

비상경제 중앙대책본부
21-36-4
(보고, 공개)

보도시점:
5.29.(토) 조간
온라인 5. 28 13:30

4차 산업혁명 퀀텀점프를 위한 국가초고성능컴퓨팅 혁신전략

2021. 5. 28.

관 계 부 처 합 동

국가초고성능컴퓨팅 혁신전략(요약)

1. 추진 배경

- 초고성능컴퓨팅은 인공지능·데이터와 융합, 경제·사회 전반의 대변혁을 견인하는 4차 산업혁명시대 신(新)사회간접자본
 - 세계 각 국은 국가 미래 경쟁력의 핵심요소로 인식*, 국가적 역량 집중**
 - * "초고성능컴퓨팅은 게임의 룰을 바꾸는 증명된 기술"(미국경쟁력위원회, '15) 등
 - ** 미·중·일·EU는 매년 조단위 예산을 투자하는 등 기술의 선점 경쟁 및 전략무기화
- 2차 기본계획('18~'22)* 이후 국내외 패러다임 변화**에 발빠르게 대응하고 롱텀기술로서 성과를 가시화하는 장기 전략 마련 시급
 - * 초고성능컴퓨터법에 따른 5년 단위 법정계획으로 중장기적 전략 부족
 - ** 페타급(PF, 초당 10^{15} 번 연산)⇒엑사급(EF, 10^{18}) 기술 대전환 EU의 자체개발 전환 등 기술안보 강화

2. 해외 동향

- 주요국은 과학·연구뿐 아니라 경제·산업, 의료, 안보 등 국가 차원의 활용 전략 분야를 정하여 인프라구축-기술개발-활용을 연계, 집중 투자
 - 신규 인프라 구축에 대규모로 투자*하고, 공동활용 노력** 병행
 - * EuroHPC('20~'23, 4PF~엑사급의 7개 시스템 구축) 등 ** XSEDE(미국), PRACE(유럽), HPC(일본) 등
 - 고성능 CPU 등 자체 기술력 既 확보, 엑사시스템* 개발 경쟁 중
 - * 연산성능·집적도 100배↑, 전력효율 3배↑, 높은 확장성·유연성 구현 등

미국	· 전방위 투자('21년 18억\$ 수준)	중국	· CPU 등 대부분의 요소기술 확보
	· '23년까지 엑사시스템 3기 개발		· '10년 '13년 '17년 세계 최고 시스템 개발
일본	· IBM, HPE 등 강력한 산업생태계 보유	유럽	· 미국에 대응 기술개발 강화(연 1조원 이상 투자)
	· K-Computer('12), Fugaku('20) 등 2차례 세계 최고 시스템 개발		· '10년 중반 해외도입→자체개발로 전환
	· NEC, Fujitsu 등 전문기업 육성		· CPU 포함 엑사시스템 자체 개발 중
			· 산업기반이 약해 별도 벤처회사 설립해 추진

3. 국내 현황 진단 및 시사점

- (인프라) 신규 투자 정체 및 효율적 활용체계 미비로 자원 부족 심화
 - 인프라 운영기관은 확대되고 있으나 전반적으로 자원 경쟁력이 낮은 수준
- ※ 정부 연평균 투자액 1,000억원 내외로 주요국 대비 1/10 수준

- 수요 증가에 비해 자원 부족으로 수요자 서비스 질 저하

※ 국가센터 과제 지원율 : ('15) 92% → ('16) 85% → ('17) 81% → ('18) 76% → ('19) 66%

※ 국내 자원량/수요 현황 : ('15) 9.7PF/311PF(수요 32배↑) → ('20) 31.5PF/15.1EF(수요 480배↑)

☞ **국내 초고성능컴퓨팅센터를 다양화·체계화하고, 정부의 적극적인 인프라 구축 지원 필요**

○ (기술·산업) 원천기술·개발역량 부족 및 산업기반 미비

- 전반적 기술수준은 최고기술국 대비 70% 내외*로 낮은 편이며, 정부R&D도 사업 간 분절되고 단기적 투자에 그쳐 효과 반감

* HW분야 78.6%(2.6년), 시스템SW분야 70.5%(3.4년), 응용SW분야 51.5%(6.7년)

- '소규모 시장' ⇒ '기업역량 취약' ⇒ '외산 의존'의 악순환 고착화

☞ 기술개발은 선택과 집중을 통해 중장기적으로 일관성 있게 추진하고, 산업생태계 구축을 위해서는 공공부문의 적극적 역할 필요

○ (활 용) 전략적 활용체계 부족 및 지속 발전기반 미흡

- 개인 연구수요 중심으로 자원이 배분되고, 아마저도 필요 자원보다 적게 할당

※ 주요국 대비 1개 연구과제당 자원배분 시간은 1/3, 산업계 배분자원량은 1/20 수준

- 활용연구 지원사업 및 보안체계, 응용SW, 전문인력 등 활용기반 부족

※ 초고성능컴퓨팅 관련 산업체 인력현황('20) : 종사자 4,416명, 부족인원 2,208명

☞ 우수 연구자·산업계의 혁신적 잠재 수요가 실제 활용으로 이어질 수 있도록 수요맞춤형 지원 및 인력양성 등 필요

4. 비전 및 추진전략

비전

초고성능컴퓨팅 강국 도약으로 4차 산업혁명 원점점프 실현


목표 및
추진전략

【 목 표 】

구 분	'20년	'25년	'30년
컴퓨팅 파워	12위	8위	5위
선도기술 분야*	5개	13개	24개
新서비스 창출	-	5개	10개

* "선도(최고국가 대비 80%)" 이상인 분야

【 추진 전략 】



중점
추진과제

① 전략적 인프라 확충

- 세계적 인프라를 갖춘 국가센터 육성
- 분야별 전문센터 지정·육성
- 초고성능컴퓨팅자원 공동활용체계 2.0 구축

② 독자적 기술력 확보 및 산업화 기반 마련

- 전략기술 포트폴리오 기반의 핵심원천기술 확보
- 자체 프로세서 기반 엑사급 초고성능컴퓨터 개발 및 구축
- 기술사업화 장벽 해소 및 지속성장기반 구축

③ 혁신적 활용 활성화

- 국가 전략 분야 중심의 수요맞춤형 지원 강화
- 전문성 기반의 개방형 활용 생태계 구축

5. 주요 내용

① 전략적 인프라 확충

- ◆ 초고성능컴퓨팅센터를 국가센터 - 전문센터 - 단위센터로 체계화하고, 이를 기반으로 대규모 인프라 확충 및 자원의 공동활용 강화 추진

① 세계적 인프라를 갖춘 국가센터 육성 (과기정통부)

- 국가 플래그십 초고성능컴퓨터로서 세계 5위급 수준의 6호기('23~'27) ⇒ 7호기('28~) 구축·운영
 - ※ 충분한 성능을 갖춘 시스템(예시: 6호기 500PF급, 7호기 20EF급)을 선제적 확보
- 인프라 운용 효율성 제고를 위해 소규모 초고성능컴퓨터 운영 확대* 및 국가센터내 다양한 컴퓨팅자원**의 통합 운영체계 구축
 - * 딥러닝 전용 초고성능컴퓨터(뉴런) 성능을 20PF('25)로 확대 초고성능컴퓨팅 테스트베드 구축 등
 - ** 소재데이터 플랫폼, 바이오/유전체데이터 플랫폼, 계산과학 플랫폼(EDISON) 등

② 분야별 전문센터 지정·육성 (관계부처)

- 10대 전략 분야와 연계, '30년까지 10개 목표로 단계적 지정·운영 확대
 - ※ 전문센터 유형 : 연구플랫폼형(소재·생명·ICT 등), 공공서비스형(기상·재난·국방 등), 지역거점형
- 초고성능컴퓨터 운영 희망기관의 센터 진입을 돕는 인큐베이션 프로그램* 운영
 - * 퇴역자원 무상 이전, 인력 기술교육 등 지원

③ 초고성능컴퓨팅자원 공동활용체계 2.0 구축 (관계부처)

- 공동활용자원을 (가칭) '국가초고성능컴퓨터 공동활용 협의체'를 통해 전략적 배분, 센터별 직접 서비스('22~) ⇒ 자원을 연동한 클라우드 기반 통합 서비스('25~) 제공
 - ※ 초기 국가·전문센터 중심에서 단위센터로 확대
- 창출 데이터를 집적, 공동활용하는 초고성능컴퓨팅 데이터 허브 구축 추진
 - ※ 통합저장소 구축, 데이터 표준체계 마련, '데이터담'과 연계 등

② 독자적 기술력 확보 및 산업화 기반 마련

- ◆ 전략기술 포트폴리오 기반으로 단계별(요소기술⇒시스템) 기술혁신 프로젝트 추진
- ◆ R&D 기업참여 확대, 초기수요 창출, 기술지원 등 산업생태계 조성

① 전략기술 포트폴리오 기반의 핵심원천기술 확보 (과기정통부)

- ‘기술안보’를 넘어 ‘기술선도’ 목표로 24개 핵심기술을 도출하고, 4대 포트폴리오로 카테고리화하여 전략적 기술개발 추진

프로세서	플랫폼기술
기술 CPU, 가속기, 통합프로세서 목표 글로벌 수준의 성능·효율을 갖춘 독자 초고성능 컴퓨팅 프로세서 개발을 통해 세계 5대 기술보유국 도약 전략 자체 가속기 기반 진화형 서버 프로세서 개발(24) → 자체 CPU 코어 탑재 프로세서 개발(30)	기술 메인보드, 냉각기술, 패키징, 시스템연결망 기술 목표 국내 초고성능컴퓨터 전문기업 육성 목표로 경쟁력 있는 시스템 기반기술 개발·상용화 전략 자체 프로세서 기반 랙 규모 시스템 개발(24) → 기술 유연성을 강화한 혁신 기술 및 선도제품 창출(30)
데이터집약형기술	활용기반기술
기술 메모리/메모리관리, 스토리지/병렬파일시스템 AI/HPDA 목표 세계 최고 메모리 반도체 경쟁력 → 데이터 관리·처리 기술로 확대, 인공지능·빅데이터 경쟁력 강화 전략 대규모 데이터 처리 시 병목 최소화 기술 등 추격 개발(24) → 차세대 스토리지 등 선도기술 확보(30)	기술 응용라이브러리, 병렬프로그래밍 모델, 작업/자원관리 목표 자체적인 시스템 운영 및 응용 기술력 확보를 위해 기술가치·활용성이 높은 핵심 기반기술·SW 중점 개발 전략 자체 프로세서 개발 연계 기반SW 개발역량 축적(24) → 국제협력 활용, 엑사급 라이브러리 등 개발·적용(30)

② 자체 프로세서 기반의 엑사급 초고성능컴퓨터 개발 및 구축 (관계부처)

- (추진목표) 프로세서·메모리 등 자체 부품 기반으로 엑사급 초고성능 컴퓨터 Full시스템을 설계부터 제작·설치까지 독자 개발·구축(24~30)
 ※ 자체 기술역량을 갖춘 국내 기업을 육성하여 부품 국산화 및 시스템시장 진입 추진
- (추진전략) 수요기관 - 사업단 - 수행기관* 간 긴밀한 협업체계 및 수행기관內 산·학·연 결집체계 구축

* 컴퓨팅 산업계가 주도하는 민간 중심 R&D 협력체계로
 ① 대·중소기업, 대학, 출연(연) 참여 컨소시엄, ② 벤처 설립(EU방식), ③ 연구소기업, ④ 민·관 출자회사 등 검토



③ 기술사업화 장벽 해소 및 지속성장기반 구축 (관계부처)

- 공공혁신조달 등과 연계, 공공^①·민간^② 컴퓨팅 인프라를 통한 초기시장 창출
 - ① 자체 개발 PF급 초고성능컴퓨팅시스템을 소재 연구데이터플랫폼 등에 적용(21~22) 등
 - ② 국내 클라우드 기업, 포털사 등의 인프라에 우선 활용을 통한 시장 확대 지원
- 초고성능컴퓨팅 기술을 다양한 전·후방 산업에 접목, 新기술·新제품 개발 지원
 - * 전담기술지원단 운영을 통한 기술 수요기업·보유기관 간 기술이전 중개, 초고성능컴퓨팅 기술을 활용한 제품·서비스 고도화 및 공공의 실증 관련 기술·인력·장비 등 지원
- 국산 부품·시스템에 대한 인식 개선 및 신뢰도 제고
 - * 조달우수제품 등록 지원 공동브랜드 개발 활성화 기업 디렉토리 발간 인증제도 도입 검토(~25) 등

③ 혁신적 활용 활성화

◆ 10대 전략분야* 중심으로 컴퓨팅자원 배분 및 수요맞춤형 지원

* 초고성능컴퓨팅 활용 파급효과가 큰 ①소재·나노, ②생명·보건, ③ICT, ④기상·기후·환경, ⑤자율주행, ⑥우주, ⑦핵융합·가속기, ⑧제조기반기술, ⑨재난·재해, ⑩국방·안보 분야

◆ SW생태계 구축, 연구개발서비스업·전문인력 육성 등 지속발전기반 구축

① 국가 전략 분야 중심의 수요맞춤형 지원 강화 (관계부처)

- 국가초고성능컴퓨팅 자원을 통합하여 분야별^①·주체별^② 전략적 지원
 - ① 매년 국가 자원의 분야별 배분 비율 마련·적용하고, 전략 분야에 50% 이상 배분
 - ② 정부·공공기관 10%(‘20년 2%, 기상청 제외), 기업 20%(‘20년 1.2%) 전용자원 제공
- 민간기업^①, 정부·공공기관^②, 연구자^③ 별 맞춤형 지원 강화
 - ① 보안 강화, 민간 초고성능컴퓨터의 공공위탁운영 활성화, 소재제조업의 디지털 트윈 활용
 - ② 공공서비스 등에 초고성능컴퓨팅 활용 촉진을 위한 전문가 컨설팅 및 실증 지원
 - ③ 초고성능컴퓨팅 활용 기반의 정부R&D사업 지원 확대
- 사용자 접근성을 높인 맞춤형 서비스 환경 구축 및 수요 밀착 지원
 - * 국가센터·전문센터·단위센터 간 서비스 연계 기반의 초고성능컴퓨팅 원스톱 서비스 체계 구축

② 전문성 기반의 개방형 활용 생태계 구축 (관계부처)

