

지능정보사회에 대비한 컴퓨팅 역량강화방안 연구

(A Study on Strengthening Computing Capabilities in
Intelligent Information Society)

연구기관 : 한국과학기술정보연구원

2018. 4. 16.

과 학 기 술 정 보 통 신 부

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 미래창조과학부의 공식견해가
아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 유 영 민

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “ 지능정보사회에 대비한 컴퓨팅 역량강화방안 연구 ”의
최종보고서로 제출합니다.

2018. 4. 16.

목차

[표 목차]	v
[그림 목차]	ix
요 약 문	1
1. 추진 개요	3
1.1. 추진 근거 및 경과	3
1.1.1. 추진 배경	3
1.1.2. 추진 근거	4
1.2. 추진 필요성	8
1.2.1. 지능정보기술과 컴퓨팅	8
1.2.2. 데이터 활용기술과 컴퓨팅	12
1.2.3. 초고성능컴퓨팅과 제조업 디지털 혁신	14
1.2.4. 초고성능컴퓨팅 자원 및 기술 수준격차	16
1.2.5. 초고성능컴퓨팅 자원에 대한 요구	21
2. 제1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 분야별 추진 실적	25
2.1. 제1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 개요	25
2.2. 추진 전략별 주요 성과	30
2.2.1. (추진전략 1) 신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대	31
2.2.2. (추진전략 2) 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축	37
2.2.3. (추진전략 3) 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련	45
2.3. 국가초고성능컴퓨팅 성과확산 및 제언	57
2.3.1. 초고성능컴퓨팅 국가 R&D 사업 연계	57

2.3.2. 초고성능컴퓨팅 성과확산	58
2.3.3. 초고성능컴퓨팅 제도개선 및 정비	61
3. 초고성능컴퓨팅 주요 분야별 국내외 동향	65
3.1. 국가초고성능컴퓨팅 인프라 부문	65
3.1.1. 글로벌 동향	66
3.1.2. 국내 동향	94
3.2. 국가초고성능컴퓨팅 활용 부문	109
3.2.1. 글로벌 동향	110
3.2.2. 국내 동향	179
3.3. 국가초고성능컴퓨팅 연구개발 부문	195
3.3.1. 글로벌 동향	195
3.3.2. 국내 동향	210
3.4. 국가초고성능컴퓨팅 정책 부문	224
3.4.1. 글로벌 동향	224
3.4.2. 국내 동향	226
4. 주요 시사점	234
4.1. 국가초고성능컴퓨팅 인프라 확보	234
4.2. 국가초고성능컴퓨팅 활용	238
4.3. 국가초고성능컴퓨팅 연구개발	240
4.4. 시사점 분석 및 추진 방향 도출	243
5. 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 전략 수립	246
5.1. 비전 및 전략체계	246

5.2. 추진전략 및 과제	247
[추진전략 1. 전방위적인 고성능컴퓨팅 활용 확대 및 응용전문화]	247
[추진전략 2. 미래수요 대응 고성능컴퓨팅 인프라 확보]	252
[추진전략 3. 미래 경쟁력 원천인 초고성능컴퓨팅 기술 확보]	257
5.3. 기대효과	263
6. 추진 일정	264
6.1. 향후 세부 과제별 추진 일정	264
6.2. 주요 추진 계획	265
6.2.1. 국가센터 5호기 개요 및 활용 계획	265
6.2.2. 첨단연구망 구축 현황 및 계획	267
6.2.3. 데이터인프라 구축 계획	271
6.2.4. 페타스케일 시스템 개발 계획	272
6.2.5. 차세대반도체 기술개발 사업 계획	274
6.2.6. 양자컴퓨팅 기술개발 사업 계획	275
6.2.7. 기상청 초고성능컴퓨팅 추진 계획(안)	276
6.2.8. 해양수산부 초고성능컴퓨팅 추진 계획(안)	279
6.2.9. 중소기업벤처부 초고성능컴퓨팅 활용 계획(안)	281
6.2.10. 집단연구 지원 강화 계획	282
6.2.11. 인력양성 프로그램 추진 계획	283
7. 산업연관분석 기반 성과 예측 분석	287
7.1. 산업연관표의 개념 및 구조	287
7.2. 산업연관분석(Input-Output Analysis)	291
7.3. 산업연관분석을 위한 초고성능컴퓨팅산업 분류 및 분석 범위	292

7.4. 각 계수별 의의 및 산출 방식	297
7.5. 경제적 파급 효과 분석	300
 참고 자료	 311
 참고 문헌	 327

[표 목차]

<표 1-1> 제품분류별 전체 HPC 시장 매출	11
<표 1-2> 슈퍼컴퓨터 시스템 등재 현황(1~10위)	16
<표 1-3> 초고성능컴퓨터 Top 10 순위(2017. 11)	17
<표 1-4> 슈퍼컴퓨터 Top500 국내 초고성능컴퓨팅 순위(2017년 11월 기준) ..	18
<표 1-5> 신개념 컴퓨팅 기술(양자·뉴로 등)의 5개국 기술수준 및 순위(2012) ..	20
<표 1-6> 신개념 컴퓨팅 기술(양자·뉴로 등)의 5개국 기술수준 및 순위(2016) ..	20
<표 1-7> 신개념 컴퓨팅 기술(양자·뉴로 등)의 5개국 기술수준 변화(2014, 2016)	21
<표 2-1> 추진전략 1. 실행계획 및 대표성과 요약	32
<표 2-2> 추진전략 2. 실행계획 및 대표성과 요약	38
<표 2-3> 추진전략 3. 실행계획 및 대표성과 요약	46
<표 3-1> 슈퍼컴퓨터 시스템 등재 현황('17년 11월)	67
<표 3-2> TOP500 전체 성능 및 시스템 현황('17년 11월)	68
<표 3-3> 초고성능컴퓨터 제조사 현황('17년 11월)	69
<표 3-4> 대륙별 슈퍼컴퓨터 시스템 분포 현황('17년 11월)	70
<표 3-5> Top500 리스트의 상위 Top10 시스템('17년 11월)	71
<표 3-6> NISC 조직별 활동 내용	77
<표 3-7> KIT 컴퓨팅 자원 및 스토리지 현황	81
<표 3-8> 미국 DOE 산하 기관의 자원 할당	82
<표 3-9> 일본 슈퍼컴퓨터 사용료 정책	82
<표 3-10> 독일 Julich 슈퍼컴센터 자원할당	83
<표 3-11> NERSC 컴퓨팅 자원 및 스토리지 현황	84
<표 3-12> 42개 HPC4Mfg 지원 기관 및 과제	85
<표 3-13> 9개 우수센터(CoEs)의 예산 및 계속과제 연구기관	89
<표 3-14> Top500 순위내 국내 슈퍼컴퓨터 현황('17년.11월)	95
<표 3-15> 국내 Top500 등재시스템 변화 추이('10~'17년)	96
<표 3-16> 2016년도 슈퍼컴퓨터 4호기 자원할당 현황	102
<표 3-17> 유상 서비스 주요 내용	102
<표 3-18> 무상 서비스 주요 내용	103
<표 3-19> 향후 5년간('16~'20년) 분야별 요구 총 자원량	105

<표 3-20> 초고성능컴퓨터 4호기 연평균 CPU 부하율	106
<표 3-21> 지원분야별 첨단 연구자 이용 현황('13~'16년)	106
<표 3-22> 분야별 첨단 연구기관 지원 현황('16년)	107
<표 3-23> KISTI 초고성능컴퓨터 4호기 지역별 사용 현황('17년, 9월)	107
<표 3-24> DOE-ASCR프로그램 2017년 예산 현황('17년)	111
<표 3-25> SciDAC 참여 기관 현황 ('17년)	113
<표 3-26> ETP4HPC 예산 현황('18~'20년)	115
<표 3-27> EuroLab-4-HPC 주요 활동	115
<표 3-28> EuroLab-4-HPC 작업 그룹별 주요 활동	116
<표 3-29> HBP 총 예산 비용('13~'22년)	117
<표 3-30> EU 내 HPC 이니셔티브	118
<표 3-31> Post-K 개발 예산 추이 ('14~'17년)	119
<표 3-32> 5대 중점분야 및 9대 중점 과제 실시 기관	120
<표 3-33> HPCI 전략 프로그램(SPIRE) 연도별 예산	124
<표 3-34> SPIRE 5대 전략분야별 주관연구기관	125
<표 3-35> 제조 혁신을 위한 주요 연구 성과	128
<표 3-36> 민관 전략 프로젝트 10대 방안	129
<표 3-37> 상하이슈퍼컴퓨터센터의 주요 기능 및 역할	130
<표 3-38> 해외 인공지능 관련 기술 동향	138
<표 3-39> 지진 재난 통합 시뮬레이터를 구성하는 개별 기술의 수준 비교	140
<표 3-40> 원전 선진국 대비 국내 가상원자로 기술 개발 수준 비교	145
<표 3-41> PRACE 참여 국가 및 기관	176
<표 3-42> 일본 HPC 인재육성 방안 분류	177
<표 3-43> 주요국 연구개발 과제 및 프로그램 현황	181
<표 3-44> 한국과 미국의 연구개발 프로그램 비교 현황('17년 기준)	181
<표 3-45> 중소기업 M&S 기술 지원 실적	182
<표 3-46> 범용/맞춤형 M&S SW 및 서비스 플랫폼 개발	183
<표 3-47> M&S 기술 지원 기업 대표 사례	184
<표 3-48> 국가슈퍼컴퓨팅 인력 양성 기관 및 양성 체계	185
<표 3-49> 서울대학교 계산과학전공 협동과정	187

<표 3-50> 서울대학교 협동과정 계산과학전공에서 제공하는 전공 교과목 ...	187
<표 3-51> 연세대학교 계산과학공학과에서 제공하는 전공 교과목	187
<표 3-52> 이화여자대학교 계산과학 연계전공에서 제공하는 교과목	188
<표 3-53> KISTI 현장 교육 강좌 리스트('17년)	188
<표 3-54> EDISON-KISTI 교육 실적	190
<표 3-55> UNIST 사용자교육 과정 (`16~`17)	190
<표 3-56> 초고성능컴퓨팅 전문 인력 양성('16년)	191
<표 3-57> 초고성능컴퓨팅 전문/고급 인력양성 교육과정	192
<표 3-58> SW 활용성 강화 교육	192
<표 3-59> 신경세포 모방소자분야 주요 연구 개발 동향	204
<표 3-60> 국가 초고성능컴퓨터 자원 연간 예측량	211
<표 3-61> 슈퍼컴퓨터 Top500 국내 초고성능컴퓨팅 순위(2017년 11월 기준)	213
<표 3-62> 페타스케일 시스템 개발 추진 계획	214
<표 3-63> 차세대반도체 기술개발 사업계획(2018~2027)	215
<표 3-64> 국내 초고성능컴퓨팅 기술 개발 역량	217
<표 3-65> 국내 주요 연구 개발 동향	220
<표 3-66> 양자 과학 및 기술 순위	222
<표 3-67> 기본계획 10대 정책과제	232
<표 6-1> 국가 초고성능컴퓨팅 자원배분 정책(안) - 대분류	266
<표 6-2> 국내 슈퍼컴퓨터 H/W기업의 업계 내 비중	283
<표 6-3> 국내 M&S 기업의 S/W 관련 업체 현황	284
<표 6-4> 국내 M&S 기업의 유과 업계 내 비중	284
<표 6-5> 국내 출연(연)의 슈퍼컴퓨팅 인력 현황	284
<표 6-6> 국내 대학의 슈퍼컴퓨팅 활용 인력 현황	285
<표 7-1> 공급사용표와 투입산출표 비교	290
<표 7-2> 주요 상품 분류 변화	290
<표 7-3> 초고성능컴퓨팅 관련 산업 분류	294
<표 7-4> 2010년 산업연관표 산업 및 상품 분류상의 초고성능컴퓨팅관련 산업 분류 ..	296
<표 7-5> 초고성능컴퓨팅 관련 산업 분류 체계	300
<표 7-6> 주요 산업 부문별 생산유발계수 추이	301

<표 7-7> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 생산유발계수 추이	302
<표 7-8> 주요 산업 부문별 부가가치유발계수 추이	303
<표 7-9> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 부가가치유발계수 추이	303
<표 7-10> 주요 산업별 감응도/영향도계수 추이	305
<표 7-11> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 감응도계수 추이	306
<표 7-12> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 취업/고용계수	307
<표 7-13> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 취업유발/고용유발계수 추이	308
<표 7-14> 국가 리더십 초고성능 컴퓨터(5호기) 도입 인프라 구축 비용	309
<표 7-15> 초고성능컴퓨팅 5호기 도입에 따른 경제적 파급 효과	310

[그림 목차]

<그림 1-1> 4차 산업혁명 시대에서 초고성능컴퓨팅 역할	8
<그림 1-2> 인공지능, 데이터 폭증, 컴퓨팅 파워의 발전 현황	10
<그림 1-3> 초고성능컴퓨팅 활용 과학기술 분야 경제적 효과	13
<그림 1-4> R&D 패러다임의 변화	13
<그림 1-5> 데이터 흐름의 폭발적 증가세	14
<그림 1-6> 제품개발/제조 비용·시간 획기적 절감	15
<그림 1-7> 국가별 시스템 수 분포	18
<그림 1-8> 국가별 시스템 성능 분포	18
<그림 1-9> 초고성능컴퓨터 시스템 구축 기술의 국가별 비교	19
<그림 1-10> KISTI HPC 활용 실태조사('17.08)	22
<그림 1-11> 국가센터 4호기 부하율	23
<그림 2-1> 초고성능컴퓨팅 육성계획 비전 및 전략	26
<그림 2-2> M&S 지원 기업의 경제적 성과	34
<그림 2-3> 초고성능컴퓨팅 성과확산 방향	58
<그림 3-1> '93~'17년 아키텍처 현황	68
<그림 3-2> 가속기 시스템 누적 현황	68
<그림 3-3> GÉANT 연결망 활용 기관 및 학교 현황	73
<그림 3-4> EOSC 기능 및 예산 현황	74
<그림 3-5> 사이버보안센터(NISC) 조직 체계	76
<그림 3-6> 중국과학기술연구망(CERNET) 네트워크	77
<그림 3-7> CERN WLCG 데이터센터 Tier 구조	80
<그림 3-8> KIT 다분야 컴퓨팅 서비스 공통 플랫폼 단계별 개발 계획	81
<그림 3-9> PRACE 참여 국가 현황	89
<그림 3-10> CloudSME 플랫폼 기능 및 체계	91
<그림 3-11> 국가별 시스템 수 분포 현황	94
<그림 3-12> 국가별 시스템 성능 분포 현황	94
<그림 3-13> KREONET 국내 구축 체계	97
<그림 3-14> KRLight 국제 네트워킹 체계	98

