미하지 않음
- 한국과학기술정보연구원(KISTI)은 슈퍼컴퓨터 5호기 도입 제안요청서를 게시하여 2018년 상반기 운용을 목표
 - 5호기 도입과 관련된 총 예산은 587억 원¹⁹⁾이고, 목표 성능은 25.7PetaFlop/s, 소비전력은 8MW이하
 - ※ 25.7PetaFlop/s의 이론성능은 2017년 6월 기준으로 세계 5위 권 수준

□ 『국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률(약칭 : 초고성능컴퓨터법)』 ('11.06) 및 『시행령』 ('11.12) 수립

- (목적) 국가초고성능컴퓨터의 효율적인 구축과 체계적인 관리를 통하여 지속가능한 활용을 도모하고 과학기술의 발전 기반을 조성함으로써 국민의 삶의 질 향상과 국가경제 발전에 이바지함 (초고성능컴퓨터법 제1장 1조)

18) top500.org는 매년 6월과 11월에 세계에서 가장 빠른 슈퍼컴퓨터를 1위부터 500위까지 공개 및 인증하는 기관으로, 초당 연산처리를 얼마나 많이 하는지를 실측한 기준으로 순위 산정

19) 예비타당성조사 보고서 - Super Korea 2020 : 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 선진화 사업, (2015.09.), 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

- 제1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(2013~2017) 발표 (2012.12.06.)
 - (전략과 목표) 신규 수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대, 세계 Top10 수준의 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축, 초고성능컴퓨팅 자체개발 역량 확보 및 산업화 토대 마련
 - <표 2>와 같이 10대 전략 과제 제안

<표 2> 3대 전략 - 10대 전략 과제

| 3대 전략 | 10대 전략 과제 |
|---------------------|--|
| 초고성능컴퓨팅 활용 확대 | 과제 1. 국가초고성능컴퓨팅 활용 국가연구개발 활성화 과제 2. 초고성능컴퓨팅을 활용한 산업 혁신 강화 과제 3. 초고성능컴퓨팅 기반 공공·민간 응용 서비스 확대 과제 4. 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대 |
| 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 강화 | 과제 5. 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보 과제 6. 효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축 과제 7. 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성 |
| 초고성능컴퓨팅 기술개발·산업화 촉진 | 과제 8. 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 개발 역량 확보 과제 9. 차세대 초고성능 컴퓨팅 원천 기술 R&D 확대 과제 10. 초고성능컴퓨팅 관련 산업 기반 육성 |

자료 : 제1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(2013 ~ 2017)

- 제1차 기본계획을 토대로 차세대 슈퍼컴퓨터 도입과 자체개발을 위한 예비타당성 조사 진행 (2015.09. <표 3> 참조)

<표 3> 국가 초고성능컴퓨팅 예비타당성 조사 추진 현황 (2016 ~ 2020 계획)

| 제안 시점 (금액) | 세 부 내 용 | | |
|------------------------|--|------------------|--|
| 2013.12. (2,034억) | - 리더십 시스템 (1,103억 원), 플래그십 51PFlops 자체개발 (931억 원) ※ 자체개발의 위험도가 산재한 상태에서 리더십 시스템과 동일한 예산 편성은 부적절. 플래그십 시스템의 ARM기반 저전력 구성은 범용성이 확보되기 어려운 점을 고려해 재조정안 요구 | | |
| 2015.02. (1,606.7억) | - 리더십 시스템 (1,103억 원), 플래그십 ARM & x86 (503억 원) ※ 플래그십 과제에서 ARM과 x86을 동일한 예산을 투입해서 구축하는 것이 부적절. 특히 쌍대비교(AHP)설문조사 결과 범용성이 높은 x86 시스템이 적절하기 때문에 재조정안 요구 | | |
| 2015.05. (1,198억) | - 리더십 시스템 (1,103억 원) x86 프로토타입 (94.6억 원) | ⇒ 예비타당성 검토 | - 리더십 시스템 (908억 원) x86 프로토타입 (82.7억 원) 총 990.8억원 규모 |

자료 : 예비타당성조사 보고서 - Super Korea 2020 (2015.09.), KISTEP 에서 정리

- 슈퍼컴퓨팅 자체개발 과제 예산안이 931억 → 503억 → 82.7억 원으로 감소한 주된 이유는 국내 기술력으로 차세대 슈퍼컴퓨터를 개발할 수 있는 가능성에 대한 위험도가 매우 크다고 판단
- 그러나 위험도가 문제라면 국내 상황을 면밀히 판단하고 방향을 제시하는 복수의 사전연구를 통해 위험도를 극복하는 방안 수립이 필수적
- 국제적인 동향은 엑사스케일 시스템 구축으로 천문학적인 투자가 진행되는 반면, 국내 슈퍼컴퓨팅 기술 국산화는 페타스케일 시스템에 머물러 있고 투입 예산 역시 소극적임