- 국가 전략 분야 중심으로 전문화된 응용SW 개발·공유 서비스 제공
- 창업촉진 - 역량강화 - 시장창출 - 홍보 등 전주기 지원을 통한 초고성능 컴퓨팅 활용 기반의 연구개발서비스업 육성
- 초고성능컴퓨터 활용^①·개발^②·운영^③ 분야별 특화 전문인력 육성
 - ① 계산과학공학 관련학과 설치 지원, 국가전문센터 자원 활용 수준별 교육프로그램 운영 등
 - ② 관련 R&D사업, 석·박사 인력양성사업 신설 등을 통해 프로젝트 중심 인력양성 추진
 - ③ 인턴십·단기교육 프로그램 운영, 직무수행능력 표준 개발·보급 등

6. 향후 추진계획

- ‘범부처 국가초고성능컴퓨팅 협의체’를 구성하여 사업 기획 등 체계적 추진
 - ※ 동 혁신전략은 기본계획과 연계, 주기적으로 현행화하여 이행력 강화

목 차

I . 추진배경	1
II . 초고성능컴퓨팅 의미와 중요성	3
III . 국내외 동향 및 시사점	6
V . 비전 및 목표	12
VI . 중점 추진과제	13
1. 전략적 인프라 확충	13
2. 독자적 기술력 확보 및 산업화 기반 마련	18
3. 혁신적 활용 활성화	26
VII . 향후 추진계획	33

I. 추진 배경

◇ 초고성능컴퓨팅은 4차 산업혁명시대 新사회간접자본, 국가 차원 육성 필요

- 세계 각 국은 초고성능컴퓨팅을 국가 미래 경쟁력의 핵심요소로 인식*, 국가가 주도하여 인프라 구축 및 기술개발 등에 역량 집중
 - * "초고성능컴퓨팅은 게임의 룰을 바꾸는 증명된 기술"(미국경쟁력위원회, '15) 등
- 인공지능·데이터 경제 가속화에 따라 이를 뒷받침할 초고성능컴퓨팅 기술의 선점 경쟁* 격화 및 전략무기화 움직임**
 - * 미국·중국·일본·EU 등은 세계 1위 초고성능컴퓨터 개발·구축을 위해 조 단위 예산을 투자
 - ** 미국의 초고성능컴퓨터 관련 중국 기업·국영연구소 거래제한 강화('15~) 등
- 최근 엑사급(Exa Flops(EF), 초당 10^{18} 번 연산) 초고성능컴퓨터 실현 가능성이 증대됨에 따라 각 국의 기술격차 또한 보다 확대될 것으로 예상

◇ 엑사 시대, 국가 초고성능컴퓨팅 혁신을 위한 정책 패러다임 전환 긴요

- 우리 정부는 그간 초고성능컴퓨터법 제정('11), 기본계획 수립('13, '18) 등을 통해 국가 초고성능컴퓨팅 육성체계를 구축
 - 다만, 중장기적 실행전략 부족, 투자 정체 등의 한계로 자원 경쟁력이 하락*하고 자체기술력 확보 및 활용성과 창출도 더딘 상황
 - * 슈퍼컴퓨터 TOP500 국가별 순위 : ('15) 8~9위 → ('16~'17) 9~10위 → ('18~) 10위권 밖
- 따라서, '페타급(PF, 10^{15}) ⇒ 엑사급'의 기술 대전환기에 선제적으로 대응하여 선도국과의 격차를 조기 극복하고 新성장기회를 창출할 필요
 - 2차 기본계획 이후 국내외 패러다임 변화에 대응한 장기 전략 마련 시급



참고 : 추진 경과

□ 중장기적 기술개발 로드맵 필요성 제기('20.4, 신규사업 기획서)

- 국가 전략기술적 성격이 강해지는 초고성능컴퓨팅 기술의 의미 있는 R&D 성과 창출을 위해 10년 이상의 중장기적 로드맵을 가지고 일관성 있는 추진이 필요

□ 산·학·연 전문가 기획위원회 구성('20.8)

- (전략의 범위) 인프라, 기술, 활용 등 역량 전반이 미흡한 국내 상황을 감안, 국가초고성능컴퓨팅 전반에 대한 육성전략 마련
- (위원회 구성) 총괄위원회 및 인프라·기술·활용 3개 분과위원회로 구성
※ 총괄위원 14명(분과장 3명 포함), 분과위원 37명, 총괄실무 3명 등 64명 참여

□ 산·학·연 전문가 기획위원회 운영('20.9~'21.5)

- 국내외 현황, 미래 발전 전망 등을 토대로 초고성능컴퓨팅 선도국 도약을 위한 추진전략 및 세부과제 제시
※ 총괄위원회 회의 3회('20.9.18, '20.11.27, '21.5.7),
분과위원회 회의 각 4회 개최('20.9.9~11, '20.10.21~23, '20.12.22~23, '21.2.25~26),
분과장 회의 3회('20.9.25, '20.10.30, '21.4.28), 실무 워킹그룹 회의(수시)

□ 국가 초고성능컴퓨팅 활용 전략분야 현장 의견수렴('20.10~11)

- (수요조사) 한국연구자정보통합시스템 가입 연구자 대상으로 향후 10년 간의 초고성능컴퓨팅 활용수요 조사
※ 약 20만여 명 중 4,618명 응답
- (미래트렌드) 활용분과에서 추천받은 중점과학기술 분야별 4~5명 연구자 대상으로 미래 초고성능컴퓨팅 활용 유망 분야 의견수렴

□ 국가 초고성능컴퓨팅 R&D 전략기술 현장 의견수렴('20.11~12)

- (기술수준 조사) 국내 초고성능컴퓨팅 기술 전문가(70여명) 대상으로 기술 분류별 주요국(미·일·중·EU) 대비 국내 기술수준 델파이 조사
- (전략기술 도출) 각 기술에 대한 전략적 중요도(기술중요도, 시급성, 파급효과) 및 정부지원 필요성에 대한 의견수렴을 통해 전략기술 선정

II. 초고성능컴퓨팅 의미와 중요성

❖ 초고성능컴퓨팅이란?

일반 컴퓨터보다 훨씬 빠른 속도로 대용량 연산을 수행하는 대형 컴퓨터 시스템('초고성능컴퓨터')과 이를 활용하기 위한 응용기술을 통칭

* 150만 달러를 초과하는 고성능컴퓨터

◇ 인공지능·데이터의 혁신 엔진 ⇒ 지능정보사회 구현 견인

□ 데이터 급증, 인공지능 고도화 등 지능정보사회 확산에 따라 초고성능 컴퓨터가 핵심 인프라로 대두

※ 세계 데이터 유통량 연 61% 증가('25년 175ZB, IDC), 인공지능 계산량 매년 7배 증가(스탠포드대학)

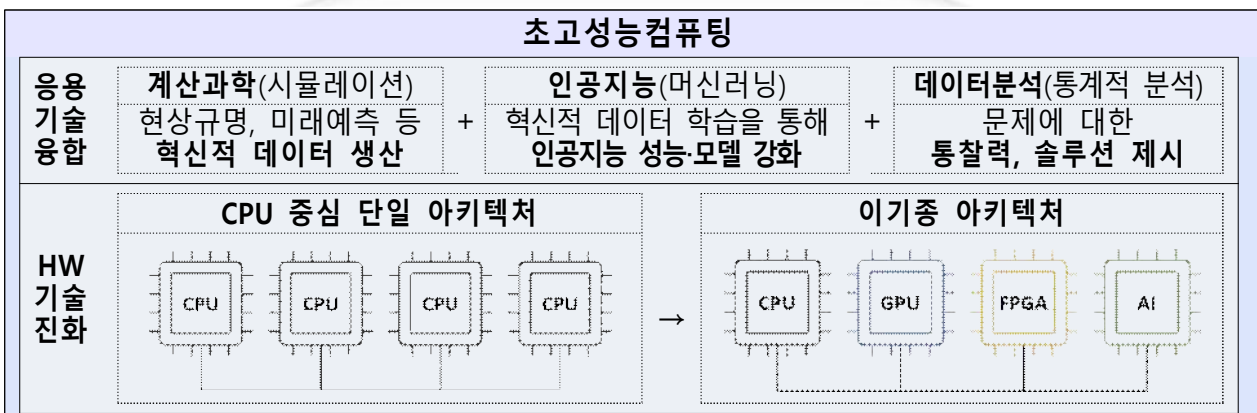
※ 자연어 처리 모델 GPT-3은 1,750억개 파라미터와 570GB 사전학습 데이터 필요
(NVIDIA Tesla V100 클라우드 : 355년 소요 vs 1엑사 초고성능컴퓨터 : 3.6일 소요)

□ 인공지능·데이터 기술과 융합, 통찰력(insight) 제공 도구로 진화

○ 기존 계산과학(시뮬레이션) 중심 ⇒ 인공지능(머신러닝), 데이터분석(통계적 분석) 등으로 응용기술 간 융합 확대

- 이에 맞춰 프로세서 최적화(CPU중심⇒이기종) 등 HW시스템도 연계 발전

< 지능정보사회 구현을 견인하는 초고성능컴퓨팅의 역할 >



◇ 경제·사회 전반의 혁신 플랫폼 ⇒ 국가 경쟁력 좌우

- (과학기술) 대용량 데이터 분석 기반 R&D를 통해 기존에 불가능했던 거대·첨단 연구 등이 가능해짐으로써 혁신적 연구성과 창출 지원
 - ※ 美구글(알파폴드2) : 코로나19 바이러스 등 단백질 3D 구조 예측 기간 수년→수일 단축('20)
 - ※ 해당 연구과제 투자수익률(ROI) : 약 500배('20, Hyperion Research)
- (산업) 시뮬레이션 기반 제품개발을 통해 제조 생산성을 향상시키고, 인공지능·데이터와 융합하여 금융·교육·스마트도시 등 신산업 창출
 - ※ 韓수아랩(수아킷) : 초고성능컴퓨팅+인공지능+머신비전 기술을 활용, 제품 불량품 검사
 - ※ 美인디애나주립대(로보-어드바이저) : 초고성능컴퓨팅 기반 인공지능 기술을 활용, 주식매매 자문(수익률 6.5% vs 전문가 1.5%)
- (국민생활) 지구환경문제, 재난·재해(기상·지진·산불 등), 신종 전염병 등에 대한 사전 예측 및 선제적 대응을 통해 국민의 생명과 재산 보호
 - ※ 英워릭대 : 초고성능컴퓨팅 시뮬레이션을 활용, 구제역 확산 통제(가축 살처분량 20만마리, 피해액 762억원 감소)
- (위기관리) 국방·에너지 등 국가위기 관련 문제 해결 및 전략 수립 등에 활용
 - ※ 美록히드마틴 : 병렬 초고성능컴퓨터 기반 이지스시스템 레이더(AN/SPY-1) 개발·활용


◇ 최첨단기술의 집약체 ⇒ 기술 파급을 통한 신산업 창출

- 초고성능컴퓨팅은 최상위 하이테크 기술로 전자공학 이론, 반도체 제조 기술, 소프트웨어 기법 등 당대의 혁신적 컴퓨팅 기술이 총 동원
 - 관련 기술은 서버, 개인용컴퓨터, 스마트폰으로 확산되고, 네트워크장비, IoT 등 4차 산업혁명 기반기술로 활용



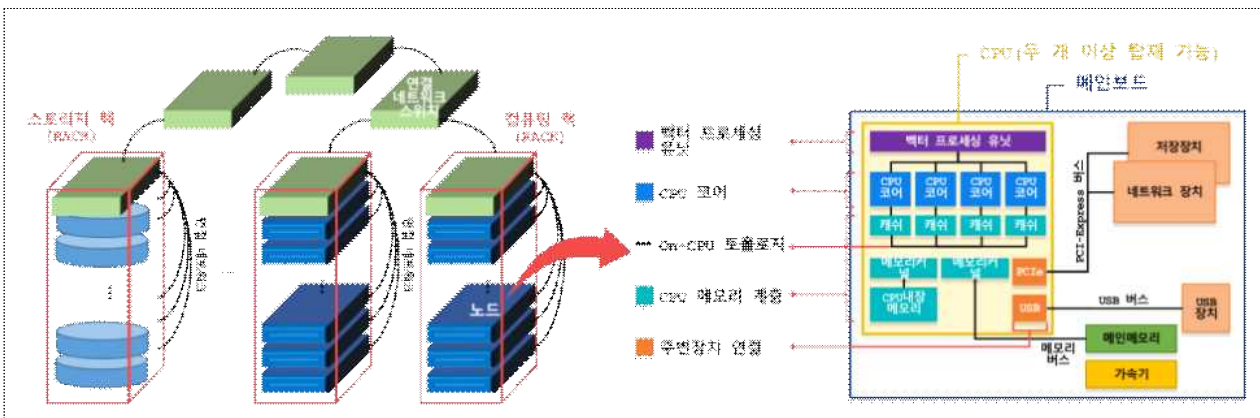
참고 : 초고성능컴퓨터 개요

- (개념) 일반 컴퓨터보다 훨씬 빠른 속도로 대용량 연산을 수행하는 대형 컴퓨터 시스템

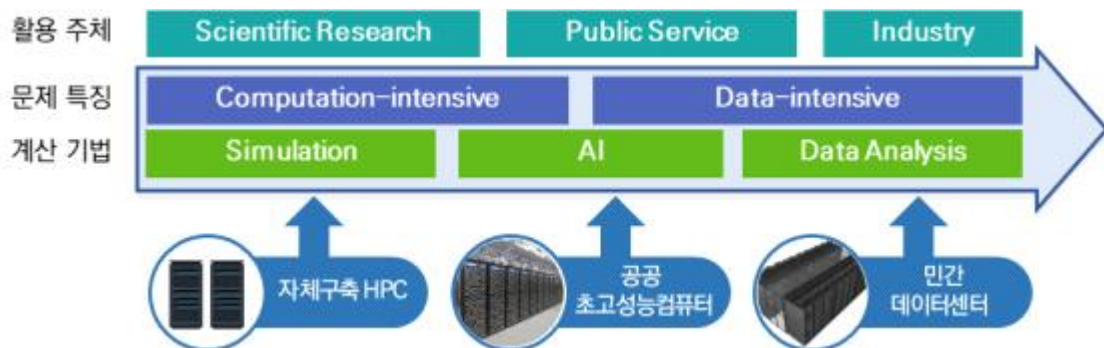
명 칭	세부 기준	비 고
탑500 초고성능컴퓨터 (Top500 Supercomputer)	매년 두 차례(6월, 11월)에 걸쳐 발표하는 전 세계에서 성능이 가능 뛰어난 500대의 초고성능컴퓨터	
초고성능컴퓨터 (Supercomputer)	150만달러를 초과하는 고성능컴퓨터	
고성능컴퓨터 (High Performance Computer)	일반컴퓨터보다 뛰어난 계산·메모리·데이터를 기반으로 과학·공학·데이터분석 등에 사용되는 서버급 이상 컴퓨터	