<그림 3-15> 연도별 연구망 전송 추이 현황(2011.01~2017.07)	99
<그림 3-16> 첨단연구망 자원배분 체계	99
<그림 3-17> 기상용 초고성능컴퓨팅 도입 현황	108
<그림 3-18> SciDAC(Scientific Discovery through Advanced Computing) 예산 ('17년)	112
<그림 3-19> Flagship 2020 프로젝트 개요	121
<그림 3-20> World's Green 500 1위 선정('13년)	122
<그림 3-21> CSRC 연구자 구성 현황('17년)	131
<그림 3-22> 기상청 현업 수치예보 시스템	135
<그림 3-23> 한국형 전지구 수치예보모델	136
<그림 3-24> 인공지능, 빅데이터, 머신러닝, 딥러닝 기술간의 관계	137
<그림 3-25> 슈퍼컴퓨터 활용 VERA 성능 개선	141
<그림 3-26> 가상원자로(VERA) 구성도	141
<그림 3-27> 가상원자로 출력분포(좌) 및 불순물 침착(우) 시뮬레이션	142
<그림 3-28> MOOSE 플랫폼 개발 프레임	142
<그림 3-29> NURESIM 프로젝트 참여국 현황	142
<그림 3-30> 원자로 냉각재 배관 가압 열충격 해석	143
<그림 3-31> I-NERI Project 기관별 연구 수행 체계	144
<그림 3-32> CUPID 코드 원자로냉각재 혼합(좌) 및 안전주입수탱크(우) 시뮬레이션	144
<그림 3-33> Genome to Life 로드맵	147
<그림 3-34> 생명과학과 관련된 분야에서 슈퍼컴퓨팅 활용 계획	147
<그림 3-35> 천문우주 관련한 XSEDE 자원 사용 관계	148
<그림 3-36> DOE의 고성능컴퓨팅의 활용한 우주론 연구의 예	149
<그림 3-37> MGI의 물성 예측 및 설계 시스템	151
<그림 3-38> NOMAD의 기능 및 역할	152
<그림 3-39> MI2I의 재료과학 발전 전략 개략도	153
<그림 3-40> Rosetta 프로그램을 활용한 단백질 구조 예측	155
<그림 3-41> 지진 관련 데이터 시뮬레이션	156
<그림 3-42> EDISON 사업의 주요 성과	157
<그림 3-43> EDISON 플랫폼 구조	158

<그림 3-44> 국가센터 초고성능컴퓨터 4호기 활용 대표 연구성과	179
<그림 3-45> M&S 지원의 경제적 효과	179
<그림 3-46> M&S 지원 기업의 경제적 성과('16년 기준)	183
<그림 3-47> 국내 대학 활용 단기 인력양성('13~'16년)	186
<그림 3-48> `17년 슈퍼컴퓨팅 청소년캠프 프로그램 일정	191
<그림 3-49> 수요기반 맞춤형 교육 과정	192
<그림 3-50> 세부 프로그램별 부처 및 기관 참여 및 예산 현황('17년)	196
<그림 3-51> 자율 주행을 위한 NVIDIA의 프로세서 기반 시스템	199
<그림 3-52> 쉘컴사의 Snapdragon 835 Block Diagram	199
<그림 3-53> IBM의 Neurosynaptic Core 및 TrueNorth 계층 구조	200
<그림 3-54> Micron의 오토마타 프로세서	201
<그림 3-55> Venray의 TOMI 마이크로프로세서	201
<그림 3-56> Illinois Univ. Urbana-Champaign의 SRAM과 프로세서를 이용한 PIM ...	202
<그림 3-57> California Univ, Santa Barbara의 ReRAM 기반의 PIM 구조 ...	202
<그림 3-58> Toshiba의 SRAM 혹은 ReRAM 기반의 PIM	203
<그림 3-59> Quantum Manifesto 추진 계획	207
<그림 3-60> 초고성능컴퓨터 개발 통합 로드맵	214
<그림 4-1> 데이터 관점에서 데이터 관리 및 활용체계	236
<그림 4-2> 추진방향 도출	243
<그림 4-3> 추진과제 도출	244
<그림 4-4> 3대 전략방향 및 10대 추진과제	245
<그림 5-1> 제조업의 M&S 활용 예시	251
<그림 5-2> 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 확보 로드맵(안)	252
<그림 5-3> 연구데이터 인프라 구축 계획	254
<그림 5-4> 초고성능컴퓨팅 시스템 개발 추진체계	257
<그림 5-5> 페타스케일 초고성능컴퓨팅 개발 로드맵	258
<그림 5-6> 양자컴퓨팅 선도기술 확보 로드맵	260
<그림 6-1> 5호기 자원배분계획안	266
<그림 6-2> 첨단연구망 자원배분 체계	268

<그림 6-3> 연구망 세부추진계획(‘18~’23년)	269
<그림 6-4> 계층(Tier) 구조의 국가 데이터 공유·활용 생태계	271
<그림 6-5> 단계별 로드맵(‘18~’24년)	271
<그림 6-6> 초고성능컴퓨터 개발 통합 로드맵(‘17~’22년)	272
<그림 6-7> 기상청 슈퍼컴퓨터와 수치예보 역사	277
<그림 7-1> 공급표(Supply Table)-예시	288
<그림 7-2> 사용표(Use Table, 기초가격)-예시	288
<그림 7-3> 투입산출표(Input-Output Table, 기초가격)-예시	289

요 약 문

I. 제 목

지능정보사회에서의 컴퓨팅 역량강화방안 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

주요국은 제4차 산업혁명을 가능케 하는 지능정보기술 조기개발·사업화를 위한 초고성능컴퓨팅 연구와 투자를 강화하고 있음. 이와 같이, 미래 지능정보사회 대비와 주요국과의 경쟁에서 선도적 우위를 점유하기 위한 초고성능컴퓨팅 육성을 위한 국가 차원의 대응전략이 요구됨. 이에, 국내외 초고성능컴퓨팅 구축, 기술, 활용에 대한 변화와 동향 분석, 해외 선진국과의 역량·기술 수준, 격차 등 ‘초고성능컴퓨팅 현황에 대한 분석을 기반으로 한 지능정보사회에서의 컴퓨팅 역량강화 방안 마련’에 본 과제의 목적이 있음.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 과제는 ‘초고성능컴퓨팅 분야 국내외 현황조사·분석’, ‘국가 초고성능컴퓨팅 발전을 위한 시사점 도출’, ‘국가 초고성능컴퓨팅 중장기 발전방안 수립’의 세 단계로 진행됨.

첫째, 지능정보 기술, 데이터 활용 시대의 도래, 산업의 디지털 혁신 요구 확대로 대표 할 수 있는 환경변화에 따라 ‘초고성능컴퓨팅 분야 국내외 현황조사·분석’을 실시함. 초고성능컴퓨팅 인프라 확보, 활용, 연구개발, 정책 등을 중심으로 국내·외 현황분석(정책, 연구개발 현황)과 우리나라 초고성능컴퓨팅 자원 및 기술수준을 분석함(관련 목차 - I, III)

둘째, 초고성능컴퓨팅 국내외 현황 분석과 ‘1차 초고성능컴퓨팅 육성 기본계획’의 주요성과 분석을 기반으로 ‘국가 초고성능컴퓨팅 발전을 위한 시사점’을 도출함(관련 목차 - II, IV).

셋째, ‘초고성능컴퓨팅 분야 국내외 현황조사·분석’, ‘국가 초고성능컴퓨팅 발

전을 위한 시사점 도출'을 기반으로 '국가초고성능컴퓨팅 육성을 위한 중장기 발전방안(비전, 추진전략, 과제)'을 도출하고 세부 과제별 추진계획을 구체화 함(관련 목차 - V).

IV. 연구개발결과

본 과제를 통해 '지능정보사회에서의 초고성능컴퓨팅 역량 확보'를 위한 3대 추진전략 9대 추진과제가 도출됨.

○ 추진전략 1. 전방위적인 초고성능컴퓨팅 활용 확대 및 응용전문화

- (과제 1) 광범위한 국가 R&D 지원
- (과제 2) 국민 삶의 질 향상을 위한 사회현안 문제 해결
- (과제 3) 제조업의 디지털 혁신 지원

○ 추진전략 2. 미래수요대응 초고성능컴퓨팅 인프라 확보

- (과제 4) 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화
- (과제 5) 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분
- (과제 6) 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변확대

○ 추진전략 3. 미래 경쟁력 원천인 초고성능컴퓨팅 핵심기술 확보

- (과제 7) 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화
- (과제 8) 차세대 컴퓨팅 원천기술 개발
- (과제 9) 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출

V. 연구개발결과의 활용계획

본 연구의 분석 내용, 도출 시사점 및 결과는 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획, 초고성능컴퓨팅을 활용한 계산과학공학 연구 활성화 전략의 근거자료로 활용될 수 있으며 초고성능컴퓨팅 육성, 법·제도개선, 국가 R&D 정책, 산업육성 정책, 인력양성 정책수립에 활용될 수 있음.

1. 추진 개요

1.1. 추진 근거 및 경과

1.1.1. 추진 배경

■ 지능정보사회로의 변화에 따라 초고성능컴퓨팅 기술 활용의 필요성 증대

- 대규모 데이터 처리, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 문제 해결의 핵심 기술로서 초고성능컴퓨팅 기술 활용 요구 증대
- 초고성능컴퓨팅 기술은 우리나라 산업을 디지털제조업으로 발전시킬 수 있는 원동력으로 기대
 - 제품 설계에서 제작까지의 단계를 시뮬레이션(디지털화)함으로써 제품 생산비용의 절감*과 환경 친화적 생산이 가능할 것으로 기대
 - * 슈퍼컴퓨터 이용 시 제품개발 비용 53.4%, 시간 52.4% 절감효과(KISTI, '10년)
 - 기업형 공장 중심에서 개인형 공장으로 제품생산이 가능해짐에 따라 아이디어형 제품 생산의 보편화, 새로운 일자리 창출 가능

■ 추격형에서 선도형으로의 전환을 위한 초고성능컴퓨팅 기술 역량 강화

- 슈퍼컴퓨터 자체개발 국가로의 발돋움을 위한 기반 마련
 - '16년 과학기술정보통신부는 2단계 개발 계획과 매년 100억원의 투자 계획 수립
- 인공지능*, 양자기술** 등 신기술 분야에서의 기술 격차 해소 필요
 - * AI 기술 : 미국대비 기술격차 2년, 기술수준 73.1%(KEIT, '13년), 75%(IITP, '15년) (정부는 엑소브레인 연구에 '13년~'23년(10년)간 총 1,070억원 투자 계획 수립)
 - ** 신개념컴퓨팅기술(양자뉴로 등) : 미국대비 기술수준 73.7%(과기부, '14년)
연간 투자액 : 한국 1,400만 < 일본 7,000만 < 중국 2억4,700만 < 미국 4억 < EU 6억1,700만('15년 기준, 달러)

제4차 산업혁명 시대의 도래에 대비하여 지능정보기술의 핵심 요소로서의 초고성능컴퓨팅 육성에 관한 정부의 지속적 추진의지 표명의 일환으로 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획('17년) 마련이 필요

- 초고성능컴퓨팅 활용 기반 조성, 체계적 연구개발, 육성 및 발전을 위한 5년 단위 범부처 차원의 지속적인 육성계획 수립

※ 근거: 국가초고성능컴퓨팅육성 및 활용에 관한법률(제5조) 및 시행령

1.1.2. 추진 근거

■ 국가초고성능컴퓨터 육성 법률 제5조

- 국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률(법률 제14839호, 시행 2017.7.26., 타법개정) 제5조 (국가초고성능컴퓨팅 육성 기본 계획 수립)
 - ① 과학기술정보통신부장관은 국가초고성능컴퓨팅을 육성하기 위하여 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획을 세우고 이를 추진하여야 한다.
 - ② 과학기술정보통신부장관은 5년마다 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 기본계획을 작성하고, 제7조에 따른 국가초고성능컴퓨팅위원회의 심의를 거쳐 이를 확정한다.

[기본계획의 범위]

- 국가초고성능컴퓨팅 육성 정책의 기본 방향 및 목표
- 국가초고성능컴퓨팅자원의 확보·배분·공동활용에 관한 사항
- 소요재원의 투자 및 조달에 관한 사항
- 국가초고성능컴퓨팅 관련 연구개발에 관한 사항
- 국가초고성능컴퓨팅 관련 인적자원의 개발 및 활용에 관한 사항
- 국가초고성능컴퓨팅의 국제협력 촉진에 관한 사항
- 국가 연구개발프로그램의 국가초고성능컴퓨팅자원의 활용 연계에 관한 사항
- 그 밖에 국가초고성능컴퓨팅 육성을 위하여 필요한 사항

- 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」 제정('11년.6월)

– 국가 차원의 초고성능컴퓨팅 생태계 육성을 위한 법률적 근거 마련

※ 미국에 이어 세계 2번째 법률 제정

- 동법 시행령 제·개정

– (시행령 제정, '11년.12월) 국가초고성능컴퓨팅연구소(국가센터)를 설립하고(한국과학기술정보연구원 지정), 국가차원의 초고성능컴퓨팅 R&D, 운영, 활용 수행

– (시행령 개정, '13년.3월) 정부조직 개편으로 주관부처를 '교육과학기술부'에서 '미

래창조과학부'로 변경

■ (2012년~2017년) 1차 기본계획 및 연차별 시행계획 수립

- 국가초고성능컴퓨팅위원회/실무위원회 구성('12년.4월)
- 제1차 기본계획 수립을 위한 토론회 개최('12년.11월)
- 제1차 기본계획 국가초고성능컴퓨팅위원회 심의.확정 추진('12년.12월)
- 법률 제6조에 의거하여 연차별 「국가초고성능컴퓨팅 육성 시행계획」 수립 및 추진('13~'17년)

■ (2017년) 2차 기본계획 수립 진행

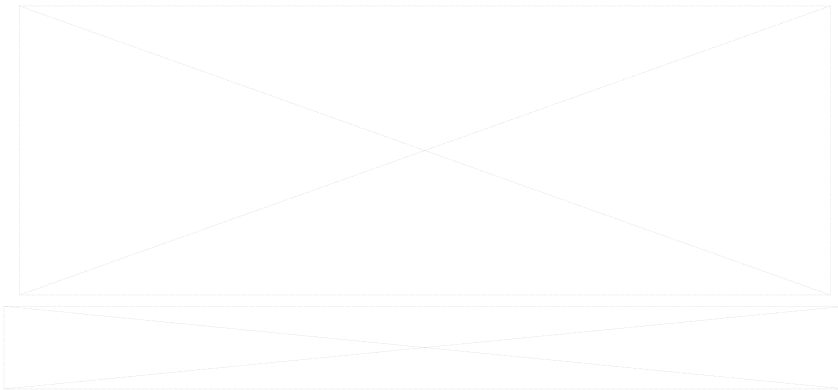
- 2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(이하 '2차 기본계획') 수립을 위한 전략 수립(과학기술정보통신부, '17.03.)
- 2차 기본계획 수립 기획위원회* 구성·운영('17.04~)
 - ※ 4개 분과(연구개발분과, 인프라분과, 계산과학활용분과, 기반분과) 운영
- 2차 기본계획 수립을 위한 기획과제* 추진('17.04.~)
 - ※ 과제명 : '지능정보사회에서의 컴퓨팅 역량강화방안 연구'
- 범부처 관계자 및 산·학·연 전문가 회의('17.05.~07.)
 - 관계부처 회의 개최(1회)
 - 산·학·연 전문가(기획위원회) 참석 총괄 및 분과별 회의 개최(월 2회)
- 관계부처 및 전문가 의견 수렴을 통한 기본계획 작성('17.05.~)
 - 총괄 작업팀 회의 개최(월 2회) 및 자료 작성
- 제2차 기본계획(수정안) 공청회 개최('17.12.27)
- 제2차 기본계획 국가초고성능컴퓨팅위원회 심의.확정 추진('18.2.)