□ 국가 초고성능컴퓨팅 육성에 대한 노력

- 정부는 매년 100억 원 씩 10년간 1,000억 원을 슈퍼컴퓨터 자체개발 사업에 투자를 계획²⁰⁾
- 연구재단의 『차세대정보·컴퓨팅기술개발사업』에서 과제 추진 (<표 4> 참조)

<표 4> 국가 초고성능컴퓨팅 관련 연구과제 및 예산 (2015~2016)

| 연구 사업 | 세 부 내 용 | 예 산 |
|---------------------------------|--|----------|
| PF급 이종 초고성능 컴퓨터 개발사업 | - 초고성능컴퓨팅 핵심기술개발 로드맵 수립 - 국산화 대상 기술 선정 및 개발계획 마련 - 산·학·연 등 국내외 개발 역량 결집 노력 - 초고성능 핵심기술개발 자원확보 노력 | 50.96억 원 |
| 차세대정보·컴퓨팅 원천기술 개발사업 (시스템 SW 분야) | - 엑사스케일 초고속컴퓨팅 시스템을 위한 시스템 소프트웨어 원천기술 연구 - 초고성능컴퓨팅 환경을 위한 고효율 고신뢰 운영체제 기술 개발 - 이종 멀티코어 기반의 클라우드 상에서 프로그래머 생산성 및 퍼포먼스를 위한 엑사스케일 빅 데이터 분석 플랫폼 - 매니코어 및 멀티코어 구조의 프로세서를 위한 선형대수 연산 패키지 개발 | 18억 원 |

자료 : 연구재단, 『차세대정보·컴퓨팅기술개발사업』에서 정리

- 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 정책수립 조사 및 분석 (2017~)
 - 지능정보사회에서의 컴퓨팅 역량강화 방안 연구를 골자로 2차 계획 수립²¹⁾

20) 미래부, 슈퍼컴퓨터 자체개발 착수 - 총 1,000억 원 규모의 초고성능컴퓨팅(HPC) 사업단 출범, (2016.04.) 미래창조과학부 원천기술과

21) 2017년도 제2차 기초원천연구기획과제 주관연구책임자 공모 (2017.02.), 연구재단

3. 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안

- 슈퍼컴퓨팅의 세계 동향은 엑사스케일 컴퓨팅 시스템 구축인 반면 국내 정책은 페타급 자체개발에 머물러 있는 실정
 - 국제적인 동향이 엑사스케일이기 때문에 우리도 엑사스케일 컴퓨팅 역량 확보에 동참해야 한다는 논리는 국내의 실정을 반영하지 않음
 - 미국, 중국, 일본과 같은 슈퍼컴퓨팅 선진국에 비해 국내 연구진의 역량이 양적·질적으로 열악한 상황에서 슈퍼컴퓨터 개발에 대한 예산투입의 결과물이 세계 최고를 지향해야 할 필요성은 없음
 - ※ 엑사스케일 컴퓨팅은 선진국에서조차 도전적인 과제
 - 슈퍼컴퓨터는 [그림 1]과 같이 다양한 요소기술이 충족되어야 하므로 단순히 HW 성능으로 슈퍼컴퓨팅 기술력을 판단할 수 없음
 - 따라서 HW 성능이 확보된다고 해도 이를 활용하기 위한 SW기술, 나아가 해결하고자 하는 과학적 난제와의 연계가 중요
 - 국내 전문가 수준, 생태계를 전반적으로 점검하고 제한된 인적·물적 재원 안에서 자체기술 확보 방안을 구체화할 수 있는 정책 마련이 시급
 - 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획에서 국내 상황을 면밀하게 파악하기 위한 소요제기 필요
 - 국내 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안은 크게 2단계로 구분하여 슈퍼컴퓨터 강국으로 도약하는 체계 제안
 - (1단계, 현재 ~ 2020) 정부 주도의 특정 슈퍼컴퓨터 요소기술의 집중 연구 개발과 기술추격을 위한 슈퍼컴퓨터 자체개발 착수
 - 슈퍼컴퓨터의 요소기술은 대략적으로 10여개 내외로 구성[그림 1]되며, 응용 분야를 포함하면 수 십 가지 기술로 세분화
 - (집중연구) 우리의 기술수준을 바탕으로 세계 최고 수준의 기술력을 선도할 수 있는 특정 요소기술이나 핵심 기반 기술에 집중적인 재원 투자