※ 서버 구분(Intersect360 Research) : ①Entry(<50K\$), ②Midange(50K\$~250K\$), ③High-End(250K\$~1.5M\$), ④Supercomputer(1.5M\$<)

- (일반형태) 수백 대 이상의 고성능컴퓨터를 고속 상호연결망으로 연결시킨 물리적 집합체(HW)와 운영체제(시스템SW)로 구성



- (활용방식) 수요 산·학·연·관이 자체 구축·운영하거나 공공·상업적 서비스 이용



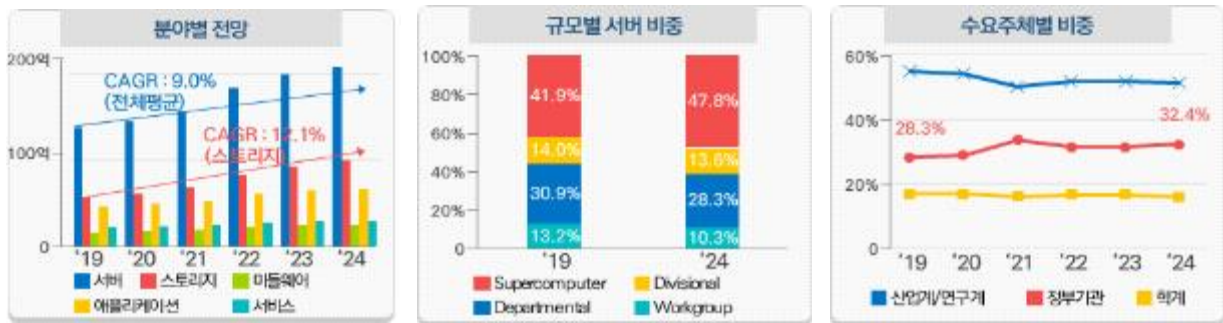
Ⅲ. 국내외 동향 및 시사점

◇ 글로벌 시장 및 기술 동향

□ (시 장) 고성능컴퓨터 시장은 '19년 278억 달러에서 '24년 429억 달러로 지속 확대 전망(연평균 9.0% 성장, Hyperion Research, '20)

- 데이터 집약적 컴퓨팅의 확산으로 스토리지 시장 급성장 중이며, 슈퍼컴퓨터급 서버의 비중이 지속 확대('19년 41.8% → '24년 47.7%)
- 또한, 산·학·연, 정부기관 각 수요주체별 수요도 안정적으로 증가 중

< 고성능컴퓨터 매출 전망('19~'24) >



□ (기 술) 세계 주요국은 차세대 초고성능컴퓨팅 기술로서 인간의 두뇌 처리 능력과 비견되는 엑사스케일급 시스템(1초당 10^{18} 번 연산)* 기술개발 경쟁 중

* 현재 가장 빠른 일반PC(200GF) 5백만대 이상의 성능

- 중앙처리장치 성능은 반도체 집적화(무어의 법칙) 한계로 둔화 상태
- 이기종 멀티코어, 차세대 메모리 구조 등을 통해 연산성능·집적도 100배 ↑ 및 전력효율 3배 ↑, 높은 확장성·유연성 구현을 위한 기술 개발 중



◇ 주요국 동향

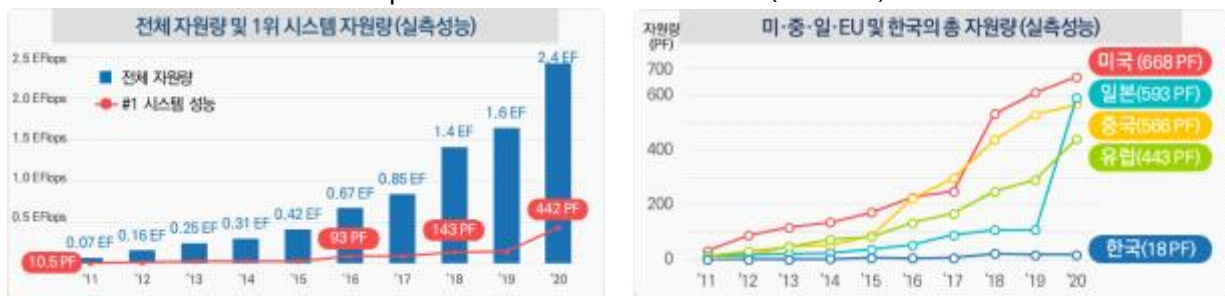
- (정 책) 미·중·일·EU는 초고성능컴퓨팅 경쟁력이 과학과 산업의 미래를 결정할 것이라는 인식하에 정부 주도로 정책역량 집중



- (인프라) 미·중·일·EU 중심으로 신규 인프라 구축에 대규모로 투자하고, 자원운용의 효율성 제고를 위한 공동활용 노력도 병행

- 세계 최고 성능의 시스템 구축 경쟁에 따른 대규모 인프라 확충 프로젝트 등으로 매년 전세계 초고성능컴퓨팅 연산성능이 급증

< 'Top500 초고성능컴퓨터' 현황('11~'20) >



※ 매년 세계 1위국 대비 한국의 자원량 격차 확대 : ('11)26배 → ('20)37배

- 각 국가별로 자국 내 초고성능컴퓨팅 자원을 통합·연동하여 중소기업 비즈니스, 국가 전략 과제 등을 집중 지원하는 공동활용체계 강화



□ (기술산업) 미·중·일은 고성능 CPU 등 자체 기술력을 확보한 상황(EU는 최근 착수)이며, 차세대 엑사스케일 시스템 개발 경쟁 중

○ (미국) 전방위 투자('21년 18억\$ 수준)를 바탕으로 '23년까지 엑사시스템 3기 개발(ECP, '16~) 등 同 분야 세계 최고 기술·산업 패권 강화 노력

* 연구개발-상용화-산업화로 이어지는 강력한 산업생태계를 바탕으로 IBM, Cray/HPE, NVIDIA 등 미국 기업이 글로벌 시장 주도

○ (중국) '10년(텐허-1A)·'13년(텐허-2)·'17년(Sunway-TaihuLight) 세계 최고 시스템 개발, 미국에 대응하는 엑사시스템 등 기술개발 강화(연간 1조원 이상 투자)

※ 11차 5개년계획('06~'10) 기간 국가 863계획을 통해 슈퍼컴퓨터 개발 본격화, 대규모 내수 시장을 기반으로 기업과 협업하여 기술력 확보 및 시장진입 추진

○ (일본) 자연재해라는 현실적 문제 해결을 위해 '81년부터 기술개발 시작, '11년(K-Computer, 1조3천억원), '20년(Fugaku, 1조5천억원) 세계 최고 시스템 개발

※ 자국내 초고성능컴퓨터 전문기업(NEC, Fujitsu)을 적극 지원하는 정책을 바탕으로 국산화 추진

○ (EU) '10년대 중반 기술종속 등을 우려, CPU 포함 해외도입⇒자체개발로 전환, 엑사시스템 자체 개발 중('23년까지 80억 유로 투자)

※ 산업기반이 열악한 점을 감안, 별도 벤처회사를 설립해 공동R&D, 제작·설치 등을 추진

□ (활 용) 미·중·일·EU는 초고성능컴퓨팅 활용 국가전략 분야를 정하여 인프라 구축에서부터 기술개발, 활용까지 연계 추진

○ 과학·연구뿐 아니라 경제·산업, 의료, 안보 등 초고성능컴퓨팅을 통해 혁신 창출이 가능한 다양한 분야를 국가전략 분야로 선정하여 집중 지원

※ 미국 Exascale Computing Project, 유럽 EC, 일본 Society 5.0 등 관련 정책 추진

○ 초고성능컴퓨터 신규 구축 시부터 응용SW 개발을 연계 추진하는 등 자원과 활용연구에 특화된 응용SW의 개발·활용 체계가 정착

- 또한 초고성능컴퓨터 전용 R&D 프로그램을 통해 대형·집단연구 중심 지원

< 초고성능컴퓨팅 활용 전용 R&D 프로그램 대표 사례 >

국가	프로젝트	참여 기관	연 평균예산
미국	DoE SciDAC	60개 기관 참여(4개 연구분야)	469억 원('01~'17)
유럽	HORIZON 2020 CoE	122개 기관 참여(9개 연구분야)	293억 원('15~'18)
일본	K-Computer SPIRE	11개 기관 참여(9개 연구분야)	240억 원('11~'15)

참고 : 주요국의 초고성능컴퓨팅 중점 활용 분야

국가명	분야	전략(중점) 활용 분야		비고
미국	국가안보	<ul style="list-style-type: none">· 비축관리· 핵무기 성능평가를 위한 차세대 시뮬레이션 도구	<ul style="list-style-type: none">· 적대적 위협환경 및 극초음속 재진입 조건에 대응	Exascale Computing Project
	과학적 발견	<ul style="list-style-type: none">· 입자물리학· 자연의 기본법칙 검증· 단백질, 분자구조 분석	<ul style="list-style-type: none">· 소재탐색, 예측 및 제어· 융합플라즈마 모델링· 화학원소 기원 파악	
	경제안보	<ul style="list-style-type: none">· 도시계획· 금속부품의 적층 제조 가속화	<ul style="list-style-type: none">· 지진위험평가· 전력망의 안정적이고 효율적 계획	
	에너지	<ul style="list-style-type: none">· 소형 모듈형 원자로 설계· 터빈 출력 발전소 효율· 핵융합로 재료 설계	<ul style="list-style-type: none">· 석유 추출 및 폐기물 처리· 고효율, 저공해 연소엔진 설계· 스트레스 저항성 직물 분석	
	헬스케어	<ul style="list-style-type: none">· 약물반응 및 분석 자동화를 위한 예측 모델 구축	<ul style="list-style-type: none">· 암연구 가속화	
유럽	국가안보	· 사이버 보안 및 범죄에서 특히 중요한 인프라의 보호를 위해 활용		The European Strategy for High Performance Computing (EC, 2019)
	과학	<ul style="list-style-type: none">· 기초물리학 : 물질, 우주에 대한 이해· 물질과학 : 제약, 에너지 분야의 새로운 중요 요소 설계· 지구과학 : 행성 수준의 대기 및 해양 현상 모델링		
	산업	<ul style="list-style-type: none">· 자동차, 항공우주, 재생에너지, 건강 등을 혁신하고, 생산성을 높이며, 더 높은 가치의 제품과 서비스 창출에 활용		
일본	의료	· 예측, 예방, 개인맞춤형, 참여확대 중심 건강수명 연장		Society 5.0
	이동혁명	· 사람·물류의 이동 무인화		
	산업	· 제조프로세스(개발-제조-판매-소비) 개선		
	건설	· 건설현장 생산성 향상		
	금융	· 데이터 유통환경, 비현금사회, 전자결제 보안강화 등 핀테크 환경 조성		

◇ 국내 현황 진단 및 시사점

□ (인프라) 초고성능컴퓨팅 활용 수요가 급증하고 있으나 신규 인프라 투자 정체 및 효율적 활용체계 미비로 자원부족 심화

○ '88년 KSITI를 시작으로 기상청 등 초고성능컴퓨터 운영기관은 확대되고 있으나, 전반적으로 자원 경쟁력은 낮은 수준

- '11년 초고성능컴퓨터법 제정에 따라 KISTI를 국가초고성능컴퓨팅센터(법 제9조, '국가센터')로 육성 중이나 글로벌 선도기관과의 격차 지속

※ 국내 초고성능컴퓨팅 분야 정부투자액은 연평균 1,000억원 내외로 주요국 대비 1/10 수준

< 국가센터 초고성능컴퓨터 구축·운영 현황 >

구분	운영기간*	성능 (TFlops)	'초고성능컴퓨터 탑500' 순위**	구축예산 (억원)	주요 활용 성과
1호기	'88~'93(5년)	0.002	-	180	• 국산 자동차 설계 지원으로 개발기간 비용 단축 • 과학적 기상예보 시작
2호기	'93~'01(8년)	0.015	23위	260	• 액체로켓 엔진 연소실 내부 시뮬레이션으로 액체로켓 효율 향상 • 탄소나노튜브를 이용한 평면 디스플레이 제작
3호기	'01~'09(8년)	4.6	42위	594	• 세계최대 우주 시뮬레이션을 통해 우주의 생성·진화 과정 규명
4호기	'08~'18(10년)	363.6	14위	732	• 대체작물 미래 생산성 예측을 통한 기후변화 대응 식량생산 정책 수립 지원
5호기	'18~현재	25,700	11위	908	• 초거대규모 난류 열유동 해석을 통해 난류에너지 생성·변화과정 규명

* 해외 주요국 시스템별 평균 운영기간 : 4~5년

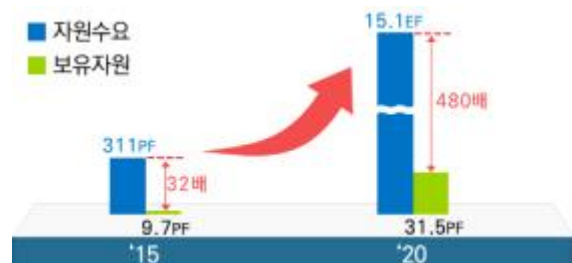
** 구축완료 당시 기준

○ 관련 수요 증가에 비해 자원 부족으로 수요자에 대한 서비스의 질 저하

< 국가센터 과제 지원률 >



< 국내 자원 수요 및 실제 자원량 >



☞ 국내 초고성능컴퓨팅센터를 다양화·체계화하고, 정부의 적극적인 인프라 구축 지원 필요

□ (기술 산업) 기술역량 부족 및 산업기반 미비

- 전반적 기술수준은 최고기술국 대비 HW 78.6%(2.6년), 시스템SW 70.5%(3.4년), 응용SW 51.5%(6.7년) 정도로 타 ICT 분야**에 비해 낮은 편
 - '16년부터 원천기술 확보를 위한 R&D 사업***을 추진 중이나 사업 간 분절, 단기적 투자에 그치고 있어 효과 반감
- * 슈퍼컴퓨팅 기술개발 로드맵 및 중장기 사업 추진 전략수립을 위한 기획 연구 (한국연구재단 '20)
- ** ICT 분야별 기술격차 평균(2019년 ICT 기술수준보고서, IITP) : 87.4%, 1.3년
- *** 페타(PF)급 초고성능컴퓨팅시스템 개발('16~'22, 329억원), CPU 핵심기술 개발('20~'23, 475억원)
- '소규모 시장' ⇒ '전문기업 부재, 기술·인력 부족 등 기업역량 취약' ⇒ '자원 도입·유지보수의 외국 의존'의 악순환 고착화