[용어설명] 초고성능컴퓨터란?

■ 초고성능컴퓨터의 정의

- 대용량의 데이터를 초고속으로 생산·처리·활용하게 하는 컴퓨터 시스템
- 통상 매년 유럽(6월)과 미국(11월)에서 발표하며, 성능 기준 세계 500위 내의 컴퓨터를 슈퍼컴퓨터(초고성능컴퓨터)라 칭함(www.top500.org)

※ '17.11 기준, 중국 Sunway TaihuLight(약 93PFlops, 1초당 93,000조번 연산)가 세계 1위



■ 초고성능컴퓨터 성능 및 자원현황

- 세계 500위 리스트 최초 발표('93) 이후 세계1위 성능은 연평균 81% 증가
- 국내 초고성능컴퓨팅 자원의 성능 총합은 세계1위 시스템 성능 대비 연평균 12.8% 수준
- 국가센터 초고성능컴퓨터 5호기('18, 이론성능 25.7PFlops·세계10위권) 구축 중



■ 초고성능컴퓨팅 활용의 중요성



- 초고성능컴퓨터 기반 시뮬레이션을 통해 R&D 비용, 시간절감
- 우주구조·인간유전체 연구 등 거대과학 및 난제 연구 지원
- 기상기후 모델 계산, 자연재해(태풍, 산불, 지진 등) 예측 등 국민안전 도모



1.2. 추진 필요성

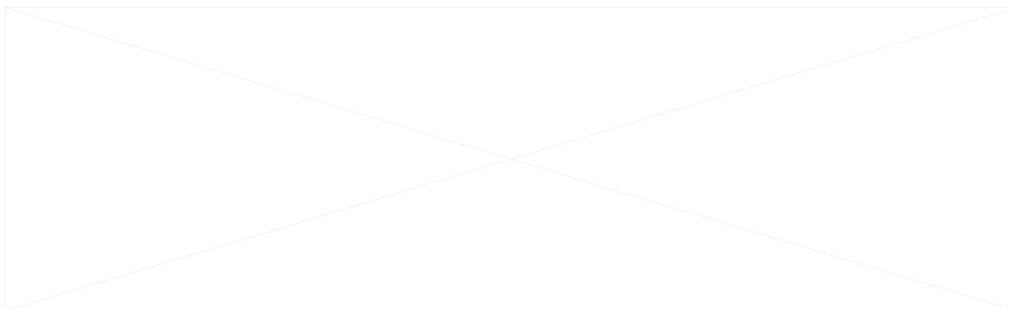
1.2.1. 지능정보기술과 컴퓨팅

■ 4차 산업혁명 시대에는 지능정보기술(ICBM+AI)의 적극 활용이 관건임.

- 데이터 활용의 수확체증효과로 인해 산업·사회구조가 빠르게 재편되고 있음.
 - 물리·생물·사이버 세계의 데이터 수집 및 실시간 전달(IoT·Mobile), 효율적 저장 및 분석(Cloud, Big Data)에서의 생산성 향상이 핵심 경쟁력임.
 - 대규모 설비 투자(자본), 인건비 절감(노동)보다 기술혁신이 중요해지고 있음
 - ※ 구글(종업원 약 6만명/수익 \$234억) vs. GM(종업원 약 21만명/수익 \$97억)('15년)
 - ※ 차량 공유 업체 '우버'의 기업가치는 80조원에 육박하여 GM·포드 등 기존 기업 추월
- 컴퓨팅 하드웨어, 소프트웨어, 데이터의 상호 발전 결과로 인공지능이 부상됨.

■ 지능정보기술의 기반이 되는 초고성능컴퓨팅의 역할이 증대되고 있음,

- 초고성능컴퓨팅(High Performance Computing) 활용을 통해 지능정보기술의 비약적인 발전이 가능해짐.
 - 인공지능 발전의 역사적인 순간마다 초고성능컴퓨팅이 핵심 역할을 담당해 왔음.
 - ※ IBM Deep Blue('96, 11.38GF, 체스)→IBM Watson('12, 80TF, 암 진단)→Google AlphaGo('16, 300TF, 바둑*)
 - * '16년 3월, 알파고는 이세돌과 대결에서 30초간 약 10만 개 경우의 수 탐색.



<그림 1-1> 4차 산업혁명 시대에서 초고성능컴퓨팅 역할

■ 세계 각국은 초고성능컴퓨팅 경쟁력이 과학 및 산업의 미래를 결정할 것이라는 인식하에 국가 차원의 초고성능컴퓨팅 육성 전략을 수립하고 있음.

- (미국) 산·학·연 역량을 결집하여, 활용-개발-산업의 유기적 연계 및 글로벌 리더쉽 지속을 위한 국가초고성능컴퓨팅전략(NSCI, '15.7)을 발표함.
- (유럽) 단기간에 초고성능컴퓨터 개발의 선진대열 진입을 위한 엑사스케일 컴퓨팅 개발 공동협력체(13개국 참여 EuroHPC, '17.3)를 출범시킴.

■ 지능정보사회에서의 빅데이터, 인공지능 등 지능정보기술 구현을 위한 HPC 요구 발생과 글로벌 HPC 시장의 발전이 활발히 추진중임

- 빅데이터와 인공지능이 4차 산업혁명의 핵심으로 지목되면서 HPC 인프라에 대한 관심 급증
 - HPC는 국가 주도의 연구과제를 수행하는 슈퍼컴퓨터뿐만 아니라 기업 및 각종 산업계가 요구하는 다양한 과제를 빠르게 해결
 - AI의 부상에는 빅데이터와 그 분석 기술, 머신러닝 알고리즘 연구 및 관련 기술, 소프트웨어화의 오픈소스화가 크게 기여
 - 오늘날의 AI 기술 발전의 원동력은 머신러닝과 딥러닝 알고리즘이 요구하는 방대한 데이터를 빠르게 계산해낼 수 있는 고성능컴퓨팅(HPC) 인프라 역할 지대
- 빅데이터 분석을 위해 AI 기술이 이슈화되면서 HPC 인프라는 전세계적으로 민간 기업에서 수요 확대
 - 구글 딥마인드의 ‘알파고*’는 슈퍼컴퓨터 수준의 HPC 인프라를 이용하여 AI 발전의 한 획을 장식('16.6.)
 - * 알파고(AlphaGo) : 1,920개의 CPU와 280개의 GPU를 갖춘 구글 클라우드 컴퓨팅 플랫폼(GCP)를 사용한 것으로 알려졌으나, 이후 구글이 자체 개발한 ASIC(주문형반도체)인 TPU(Tensor Processing Unit)를 50개를 사용한 것으로 밝혀짐
- 딥러닝에 필요한 정보를 처리를 위한 일반 CPU 대비 수십 배까지 처리 가능한 GPU의 발전, 수많은 동시작업이 가능한 클라우드 컴퓨팅 환경으로 HPC 시장 변화

- 1990년대 까지(이론정립) : 컴퓨팅의 한계로 제안된 이론 구현의 어려움
- 2000년대 까지(구현시도) : 데이터의 한계로 현실문제 해결 못함
- 2010년대 까지(본격시도) ; 알고리즘의 한계로 완성도 부족
- 2012년 이후(혁신의 시작) : 데이터 폭증(50,000 Exabyte)으로 딥러닝 기반의 인공지능으로 문제 해결을 위해 HPC 요구
- ※ 2023년에는 1950년대 최초 컴퓨터에 비해 성능이 10^{25} 배 향상된 인간 뇌 수준의 컴퓨팅 파워로 발전될 것으로 예상



<그림 1-2> 인공지능, 데이터 폭증, 컴퓨팅 파워의 발전 현황

※ 출처 : IDC, BMC, Singularity University

- 기업 중심으로 엄청난 데이터와 사용자 정보를 활용해 AI를 고도화 시키고 있으며 B2C 영역에서 범용적으로 활용 가능한 인공지능 플랫폼 구현
- 범용 AI 플랫폼
 - 구글 : 기술력과 방대한 데이터를 기반으로 한 범용 인공지능 플랫폼을 개발하여 음성인식, 이미지 분석, 번역기능을 수행
 - 페이스북 : 인공지능 전용 연구소를 설립하여 핵심기술 개발에 집중하고 있으며, 사회관계망 정보를 활용해 개별 사용자의 성향, 특성을 유추할 수 있는 데이터를 집중 확보
 - 아마존 : 대화형 에이전트(Alexa)를 개발하여 인간과 대화형태로 정보검색에서부터 상품 주문, 결제에 이르기까지 다양한 기능 수행과 가정내 가전과 스카트 연동

되어 사용자 상화에 맞게 디바이스 제어

－ 산업별 특화 AI 플랫폼

- IBM : 의료, 금융 분야의 특화된 인공지능을 발전. ‘12년 캐더링 암센터와 제휴하여 약 200만 페이지 의료 전문 서적, 60만 건 진단서, 150만건 환자 기록 확보하여 의료 서비스 고도화
- GE : 항공, 에너지, 헬스케어, 제조 등 다양한 산업분야의 오랜 경험에 인공지능을 적용. 센서, 기계간 통신, 데이터 분석과 같은 IoT 기술을 지원하는 클라우드 플랫폼(Predix)을 개발하고, 이에 인공지능을 접목한 정보분석과 능동적 상황판단에 따른 작업 수행 방향으로 발전

○ 빅데이터와 AI로 대변되는 지능정보사회에서의 컴퓨팅 요구의 증대로 2020년 전 세계 HPC 시장 규모는 369억 달러 규모 예상

－ 인터섹트360리서치(Intersect360 Research)에 따르면, 2016년부터 2020년까지 전 세계 HPC 시장은 연평균 5.2% 성장하며, 2020년 말까지 369억 달러 규모 예상

<표 1-1> 제품분류별 전체 HPC 시장 매출

(단위 : 백만달러)

제품 분류	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR
서버	8,774	9,692	9,806	10,204	10,615	11,124	11,662	12,245	12,872	13,549	5.0%
스토리지	3,192	4,207	4,113	4,672	4,870	5,200	5,545	5,892	6,240	6,574	6.2%
서비스	2,722	2,908	3,026	2,870	2,928	3,074	3,228	3,396	3,576	3,772	5.2%
소프트웨어	5,504	5,687	5,763	5,677	5,639	5,830	6,029	6,243	6,473	6,718	3.6%
네트워크	1,684	1,870	2,035	2,211	2,347	2,479	2,620	2,773	2,939	3,119	5.9%
클라우드	480	523	545	613	695	774	774	953	1,055	1,166	10.9%
기타	1,548	1,798	1,838	1,611	1,507	1,588	1,588	1,766	1,865	1,973	5.5%
합계	23,908	26,686	27,127	27,858	28,601	30,068	30,068	33,268	35,020	36,871	5.2%

※ 출처 : 인터섹터360리서치

－ IDC는 글로벌 HPC 시장이 2015년 221억 달러에서 2019년에는 312억 달러 규모에 도

달, 연평균 약 8% 성장 예측, 2018년 전체 서버의 약 28%가 HPC 관련 용도도 사용될 것으로 예측

- GPU, 메니코어 제품을 기반으로 한 HPC 환경으로 변화가 예상되며, HPC가 실시간 데이터분석 및 예측, AI, 위험분석, M&S(Modeling & Simulation) 등 광범위한 분야 확대 예측

○ 슈퍼컴퓨터는 전 세계 국가 R&D 역량의 척도

- HPC 인프라 중에서 최고 사양의 시스템인 슈퍼컴퓨터 시장은 전 세계적으로 국가 주도의 도입이 주를 이룸
- 대형 국책 연구기관을 중심으로 기초과학 및 응용과학 부문에서 우주 및 지구 시뮬레이션, 핵무기 개발 시뮬레이션, 기상분석, 유체역학, 구조역학, 위험분석 등 다양한 연구 개발에 활용

1.2.2. 데이터 활용기술과 컴퓨팅

■ 과학발전을 위한 초고성능컴퓨팅 활용의 중요성이 증대되고 있음.

- 우주, 인간두뇌 및 계놈, 중력과 등 거대과학 연구에 초고성능컴퓨팅을 활용함으로써 세계 최고수준의 연구성과를 도출*하고 국가 경쟁력을 제고하는데 기여하고 있음.

* 중력과 연구('17), 힉스입자 연구('13), 거대고분자 연구('12) 등 노벨상 수상에 기여

- 초고성능컴퓨팅 활용으로 과학기술분야의 연구비용 절감 및 시간단축의 효과가 발생됨.



<그림 1-3> 초고성능컴퓨팅 활용 과학기술 분야 경제적 효과

■ 초고성능컴퓨팅 기반 데이터 분석이 새로운 R&D 혁신 플랫폼으로 부각되고 있음.