- 현실적으로 모든 요소기술을 국산화하는 것은 비용 측면에서도 비효율적이므로, 1단계에서는 국제수준을 빠르게 달성할 수 있는 요소기술 위주의 투자가 바람직
- 장기적인 안목에서 투자가 필요한 분야*도 발굴하여 우선순위별로 지원

* 중국의 경우 자체 연산처리장치 개발을 위해 11년간 지속적인 투자

- 예를 들어, 슈퍼컴퓨터 수치해석 라이브러리 개발이라는 핵심 기반 기술에 대해 모든 역량을 투입한다고 가정한다면 다음과 같은 연구과제 도출 가능

※ 미국의 ECP에서 밝힌 에너지부 22대 응용과제의 수치해석 알고리즘 활용도에 따르면 21개의 과제에서 희소행렬 해법(Sparse Linear Solver)*이 활용²²⁾

※ 희소행렬 해법의 병목은 메모리 전송에서 발생하기 때문에, 메모리 전송을 최적화하는 원천기술 연구와 다양한 형태의 희소행렬에 대한 해법을 이론적으로 연구하는 과제를 도출할 수 있음

* 희소행렬은 행렬의 원소에서 0이 많은 형태를 지칭하며, 주로 (편)미분방정식의 수치적인 해법을 적용할 때 희소행렬이 생성. 이러한 희소행렬은 대부분 행렬식의 형태로 표현되며, 이것의 해를 구하는 방법이 희소행렬 해법

○ (자체개발) 국내의 모든 HPC 전문가가 하나의 거대 컨소시엄 ‘(가칭) 국가 슈퍼컴퓨팅 연구단’을 구성하여 국가의 전략 프로젝트로서 슈퍼컴퓨터 국산화 R&D 수행

- 성공적인 기술 추격을 위해서는 산·학·연의 모든 HPC 전문가*가 슈퍼컴퓨터 국산화 연구에 투입될 수 있는 환경 마련

* 국내 HPC 전문가는 양적·질적으로 부족한 상황

※ 경쟁을 통한 과제선정보다 하나의 추진체제로 유기적으로 협업하는 방식 제안(Co-design)

- 연구단에 HPC 기업 참여를 장려하여 원활한 기술이전 환경을 마련
- 연구단의 목표는 슈퍼컴퓨터 국산화 추진으로 자체개발에 대한 위험성을 낮추기 위해 국제적인 동향을 면밀히 파악하여 가장 활용도가 높은 시스템에서의 R&D 추진 중점

※ 예를 들면, 현재 슈퍼컴퓨터에서 가장 널리 활용되는 x86 시스템과 가속기 형태의 시스템에서 최적화 추진. 새로 주목받는 시스템(ARM, FPGA 등)은 선택적으로 접근하는 전략을 취해 향후 활용 가능성 정도를 파악

22) The U.S. D.O.E. Exascale Computing Project - Goals and Challenges (2017.02.), ECP

□ (2단계, 2020 ~ 2025) 슈퍼컴퓨팅 기술의 국산화 달성과 최종 산출물로 슈퍼 컴퓨터 전문기업 육성

- 1단계 연구 결과를 바탕으로 슈퍼컴퓨터를 자체 생산할 수 있는 역량 확보
 - 슈퍼컴퓨터 요소기술별 국산화를 통해 자체 생산 추진
 - 슈퍼컴퓨터 전문기업의 전략적 육성으로 국내 HPC 수요 충족과 개발도상국으로 수출 달성
- (범용기술 확보) 다양한 도전적인 과학적 문제를 해결하기 위해 범용성이 높은 선도형 슈퍼컴퓨팅 R&D 추진
 - 이기종 연산처리장치를 효율적으로 활용할 수 있는 프로그래밍 모델 및 컴파일러 개발
 - 오류를 자동으로 탐지하고 복구할 수 있는 시스템SW 등
- (전문기업) 연구단의 성과를 산업계로 이전하여 전문기업 육성
 - 전문기업은 ‘국가 슈퍼컴퓨팅 연구단’ 발족 시부터 참여하는 기존 HPC 기업이거나 연구단이 직접 창업하는 형태로 추진
 - 일본의 전문기업 육성 사례*와 같이 국내 기술력으로 개발한 슈퍼컴퓨터 적극 활용

* 지구 모사시스템(NEC), K 컴퓨터와 포스트 K 컴퓨터(Fujitsu)

□ 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안의 단계별 전략 (<표 5> 참조)

<표 5> 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안 전략

| 구 분 | 1단계 (현재 ~ 2020) | 2단계 (2020 ~ 2025) |
|-------|-----------------|-------------------|
| 기술 수준 | 핵심 기술 확보 | 완전 국산화 |
| 범위 | 특정 요소기술 | 범용기술 |
| 주체 | 컨소시엄 (연구단) | 전문기업 |