☞ 기술개발은 선택과 집중을 통해 중장기적으로 일관성 있게 추진하고, 산업생태계 구축을 위해서는 공공부문의 적극적 역할 필요

□ (활 용) 전략적 활용체계 부족 및 지속 발전기반 미흡

- 전략 분야 없이 개인 연구수요 중심으로 자원이 배분되고, 이마저도 자원 한계로 충분한 자원을 제공받지 못해 우수 성과창출을 저해

※ 주요국 대비 1개 연구과제당 자원배분 시간은 1/3, 산업계 배분자원량은 1/20 수준



- 활용연구 지원사업 및 보안체계*, 연구특화 응용SW, 분야별 전문인력** 등 활용기반이 부족해 우수 연구자·산업계의 신규진입을 제약

* 기업의 공공 인프라 활용을 제약하는 가장 큰 요인은 영업비밀 유출 우려 등 보안문제(전문가위원회)

** 초고성능컴퓨팅 관련 산업체 인력현황('20년 실태조사, KISTI) : 종사자 4,416명, 부족인원 2,208명

☞ 우수 연구자·산업계의 혁신적 잠재 수요가 실제 활용으로 이어질 수 있도록 수요맞춤형 지원 및 인력양성 등 필요

IV. 비전 및 목표

【 비 전 】

초고성능컴퓨팅 강국 도약으로 4차 산업혁명 퀀텀점프 실현

【 목 표 】

구 분	'20년	'25년	'30년
컴퓨팅 파워	12위	8위	5위
선도기술 분야*	5개 분야	13개 분야	24개 분야
新서비스 창출	-	5개	10개

* 42개 초고성능컴퓨팅 기술 분야 중 한국이 "선도(최고국가 대비 80%)" 이상인 분야

【 추진 전략 】



【 중점 추진 과제 】

전략적 인프라 확충

- 세계적 인프라를 갖춘 국가센터 육성
- 분야별 전문센터 지정·육성
- 초고성능컴퓨팅자원 공동활용체계 2.0 구축

독자적 기술력 확보 및 산업화 기반 마련

- 전략기술 포트폴리오 기반의 핵심원천기술 확보
- 자체 프로세서 기반 엑사급 초고성능컴퓨터 개발 및 구축
- 기술사업화 장벽 해소 및 지속성장기반 구축

혁신적 활용 활성화

- 국가 전략 분야 중심의 수요맞춤형 지원 강화
- 전문성 기반의 개방형 활용 생태계 구축

V. 중점 추진과제

1. 전략적 인프라 확충

◆ 초고성능컴퓨팅센터를 ①국가센터 - ②전문센터 - ③단위센터로 체계화

① (국가센터) 법 제9조에 따른 국가초고성능컴퓨팅센터(KISTI)

※ 세계적 수준의 자원 운용 및 공동활용 관리, 산학연 협력 R&D 수행, 첨단연구망 운영 등

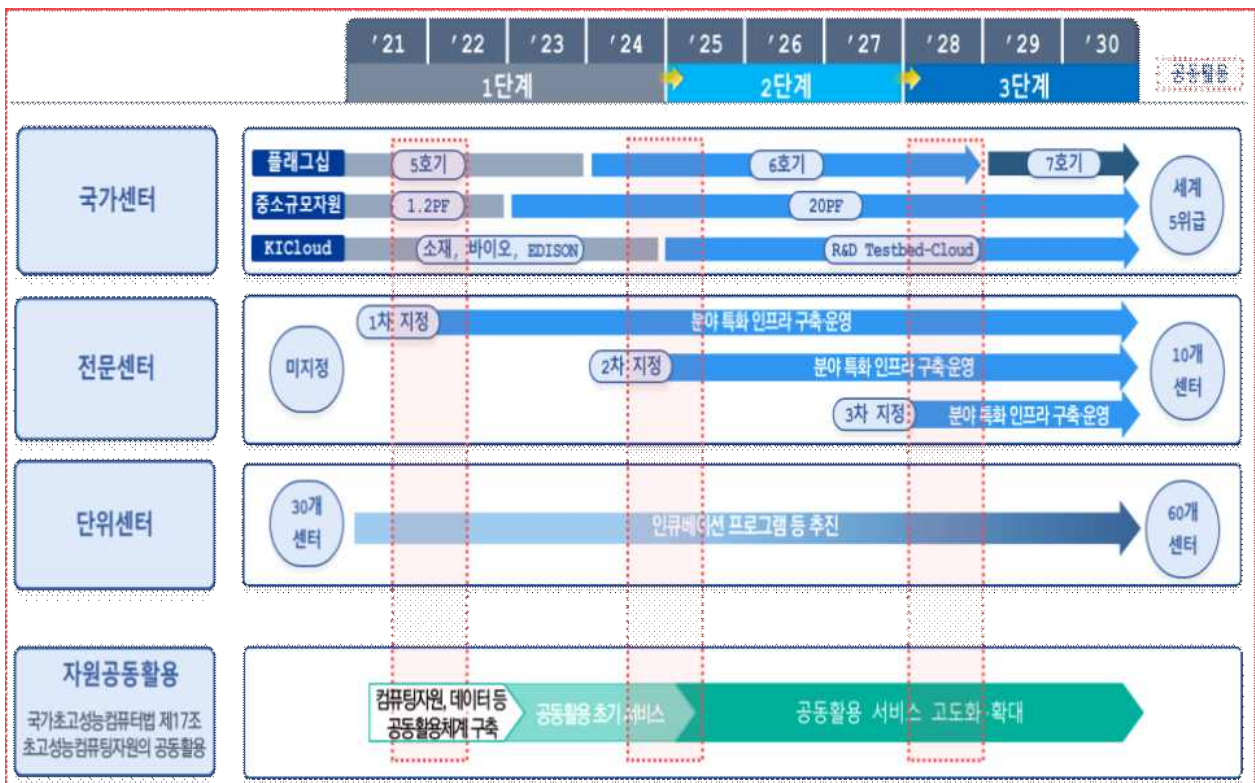
② (전문센터) 법 제9조의2에 따른 분야별 초고성능컴퓨팅센터

※ 분야별 자원 구축·운영 및 응용연구 지원, 대용량 데이터 관리 등

③ (단위센터) 개별 연구기관 또는 기업이 독자 운영하는 초고성능컴퓨팅센터

※ 자원 운영 기관·기업의 자체 수요 대응 등

◆ 분야별 신규 인프라 확충 및 자원의 공동활용 강화 추진



1-1

세계적 인프라를 갖춘 국가센터 육성 (과기정통부)

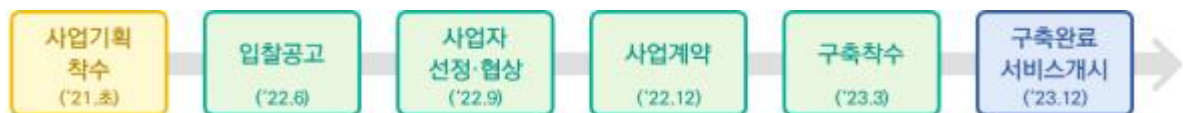
- (플래그십 자원) 세계 5위급 수준의 6호기('23~'27) 및 7호기('28~) 구축·운영
 - 운영기간 내 기술 발전 및 수요 확대를 감안하여 충분한 계산 성능, 저장 용량 등을 갖춘 시스템을 선제적으로 확보
 - 대내외 환경 변화에 적기 대응하기 위해 탄력적 운영체계* 등을 검토
 - * 예시 : 매년 시스템 이용률, 과제 지원률 등 자원 경쟁력 평가를 통한 운영기간 재검토 등
 - 전문센터 지정과 연계하여 대규모 계산자원이 소요되는 R&D, 사회현안 등 국가전략과제 해결 및 과학연구프로젝트 중심으로 지원

< 6호기 구축 방향(안) >

• 주요 제원·특징(예시)

- 계산성능 500PF(FP64) · 저장용량 200PB · 내부네트워크 400Gbps · 전력 10MW 이상
- "계산과학+인공지능+데이터분석"을 아우르는 유연한 시스템 관리 및 서비스 환경 구축
- ※ 수요조사 및 전문가 검토 등 사업 기획을 통해 주요 제원을 검토·결정

• 추진일정

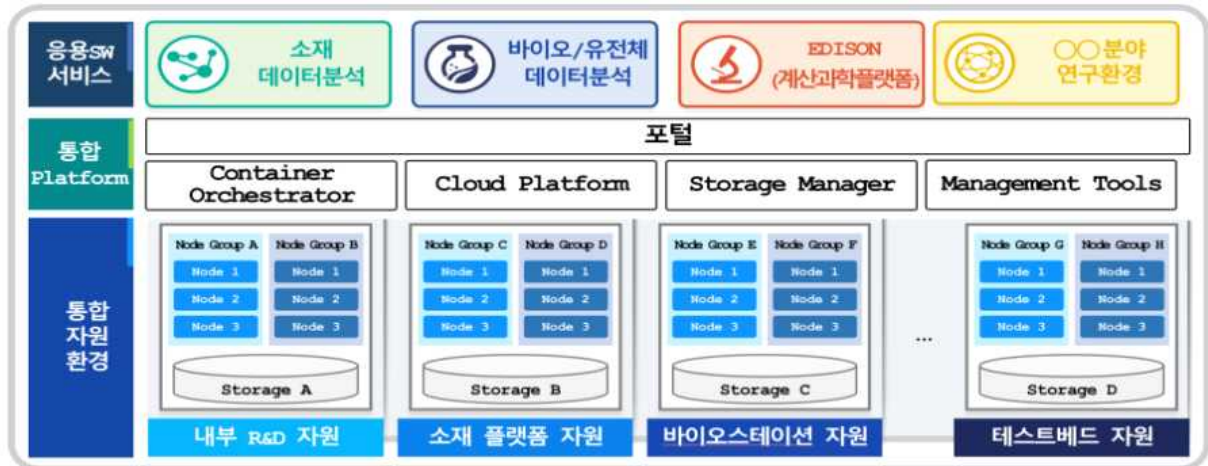


- (자원 다양화) 환경변화 적시 대응 등을 위해 소규모 초고성능컴퓨터 운영 확대
 - 급증하는 인공지능·빅데이터 기반 연구 지원을 위해 딥러닝 전용 초고성능 컴퓨터(뉴론)를 1.2PF('20) ⇒ 20PF('25) 이상 성능으로 확대
 - 국내·외 연구개발 중인 HW·SW의 사전 성능·적용성 검증 및 신기술 도입 검토 등을 위한 초고성능컴퓨팅 테스트베드 구축·운영('21~)
 - ※ 1PF 초고성능컴퓨팅시스템 개발 사업의 성과품(0.1PF)을 우선 활용하고, 점차 규모 확대

□ (자원 효율화) 국가센터內 초고성능컴퓨터 통합 운영체제('KICloud') 구축

- 외부 수탁사업 등을 통해 운영 중인 초고성능컴퓨터의 통합 운영 및 서비스 플랫폼 연계를 통해 대내외 서비스 확대('21~)

< 국가센터 초고성능컴퓨팅자원 통합운영체제(안) >



1-2 분야별 전문센터 지정·육성 (관계부처)

□ 국가 전략 분야와 연계, 분야별 전문센터 지정 추진

- 전략적 필요성, 후보 기관의 적격성 등을 고려, '30년까지 10개 목표로 단계적 지정·운영 확대
- 지정절차, 지정기간, 지원사항 등이 포함된 전문센터 운영지침 마련('21.下)

< 전문센터 유형(예시) >



□ 초고성능컴퓨팅센터 인큐베이션 프로그램 운영('22~)

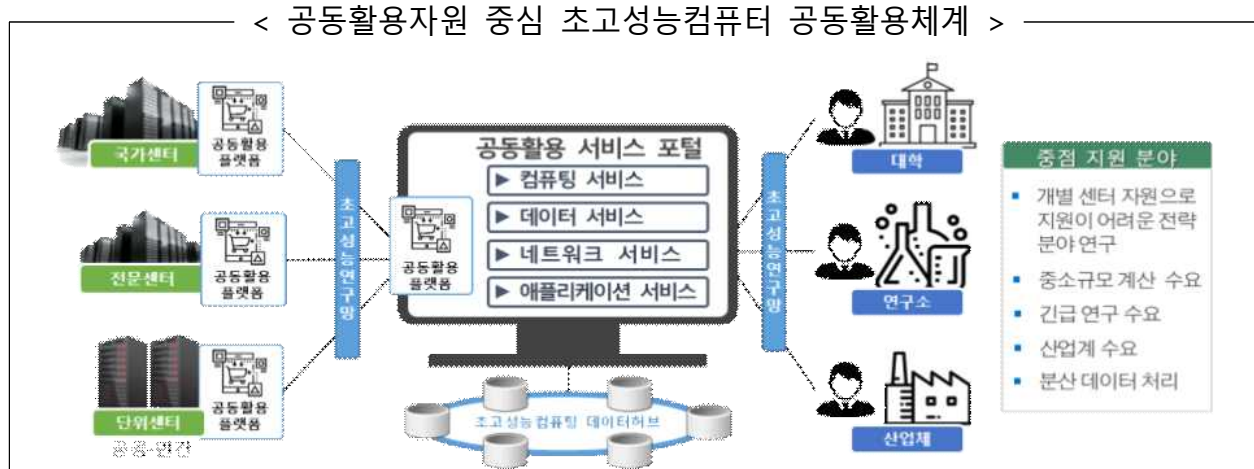
- 국가·전문·단위센터의 퇴역자원을 잠재센터의 초기 자원으로 이전·활용
※ 예시(국가센터 4호기 이전) : 부산대, 배재대, 한밭대, GIST, UNIST, 에기(연), 육군본부 등
- 국가센터·전문센터 연수·파견 및 기술교육 프로그램 운영 등을 통해 관련 초고성능컴퓨팅 서비스·연구 인력 역량교육 강화

1-3

초고성능컴퓨팅자원 공동활용체계 2.0 구축 (관계부처)