- 과학기술 연구의 패러다임이 실험, 이론 중심에서 대용량데이터를 분석하는 데이터 집약형으로 전환되는 추세임(수리모델 중심→데이터 활용 중심),
 - 최근 대형 실험 및 연산 장치로부터 발생하는 데이터량이 폭발적으로 증가됨에 따라 대용량데이터 분석처리를 위한 초고성능컴퓨팅 활용이 대폭 증가
- ※ 유럽입자물리연구소(CERN)에서 약 10조 개의 양성자 충돌 실험을 통해 획득한 데이터(약 60PB)를 분석하여 힉스 입자를 발견



<그림 1-4> R&D 패러다임의 변화

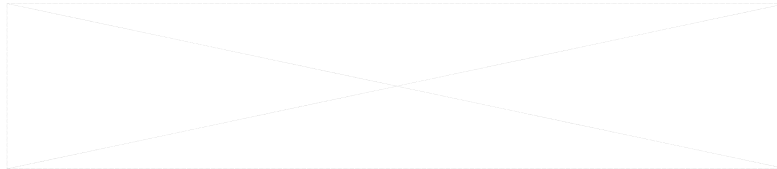
- 전 세계적으로, 데이터 집약형 연구 활성화를 위해 다양한 연구 데이터 공유·활용을 적극 추진 중에 있음.
- ※ (미국) 과학적 발견, 환경, 교육, 안보강화 등을 위한 빅데이터 허브 구축 추진(NITRD 빅데이터 연구개발 전략 계획, '16)

1.2.3. 초고성능컴퓨팅과 제조업 디지털 혁신

■ 경제 성장, 국가 경쟁력 고도화를 위한 디지털 기반 강화

○ 세계 경제에서 무역, 금융 대비 데이터 흐름의 폭발적인 증가세를 보이는 추세임.

※ 무역 및 금융 분야에 비해 데이터는 2005~2014년 데이터 흐름이 45배로 폭발적으로 증가함.



<그림 1-5> 데이터 흐름의 폭발적 증가세

- '14년 기준, 전 세계 GDP 증가분 7.8조 달러 중 데이터 흐름을 통한 GDP 증가분은 2.8조 달러 규모(상품 무역 효과를 상회)

○ 데이터가 경제적 자산이 되는 시대에 진입하였으며, 초고성능컴퓨팅은 국가 경쟁력 고도화의 핵심 수단으로 부상함.

- 개방형 데이터를 활용하여 매년 3조 달러의 부가가치가 생산되고 있으며, 이 중 미국이 1.3조 달러를 차지(맥킨지, '16년)

- 데이터에 기반 한 의사결정 방식을 채택한 기업의 경우 성과, 혹은 생산성이 5~10% 향상(데이터산업 백서, '16년)

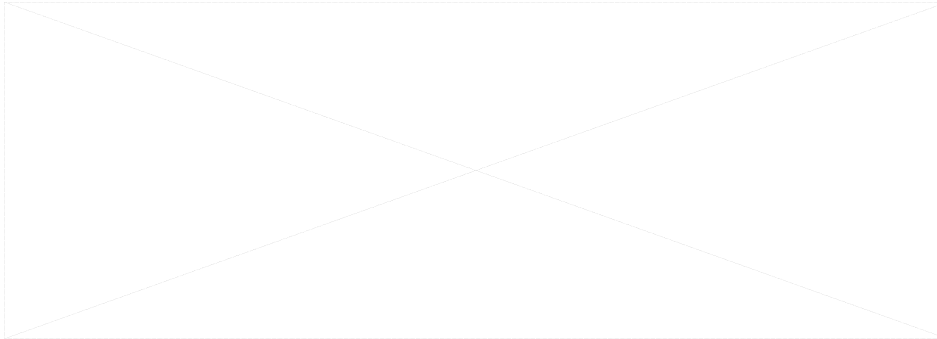
■ 제조업 패러다임의 변화에 따라 초고성능컴퓨팅이 산업계에서도 중요성이 인식되고 있음.

○ 자동차, 우주항공, 반도체 등 제조업 전반에서 제품설계 · 개발 · 테스트 · 검증 등을 위한 중요 수단으로 초고성능컴퓨팅이 부각되고 있음.

※ (예시) Goodyear는 HPC를 활용하여 타이어 제품설계 기간 단축(3년→1년) 및 비용절감(40%→15%)(미국 정보기술혁신재단, '16)

○ 기업의 제조생산성 향상을 위해 초고성능컴퓨팅을 활용한 제조업 디지털 혁신은 점점 확대될 것으로 예상되고 있음.

※ HPC 기반 실시간 데이터 분석은 생산공정 결함 분석·예측, 하이브리드 복합재(금속폴리머) 개발 등 다양한 분야로 확대(미국 정보기술혁신재단, '16)



<그림 1-6> 제품개발/제조 비용·시간 획기적 절감

초고성능컴퓨팅은 게임의 룰을 바꾸는 증명된 기술('15, 미국경제력위원회)

■ 주요 선진국은 초고성능컴퓨팅을 기반으로 각국의 제조업 분야의 경쟁력 제고에 노력하고 있음.

- 미국, 유럽, 일본 등은 초고성능컴퓨팅과 제조업이 융합된 '제조업 디지털 혁신'을 핵심 성장 동력으로 인식하고 정책적 지원을 강화하고 있음.
- 글로벌 금융위기('08년), 유럽 발 재정위기('11년) 이후 경제성장 동력으로서 제조업의 중요성을 재인식하고 ICT 기술을 통한 제조업 부흥정책을 경쟁적으로 추진하고 있음.
- 첨단제조파트너십(미국), 인더스트리4.0(독일), 일본재흥전략(일본) 등 국가 차원의 산업 육성정책을 초고성능컴퓨팅 활용과 연계하여 적극적으로 추진하고 있음.

국가명	미국	독일	일본
제조혁신 계획	첨단제조전략계획('12)	인더스트리4.0('12)	일본재흥전략('16)
내용	국가 산업전반의 HPC 활용 촉진	국가 산업전반의 HPC 활용 촉진	탈 시공간 제조기술 개발
목표	Digital Manufacturing을 활용한 제품 비율 98% 달성	국가 제조생산성 30% 증대(독일기업 47% 참여중)	중소기업 지원 전용의 슈퍼컴퓨터 확보를 통한 제조경쟁력 강화

1.2.4 초고성능컴퓨팅 자원 및 기술 수준격차

■ 초고성능컴퓨팅 자원 보유 격차

- Top500내 국가별 시스템의 경우 중국(202개)이 가장 앞서며, 이어서 미국(143개), 일본(35개), 독일(21개) 순으로 상위권을 유지하고 있으며, 한국(5대)은 8위
- 보유량에 있어 중국과 미국이 전체의 69%를 차지(중국 40.4%, 미국28.6%)

<표 1-2> 슈퍼컴퓨터 시스템 등재 현황(1~10위)

순위	국가	보유대수	점유율 (%)	실제성능 (TFlops)	이론성능 (TFlops)	코어수
1	중국	202	40.4%	298,877	524,584	22,797,764
2	미국	143	28.6%	249,830	391,614	12,078,694
3	일본	35	7.0%	90,875	136,440	26,331,160
4	독일	21	4.2%	38,424	51,508	1,656,870
5	프랑스	18	3.6%	30,818	42,250	1,370,664
6	영국	15	3.0%	32,269	41,186	1,296,368
7	이탈리아	6	1.2%	16,275	27,833	567,608
7	네덜란드	6	1.2%	4,592	6,765	180,480
8	한국	5	1.0%	7,052	9,317	234,880
8	폴란드	5	1.0%	5,300	7,076	175,784
8	캐나다	5	1.0%	5,089	9,262	238,144
8	스웨덴	5	1.0%	4,932	6,446	163,792
9	인도	4	0.8%	2,795	3,759	107,544
9	오스트리아	4	0.8%	4,104	7,207	205,492
9	아일랜드	4	0.8%	2,876	4,584	119,384
9	사우디아라비아	4	0.8%	9,298	12,268	345,568
10	스위스	3	0.6%	21,716	27,675	472,224
10	러시아	3	0.6%	3,662	5,492	141,284

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

- 2017년 11월 기준으로, 중국 Sunway TaihuLight 슈퍼컴퓨터가(약 93PFlops, 1초당 93,000조번 연산)가 세계 1위를 차지

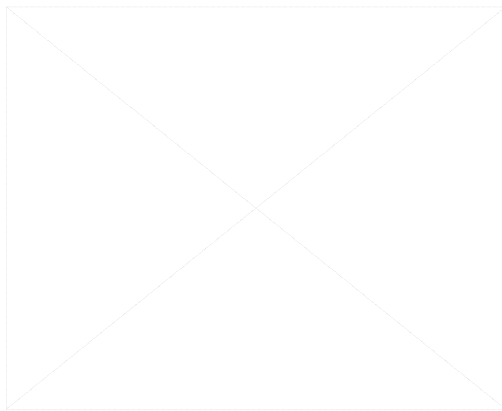
※ 중국의 '선웨이 타이후라이트(Sunway TaihuLight)'는 자체 기술력으로 개발한

‘SW26010’ 260코어 프로세서를 탑재, 실측성능(Rmax) 기준 93PFlops의 연산속도 보유
 ※ 중국 1~2위, 스위스 3위로 1996년 11월 이후 미국이 세번째로 TOP3 이탈

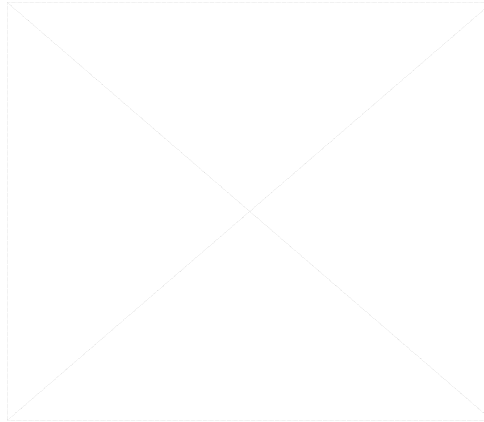
<표 1-3> 초고성능컴퓨터 Top 10 순위(2017. 11)

순위	설치기관	시스템명	국가	제조사	실측성능 (TF)
1	우시 국가슈퍼컴퓨팅센터	Sunway TaihuLight	중국	NRCPC	93014.6
2	광조우 국가슈퍼컴퓨팅센터	Tianhe-2 (MilkyWay-2)	중국	NUDT	33862.7
3	스위스 국립슈퍼컴퓨팅센터(CSCS)	Piz Daint	스위스	Cray Inc.	19590.0
4	일본 해양과학기술센터(JAMSTEC)	Gyokou	일본	ExaScaler	19135.8
5	오크리지 국립연구소(ORNL)	Titan	미국	Cray Inc.	17590.0
6	로렌스 리버모어 국립연구소(LLNL)	Sequoia	미국	IBM	17173.2
7	로스 앨러모스 국립연구소(LANL) 샌디아 국립연구소(SNL)	Trinity	미국	Cray Inc.	14137.3
8	로렌스 버클리 국립연구소(LBNL)	Cori	미국	Cray Inc.	14014.7
9	일본 고성능컴퓨팅 공동센터(JCAHPC)	Oakforest-PACS	일본	Fujitsu	13554.6
10	RIKEN 이화학연구소(AICS)	K-Computer	일본	Fujitsu	10510.0

- 한국은 5대 초고성능컴퓨터를 보유하여 보유대수로 9위, 전체 실제 성능 총합 기준에서는 7,052TFlop/s로 10위
- 기술 추격을 위한 도입에 치중되어, 과학연산, 산업 활용 등 다양한 규모의 자원 및 자체개발 시스템 확보 부족



<그림 1-7> 국가별 시스템 수 분포



<그림 1-8> 국가별 시스템 성능 분포

<표 1-4> 슈퍼컴퓨터 Top500 국내 초고성능컴퓨팅 순위(2017년 11월 기준)

순위	명칭	컴퓨터	보유기관	제조사	도입 년도	실제성능 (TFlops)	이론성능 (TFlops)
57	Nuri	CrayXC40,XeonE5-2690v312C2.6 GHz,Ariesinterconnect	기상청	Cray	2015	2,396	2,895
58	Miri	CrayXC40,XeonE5-2690v312C2.6 GHz,Ariesinterconnect	기상청	Cray	2015	2,396	2,895
328	-	HPApolloXL1x0r,XeonE5-2683v4 16C 2.1GHz, Infiniband EDR	산업체	HPE	2017	760	1,032
332	-	Cluster Platform DL380, Xeon E5-2680v4 14C 2.4GHz, 10G Ethernet	산업체	HPE	2017	757	1,258
346	-	Cluster Platform DL380, Xeon E5-2680v4 14C 2.4GHz, 10G Ethernet	산업체	HPE	2017	744	1,236

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

* 49회('16.11) TOP500에 5개의 시스템이 산업계의 수요에 따라 신규 진입했으나
50회('17.11)에 2개 시스템이 순위 이탈

■ 선진국 대비 초고성능컴퓨팅 자체 구축 연구개발에 대한 지속적 노력 미흡

- 선진국의 초고성능컴퓨팅 독자개발, 기술 확보 노력 대비 국내 기술수준과 연구개발 노력은 상대적으로 미흡한 실정임
- 미국과 일본은 CPU, 시스템 하드웨어 등 시스템 전체 영역을 독자적으로 개발하여 관

런 기술을 모두 확보, 중국은 시스템 소프트웨어 및 운영체제를 독자 개발하고 CPU 등 하드웨어의 일부 개발을 시도

- KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 자체 구축한 초고성능컴퓨터가 2002년 11월 기준 Top500의 334위(계산성능 221.6 GFlops)에 등재되었으나 지속적인 기술개발 미흡
- 일부 기관에서 테라급 자체 개발에 성공하였으나 페타급 연구로 이어지지 못함
 - ※ 서울대학교 천둥(106.8TFlops, 범용, 2012), ETRI 마하(105TFlops, 유전체 데이터 분석 전용, 2014)



<그림 1-9> 초고성능컴퓨터 시스템 구축 기술의 국가별 비교

※ 출처 : 국가초고성능컴퓨팅 인프라 선진화사업 예비타당성조사

■ 주요국과의 근소한 기술 격차로 지속적인 기술 수준 제고 노력이 필요

- KISTEP의 기술수준 평가(2012년)에서는 초고성능컴퓨터 기술을 양자·뉴로 컴퓨터 기술과 통합하여 신개념 컴퓨팅기술*로 분류하였으며, 신개념 컴퓨팅기술이 최고기술 보유국인 미국 대비 기술수준이 72.6%로 조사