4. 결 론

- 슈퍼컴퓨팅 기술은 도전적인 기초과학의 난제를 해결하기 위해 필수적이기 때문에, 선진국은 공격적인 투자를 바탕으로 기술의 선제적 확보를 위해 노력
 - 저전력 엑사스케일 컴퓨팅 시스템 구축은 슈퍼컴퓨팅 선진국조차 도전적인 과제로, 기술 선점도 중요하나 응용분야와의 연계성 역시 매우 중요
 - 미국은 전통적인 슈퍼컴퓨팅의 강국으로 체계적인 준비 하에 엑사스케일 프로젝트를 진행 중
 - 중국은 막대한 자금력과 우수한 자국 기술력을 바탕으로 미국과 직접적으로 경쟁할 수 있는 역량을 키웠으나, 슈퍼컴퓨터 활용측면을 강화할 필요성 존재
 - 일본은 재난재해 대비를 위해 필연적으로 슈퍼컴퓨팅 기술이 필요한 상황으로 엑사스케일 컴퓨팅 경쟁 대열에 합류
 - 우리나라는 선진국 대비 전문가의 수준, 정부의 예산 투입 수준이 상대적으로 미비하므로 체계적인 분석 하에 기술 추격이나 특정 분야의 선도 전략이 필요
- 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안으로 다음 두 단계를 제안
 - (1단계) 정부 주도의 슈퍼컴퓨터 특정 요소기술의 집중 연구개발과 기술추격을 위한 슈퍼컴퓨터 자체개발 착수
 - 우리의 기술수준을 바탕으로 세계 최고 수준의 기술력을 선도할 수 있는 특정 요소기술이나 핵심 기반 기술에 집중적인 자원 투자
 - 국내의 모든 HPC 전문가가 하나의 거대 컨소시엄 ‘(가칭) 국가 슈퍼컴퓨팅 연구단’ 을 구성하여 국가의 전략 프로젝트로서의 슈퍼컴퓨터 국산화 R&D 수행
 - (2단계) 슈퍼컴퓨팅 기술의 완전 국산화 달성과 최종 산출물로 슈퍼컴퓨터 전문기업 육성

[참고문헌]

1. 국내문헌

2017년도 제2차 기초원천연구기획과제 주관연구책임자 공모 (2017.02.01.), 연구재단
이형진, 최윤근, 미래 초고성능컴퓨팅 생태계 구축을 위한 국가 슈퍼컴퓨팅 인프라 개
발과 구축 (2016.02.), 한국과학기술정보연구원(KISTI)
미래부, 슈퍼컴퓨터 자체개발 착수 - 총 1,000억 원 규모의 초고성능컴퓨팅(HPC) 사업단 출범,
(2016.04.05.) 미래창조과학부 원천기술과
추형석, 안성원, 인공지능의 핵심인프라 - 고성능컴퓨팅 환경의 중요성 (2017.01), 소프
트웨어정책연구소, 이슈리포트 2016-013
예비타당성조사 보고서 Super Korea 2020 : 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 선진화 사업,
(2015.09.), 한국과학기술기획평가원(KISTEP)

2. 국외문헌

AI Bridging Cloud Infrastructure, (2016.11.) AIST
Exascale Computing Project Update (2016.04.), ECP
ExaScale Computing Study: Technology Challenges in Achieving Exascale Systems
(2008.09.), DARPA
HPC計画について, (2017.03.) 文部科学省研究振興局 参事官(情報担当)付 計算科学技術推進室
The U.S. Exascale Computing Project (2017.03.) Exascale Computing Project
The U.S. D.O.E. Exascale Computing Project - Goals and Challenges (2017.02.), ECP

3. 기타(신문기사 등)

Supercomputing Resurrected (2013.02.), MIT Technology Review
Putting the Rise of Chinese Supercomputing in Perspective (2017.01.) top500.org

주 의

1. 이 보고서는 소프트웨어정책연구소가 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용의 전부 또는 일부를 사용할 때는 반드시 소프트웨어정책연구소의 연구결과임을 밝혀야 합니다.



공공누리

공공 저작물 자유이용허락

[소프트웨어정책연구소]에 의해 작성된 [SPRI 보고서]는 공공저작물 자유이용허락 표시기준 제4유형(출처표시-상업적이용금지-변경금지)에 따라 이용할 수 있습니다.
(출처를 밝히면 자유로운 이용이 가능하지만, 영리목적으로 이용할 수 없고, 변경 없이 그대로 이용해야 합니다.)