□ ‘공동활용자원’ 기반의 초고성능컴퓨터 공동활용체계 구축 추진

- * 공공-민간의 각 센터가 국가 차원의 공동활용 목적으로 구축 제공하는 초고성능컴퓨팅자원
- (가칭)‘국가초고성능컴퓨터 공동활용 협의체’ 운영을 통해 공동활용자원의 배분 기준 및 운영 체계 등을 마련하여 초기서비스(기관별로 서비스 제공) 개시('22~)
 - 국가·전문센터 중심 초기 체계 구축* 후 예산 등 다양한 지원책 마련을 통해 단위센터로 확대**
 - * 정부예산이 투입된 초고성능컴퓨터 운영 센터에 대해 공동활용체계 참여 및 신규 초고성능 컴퓨터 구축 시 일정 비율의 공동활용자원 확보를 의무화하는 제도 마련 등
 - ** 공공-민간 인프라를 연계하여 공동활용체계를 구축, 기업의 서비스 참여 확대
- 나아가 자원특성·운영환경 등이 다른 공동자원을 긴밀히 연동하고 사용자 접근성을 높인 클라우드 기반 플랫폼 적용 및 통합 서비스 제공('25~)
 - * 공동활용 센터 간 최소 10Gbps에서 최대 100G/400G급 연동 추진



□ 초고성능컴퓨팅 데이터 허브 구축 추진

○ 초고성능컴퓨팅 활용연구, 연구장비 등을 통해 창출된 데이터의 통합 저장소 구축 및 데이터 표준체계 마련('22~)

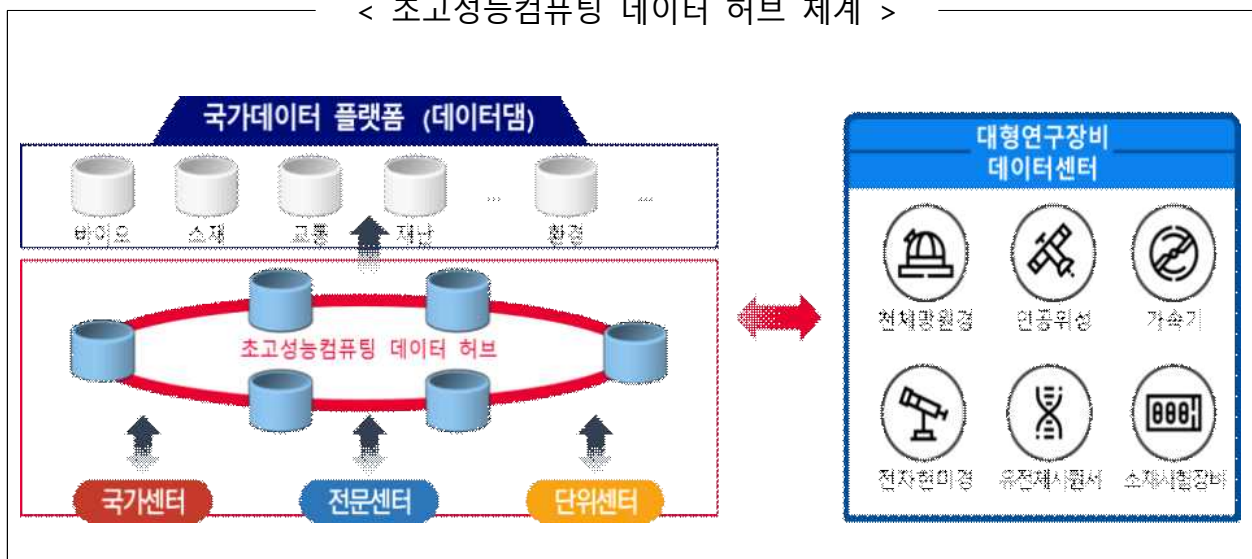
- 각 센터 대상으로 초고성능컴퓨팅 데이터의 통합 수집·관리, 공동활용 추진

○ 국내외 대형연구장비 데이터센터*, 국가연구데이터플랫폼** 등 국내 빅데이터 플랫폼(데이터댐)과 연계하여 데이터 통합·공유 확대('25~)

* 예시: 가속기·망원경 등 대용량 과학기술 관측·실험 장치, 스마트 실험실 연동 프로젝트 등

** 예시: 국가바이오데이터스테이션('21.하~), 소재연구데이터플랫폼('21.하~) 등

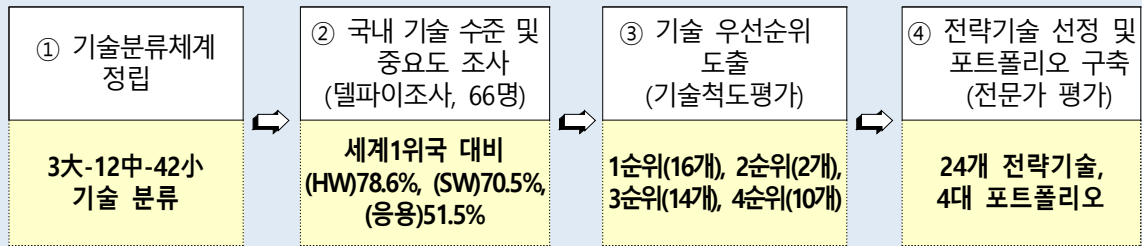
< 초고성능컴퓨팅 데이터 허브 체계 >



2. 독자적 기술력 확보 및 산업화 기반 마련

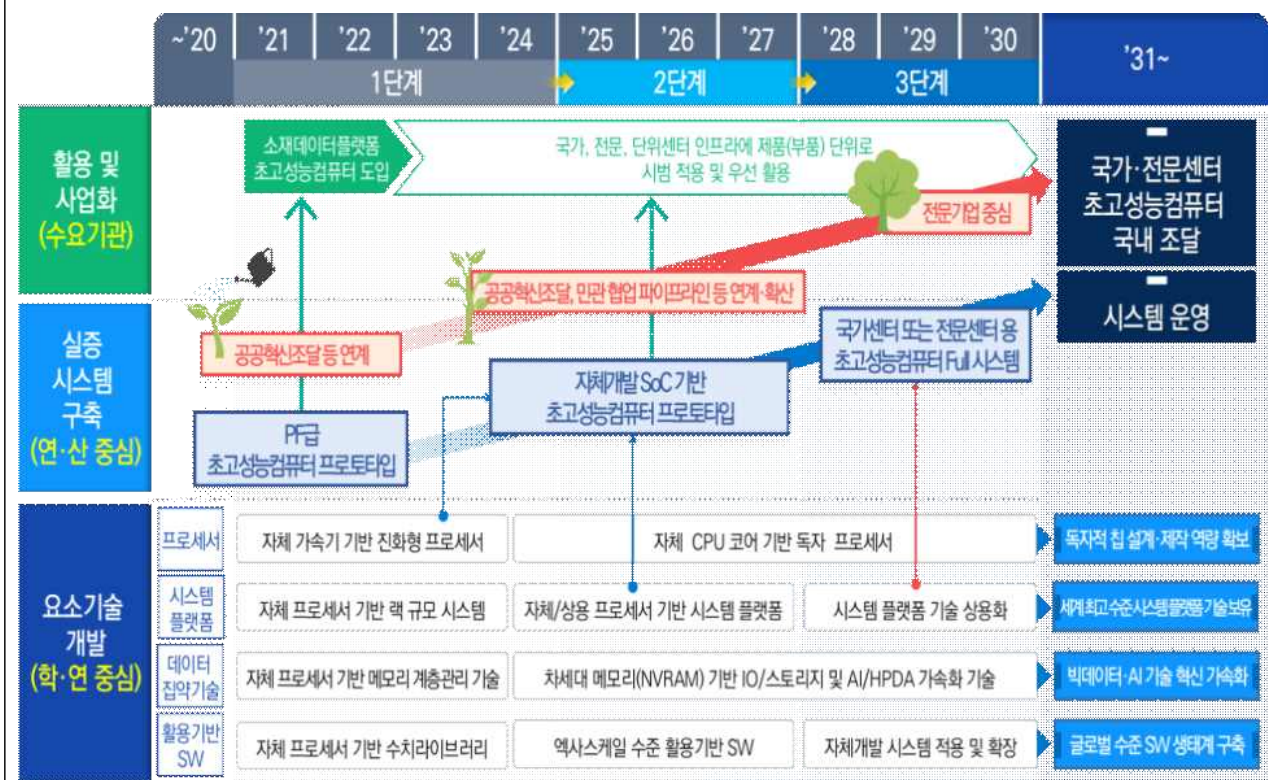
◆ '기술안보'를 넘어 '기술선도' 목표로 전략기술 포트폴리오 구축

초고성능컴퓨팅 24개 핵심기술을 도출하고 전략적 기술 개발을 위해 이를 4대 포트폴리오(프로세서/플랫폼기술/데이터집약형기술/활용기반기술)로 카테고리화



◆ 전략기술 포트폴리오 기반으로 요소기술 개발부터 FULL시스템 구축까지 단계별 기술혁신 프로젝트 추진

◆ R&D 프로젝트의 기업참여 확대 및 적극적인 초기수요 창출, 기술 지원 등을 통한 산업생태계 조성



참고 : 초고성능컴퓨팅 기술분류체계 및 전략기술

□ 선정 절차 및 방법

- (기술분류체계 정립) 기존 초고성능컴퓨팅 기술분류체계*를 바탕으로 미래 기술 발전 전망 등을 반영하여 3大-12中-42小 분야 및 기술로 체계화(기술분과위 등 검토)
 - * 초고성능컴퓨팅 시스템 국내외 연구개발현황 조사 및 정책연구(KISTI, '18) : 2大-10中-33小 분야/기술
- (기술수준 및 중요도 조사) 관련 전문가 대상(66명)으로 42개 소기술의 최고기술 보유국 대비 국내 수준 및 전략적 중요도 등에 대한 전문가 델파이 조사(2회) 실시
 - (조사항목) 기술수준 측정지표, 전략적 중요도, 기술수명주기, 기술격차 원인 등 9개 세부지표

기술수준조사 준비	전문가 델파이 조사 준비 델파이 조사 문항 확정 및 설문조사지 작성
1차 델파이 조사	1차 델파이 조사 수행 기술분야별 전문가 인식도 기반 1차 설문조사 실시
중간심층검토 수행	1차 델파이 조사 결과에 대한 중간심층검토 수행 1차 조사 결과를 검토하여 2차 델파이 조사 기초 자료로 제공
2차 델파이 조사	2차 델파이 조사 수행 1차 조사결과와 중간심층검토 결과를 확인하고 수정
기술수준평가 분석 및 확정	델파이 조사 결과 분석 결과 검토 및 확정 (기획위원회 검토)

- (기술우선순위 도출) 델파이 조사결과를 바탕으로 해당 기술의 전략적 중요도 및 확보 시급성에 대한 2단계 이슈 매트릭스 평가*를 통해 1~4순위 도출
 - * (1단계)시급성/중요도 + (2단계) 파급효과 : 1순위(16개), 2순위(2개), 3순위(14개), 4순위(10개)
- (전략기술 선정) 기술분과위에서 기술동향 등을 감안, 기술우선순위를 재검토하여 전략기술 도출(1·2순위 18개 기술 + 이외 6개 기술 추가)
 - (포트폴리오) 개별 전략기술 간 기술 연관성 및 R&D 전략성 등을 고려, 4개로 카테고리화*
 - * ①-프로세서: CPU, 가속기 등 독자 프로세서 기술
 - ②-플랫폼기술: Full 시스템 자체제작을 위한 메인보드, 패키징, 인터커넥트 기술
 - ③-데이터집약형기술: 다계층 메모리 관리, 스토리지 기술 및 데이터 처리 가속화 기술
 - ④-활용기반기술: 응용 라이브러리, 프로그래밍 모델, 자원·작업관리 등 시스템 최적활용 기술

□ 기술분류체계 및 전략기술

중요도: 높음(★-전략기술), 보통(●), 낮음(△)

기술분류체계			국내 기술수준	중요도 (전략기술)	전략기술 포트폴리오*			
대분류	중분류	소분류			①	②	③	④
초고성능컴퓨팅 하드웨어 기술	고성능/이종 프로세서	CPU	65.6	★				
		가속기	66.8	★				
	초고속 인터커넥트	프로세서 인터커넥트	70.0	★				
		시스템 인터커넥트	70.8	★				
		네트워크 토폴로지	74.4	★				
		고집적 패키징 기술	80.0	★				
	고집적/고효율 시스템 설계	전원부 공급/전력 제어기술	76.0	★				
		메인보드 설계 및 제작기술	78.7	★				
		고효율 노드/시스템 냉각기술	78.6	★				
		연산형 메모리	95.6	★				
	메모리/ 스토리지	고대역폭 메모리	100.0	★				
		고성능 저장매체	100.0	★				
		메모리형 스토리지	95.7	★				
초고성능컴퓨팅 시스템 SW 및 운영환경	운영체제	초대규모 프로세스/쓰레드 관리	73.3	△				
		가상화 및 자원 슬라이싱	72.9	△				
		경량커널	69.6	△				
		계층형 하이브리드 메모리 관리	74.1	★				
	병렬 I/O 및 데이터 처리	병렬파일시스템	71.2	★				
		병렬 I/O라이브러리	64.3	★				
		데이터 압축 및 전송	72.9	●				
	병렬프로그래밍 환경	초고병렬 프로그래밍 모델	66.1	★				
		분산 프로그래밍 모델	65.7	★				
		컴파일러/디버거	70.6	●				
	작업 및 자원관리	자원 오케스트레이션	67.1	★				
		작업 스케줄러	68.5	★				
		프로비저닝	78.5	●				
	운영관리	패키지 설정 및 관리자동화	78.3	●				
		결함 및 오류복구	77.6	●				
		시스템 모니터링	79.1	●				
		시스템/네트워크 보안	79.1	△				
	HPC 사용자환경	사용자 인터페이스	72.5	△				
		개발도구(IDE)	67.8	△				
		성능측정도구	63.6	●				
		가시화 도구	61.8	●				
초고성능컴퓨팅 응용 SW기술	응용라이브러리 및 프레임워크	수치라이브러리	41.1	★				
		과학응용라이브러리	39.0	★				
		AI 프레임워크	54.6	★				
		HPDA 프레임워크	50.9	★				
	응용프로그램	인공지능처리 (AI)	61.6	★**				
		고성능데이터분석 (HPDA)	51.8	★**				
		거대과학 계산	50.0	★**				
		공학 시뮬레이션	55.9	★**				
3개 대분야	12개 소분야	42개 기술	24개 전략기술					