* 양자, 뉴로 컴퓨팅과 같은 대규모, 고속, 고성능, 고지능 처리를 가능 하게 하는

새로운 개념의 컴퓨팅 기술(KISTEP)

- 2012년 전자·정보·통신 분야의 기술수준인 82.2%를 감안할 경우, 72.6%인 신개념 컴퓨팅기술의 기술수준은 매우 낮은 수준

<표 1-5> 신개념 컴퓨팅 기술(양자·뉴로 등)의 5개국 기술수준 및 순위(2012)

전략기술	한국	중국	일본	미국	EU
	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위
전자·정보·통신 분야	82.2 /4	67.5 /5	90.8 /2	100 /1	90.1 /3
신개념 컴퓨팅기술 (양자·뉴로 등)	72.6 /4	66.7 /5	89.7 /3	100 /1	90.2 /2

※ 출처 : KISTEP, easyM재구성

- KISTEP의 기술수준 평가(2016년)에서는 신개념 컴퓨팅기술이 최고기술 보유국인 미국 대비 기술수준이 80.8%로 조사

- 2016년 전자·정보·통신 분야의 기술수준인 84.2%를 감안할 경우, 80.8%인 신개념 컴퓨팅기술의 기술수준은 여전히 낮은 수준

<표 1-6> 신개념 컴퓨팅 기술(양자·뉴로 등)의 5개국 기술수준 및 순위(2016)

전략기술	한국	중국	일본	미국	EU
	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위	기술수준(%) /순위
전자·정보·통신 분야	84.2 /4	72.6 /5	90.3 /2	100.0 /1	89.6 /3
신개념 컴퓨팅기술 (양자·뉴로 등)	80.8% /4	73.9 /5	81.2 /3	100.0 /1	86.8 /2

※ 출처 : KISTEP, easyM재구성

- 2016년의 신개념 컴퓨팅 기술은 2012년 이래 지속적으로 기술수준이 향상됨

- 2014년 대비 기술수준은 7.1%p증가, 기술격차는 -1.6년 감소함

※ 72.6%(2012년) ▶ 73.7%(2014년) ▶ 80.8%(2016년)

※ 중국, 일본, EU의 경우 2014년 대비 2016년 기술수준이 감소

- 우리나라는 관련 기술이 선도그룹에 속하나 중국과의 기술격차가 0.6년에 그치고 있어 지

속적인 관련 기술의 개발이 요구됨

※ 신개념 컴퓨팅 기술(양자·뉴로 등) 기술격차(2016)는 한국(2.8년), 중국(3.4년)으로 우리나라가 0.6년 앞서있으나 전자·정보·통신분야 18개 기술 중 중국이 우리나라를 가장 가깝게 추격한 기술

<표 1-7> 신개념 컴퓨팅 기술(양자·뉴로 등)의 5개국 기술수준 변화(2014, 2016)

신개념 컴퓨팅기술 (양자·뉴로 등)	그룹 (2016 기준)	기술수준(%) / 순위			기술격차		
		2014	2016	증감 (%p)	2014	2016	증감(년)
한국	선도	73.7/5	80.8/4	7.1	4.4	2.8	-1.6
중국	추격	74.9/4	73.9/5	-1.0	4.8	3.4	-1.4
일본	선도	89.8/2	81.2/3	-8.6	2.0	2.5	0.5
EU	선도	89.4/3	86.8/2	-2.6	2.0	2.4	0.4
미국	최고	100.0/1	100.0/1	100.0	0.0	0.0	0.0

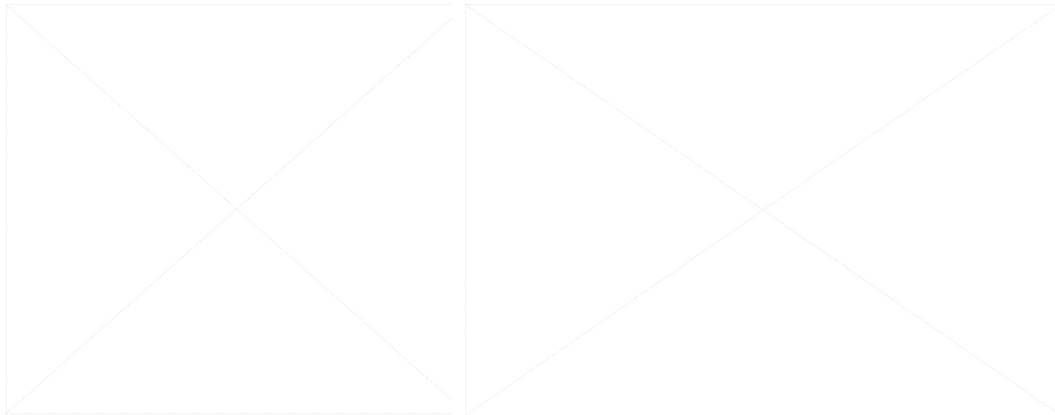
※ 출처 : KISTEP, easyM재구성

1.2.5 초고성능컴퓨팅 자원에 대한 요구

■ 초고성능컴퓨팅 인프라 확보, 서비스 제공 관련 증가하는 수요에 대한 충족 시급

- 슈퍼컴퓨터 자원 이용 연구자 조사(잠재이용자 포함) 결과 슈퍼컴퓨팅 계산 용량은 현재 수준보다 큰 폭으로 증가할 것으로 예측¹⁾, 국가적 차원에서 범용적인 초고성능컴퓨팅 인프라의 확보 및 서비스 제공에 대한 요구 확대
- HPC활용 수요는 지속적으로 확대될 것으로 예상

1) 국가초고성능컴퓨팅 인프라 선진화사업 예비타당성조사



<그림 1-10> KISTI HPC 활용 실태조사('17.08)

- 과학적 연구 및 혁신 활동의 목적으로 다양한 분야에서 HPC의 활용 중, 활용빈도도 증가 추세(65.3%)
- 외부 수요자들의 HPC 활용 이유로 고성능, 저비용, 신속 이용절차를 언급함
- 향후 HPC 활용 계획에 대한 조사결과는 향후 지속 활용 82.4%, 앞으로 신규 활용 8.8%에 이를 정도로 활용 수요가 높게 나타남
 - ※ 4차 산업혁명에 따른 HPC 활용 확대 전망(88.0%)
- 초고성능컴퓨터 자원 도입 지연, 증가하는 수요에 대한 선제적 대응 미흡
 - 국가센터 4호기는 2009년도에 국가센터에 구축, 운영되면서 사용자 작업 성공률은 향상*에 기여하였으나 서비스 시작('11년) 2년 후 사용자원량은 포화**상태에 도달
 - * '12년 83.9% → '13년 92% → '14년 92.4%
 - ** 시스템 부하율 평균 75.5%('13년~'17년(3분기)) 도달
 - ※ 국가센터 4호기의 경우 '16.06에 500워킹 이탈



<그림 1-11> 국가센터 4호기 부하율

- 일반적 초고성능컴퓨터 교체 주기는 5년으로 4호기 교체의 시급성이 높음(Super Korea 2020), 국가센터 5호기의 경우 4호기('09 ~ '11) 이후 9년 만에 도입됨

■ 초고성능 컴퓨터 자원 예측 결과, 최소 연평균 152PFlops의 성능이 요구됨

- 타키온2 시스템은 주로 전통적인 계산집약적 컴퓨팅에 활용되고 있으며, 빅데이터 처리 및 지능 정보 등 새로운 분야에서 수요가 발생하고 있으나 현재 시스템의 한계로 이들을 수용하지 못함
- 초고성능컴퓨터 자원수요예측에 의하면 최소 152 PFlops ~ 최대 311 PFlops의 성능이 요구됨(<표 3-60> 참조)

■ 신개념 컴퓨팅기술(양자·뉴로 등)에 대한 지속적이고 높은 정부 투자 요구

- KISTEP의 기술수준 평가(2016년)결과 신개념 컴퓨팅기술(양자·뉴로)에 높은 정부투자가 요구되며 2026년 이후까지 지속적인 정부투자가 필요한 것으로 나타남
- 정부투자 비율(2016~2020) : 친환경초절전형 반도체 회로기술(80.8%, 1위), 신개념 컴퓨팅기술(양자·뉴로) (72.5%, 2위) 순
- 정부투자 비율(2026~) : 신개념 컴퓨팅기술(양자·뉴로)(52.5%), 지식정보보안기술(50.0%)

※ 2026년 이후 정부 주도 투자가 바람직한 기술(정부투자비율 50.0% 초과)로 ‘신개념 컴퓨팅기술(양자·뉴로)’이 전자·정보·통신 분야 하위 16개 기술 중 유일

2. 제1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 분야별 추진 실적

2.1. 제1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획 개요

■ 추진 배경

- 초고성능컴퓨팅은 보통의 컴퓨터로는 풀기 어려운 대용량의 정보들을 초고속으로 생산·처리·활용하게 하는 컴퓨터 시스템을 의미함
 - (과학기술 혁신) 기존에 불가능 했던 기초·응용 분야 거대과학 연구
 - (산업 경쟁력 강화) Simulation을 통한 제품개발로 시간 및 비용 절감
 - (국민의 삶의 질 향상) 재난재해 예측을 통한 국민의 생명과 재산 보호
 - (국가위기관리) 국방·에너지 등 국가위기관리 대응 등을 위한 핵심인프라
 - ※ 통상적으로 세계 성능 순위 500위권 내의 컴퓨터를 의미하며, 매년 유럽(6월, International Supercomputing Conference)과 미국(11월, Supercomputing Conference)에서 발표
- 초고성능컴퓨팅은 첨단과학기술, 산업경쟁력, 기후변화 및 자연재해 예측, 국방·안보 등 국가위기관리 및 국민의 삶의 질 향상을 위한 핵심 인프라임
 - 세계 각국은 초고성능컴퓨팅을 과학기술 발전과 국가 경쟁력 확보의 핵심 요소로 인식하여 국가 차원에서 집중 육성하고 있음
- 미래 과학기술 및 국가경쟁력 제고를 위해서는 초고성능컴퓨팅 인프라 및 서비스 역량의 고도화가 시급한 과제임
 - 초고성능컴퓨팅 원천기술 부재, 응용 및 활용의 한계를 극복하기 위한 국가차원의 발전전략이 필요함

■ 추진 전략



<그림 2-1> 초고성능컴퓨팅 육성계획 비전 및 전략

- (추진전략 1) 신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대 - 초고성능컴퓨팅 활용을 활성화하여 과학기술 및 산업 분야에서의 혁신 성과를 제고하고 보다 효율적인 공공·민간 서비스 제공

초고성능컴퓨팅 활용을 활성화하여 과학기술 및 산업 분야에서의 혁신 성과를 제고하고 보다 효율적인 공공·민간 서비스 제공	
【 현재 : As-Is 】	【 미래 : To-Be 】
·소형·개별 연구지원 중심 ·기상예보 및 대기과학 분야에 주로사용 ·소수 기업 한정적 활용 ·전문가 커뮤니티 중심 폐쇄적 구조	·대형사업 및 국가 R&D 연계 강화 ·대기·환경·에너지 등 융합서비스 발굴 ·중소기업 중심 이용자 확산 ·국민참여형 사업 확대

추진전략 1 초고성능 컴퓨팅 활용 확대	(과제1) 국가초고성능컴퓨팅 활용 국가연구개발 활성화 ① 대형 국가연구개발 사업에서 초고성능컴퓨팅 활용확산 ② 초고성능컴퓨팅을 활용 기후변화 대응 등 범지구적 문제해결을 위한 연구개발 사업 추진 ③ 중소규모 국가연구개발사업 지원을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 저변 확대 ④ 초고성능컴퓨팅에 대한 연구자들의 접근성 제고
	(과제2) 초고성능컴퓨팅을 활용한 산업혁신 강화 ① 초고성능컴퓨팅 활용 생산성 혁신모델 개발·보급 확대 ② 초고성능컴퓨팅 기반 산업혁신 지원서비스 운영 확대 ③ 초고성능컴퓨팅 활용 지식서비스 기업 육성
	(과제3) 초고성능컴퓨팅 기반 공공·민간 응용 서비스 확대 ① 공공서비스의 질 고도화를 위한 초고성능컴퓨팅 활용 확산 ② 클라우드 서비스와 연계한 초고성능컴퓨팅 육성 ③ 초고성능컴퓨팅 자원을 서비스·제품 테스트베드로 활용
	(과제4) 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대 ① 초고성능컴퓨팅 활용 과학문화 사업 추진 ② 과학관 등과 연계하여 초고성능컴퓨팅의 발전상과 활용 성과물을 직접 체험할 수 있는 과학문화 공간 제공 ③ 초고성능컴퓨팅 활용 사용자 참여형 실험실(Living Lab) 사업 추진

- (추진전략 2) 세계 TOP 10 수준의 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축 - 초고성능컴퓨팅 자원 활용의 효율성을 제고하고 미래 수요 증가에 체계적으로 대응하기 위한 물적·인적 기반 구축

초고성능컴퓨팅 자원 활용의 효율성을 제고하고 미래 수요 증가에 체계적으로 대응하기 위한 물적·인적 기반 구축	
【 현재 : As-Is 】	【 미래 : To-Be 】
·미래 수요 대비 자원 미흡 ·개별적인 자원 운영·서비스 ·연구개발·운영 전문인력 부족	·선진국 수준 자원의 체계적 확보 ·국가 차원의 효율적 서비스 체계 구축 ·수요 대응형 인력양성 기반 형성

추진전략 2 초고성능 컴퓨팅 서비스 기반 구축	(과제5) 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보
	① 국가초고성능컴퓨팅위원회를 중심으로 국가 차원의 체계적인 자원 수요 예측 및 관리체계 구축
	② 세계적 수준의 초고성능컴퓨팅 자원 확보
	③ 초고성능컴퓨팅 서비스 지원을 위한 연구망 자원 확대
	(과제6) 효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축
	① 수요에 따라 특성화된 3단계 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축
	② 국가 초고성능컴퓨팅 자원 공동활용 확대
	③ 공동활용 효율성 제고를 위한 서비스 환경 구축
	(과제7) 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성
	① 초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발 인력양성(HW, 시스템SW 분야)
	② 연구인력 저변 확대를 위한 교육(학위)과정 확대 및 신설
	③ 전문센터별 자원의 효율적 운영을 위한 관리·운영·서비스 인력 육성

- (추진전략 3) 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련 - 초고성능컴퓨팅 시스템 구축기술 확보와 연구개발 성과의 실용화를 통한 국내 산업생태계 기반 조성

초고성능컴퓨팅 시스템 구축기술 확보와 연구개발 성과의 실용화를 통한 국내 산업생태계 기반 조성	
【 현재 : As-Is 】	【 미래 : To-Be 】
·개발보다는 도입·서비스 위주 ·소규모 개별적 R&D 수행 ·운영위주의 소규모 산업 형성	·독자적 시스템 개발 역량 확보 ·체계적 R&D 역량 강화 및 저변 확대 ·개발 등 적극적 산업생태계 기반 조성

추진전략 3 초고성능 컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련	(과제8) 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 개발 역량 확보
	① 세계 최상위 수준의 대형 범용 초고성능컴퓨팅 개발 추진 ② 산업별, 용도별 특정수요에 대응할 수 있는 초고성능컴퓨팅 시스템 개발 ③ 개발된 국산 초고성능컴퓨터 도입·검증 및 활용 지원
	(과제9) 차세대 초고성능컴퓨팅 원천기술 R&D 확대
	① 페타스케일 수준의 차세대 핵심요소 기술 국산화·선점을 위한 R&D 추진 ② 현존 초고성능컴퓨팅 시스템을 대체할 수 있는 미래형 초고성능컴퓨팅 시스템 기술 개발을 위한 R&D 추진 ③ 초고성능컴퓨팅 기술 개발 및 검증을 위한 테스트베드 구축·운영
	(과제10) 초고성능컴퓨팅 관련 산업기반 육성
	① 국가 초고성능컴퓨팅 관련 산업 육성을 위한 제도 개선 ② 국산 초고성능컴퓨팅 시스템에 대한 사용화 적합성 인증제도 시행 ③ 초고성능컴퓨팅 개발기업과 수요자 간 연계 활성화를 위한 마켓플레이스 및 정보 공유 플랫폼 구축 ④ 초고성능컴퓨팅 관련 국가 연구개발 결과물의 민간이전 활성화

2.2. 추진 전략별 주요 성과

초고성능컴퓨팅 세계 7대 강국 실현

전략 및 목표	과제	대표성과
신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대 	(과제1) 국가초고성능컴퓨팅 활용 국가연구개발 활성화 (과제2) 초고성능컴퓨팅을 활용한 산업혁신 강화 (과제3) 초고성능컴퓨팅 기반 공공·민간 응용 서비스 확대 (과제4) 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대	✓ 세계 최초 과학적 발견 기여 4건(아인슈타인의 중력과 검출, 반물질간 상호작용 규명, 중성미자 질량차이 측정 등) ✓ 슈퍼컴퓨팅 응용연구지원을 통한 SCI논문 유발 30.5% 증가('14년 134편→'17년 175편) ✓ 슈퍼컴 M&S 활용 R&D 시간·비용 평균 69.7% 절감 (‘14~’16년) ✓ 세계 최고의 기상 예측 성능 달성(예측 시간 48시간, 진로 오차 200km, 한반도에 영향 준 태풍, '16년 기준)
세계 Top10 수준의 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축 	(과제5) 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보 (과제6) 효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축 (과제7) 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성	✓ 국가 슈퍼컴퓨터 5호기 도입 추진 (이론성능 25.7PFlops, '17년 11월 기준 Top 10 수준) ✓ WLCG 최상위데이터센터(Tier-1) 구축운영(세계 11번째 국가) ✓ 세계적 수준의 대용량데이터 전송 및 저장 능력 확보(아시아 최초 단대단 100Gbps 구축, 망 가용율 99.9%) ✓ 체계적 HPC 전문인력 양성 체계 마련을 통한 전문인력 배출((식박사 46명)
독자적 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련 	(과제8) 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 개발 역량 확보 (과제9) 차세대 초고성능컴퓨팅 원천기술 R&D 확대 (과제10) 초고성능컴퓨팅 관련 산업기반 육성	✓ 국내 기술 기반의 2TFlops 급 초고성능 계산 서버용 보드 개발('16년, 세계 9번째 개발 국가) ✓ 국내 기술 기반의 100Gbps급 초고성능 인터커넥트 네트워크 기술 개발 (PCIe 인터커넥트 어댑터 카드 3종 자체 개발·개선) ✓ 세계 최초, 고성능의 온패키지 메모리를 활용한 병렬화 SW 개발 ('16년, 기존 시스템 메모리 대비 MPI 통신성능 최대 300% 성능 향상)

2.2.1 (추진전략 1) 신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대

■ 성과 요약

○ (추진전략 1) 신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대: 대형사업 및 국가 R&D연계 강화, 대기·환경·에너지 등 융합서비스 발굴, 중소기업 중심 이용자 확산 및 국민 참여형 사업 확대를 목표로 추진됨

- (대형사업 및 국가 R&D 연계 강화) 아인슈타인의 중력과 세계 최초 검출 등 ‘세계최초 과학적 발견’의 과학적 성과를 창출하고 슈퍼컴퓨팅 응용연구지원을 통해 SCI논문 유발이 30.5% 증가('14년 134편 → '17년 175편)하는 양적 성장을 창출함

- (중소기업 중심 이용자 확산) M&S SW, 활용 플랫폼 보급, 컨설팅의 종합적 지원을 통해 R&D 시간·비용 절감(69.7%, '14년~'16년, 평균 기준), 매출증대(매출증대 기업비율 86.7%, 평균 매출 증가액 24.4억), 신제품 개발(신제품 개발 기업 비율 66.7) 등 경제적 성과를 창출함

※ M&S를 통해 중소기업 생산성 혁신과 매출증대 성과를 이루었으나, (과제 2: 초고성능컴퓨팅을 활용한 산업혁신 강화)의 ‘초고성능컴퓨팅 활용 지식서비스 기업 육성’의 실행계획의 추진이 미흡함

- (대기·환경·에너지 등 융합서비스 발굴) 슈퍼컴퓨팅을 기반으로 대기·기상분야에 있어 세계최고 예측성능*과 우수한 기술력**을 확보하였으나 대기·환경·에너지 분야는 상대적으로 활용이 미흡함

* 예측 시간 48시간, 진로 오차 200km(한반도에 영향 준 태풍, '16년 기준)

** 수치예보 기술력 세계 6위, ('15년 기준)

※ (과제 3: 초고성능컴퓨팅 기반 공공·민간 응용 서비스 확대)의 ‘클라우드 서비스와 연계한 초고성능컴퓨팅의 육성’실행계획은 추진이 미흡함

- (국민참여형 사업 확대) 한국과학기술정보연구원의 다양한 문화 확산 사업과 체험 프로그램, 교육을 통해 초고성능컴퓨팅 이해확산을 위한 국민(고등학생, 대학생 등)의 참여 활동이 지속적으로 추진, 확대되고 있음

※ (과제 4: 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대)의 초고성능컴퓨팅 활용 사용자 참여형 실험실 사업(Living Lab) 실행계획은 추진이 미흡함

<표 2-1> 추진전략 1. 실행계획 및 대표성과 요약 - 신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대

초고성능컴퓨팅 활용을 활성화하여		
과학기술 및 산업 분야에서의 혁신 성과를 제고하고 보다 효율적인 공공·민간 서비스 제공		
목표	대형사업 및 국가 R&D 연계 강화	중소기업 중심 이용자 확산
2)	대기·환경·에너지 등 융합서비스 발굴	국민참여형 사업 확대
실행계획		대표 성과 요약
(과제1) 국가초고성능컴퓨팅 활용 국가연구개발 활성화 ① 대형 국가연구개발 사업에서 초고성능컴퓨팅 활용확산 ② 초고성능컴퓨팅을 활용 기후변화 대응 등 범지구적 문제해결을 위한 연구개발 사업 추진 ③ 중소규모 국가연구개발사업 지원을 통한 초고성능 컴퓨팅 활용 저변 확대 ④ 초고성능컴퓨팅에 대한 연구자들의 접근성 제고		- 슈퍼컴퓨팅 응용연구지원을 통한 SCI논문 유발 30.5% 증가('14년 134편→'17년 175편) - 아인슈타인의 중력과 세계 최초 검출 등 세계최초 과학적 발견 4건 5,000코어 이상 거대도전 문제 및 사회현안 해결 문제 지원(3건)
(과제2) 초고성능컴퓨팅을 활용한 산업혁신 강화 ① 초고성능컴퓨팅 활용 생산성 혁신모델 개발·보급 확대 ② 초고성능컴퓨팅 기반 산업혁신 지원서비스 운영 확대 ③ 초고성능컴퓨팅 활용 지식서비스 기업 육성		- 슈퍼컴 M&S 활용 R&D 시간·비용 평균 69.7% 절감('14년~'16년, 평균 기준) - 슈퍼컴 활용 M&S 컨설팅 지원 및 플랫폼 보급 68.4%증가('15년 38개→'16년 64개)
(과제3) 초고성능컴퓨팅 기반 공공·민간 응용 서비스 확대 ① 공공서비스의 질 고도화를 위한 초고성능컴퓨팅 활용 확산 ② 클라우드 서비스와 연계한 초고성능컴퓨팅 육성 ③ 초고성능컴퓨팅 자원을 서비스·제품 테스트베드로 활용		- 세계 최고의 예측 성능 달성(예측 시간 48시간, 진로 오차 200km, 한반도에 영향 준 태풍, '16년 기준) - 수치예보 기술력 6위(전지구 수치예보모델 보유 13개 국가 중, '15년 기준) - 맞춤형 HPC 솔루션 개발(2종)
(과제4) 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대 ① 초고성능컴퓨팅 활용 과학문화 사업 추진 ② 과학관 등과 연계하여 초고성능컴퓨팅의 발전상과 활용 성과물을 직접 체험할 수 있는 과학문화 공간 제공 ③ 초고성능컴퓨팅 활용 사용자 참여형 실험실(Living Lab) 사업 추진		- 병렬컴퓨터 체험프로그램(KISTI Dream Makers): '15년 대비 '16년 60% 확대 - KISTI 과학문화확산사업 참여자: '14년 대비 '16년 3배 증가 - 첨단 사이언스교육 허브 사업(EDISON) : 452개 대학, 47,842명 활용 : 국가연구개발우수성과 100선

2) 1차 실행계획 각 전략목표 별 추진방향

■ 추진 과제 별 성과

- (과제1. 국가초고성능컴퓨팅 활용 국가연구개발 활성화) 국가R&D사업에서의 초고성능컴퓨팅 활용을 확대하고 연구자 중심의 서비스 제공을 통해 과학적 성과 창출
- ※ (세계최초 과학적 발견) 아인슈타인의 중력과 세계 최초 검출, 반물질 간 상호작용 최초 규명, 반물질 대칭성 정밀 측정, 중성미자 질량차이 세계 최초 측정 등
 - ※ (슈퍼컴퓨팅 응용연구지원을 통한 SCI논문 유발³⁾) '14년 134편 → '16년 175편(30.5% 증가)
- － (국가연구개발 사업에서 초고성능컴퓨팅 활용확산) 대형국가연구개발 사업에서의 초고성능컴퓨팅 활용, 중소규모 국가연구개발 사업 지원 활성화
- ※ (사회현안 및 저활용 분야) 국방, 사회안전, 교통, 농업 활용 과제 4건 지원 및 발굴⁴⁾
 - ※ (거대도전문제) 5,000코어 이상 거대도전 문제 및 사회현안 해결 문제 지원(3건)⁵⁾
- － (문제해결을 위한 연구개발 사업 추진) 기상, 국방, 해양, 기후변화 등 범 지구적 문제해결을 위한 연구개발 사업에 슈퍼컴퓨팅 활용
- ※ (기상) 세계적 수준의 한국형 수치예보모델 개발(수평해상도 10km이하)('13년~'19년)
 - ※ (국방) 육군과학화훈련단(KCTC)의 교전 빅데이터 분석을 통한 현장지휘관의 임무수행 의사결정 지원 모델 개발
 - ※ (해양) 광역·근해 해양재분석자료 생산 기반 연구, GAIA 지구시스템 모형을 이용한 기후변화 진단 및 예측 추진⁶⁾
- － (초고성능컴퓨팅에 대한 연구자들의 접근성 제고) 국가 R&D 효율화를 위한 출연연과의 협력체계 구축, 대학을 중심으로 다양한 분야의 개별연구자, 연구그룹 지원
- ※ 국가과학기술연구회 지정 계산과학허브센터를 KISTI에서 운영('16년 4월)
 - ※ 출연(연) R&D 효율화 4건('17년)⁷⁾: 나노 촉매 소재, 나노 복합체 에너지 소재, 2차전지 전극 소재 및 표면 나노 구조물 소재 개발, 계산 데이터 4,900건 확보(목표 대비 327% 달성, 서울대, KBSI, 화학(연), KISTI)

3) 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 연구부문 증빙집 p.16, KISTI, 2017

4) KISTI 슈퍼컴퓨팅본부 슈퍼컴퓨팅서비스센터 주요사업 자체평가보고서 p.7, KISTI, 2017

5) 2017년도 국가초고성능컴퓨팅 시행계획 p.7, 관계부처 합동, 2017

6) 2017년도 국가초고성능컴퓨팅 시행계획 p.10, 관계부처 합동, 2017

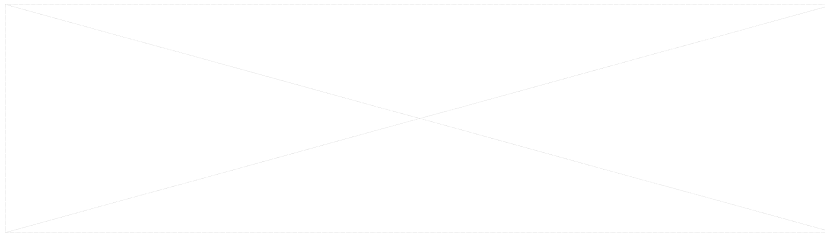
7) KISTI 슈퍼컴퓨팅본부 슈퍼컴퓨팅서비스센터 주요사업 자체평가보고서 p.8, KISTI, 2017

○ (과제2. 초고성능컴퓨팅을 활용한 산업혁신 강화) M&S SW, 활용 플랫폼 보급, 컨설팅의 종합적 지원을 통해 R&D 시간·비용 절감, 매출증대, 신제품 개발 등 경제적 성과 창출

※ M&S 활용을 통한 R&D 시간·비용 절감효과, 평균 69.7%의 절감('14년 ~'16년, 평균 기준)