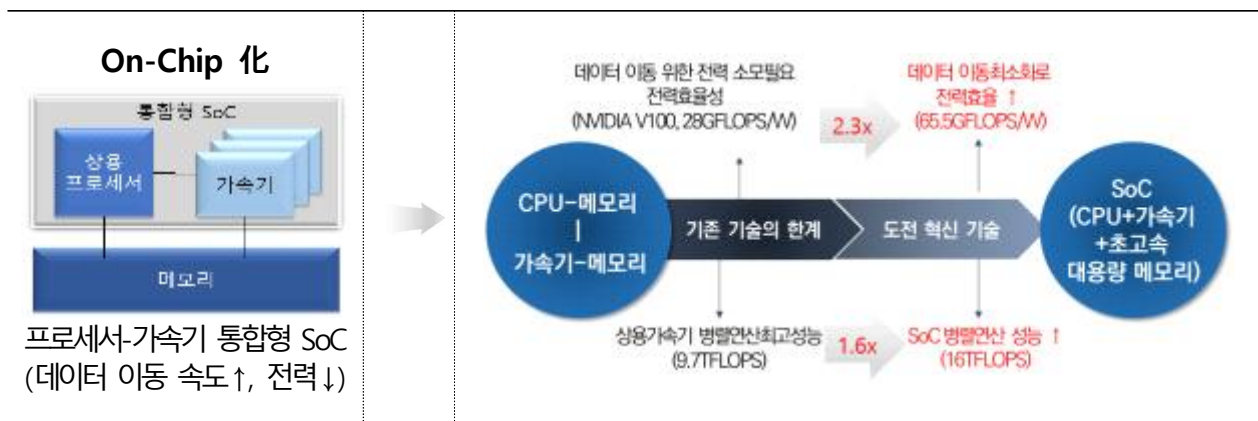
* 3-2. 응용SW 과제로 별도 구분

2-1

전략기술 포트폴리오 기반의 핵심원천기술 확보 (과기정통부)

① (프로세서) 글로벌 수준의 성능·전력효율을 갖춘 독자 초고성능컴퓨팅 프로세서 개발을 통해 세계 5대 기술보유국으로 도약

① (단기) 자체 가속기 기반의 진화형 서버 프로세서(CPU+가속기 통합 SoC)를 선도적으로 개발하여 차세대 칩 계층·연결기술 및 기반SW 등 확보(~24.上)



② (중장기) 오픈 ISA 기반 자체 CPU 코어를 탑재한 프로세서 개발을 통해 독자적 칩 설계 및 제작 역량 확보('24.下~'30)

< 초고성능컴퓨팅 프로세서 개발 로드맵 >

분 류	현 수준	1단계				2단계			3단계			목표
		~'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	
통합 프로세서	일부 요소기술 제작 역량·경험 보유	자체 가속기 기반 통합형 프로세서 설계 및 개발 (성능 : 16TFLOPS)				자체 가속기 기반 통합형 프로세서 고도화 및 안정화 (성능 : 16TFLOPS<)						프로세서 설계 및 제작 역량의 획기적 제고 및 Full 시스템 프로세서 개발
		자체 개발 프로세서 기반 툴체인 SW 개발				자체 개발 프로세서 기반 툴체인 SW 최적화 및 안정화 (고성능 서버급 시스템 SW 최적화)						
											▲ Full시스템 적용	
CPU	일부 요소기술, 모바일 CPU 제작 역량·경험 보유	오픈ISA 기반 멀티코어 아키텍처 설계 및 검증 (임베디드 디바이스급)				오픈ISA 기반 고성능 서버급 멀티코어 프로세서 개발 및 칩 제작 (고성능 서버급)						독자적 칩 설계 및 제작 역량 확보
						오픈ISA 프로세서 기반 툴체인 SW 개발 (고성능 서버급 시스템 SW 개발)						
		기술수준 65.6										
											기술수준 80	
											※ 전력효율 기술 수준 100 이상	
가속기	AI가속기 제작 역량·경험 보유	AI용 가속기 개발 (AI 가속기)				이머징 응용에 최적화된 범용 가속기 개발 (범용 가속기)						독자적 칩 설계 및 제작, 일부 선도기술 확보
											기술수준 90	

② (플랫폼기술) 국내 초고성능컴퓨터 전문기업(예: 美Cray) 육성 목표로 경쟁력 있는 시스템 기반기술* 개발·상용화

* 메인보드 설계제작 기술, 고집적 패키징 기술, 전원부 공급/전력 제어기술, 초고속 인터커넥트 기술

- ① (단 기) 상용제품 수준의 제작기술을 확보(~'22.上)하고, 자체 프로세서 기반의 랙 규모 시스템 개발을 통해 핵심원천기술 확보(~'24.上)
- ② (중장기) 자체 프로세서와 다양한 상용 프로세서 모두에서 활용 가능 하도록 기술 유연성을 강화한 혁신 기술 및 선도제품 창출(~'30)

< 초고성능컴퓨팅 시스템플랫폼 개발 로드맵 >

분 류	현 수준	1단계				2단계			3단계			목표	
		~'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30		
메인보드	상용CPU기반 제작기술 보유 <div>기술수준 78.8</div>	상용CPU기반 메인보드 설계 제작 기술 개발 <div>3TFLOPS/노드</div>		자체개발 CPU 기반 메인보드 설계제작 기술 개발 <div>32TFLOPS/노드</div>		자체개발 CPU/상용CPU 기반 고집적·저전력·고신뢰 메인보드 설계·제작 기술 개발 <div>32~64 TFLOPS/노드</div>			▲ Full시스템 적용			메인보드 커스터마이징 역량 확보 <div>기술수준 90</div>	
냉각기술/패키징 (랙/새시)	데이터센터용 냉각기술 기반 공조 시스템 구축 기술 보유 <div>기술수준 78.6</div> ※ PUE 1.3x 수준	공냉·냉각제 하이브리드 냉각기술 개발 및 하이브리드 냉각 시스템 패키징 <div>(PUE 1.1x)</div>				차세대 하이브리드 냉각 기술 고도화 및 저전력 시스템 패키징 <div>(PUE 1.0x)</div>			▲ Full시스템 적용			세계 최고 수준 냉각 기술 확보 <div>기술수준 100</div> ※ Power Usage Effectiveness 1.0x 수준	
시스템 연결망 기술	대규모 연결망 핵심 기술 연구, 시스템 구축 시 외국 제품 이용 <div>기술수준 70.8</div>	상용네트워크 기반 시스템 연결망 구축 <div>(100Gbps 급)</div>		엑사급 시스템 연결망 토폴로지 연구 이종 디바이스 초고속 통신을 위한 메모리 중심 인터커넥트 기술 개발 <div>(200Gbps 급)</div>			초고속 광기반 엑사급 시스템 연결망 연구 개발 <div>(400Gbps 급)</div>			▲ Full시스템 적용			대규모 시스템 연결망 커스터마이징 역량 확보 <div>기술수준 85</div> ※ 최대 대역폭 400Gb/s 수준

③ (데이터집약형기술) 세계 최고 메모리 반도체* 경쟁력을 기반으로 데이터 관리·처리 핵심기술** 개발

* 메모리/스토리지 기술 → ** 메모리관리, 병렬파일시스템, 인공지능(AI)·고성능데이터분석 (HPDA) 프레임워크 기술

- ① (단 기) 대규모 데이터 처리 시 병목을 최소화하는 스토리지 버스트 버퍼(~'21) 및 이종메모리 간 계층관리 기술(~'24.上) 등을 추격 개발
- ② (중장기) 메모리 관리기술을 스토리지까지 확장(다계층화)하고, 차세대 스토리지 및 인공지능·빅데이터 가속화기술 개발 등 선도기술 확보

< 데이터집약형기술 개발 로드맵 >

분 류	현 수준	1단계				2단계			3단계			목표
		~'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	
메모리/ 메모리관리	메모리 반도체 설계·제작 강국, 최적 활용 기술은 일부 오픈소스SW 개선 가능 수준	가속기 일체형 프로세서의 메모리 계층 관리 기술 개발				다계층 메모리 최적활용 기술 개발						시스템 규모의 고성능SW 개발역량 확보
스토리지/ 병렬파일 시스템	기술수준 85	낸드플래시 기반 스토리지 SW 개발				NVRAM 기반 스토리지 HW/SW 기술 개발						기술수준 90
AI/ HPDA	일부 가속개발 경험 有 기술수준 50	PF급 시스템 기반 빅데이터·인공지능 가속화기술 개발				EF급 시스템 기반 빅데이터·인공지능 가속화기술 개발						글로벌 프레임워크 기반 가속화기술 확보 기술수준 80

④ (활용기반기술) 자체적인 시스템 운영 및 응용 기술력 확보를 위해 기술 가치·활용성이 높은 핵심기반 기술·SW*를 중점 개발

* 엑사스케일 수준의 수치 라이브러리, 프로그래밍 모델, 실행환경 및 자원관리 등

- ① (단 기) 자체 프로세서 개발과 연계, 오픈소스 기반 시스템SW 및 수치 라이브러리 최적화 등을 통해 기반SW 개발역량 축적
- ② (중장기) 국제협력 등을 통해 엑사급 수치/응용 라이브러리, 프로그래밍 모델, 실행환경 등을 개발하고 국내 시스템에 적용·고도화

< 초고성능컴퓨팅 SW 개발 로드맵 >

분 류	현 수준	1단계				2단계			3단계			목표
		~'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	
응용 라이브러리	핵심SW 해외의존	자체개발 프로세서 기반 수치라이브러리 최적화				엑사스케일을 위한 수치/응용 라이브러리 개발			수치/응용 라이브러리 적용 아키텍처 확장			세계 수준 응용 라이브러리 기술 확보
	기술수준 40.05											기술수준 80
병렬 프로그래밍 모델	핵심SW 해외의존					엑사스케일 수준 병렬 프로그래밍 모델 기술 개발						엑사스케일 프로그래밍 모델 기술 확보
	기술수준 65.1											기술수준 80
작업 및 자원관리	해외 오픈소스 활용	PF시스템 작업스케 줄러/ 모니터링 도구개발	자원 및 작업관리 효율화 기술 개발			엑사급 시스템을 위한 자원 및 작업관리 최적화 기술 개발			자원 및 작업관리 기술 고도화 및 자체 개발 시스템 적용			엑사스케일 자원관리최적화 기술 확보
	기술수준 67.8										기술수준 80	

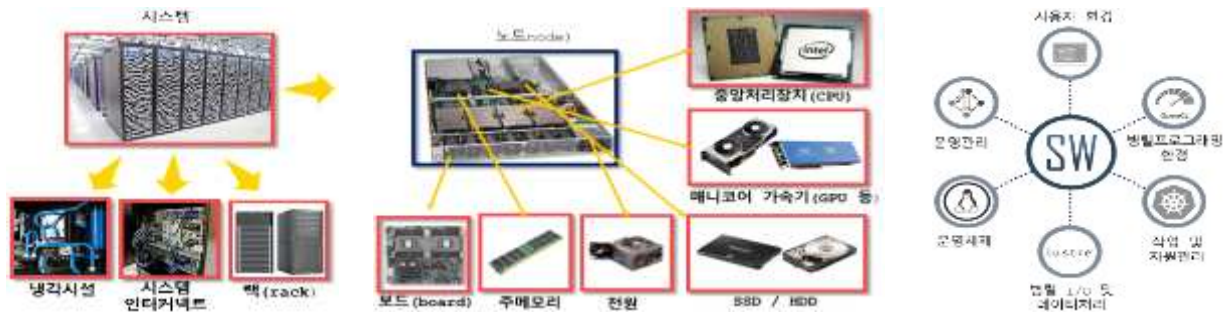
□ (목표) 프로세서, 메모리 등 자체 부품 기반으로 엑사급 초고성능컴퓨터 Full시스템을 설계부터 제작·설치까지 독자 개발·구축('24~'30)

※ 구축대상 : 국가센터 범용시스템(7호기 연계), 전문센터 특화용시스템 中 활용 수요, 기술·경제적 파급효과 등을 감안하여 검토·결정('23)

○ R&D를 통해 확보한 핵심원천기술을 바탕으로 시스템 설계·제작 역량을 확보하여 부품 국산화 가속 및 시스템시장 진입 교두보 마련

※ 핵심 부품 및 시스템 플랫폼 분야별로 자체 기술역량을 갖춘 국내 기업 1개사 이상 육성

< 국산화 대표 부품·품목 (예시) >



□ (추진전략) 성공적 사업 수행 및 산업 생태계 형성을 위해 고성능컴퓨팅 산업계가 주도하는 민간 중심 R&D 협력체계 구축

○ 주관기관으로 대·중소기업, 대학, 출연(연)이 참여하는 컨소시엄이나 벤처설립(EU방식), 연구소기업, 민·관 출자회사 등 다양한 방식 검토

- 산·학·연 역할분담을 통한 시스템 개발 전주기 협력체계 구축

- 즉, 대학(기술개발), 출연연(시스템통합 및 실증, 표준화, 인증 등), 기업(제품화, 시스템 구축, 서비스)의 역할을 유기적으로 연계

○ 글로벌 시장을 고려한 유연한 목표관리 및 민간 중심의 체계적인 사업 기획·관리, 성과확산 지원 등 추진

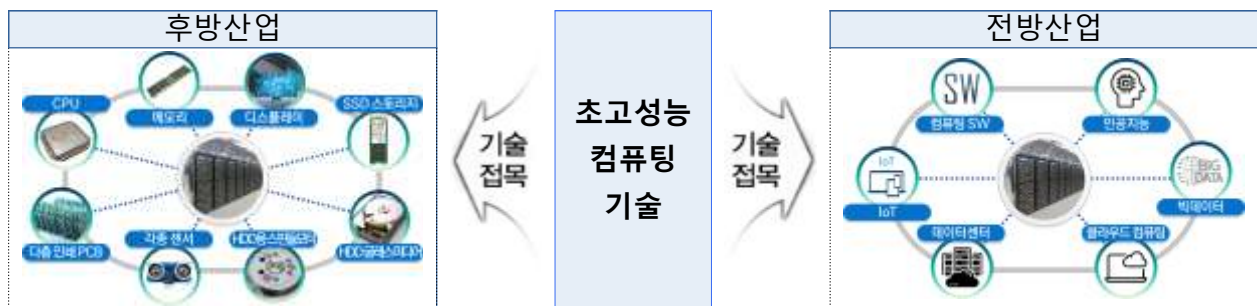
< 초고성능컴퓨터 Full시스템 개발·구축 로드맵 >



2-3

기술사업화 장벽 해소 및 지속성장기반 구축 (관계부처)