구분	평균	시간단축	비용절감
'14년	72.6%	67.0%	78.2%
'15년	69.0%	64.1%	73.8%
'16년	67.6%	53.2%	81.9%

※ M&S 적용으로 신제품 개발 및 제품 성능 개선에 따른 기업의 경제적 성과⁸⁾



<그림 2-2> M&S 지원 기업의 경제적 성과

- (초고성능컴퓨팅 활용 생산성 혁신모델 개발·보급 확대) 중소기업 M&S 진입장벽 축소를 위한 중소기업 맞춤형 M&S SW(5종) 및 활용 플랫폼(HEMOS) 개발·보급

※ 중소기업 M&S 진입장벽(중소기업 M&S 활용 애로 조사, KISTI, '14년, '15년)

① 고가의 SW 비용(38.5%) ② 전문 인력 부족(36.5%) ③ 인식부족(22.9%)

※ M&S 컨설팅 지원 및 플랫폼 보급 '15년 대비 '16년 68.4% 증가

38개('15년) → 64개('16년)

- (초고성능컴퓨팅 기반 산업혁신 지원서비스 운영) 의사결정지원 분석정보 및 M&S지원

※ 의사결정지원 분석정보 및 M&S 수요 대응: 11개 출연(연)의 패밀리기업 20개 지원('16년)⁹⁾

- (초고성능컴퓨팅 활용 지식서비스 기업 육성) 초고성능컴퓨팅 SW와 컨설팅 서비스를 통한 신 시장 창출 지원, 초고성능컴퓨팅 지식서비스 관련 정보·통계 제공을 위한 인프라 확충은 추진되지 못함

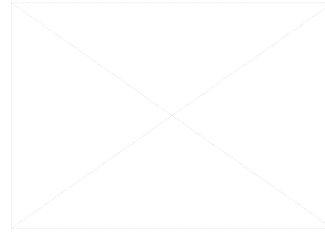
8) 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 종합평가 실적보고서 p.254, KISTI, 2017

9) 상동, p.243

○ (과제3. 초고성능컴퓨팅 기반 공공·민간 응용서비스 확대) 국가 위기관리 능력 제고와 초고성능컴퓨팅 자원 효율성을 제고하기 위해 다양한 서비스를 지원

※ 풍수해 예측 모델 개발 및 수요처 활용¹⁰⁾

- 2016년 한반도에 영향을 준 태풍에 대해 세계 최고의 예측 성능(예측 시간 48시간, 진로 오차 200km) 달성
- 기상청, 공군기상단, SK테크엑스에 예측결과 제공, 재난대응(예측 시간 확보)역할 확대



- (공공서비스 질 고도화를 위한 초고성능컴퓨팅 활용확산) 대형 자연재해 사전예측, 예방 등 사회 안전 관련분야에서의 초고성능컴퓨팅 모델링 기술 활용 확산

※ 풍수해 대응 의사결정지원 시스템, 피해예측 및 분석 시스템 개발('17년)¹¹⁾

- K-DMSS 3.0 : 시나리오 기반 풍수해 대응 의사결정지원 시범서비스 운영
- 재난·재해 지식탐지 속도('17년 세계최고대비 83%, '15년 78%)
- 태풍진로 예측오차('17년 48시간 예측 200km이내 오차, '15년 36시간 200km)

※ 기상예보 정확도 향상 및 한국지형에 적합한 예보기술 개발

- 전세계 전지구 수치예보모델 보유 13개 국가 중 수치예보 기술력 6위('15년)

- (클라우드 서비스와 연계한 초고성능컴퓨팅 육성) 가상화 지원 등을 통해 서비스 유연성을 확보, 데이터 집중형 계산, 기계학습, 클라우드 서비스 등의 서비스 기반 제공¹²⁾

※ OS의존성이 큰 일부 플랫폼 : IaaS(Infra as a service)형태 전용 자원 제공

※ 5호기에서의 성능·안정성 검증 모델 : PaaS(Platform as a service)형태 제공

- (초고성능컴퓨팅 자원을 서비스·제품 테스트베드로 활용) 고성능컴퓨팅 테스트베드 조성을 통해 국산 HPC 품질 신뢰성 확보 및 공급 기반 조성¹³⁾

※ HPC 검증 시범서비스 제공 및 품질인증 동향조사 실시, 맞춤형 HPC 솔루션 개발 추진(2종) : 바이오 빅데이터 분석 기반 개인 맞춤형 정밀의료 솔루션, 고성능컴퓨팅 기반 렌더링 솔루션

10) 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 종합평가 실적보고서 p.203, KISTI, 2017

11) KISTI 슈퍼컴퓨팅본부 슈퍼컴퓨팅서비스센터 주요사업 자체평가보고서, KISTI, 2017

12) KISTI 슈퍼컴퓨팅본부 슈퍼컴퓨팅서비스센터 주요사업 자체평가보고서, KISTI, 2017

13) 2017년도 국가초고성능컴퓨팅 시행계획 p.9, 관계부처 합동, 2017

○ (과제4. 초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대) 지속적인 교육, 체험, 홍보 활동을 통해 국민 이해 및 슈퍼컴퓨팅 활용확대

국민 참여활동 확대 및 초고성능컴퓨팅 이해확산	
KISTI 과학문화확산사업 참여자 수	'14년 대비 3배 증가('16년 7,182명)
KISTI 병렬컴퓨터 체험프로그램	'15년 대비 60% 확대
첨단 사이언스 교육 허브 사업	452개 대학(47,842명 활용), 외산SW대체 효과:180억/년

- (초고성능컴퓨팅 활용 과학문화 사업추진) 경진대회, 청소년 캠프, SW의 교육활용 등을 통해 초고성능컴퓨팅 저변 확대 추진

- ※ 대학(원) 및 고교생 대상으로 국가슈퍼컴퓨팅 경진대회 및 청소년캠프 개최
 - 지속적인 국가슈퍼컴퓨팅 경진대회 개최('11년~'17년)
 - 청소년캠프 참가팀 확대('17년 30팀 > '16년 24팀 > '15년 21팀)¹⁴⁾

- ※ 첨단 사이언스·교육 허브 사업(EDISON)
 - '17년 국가연구개발우수성과 100선 선정

EDISON SW 경진대회



- ※ 슈퍼컴퓨팅블로그 개설('17년 5월 오픈) - 정보전달, 잠재 사용자에게 대한 홍보¹⁵⁾

- (초고성능컴퓨팅의 발전상, 활용성과물 체험 제공) 초고성능컴퓨팅 센터 방문을 통한 현장형 교육 운영 및 체험 프로그램 실시

- ※ 대기과학분야 기상용 슈퍼컴퓨터 사용자 워크숍 및 현장형 교육('13년)
- ※ 수요자중심 체험활동 및 콘텐츠 제공
 - 지구환경 3차원 가시화시스템 대국민 체험기회 제공('13년)
 - KISTI Dream Makers- 수요자중심 체험형 콘텐츠(병렬컴퓨터 체험) 제공
 - 제5회 대한민국교육기부대상 부총리상('16년 12월, 교육부)

- (초고성능컴퓨팅 활용 사용자 참여형 실험실 사업추진) 초고성능컴퓨팅이 활용될 수 있는 영역을 대상으로 Living Lab을 설치, 운영하고자했으나 추진되지 못함

14) KISTI 슈퍼컴퓨팅본부 주요사업 자체평가보고서p.7, KISTI, 2017

15) KISTI 슈퍼컴퓨팅본부 주요사업 자체평가보고서p.92, KISTI, 2017

2.2.2 (추진전략 2) 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축

■ 성과 요약

- (추진전략 2) 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축'은 선진국 수준 자원의 체계적 확보, 국가 차원의 효율적 서비스 체계 구축, 수요 대응형 인력양성 기반 형성을 목표로 추진됨
- (선진국 수준 자원의 체계적 확보) 이론성능 25.7PFlops 수준의 슈퍼컴퓨터 5호기 도입을 확정('17년.9월)하고 기상용 슈퍼컴퓨터 4호기 '우리', '누리', '미리' 가동('16년, 2월)을 실시. 또한 세계 11번째로 WLCG 최상위데이터센터를 구축함은 물론 100Gbps급의 첨단연구망 자원 확충 및 고도화 성과 창출
 - ※ (과제5: 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보)의'국가초고성능컴퓨팅위원회를 중심으로 국가 차원의 체계적인 자원 수요 예측 및 관리체계 구축'의 자원배분 전략의 체계화 추진이 일부 미흡함
- (국가 차원의 효율적 서비스 체계 구축) 슈퍼컴퓨팅 인프라 서비스의 안정적 제공을 위해 국가 슈퍼컴퓨터 4호기의 가동율을 98.80% 수준으로 유지하고, 시스템별 사용자 작업 처리 또한 93.83%의 높은 성공률을 달성함
 - ※ (과제6: 효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축)의'해외 자원 선진국과의 국제적 연계 강화'에서 초고성능컴퓨팅 선진국들(XSEDS, HPCI, PRACE 등)과의 자원 연동 협력 체제 구축, 해외기관과의 정보교류 및 국제 공동연구 참여 확대 등의 일부 실행계획의 추진이 미흡함
- (대기·환경·에너지 등 융합서비스 발굴) 서울대학교 등 12개 대학, KISTI 등 4개 연구기관, Intel 등 4개 기업등이 참여하는 산·학·연 협동 슈퍼컴퓨팅 교육으로 국가 차원의 전문/고급 인력 양성 배출(3,301명, 전문·고급 인력 비율 47%) 성과를 창출함
 - ※ (과제7) 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성의'연구인력 저변 확대를 위한 교육(학위)과정 확대 및 신설'에서 연구인력 저변 확대를 위한 교육(학위)과정 확대 및 신설의 실행계획인 초고성능컴퓨팅 관련 학제간 융합과정 설치 및 초고성능컴퓨팅 응용 수요를 반영한 교과과정 개발 추진이 미흡함

<표 2-2> 추진전략 2. 실행계획 및 대표성과 요약 - 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축

초고성능컴퓨팅 자원 활용의 효율성을 제고하고 미래 수요 증가에 체계적으로 대응하기 위한 물적·인적 기반 구축			
목표	선진국 수준 초고성능컴퓨팅 자원의 체계적 확보	국가 차원의 효율적 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축	초고성능컴퓨팅 수요 대응형 핵심 인력양성 기반 형성
실행계획		대표 성과 요약	
(과제5) 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보 ① 국가초고성능컴퓨팅위원회를 중심으로 국가 차원의 체계적인 자원 수요 예측 및 관리체계 구축 ② 세계적 수준의 초고성능컴퓨팅 자원 확보 ③ 초고성능컴퓨팅 서비스 지원을 위한 연구망 자원 확대		• 국가 슈퍼컴퓨터 5호기 도입 추진 • WLCG 최상위 데이터 센터 (Tier-1) 구축 및 운영 • 10~100 Gbps급 KREONET 및 글로벌 첨단 연구망 구축운영 (아시아 최초 단대단 100Gbps 구축, 망 가용율 99.9%)	
(과제6) 효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축 ① 수요에 따라 특성화된 3단계 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축 ② 국가 초고성능컴퓨팅 자원 공동활용 확대 ③ 공동활용 효율성 제고를 위한 서비스 환경 구축 ④ 해외 자원 선진국과의 국제적 연계 강화		• 국가 초고성능컴퓨팅 4호기 안정적 운영 및 서비스 제공 (가동률 99%, 작업처리 성공률 94% 달성)	
(과제7) 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성 ① 초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발 인력양성 (HW 시스템, SW 분야) ② 연구인력 저변 확대를 위한 교육(학위)과정 확대 및 신설 ③ 전문센터별 자원의 효율적 운영을 위한 관리·운영·서비스 인력 육성		• 산·학·연 협동 슈퍼컴퓨팅 교육으로 국가 차원의 전문/고급 인력 양성 배출 (총 3,301명, 전문·고급 인력 비율 47%)	

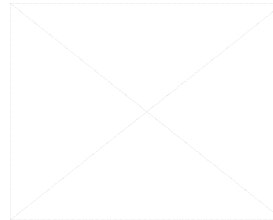
■ 추진 과제 별 성과

○ (과제5. 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보) 국가경쟁력 강화를 위한 세계적 수준의 초고성능컴퓨팅 자원 확보 및 초고성능연구망 확충

※ (국가 초고성능컴퓨터 도입 추진) 이론성능 25.7 PFlops 수준의 슈퍼컴퓨터 5호기 도입 확정('17년. 9월) 기상용 슈퍼컴퓨터 4호기 '우리', '누리', '미리' 도입·가동('16년.2월)



※ (대용량데이터 저장 처리 인프라 구축 및 운영) WLCG 최상위데이터센터 구축 (세계 11번째 국가)



성과지표	15년	16년	17년
저장 인프라 구축	1,500TB	2,000TB	1,500TB
처리 인프라 구축	940 코어	684 코어	1,440 코어
시스템 가동율	98%	99.3%	98.7%

※ (연구망 자원 확대) 국내 주요 지역간 초고속 연구데이터 전송 자원 및 연구자 접속망 자원 확충 및 고도화 (첨단 연구망 백본 1~10Gbps('12년) → 10~100Gbps('17년))

- (국가 자원의 체계적인 자원 수요 예측 및 관리체계 구축)

※ 국가 슈퍼컴퓨터 자원 수요예측 및 자원배분 전략 수립('13년): 향후 5년간 연평균 206PFlops의 초고성능컴퓨팅 자원 수요 예상, 차후 2018년 조사 예정

- (세계적 수준의 초고성능컴퓨팅 자원 확보) 대규모 계산자원이 소요되는 국가 전략과제 해결을 위해 세계적 수준의 초고성능컴퓨터 도입·운영

※ 국가 초고성능컴퓨터 5호기 도입 추진('13년~'17년)

· 기본설계('13년) → 예타조사('14년~'15년) → RFP작성('16년) → 5호기 도입 추진('17년) → 파일럿 시스템 도입('17년, 11월)

※ 기상용 초고성능컴퓨터 4호기 도입('14년~'16년)

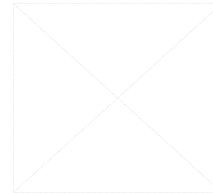
· 기본계획 수립 및 조달 계약 의뢰('13년) → 계약체결 및 초기분 설치('14년) → 도입 완료('15년) → 자원지원('16년, 1월)

※ 공군 기상 초고성능컴퓨터 2호기 도입·운영('16년~'17년)