- 공공혁신조달 등과 연계, 민·관 컴퓨팅 인프라를 통한 초기시장 창출
 - (공공) PF급 시스템을 소재 연구데이터 플랫폼*, 글로벌 대용량 실험 데이터 허브센터(GSDC)** 등에 도입하여 시장 진입 첫 성공사례 창출('21~'22)
 - * 소재 연구데이터 분석·활용 등을 위해 약 2,800 CPU코어, 8PB 스토리지를 '20~'26년 간 구축
 - ** 8개 분야 기초과학실험데이터 분석 지원을 위해 약 1,300 CPU코어 약 7PB 스토리지를 '21~'23년 간 증설 구축
 - 또한, CPU 등 자체 개발한 요소기술을 제품(부품) 단위로 국가·전문센터 인프라에 시범 도입·적용하여 실증 레퍼런스 확보 및 조기 상용화('23~)
 - (민간) 국내 클라우드 기업, 포털사 등의 인프라에 국내 개발 제품을 우선 활용하는 민·관 협업 기반의 파이프라인을 구축하여 시장 확대 지원('22~)
- 초고성능컴퓨팅 기술을 다양한 전·후방 산업에 접목, 新기술·新제품 개발 지원
 - 초고성능컴퓨팅 기술을 관련 제품·서비스에 적용해 성능을 고도화할 수 있는 혁신 모델 발굴 및 응용연구·실증 지원('22~)
 - '전담기술지원단'을 운영하여 기술 수요기업-보유기관 간 기술이전 중개 및 기업의 R&D·사업화 연계 지원*
 - * 공공수요 기반으로 기술보유 학·연과의 실증 프로젝트 추진 및 공공 분야의 기술인력장비 지원 등



- 국산 부품·시스템에 대한 인식 개선 및 신뢰도 제고
 - 조달청과 협업하여 국내 개발 부품·시스템의 조달우수제품 등록을 지원('22~)하고, 국가 차원의 인증제도 도입 등 검토 추진(~'25)
 - 국내 초고성능컴퓨팅 기업의 공동브랜드 개발* 및 디렉토리 발간(매년), 국내외 행사 등을 활용한 성과 발표·홍보, 투자유치 등 추진('21~)
 - * 관련 기업이 품질관리, 개발·판매, A/S 등을 공동으로 하는 비즈니스 협업체계

참고 : 국가 전략 분야 선정 및 유망 기술

□ 선정 과정

- (활용 분야 체계) 제4차 과학기술 기본계획 상 기술분류체계 중 43개 중 분야 체계를 활용
- (후보 분야 도출) 초고성능컴퓨팅 미래 수요조사와 전문가 미래트렌드 전망을 종합하여 14개 후보 분야 도출
 - (수요조사) 한국연구자정보통합시스템 가입 연구자(약 20만명) 대상으로 향후 10년 간의 초고성능컴퓨팅 활용수요 조사 실시(4,618명 참여)
 - (미래트렌드 전망) 활용분과에서 추천받은 분야별 전문가(30명) 대상으로 미래 초고성능컴퓨팅 활용 분야별 발전전망 및 유망기술 등 의견수렴
- (전략 분야 선정) 14개 후보 분야에 대해 전문가 평가를 통해 10개 전략 분야 선정
 - (평가자 구성) : 활용분과위원 및 과학산업기술 전문가 100명
 - (평가항목) 우선순위(적정성, 중요성) 및 파급력 평가
 - (평가방법) 전략분야 선정을 위한 이슈 매트릭스 구성

□ 10대 전략분야별 유망기술(예시)



① 국가초고성능컴퓨팅 자원을 통합하여 분야별·주체별로 전략적 지원

- (분야) 국내외 연구동향 및 정책적 중요성 등을 고려, 매년 국가초고성능 컴퓨팅자원의 분야별 배분 비율을 마련·적용
 - 국가 전략 분야에 국가 전체 자원의 50% 이상을 배분
 - ※ 전문센터가 부재한 전략 분야에 대해서는 공동활용자원 및 국가센터 자원을 우선 배분
- (주체) 사용자 다양화 및 확산 가속화를 위해 정부·공공기관, 민간기업에 국가초고성능컴퓨팅 자원을 우선 배분
 - (정부·공공기관) 공공서비스, 어플리케이션 개발·시운영 등을 위해 국가 자원의 최대 10%(기상청 제외, '20기준 약 2% 수준)를 전용 자원으로 제공
 - (기업) 국가 자원의 최대 20%('20기준 약 1.2% 수준)를 전용 자원으로 제공하고, 무상지원 확대 및 사용절차 간소화 등 추진
 - ※ 초고성능컴퓨팅 기반 新서비스 개발 기업 대상으로 어플리케이션 개발 및 초기 운영 등을 위한 전용자원을 안정적 제공

② 수요자 맞춤형 지원 강화

- (민간기업) 우수한 공공의 인프라·서비스 등을 마음껏 활용할 수 있도록 비즈니스 친화적 국가초고성능컴퓨팅 환경 조성
 - 공공인프라를 안심하고 사용할 수 있도록 데이터 관리규정을 마련(~'22)하고, 관련 데이터 유출·공개 원천 차단기술 적용 등 보안기술체계 강화('23~)
 - ※ 상시 보안관제 및 침해대응 체계, 양자암호 네트워크 기반 분산 데이터 인프라 구축 등
 - 기업이 자사 전용 초고성능컴퓨터의 구축·운영을 관련 전문성을 보유한 공공센터에 위탁하는 '공공 - 민간 협력 프로그램' 활성화
 - ※ 적극적 정부역할 검토 등 공공민간 협력 모델을 마련하여 국가전문센터 중심으로 시범 운영 후 확산('23~)

< 민간 초고성능컴퓨터의 공공위탁운영 모델(예시) >

공공 (자원 구축/운영)		민간 (자원 서비스 이용)
기업요구 기반 전용 초고성능컴퓨터 설계 및 구축	위탁비용(구축+운영비) 지급	활용 분야 및 계산량 산정, 응용SW·서비스기능 요구사항 정의
상면/전력/냉각 설비 제공, 컴퓨팅/보안 장비 유지 관리, 24x7 전담 운영 및 기술 지원	서비스수준 보장	보안요구사항 및 서비스수준 정의, 자원 현황 원격 모니터링
코드 최적화/병렬화 등 기술 협력, 既보유 자원을 활용한 초과 수요 탄력 지원	추가자원 탄력제공 기술협력	연구 몰입형 사용 환경

- **소재제조업의 디지털트윈 활용을** 목표로 관련 SW 기술 및 교육 패키지 등의 지원을 확대(‘21~)하고, **제조 디지털트윈 플랫폼*** 개발을 통해 확산 가속화(‘25~)

* 해당 기업이 디지털트윈 기술을 웹 기반 등으로 직접 활용할 수 있는 플랫폼

< 기업 대상 M&S서비스 지원방향 >

~'24			'25~	
기반 기술	복합물리 기반 M&S (유체+구조, 유체+동역학 등)	→	기반 기술	제조 디지털트윈 플랫폼 (차원축소모델)
적용	팬, 모터, 기어박스, 밸브, 펌프 등		적용	제조공장, 화학플랜트, 발전소 등
효과	설계개선, 성능향상		효과	고장예지진단, 제품검사, 에너지 최적화 등

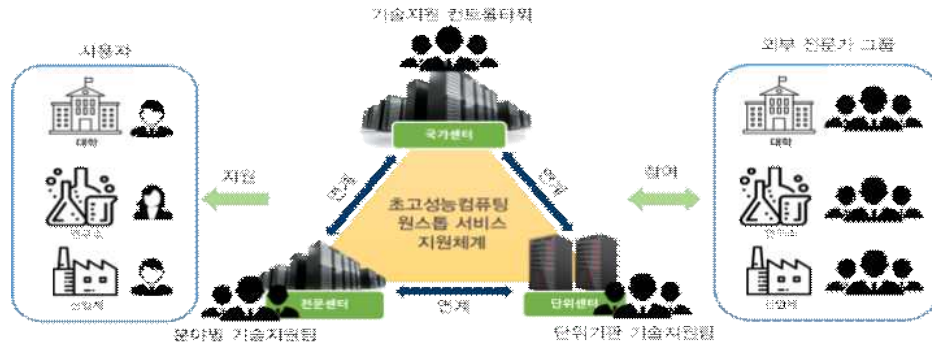
- (정부·공공기관) 공공서비스 등에 **초고성능컴퓨팅을 적극 도입·활용**할 수 있도록 **초고성능컴퓨팅 전문가 컨설팅 및 실증 지원(‘21~)**
 - 관련 운영·서비스 전문가 등으로 구성된 「**초고성능컴퓨팅 전문가 네트워크**」 구축·운영하여 정부 및 공공기관 지원
- (연구자) **초고성능컴퓨팅 활용 기반 정부R&D사업 지원 확대**
 - **정부 R&D사업***과 연계하여 대형·집단연구의 활용 연구과제 선정 우대(가산점 부여 검토) 및 **활용기술 지원**을 통해 **파급력 있는 성과 창출**
 - ※ 국가초고성능컴퓨팅자원 우선 배분 및 다년간 진행되는 과제의 경우 연구종료 시까지 초고성능컴퓨팅자원을 안정적으로 제공
 - **초고성능컴퓨팅을 통해서만 가능한 국가 전략 분야의 유망 연구**를 지원하는 **활용 연구 전용사업 신설·운영 추진(‘22~)**
 - ※ 과제당 연 10억원 규모로 약 5년간 지원, 연구기간 내 초고성능컴퓨팅자원 제공 등

③ 사용자 접근성을 높인 맞춤형 서비스 환경 구축 및 수요 밀착 지원

- 국가센터 - 전문센터 - 단위센터 간 서비스 연계 및 사용자 통합 지원 프로그램 운영 등을 통한 초고성능컴퓨팅 원스톱 서비스 체계 구축·운영

※ 전문센터별 응용분야별 전문가-계산과학자-엔지니어로 구성된 기술지원팀 구성 등

< 초고성능컴퓨팅 원스톱 서비스 체계 개념도 >



④ 국가 전략 분야 공공·비즈니스 新서비스 창출

- 초고성능컴퓨팅 기반의 혁신적 서비스 모델을 발굴하고, 어플리케이션 개발 및 초기 운영을 위한 전용자원 제공 등 지원 확대(30년까지 신서비스 10개 창출)

< 초고성능컴퓨팅 기반의 新서비스(예시) >

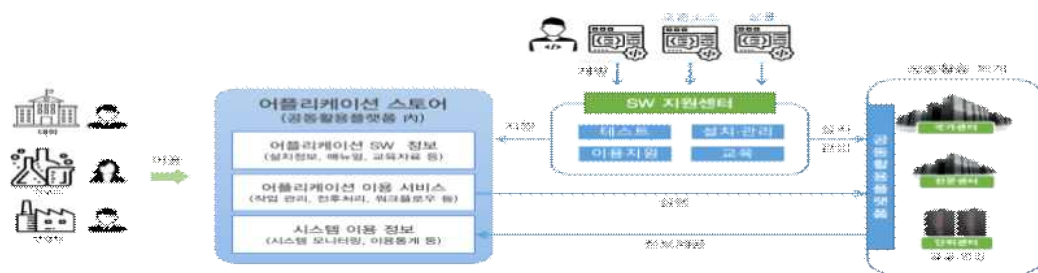


□ 국가 전략 분야 중심으로 전문화된 응용SW 개발·공유 서비스 제공('23~)

- SW의 공백이 있거나 개선이 필요한 유망 연구 분야 중심으로 연구자 - 개발자 협업 기반의 연구맞춤형 SW 개발 및 고도화 지원
- 대학, 출연연 등이 보유한 개별 SW 기술자산을 분야별 체계화·집적화하고, 초고성능컴퓨팅 공동활용체계 연동 플랫폼을 통해 공유서비스 제공

* SW IP, 소스코드, 모듈, 개발·활용 노하우, 아이디어 등

< 응용SW 개발·공유 서비스 개념도 >



□ 기업·연구자의 초고성능컴퓨팅 기반 데이터 분석 및 시뮬레이션 등을 전문적 대행·지원하는 초고성능컴퓨팅 연구개발서비스업 육성

- (창업촉진) 관련 종사자, 은퇴예정 엔지니어 등을 대상으로 창업교실 운영 및 과학기술협동조합 연계 지원 등을 통한 창업 지원
- (역량강화) 초기 창업기업의 비즈니스모델 확립, 서비스 유망기술 발굴·개발, 교육·훈련 제공 등 신서비스 창출 및 국가 인프라 지원
- (시장창출) 연구자·공공기관 등을 대상으로 일거리 발굴 및 서비스 기업 매칭, 국가R&D과제 참여 등 지원
- (홍보) 연구개발서비스 기업에 대한 종합정보 제공체계 마련 등

< 해외 초고성능컴퓨팅 연구개발서비스 기업 사례 >

기업명	주요사업	세부내용
Detroit Engineered Products(DEP) (미국)	엔지니어링 솔루션 및 제품 개발	• 항공우주, 자동차, 헬스케어, 엔지니어링 등 전 산업 분야 CAE 및 제품개발 서비스 제공
caelyn (미국)	엔지니어링, 비즈니스 운영 서비스 및 컨설팅	• 산업분야(항공우주, 국방, 에너지, 산업설비&제조, 생명과학 등) 소프트웨어, 컨설팅, 교육 서비스 제공
Fastway Engineering (미국)	엔지니어링 소프트웨어 교육 및 컨설팅	• CAD/CAE 교육 훈련 및 구조 역학, 유체 역학 및 열 전달과 관련된 문제 해결을 위한 시뮬레이션 서비스 제공
CAE Solutions (일본)	CAE제품의 기술 지원 훈련, 시뮬레이션 대행 및 컨설팅	• 제조물의 특성 분석, 화재 분석 등 다양한 분야의 시뮬레이션 대행 서비스 및 의료계 CAE 서비스 제공 등

□ 초고성능컴퓨팅 특화인력 육성

- ① (초고성능컴퓨터 활용 전문인력) 신규 진입 연구자, 타 분야 연구자 등을 대상으로 전문 교육·훈련* 및 튜토리얼·상담 프로그램 등을 운영

* 예시 : 국가과학기술인력개발원 계산과학 정규교육과정 확대, 국가센터 산업체 수요 특화교육 등

- 자연과학·공학·의학 등 분야의 초고성능컴퓨팅 활용 신규 인력 양성을 위한 계산과학공학 관련학과(전공, 협동과정 등) 설치 지원*

* 서울대(연합전공 계산과학과 및 대학원 협동과정), 연세대(계산과학공학과 대학원), 이화여대(계산과학 연계전공) 등에 학과를 설치·운영, 최근 6년간 석·박사 46명 배출('11~'16)

- 국가·전문센터 자원을 활용하여 초고성능컴퓨터 및 응용SW 활용 교육, 분야별 전문교육 등 수준별 교육프로그램 운영

※ HPC 활용법 등 초급교육(2,262명), 병렬 프로그래밍 등 중급교육(4,888명), 지능정보 및 응용분야별 고급교육(5,551명) 등 12,701명에 대한 교육 수행('13~'17)

- ② (초고성능컴퓨터 개발 전문인력) 컴퓨터공학과 등 관련 학과 석·박사 대상으로 초고성능컴퓨팅 R&D사업을 통해 프로젝트 중심 인력양성(PBL) 추진

- 초고성능컴퓨팅 기술 분야 소액 도전형 R&D 등 초고성능컴퓨팅 석박사 인력양성 프로그램 신설

※ 초고성능컴퓨팅 분야 대학ICT연구센터(ITRC) 신규 지정('21년 1개 목표) 및 확대

- ③ (초고성능컴퓨터 운영 전문인력) 대학 재학생·졸업예정자, 이직예정자 등을 대상으로 인프라 관리·운영·서비스 관련 인턴십·단기교육 프로그램 운영 등 추진

- 초고성능컴퓨팅센터 운영인력의 커리어패스 관리를 위한 직무수행능력 표준 개발·보급 및 맞춤형 교육과정 운영 등 추진

VI. 향후 추진계획

□ '범부처 국가초고성능컴퓨팅 협의체' 구성·운영을 통해 관련 사업 기획 및 예산 확보, 성과 점검 등을 체계적으로 추진('21년~)

- 同 혁신전략은 기본계획과 연계, 주기적으로 현행화하여 이행력 강화
- 예비타당성조사가 필요한 사항*은 예타 절차를 거쳐 추진여부 최종 결정

* 국가 플래그십 초고성능컴퓨터 구축·운영, 범부처 국가초고성능컴퓨팅자원 선진화, 초고성능컴퓨팅 원천기술 개발 및 시스템 실증 등

중점 추진 과제			사업 및 추진일정	
1. 전략적 인프라 확충	1-1. 세계적 인프라를 갖춘 국가센터 육성	<ul style="list-style-type: none"> 국가 플래그십 초고성능컴퓨터 구축·운영(6호기 구축 등) 소규모 초고성능컴퓨터 운영 확대 (뉴론 확충, 테스트베트 구축 등) 초고성능컴퓨팅자원 통합운영체계 구축 	'23년~	
	1-2. 분야별 전문센터 지정·육성	<ul style="list-style-type: none"> 전문센터 지정 초고성능컴퓨팅센터 인큐베이션 프로그램 운영 	'21.상~	
	1-3. 초고성능컴퓨팅 자원 공동활용체계 2.0 구축	<ul style="list-style-type: none"> 초고성능컴퓨터 공동활용체계 구축 초고성능컴퓨팅 데이터 허브 구축 	'21.상~	
			(가칭) 범부처 국가초고성능 컴퓨팅자원 선진화 사업	'23년~
2. 독자적 기술력 확보 및 산업화 기반 마련	2-1. 전략기술 포트폴리오 기반의 핵심원천기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> 프로세서, 플랫폼기술, 데이터집약형기술, 활용기반기술 등 4대 분야 전략기술 개발 	(가칭) 초고성능 컴퓨팅 원천기술 개발 및 시스템 실증 사업	
	2-2. 자체 프로세서 기반 엑사급 초고성능컴퓨터 개발 및 구축	<ul style="list-style-type: none"> 프로세서 등 자체 부품 기반으로 엑사급 초고성능컴퓨터 Full 시스템 독자 개발·구축 	'24년~	
	2-3. 기술사업화 장벽 해소 및 지속성장기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> 국내 개발 제품 시범도입·확산 수요-공급 연계 신기술·신제품 개발 지원 국산 부품 신뢰도 제고 등 	'21.상~	
			'21.상~	
3. 혁신적 활용 활성화	3-1. 국가 전략 분야 중심의 수요맞춤형 지원 강화	<ul style="list-style-type: none"> 국가초고성능컴퓨팅자원의 전략적 지원 수요자 맞춤형 지원 맞춤형 서비스 환경 구축 	'21.상~	
	3-2. 전문성 기반의 개방형 활용 생태계 구축	<ul style="list-style-type: none"> 전문화된 응용SW 개발·공유 서비스 제공 초고성능컴퓨팅 연구개발서비스업 육성 초고성능컴퓨팅 특화인력 육성 	'23년~	
			'21.하~	
			'21.상~	

부처명	관련 전략분야	주요 역할
산업통상 자원부	소재·나노 자율주행 제조기반	<ul style="list-style-type: none"> 산업 분야 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 공동활용체계 참여 지원 산업계 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 및 국내 개발기술의 산업화 촉진 산업 분야 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성 지원
중소벤처 기업부	자율주행 제조기반	
보건복지부	생명·보건	<ul style="list-style-type: none"> 생명공학, 보건의료 및 사회복지 분야 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 공동활용체계 참여 지원 생명공학, 보건의료 및 사회복지 분야 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 지원 생명공학, 보건의료 및 사회복지 분야 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성 지원
환경부 기상청	기상 기후·환경 재난·재해	<ul style="list-style-type: none"> 지구환경시스템, 대기과학·화학, 대기동역학 등 기상·기후·환경 관련 분야의 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 공동활용체계 참여 지원 기상·기후·환경 분야 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 지원 기상·기후·환경 분야 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성 지원
행정안전부 소방청 경찰청	재난·재해	<ul style="list-style-type: none"> 재난·재해, 스마트시티 등 공공서비스 분야 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 공동활용체계 참여 지원 재난·재해, 스마트시티 등 공공서비스 분야 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 및 전문인력 양성 지원
국토교통부	재난·재해 자율주행	<ul style="list-style-type: none"> 재난·재해, 스마트시티, 자율주행 등 국토 분야 초고성능컴퓨팅 초고성능컴퓨팅 자원 확보 및 활용 활성화, 전문인력 양성 등 지원
해양수산부 해양경찰청	기상 기후·환경 재난·재해	<ul style="list-style-type: none"> 해양 관련 기상·환경·재난·재해 등 분야의 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 공동활용체계 참여 지원 해양 분야 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 지원 해양 분야 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성 지원
농림축산식품부 농촌진흥청	생명·보건	<ul style="list-style-type: none"> 농업생물자원 분야 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 공동활용체계 참여 지원 농업생물자원 분야 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 지원 농업생물자원 분야 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성 지원
국방부	국방·안보	<ul style="list-style-type: none"> 국방·안보 분야 초고성능컴퓨팅자원 확보 및 공동활용체계 참여 국방·안보 분야 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 및 전문인력 양성 지원
과학기술 정보통신부	우주 핵융합가속기 ICT 등	<ul style="list-style-type: none"> 국가센터 육성 및 전문센터 지정 등 총괄 추진 국가초고성능컴퓨팅 공동활용체계 구축 총괄 추진 초고성능컴퓨팅 전략기술 개발 및 시스템 구축 총괄 추진 기술장벽 해소 등 산업생태계 조성 지원 초고성능컴퓨팅 활용 연구 및 전문인력 양성 등 지원
교육부	-	<ul style="list-style-type: none"> 교육 분야 초고성능컴퓨팅자원 확보 지원 초고성능컴퓨팅 기초연구 지원 및 기초인력 양성 기초학문 분야 초고성능컴퓨팅 활용 연구 지원
기획재정부	-	<ul style="list-style-type: none"> 관련 과제 이행을 위한 예산 지원

붙임 2

국내 초고성능컴퓨터 현황

부처	기관명	시스템명	이론성능 (TF)	구축연도 (년)	이용자수 (명)	운영목적
과학기술정보통신부	KISTI	누리온(Nurion)	27,500	2018	3,500	공동활용
		뉴론(Neuron)	1,240	2018 (매년증설)		
	한국핵융합 에너지연구원	카이로스(KAIROS)	1,560	2020	40	내부서비스
	기초과학연구원	알레프(Aleph)	1,433	2018	23	내부서비스 및 공동활용
		올라프(Olaf)	329	2020		
	울산과학기술원	타키온(Tachyon)*	420	2019	213	공동활용 및 내부서비스
		덤보(Dumbo)	253	2018		
	광주과학기술원	GIST AI-X Mini DC	400	2020	200	내부 단독활용 및 서비스
	고등과학원	Lexicon	343	2018	160	내부서비스
	한국표준과학 연구원	소재연구데이터 플랫폼시스템	260	2021 (매년증설)	미정	공동활용 및 내부서비스
	한국지질자원 연구원	탐사자료분석 시스템	151	2020	18	내부 단독활용
기상청	기상청	누리(Nuri)	2,900	2015	600	내부서비스 및 공동활용
		미리(Miri)	2,900	2015		
		우리(Uri)	447	2014		
		두루	1,898	2019		
국방부	국방과학연구소	Sky	350	2018	비공개	내부서비스
농업진흥청	국립농업 과학원**	NABIS 1호기	100	2019	161	내부서비스 및 공동활용

* KISTI 4호기 시스템 이관 사용

** 기상청 3호기 시스템 이관 사용

※ 국내 단일시스템 기준 100TF(이론성능) 이상 고성능컴퓨팅 자원 포함

붙임 3

'초고성능컴퓨터 Top500' 현황('20.11월 기준)

□ Top10 순위

순위(변동)	슈퍼컴명	국가명	보유기관	제조사	이론성능(PF)	실측성능(PF)
1 (-)	Fugaku	일본	RIKEN	Fujitsu	537.2	442.0
2 (-)	Summit	미국	ORNL	IBM	200.8	148.6
3 (-)	Sierra	미국	LLNL	IBM/NVIDIA	125.7	94.6
4 (-)	Sunway TaihuLight	중국	NSCC-Wuxi	NRCPC	125.4	93.0
5 (△2)	Selene	미국	NVIDIA	NVIDIA	79.2	63.5
6 (▽1)	Tianhe-2A	중국	NSCC-GZ	NUDT	100.7	61.4
7 (신규)	JUWELS Booster Module	독일	FZJ	Atos	71.0	44.1
8 (▽2)	HPC5	이탈리아	Eni S.p.A.	Dell EMC	51.7	35.5
9 (▽1)	Frontera	미국	TACC	Dell EMC	38.7	23.5
10 (신규)	Dammam-7	사우디	Saudi Aramco	HPE	55.4	22.4

□ 국내 현황

TOP500 순위	기관	슈퍼컴명	제조사	실측성능	도입년도
21 (▽4)	KISTI	NURION	Cray	13.9PF	2018
166 (▽28)	기상청	Nuri-CrayXC40	Cray	2.4PF	2015
167 (▽28)	기상청	Miri-CrayXC40	Cray	2.4PF	2015

□ 최근 5년간('15~'20) 보유대수/성능 총합 기준 국가 순위

• 대수별 : 대(%) • 성능별 : 페타플롭스(%)

순위		2015.11			2016.11			2017.11			2018.11			2019.11			2020.11		
		국가	수치	점유율	국가	수치	점유율	국가	수치	점유율	국가	수치	점유율	국가	수치	점유율	국가	수치	점유율
1	대수별	미국	199	39.8	중국	171	34.2	중국	202	40.4	중국	227	45.4	중국	228	45.6	중국	212	42.4
	성능별	미국	172.6	41.3	미국	228	33.9	중국	298.9	35.4	미국	533.2	37.7	미국	611.1	37.1	미국	621.7	27.5
2	대수별	중국	109	21.8	미국	170	34	미국	143	28.6	미국	109	21.8	미국	117	23.4	미국	113	22.6
	성능별	중국	88.7	21.2	중국	223.6	33.3	미국	249.8	29.6	중국	438.2	31.0	중국	531.8	32.3	일본	593.7	24.4
3	대수별	일본	37	7.4	독일	32	6.4	일본	35	7	일본	31	6.2	일본	29	5.8	일본	34	6.8
	성능별	일본	38.4	9.2	일본	54.5	8.1	일본	90.9	10.8	일본	109.4	7.7	일본	109.5	6.6	중국	564.0	23.2
4	대수별	독일	33	6.6	일본	27	5.4	독일	21	4.2	영국	20	4	프랑스	18	3.6	독일	19	3.8
	성능별	독일	29.9	7.1	독일	36.5	5.4	독일	38.4	4.5	독일	60.5	4.3	프랑스	68.9	4.2	독일	139.6	5.7
5	대수별	프랑스	18	3.6	프랑스	20	4	프랑스	18	3.6	프랑스	18	3.6	독일	16	3.2	프랑스	18	3.6
	성능별	프랑스	12.3	2.9	영국	27.6	4.1	영국	32.3	3.8	프랑스	43.6	3.1	독일	66.9	4.1	프랑스	89.8	3.7
6	대수별	영국	18	3.6	영국	13	2.6	영국	15	3	독일	17	3.4	네덜란드	15	3	네덜란드	15	3
	성능별	영국	11.6	2.8	프랑스	25.4	3.8	프랑스	30.8	3.6	영국	41.7	2.9	영국	32.1	2.0	이탈리아	78.5	3.2
7	대수별	인도	11	2.2	폴란드	7	1.4	이탈리아	6	1.2	아일랜드	12	2.4	아일랜드	14	2.8	아일랜드	14	2.8
	성능별	사우디	9.8	2.3	이탈리아	14.1	2.1	스위스	21.7	2.6	이탈리아	31.1	2.2	이탈리아	30.1	1.8	사우디	36.0	1.4
8	대수별	대한민국	10	2	이탈리아	6	1.2	네덜란드	6	1.2	캐나다	9	1.8	영국	11	2.2	영국	12	2.4
	성능별	스위스	8.7	2.1	스위스	12.3	1.8	이탈리아	16.3	1.9	스위스	23.1	1.6	네덜란드	24.7	1.5	영국	34.1	1.5
9	대수별	러시아	7	1.4	사우디	5	1	대한민국	5	1	대한민국	6	1.2	캐나다	9	1.8	캐나다	12	2.4
	성능별	대한민국	7.2	1.7	사우디	9.6	1.4	사우디	9.3	1.1	대한민국	21.9	1.6	스위스	23.1	1.4	캐나다	26.7	1.1
10	대수별	사우디	6	1.2	인도	5	1	폴란드	5	1	이탈리아	6	1.2	이탈리아	5	1	이탈리아	6	1.2
	성능별	이탈리아	6.1	1.5	폴란드	6.2	0.9	대한민국	7.1	0.8	아일랜드	19.8	1.4	아일랜드	23.1	1.4	스위스	26.2	1.1
기 타	대수별		52	10.4		44	8.8		44	8.8		45	9.0		38	7.6		45	9
	성능별		32.5	7.8		34.4	5.1		49.7	5.9		92.3	6.5		125.5	7.6		191.7	7.9
대한 민국 순위	대수별	8위	10	2	14위	4	0.8	9위	5	1	9위	6	1.2	12위	3	0.6	14위	3	0.6
	성능별	9위	7.2	1.7	19위	5.7	0.8	10위	7.1	0.8	9위	21.9	1.6	18위	18.7	1.1	13위	18.7	0.8