- 공군 기상 초고성능컴퓨터 2호기 도입 ('16년) → 안정화('17년) → 전력화('17년, 5월)
- ※ 대용량 데이터 저장·처리 인프라 구축 및 운영('15년~'17년)
 - 저장인프라 5,000TB 구축, 처리인프라 3,064Core 구축, 시스템 가동률 98.67% 달성
- ※ 기후변화시나리오 저장장치 구축('17년)
 - IPCC AR6 대응 기후변화시나리오 저장장치 도입 및 기후모델자료 DB화

－(연구망 자원 확대) 국가과학기술연구망(KREONET) 및 글로벌 과학기술 협업 연구망 고도화

- ※ 글로벌 빅데이터 사이언스가 가능한 국가과학기술연구망(KREONET), 글로벌과학기술협업연구망(GLORIAD)운영
- ※ 5대 광역권(100Gbps)을 비롯한 전국 17개 지역망센터(10Gbps 이상) 연동 국가 과학기술연구망 운영 및 서비스('17년)



- ※ 미국 Internet2('15년.11월), 네덜란드 SURFnet('16년.10월), 일본 NICT('16년.11월), TEIN/TEIN('16년.2월) 등과의 글로벌 연구망 협력 협약 체결

성과지표	'15년	'16년	'17년
첨단연구망 서비스 가동률	99.95%	99.99%	99.99%
개방형 운영체제 기반 소프트웨어화	10%	20%	30%
산·학·연·정 지원	195개 기관	201개 기관	199개 기관

○ (과제6. 효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축) 국가경쟁력 강화를 위한 세계적 수준의 초고성능컴퓨팅 자원 확보 및 초고성능연구망 확충

- ※ 슈퍼컴퓨팅 인프라 서비스의 안정적 제공 (가동률 99%, 작업처리 성공률 94% 달성)

성과지표	'13년	'14년	'15년	'16년
슈퍼컴 4호기 가동률	99.29%	99.21%	99.11%	98.80%
시스템별 사용자 작업처리 현황		96.26%	94.65%	93.83%

- ※ 데이터 인프라 활용(4.5백만건/년) 및 시스템 신뢰성(97%) 확보, 논문 유발 연 65건 이상

－(3단계 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축) 수요에 따라 특성화된 3단계(국가센터－전문센터－연동센터 등) 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 활용 체계 구축

※ 수요에 따라 특성화된 3단계 국가초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축 ('13년)

구분		기관명	특성화분야	지역	협력년도	사업 필요성 제기 ↔ 사업참여	KSCA
지 원 센 터	국가선터 (T1er0)	KISTI	—	—	2007		18개 회원 기관 (산/학/연/관 HPC센터)
	전문선터 (T1er1)	부산대	기계부품/의료	부산	2007		
		부경대	대기/환경	부산	2008		
		UNIST	인력양성	울산	2010		
		GIST	재료/뇌과학	광주전남	2009		
		KOBIC	바이오	대전충청	2010		
	연동선터 (T1er2)	KIST	나노	서울경기	2008		
		시립대	GEANT4	서울경기	2010		
		건국대	분자시뮬레이션	서울경기	2010		
		KIAS	천문	서울경기	2011		
		동명대	영화영상	부산	2007		
응용센터	전남대	분자전자	광주전남	2011			
	부산TP	기계부품소재	부산	2007			
	기상청	기상	—	2007			

※ 국가슈퍼컴퓨팅센터 4호기의 서비스 안정성 및 효율성 유지 및 서비스 환경 고도화 추진 (75억, '17년)

※ 국가 초고성능컴퓨팅 공동활용 체계 구축 ('13년~'17년)

· (PLSI운영) 최대 10여개의 기관에서 3,446노드, 약 322TFlops 계산 자원 연동 서비스 중

성과지표	'13년~'14년	'15년~'16년	'17년
국내외 HPC센터 공동연구 추진	9개 기관	10개 기관	8개 기관
	GIST, 부경대, UNIST, 부산대, 동명대, 건국대, 서울시립대, KOBIC, KISTI	GIST, 부경대, UNIST, 부산대, 동명대, 건국대, 서울시립대, KIMS, KOBIC, KISTI	GIST, 부경대, UNIST, 부산대, 동명대, 건국대, 서울시립대, POMIA

※ 해양과학분야 초고성능컴퓨팅 전문센터 지정 검토 ('14년~'16년)

· 해양과학분야 슈퍼컴퓨팅 시스템 도입운영방안 마련을 위한 기획 연구 등 추진

- (국가 초고성능컴퓨팅 자원 공동활용 확대) 국내외 초고성능컴퓨팅 센터간 공동연구 추진

※ 국가 초고성능컴퓨팅 공동활용 체계 구축 및 운영 ('13년~'17년)

성과지표	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년
파트너기관	14	14	14	14	14
연동기관	9	9	10	10	8
작업수	182,107	189,072	54,791	10,153	65,534
사용 CPU시간	963,882	3,129,699	2,291,713	339,227	667,413

· 연동자원 확대 : tachyon 2차 시스템 연동 및 차세대 데이터 공유시스템 서비스 적용안정화 ('13년~'14년)

· 공동활용 서비스 확대 : 국내 17개 이기종 슈퍼컴퓨터를 공동활용하는 PLSI 통합 슈퍼컴퓨팅 서비스 체계 구축 및 KISTI 포함 14개 파트너 기관 공동 협의체 구성 ('15년)

· 슈퍼컴퓨팅 공동활용 협력체계 및 서비스 환경 고도화 ('16년~'17년)

※ ALICE, RENO, LIGO, Belle2, 유전체, TEM, CMS 7개 응용 분야 공유·활용서비스 구축 및 인프라서비스 활용 (1,573만건)

성과지표	'15년	'16년	'17년	합계
인프라서비스 활용 실적	454만건	539만건	580만건	1,573만건

※ 기상청 초고성능컴퓨팅 자원의 국가 대기과학분야 연구지원('14년~'15년)

· 연구기관 및 대학 등 12개 기관 총 114명의 연구자 지원

- (공동활용 효율성 제고를 위한 서비스 환경 구축) 통합 서비스 인프라 구축 및 연계활용 고도화를 위한 기술개발 추진

※ HPC 공동활용 효율성 제고를 위한 서비스 환경 구축 및 기상용 HPC 자원 공동 활용 지원

성과지표	'13년~'14년	'15년~'16년	'17년
국가 HPC대학 공동활용 서비스 구축	27,604코어 318.84TFlops	27,764코어 연동 322.1TFlops	1,352코어 연동 14.5TFlops
기상용 슈퍼컴퓨터 자원 공동활용 지원	병렬화/최적화 상시 지원	기상용 슈퍼컴 4호기 공동활용 시스템 지원 (37TF→447TF)	-

※ 슈퍼컴퓨팅 인프라 서비스의 안정적 제공

성과지표	슈퍼컴퓨터 4호기 가동율(%)				사용자 작업처리 성공률(%)		
	'13년	'14년	'15년	'16년	'14년	'15년	'16년
GAIA	99.99	99.77	99.65	—	99.1	96.8	—
GAIA2	100.0	99.47	99.53	—	97.4	94.0	—
TACHYON	99.37	99.42	99.25	100.0	80.4	84.8	87.4
TACHYON2	97.78	98.16	98.01	97.60	90.2	89.5	94.0
평균	99.29	99.21	99.11	98.80	90.2	89.5	94.0

— (해외 자원 선진국과의 국제적 연계 강화) 실행계획 이행·실적 無

※ 아시아티어센터포럼 주관 ('15년~'17년)

- 대용량 실험데이터를 보유하고 있는 선진국과 아시아 국가간 허브역할을 목적으로 아시아티어 센터포럼을 주관('15년 1회를 시작으로 '17년까지 제3회 주관 개최)
- 미국, 일본, 중국, 파키스탄, 대만, 한국, 인도, 인도네시아, 말레이시아, 태국, 스위스 참여
- 기초과학 실험데이터 분야에서 아시아지역을 대표하고, 선진국과 아시아간 징검다리가 되는 글로벌허브센터 역할 강화 기대

○ (과제7. 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성) 국가초고성능컴퓨팅 인력양성 프로그램 운영 및 전문 인력 양성

※ 산·학·연 협동 슈퍼컴퓨팅 교육으로 국가 차원의 전문/고급 인력 양성 배출 ('16년 기준)

구분	KISTI	참여기관*	합계
전체 인력 양성 수	1,745명	1,556명	3,301명
전문·고급 인력 양성 수	1,040명	500명	1,540명
전문·고급 인력 비율	60%	32%	47%

* 참여기관 : 대학(12개), 연구기관(4개), 기업(4개)

— (초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발 인력양성) 대규모 초고성능컴퓨팅 연구개발 및 국가 R&D 사업을 통한 초고성능컴퓨터 전문 인력의 양성 및 산·학·연 협동 교육과정 개설

※ 기계학습, 빅데이터, 헤테로컴퓨팅 교육 등 추진을 통한 우수 인력 배출('15~'16)¹⁶⁾

- '15년 2,714명(42건) → '16년 3,301명(전문/고급인력 1,540명)(43건)

※ 첨단과학기술 인프라 활용 고급인력 양성을 위한 헤테로컴퓨팅 및 데이터컴퓨팅 교육 신설('16년)¹⁷⁾

16) 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 종합평가 실적보고서 p.65~66, KISTI, 2017

17) 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 종합평가 실적보고서 p.65~66, KISTI, 2017

- INTEL MIC, NVIDIA GPU 등 가속기 활용 튜토리얼 및 딥러닝 (Deep Learning) & HPC 튜토리얼('16년 10월)
- KISTI-INTEL HPC SCHOOL('16년 11월)/GSDC 데이터그리드 컴퓨팅 스쿨('16년 2월 12월)
- (연구인력 저변 확대를 위한 교육(학위)과정 확대 및 신설) 초고성능컴퓨팅 관련 학제 간 융합과정 설치 및 초고성능컴퓨팅 응용 수요를 반영한 교과과정 개발
 - ※ 대학(원) 내 계산과학 관련학과(전공, 협동과정 등)를 설치하여 학위수여 및 전문 인력 양성
 - ※ 서울대, 연세대, 이화여대 등에 계산과학 관련 학과를 설치운영 중이며, 최근 6년간 서울대, 연세대의 계공학전공 석.박사 46명 배출('11년 ~ '16년)
- (전문센터별 자원의 효율적 운영을 위한 관리운영서비스 인력 육성) 기존 전문 인력 재교육 프로그램 개발 및 KISTI와 기상청에서 추진 중인 특화교육 및 훈련 프로그램 운영확대
 - ※ 산학연 대상 기계학습, 빅데이터 등 고급인력양성 교육을 통해 10,712명 배출
 - ※ 사용자 요구 기반 슈퍼컴퓨터 핵심인력 양성('13년 ~ '14년)
 - 국가초고성능컴퓨팅 인력양성 추진체계 구축 및 교육 프로그램 운영('13년 ~'14년)
 - 병렬프로그래밍에 대한 국내 사용자 교육 실시('14년)
 - ※ 대기과학분야 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 교육프로그램 운영('13년~'16년)
 - 기상용 슈퍼컴퓨터 사용자 및 대기과학 분야 자원 공동 활용 사용자 활용 교육, 수치예보 전문기술인력양성 교육(몽골, 베트남 등 개발도상국 초청 연구 교육 등)('13년)
 - 기상용 슈퍼컴퓨터 사용법 및 최적화/병렬화 교육 실시('14년)
 - 슈퍼컴퓨터 사용법 및 최적화·병렬화 프로그래밍 교육 실시(연중)

2.2.3. (추진전략 3) 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련

■ 성과 요약

- (추진전략 3) 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련'은 독자적 시스템 개발 역량 확보, 체계적 R&D 역량 강화 및 저변 확대, 개발 등 적극적 산업 생태계 기반 조성을 목표로 추진됨
- (독자적 시스템 개발 역량 확보) Intel의 매니코어 프로세서 Knights Landing 기반의 2TFlops급 초고성능 계산 서버용 보드 국산화 ('16년, 세계 9번째 개발 국가), I/O 버스 기반의 100Gbps급 초고성능 인터커넥트 네트워크 기술 자체 개발 등 국산 서버 산업 기반 조성 및 슈퍼컴퓨터 국산화를 위한 기술적 성장을 창출
- (체계적 R&D 역량 강화 및 저변 확대) 세계 최초, 고성능의 온패키지 메모리를 활용한 병렬화 SW 개발('16년, 기존 시스템 메모리 대비 MPI 통신성능 최대 300% 성능 향상), 향후 초고성능컴퓨팅 시스템 적용 가능한 I/O 성능향상을 위한 Burst Buffer 프로토타입 개발('16년, Lustre 파일시스템 대비 I/O 성능 최대 200% 향상) 등 차기 초고성능컴퓨터 시스템 적용을 위한 원천 기술의 성능 향상을 통한 기술적 성과를 창출함
- ※ (과제 9: 차세대 초고성능컴퓨팅 원천기술 R&D 확대)의'초고성능컴퓨팅 기술 개발 및 검증을 위한 테스트베드 구축·운영'의 실행계획은 추진이 미흡함
- (개발 등 적극적 산업생태계 기반 조성) 검증 시범서비스, 품질인증 동향조사, 맞춤형 HPC 솔루션 개발 추진 등 초고성능컴퓨팅 테스트베드 조성을 통해 국산 HPC 품질 신뢰성 확보 및 공급 기반 조성
- ※ (과제 10: 초고성능컴퓨팅 관련 산업기반 육성)의'초고성능컴퓨팅 개발 기업과 수요자 간 연계 활성화를 위한 마켓플레이스 및 정보 공유 플랫폼 구축'및 초고성능컴퓨팅 관련 국가 연구개발 결과물의 민간이전 활성화'등 일부 실행계획(참여연구원 창업지원 확대, 연구자 파견 지원)의 추진이 미흡함

<표 2-3> 추진전략 3. 실행계획 및 대표성과 요약 - 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련

초고성능컴퓨팅 시스템 구축기술 확보와 연구개발 성과의 실용화를 통한 국내 산업생태계 기반 조성	
목표	독자적 시스템 개발 역량 확보 체계적 R&D 역량 강화 및 저변 확대
실행계획	개발 등 적극적 산업생태계 기반 조성
대표 성과 요약	
(과제8) 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 개발 역량 확보 ① 세계 최상위 수준의 대형 범용 초고성능컴퓨팅 개발 추진 ② 산업별, 용도별 특정수요에 대응할 수 있는 초고성능컴퓨팅 시스템 개발 ③ 개발된 국산 초고성능컴퓨터 도입·검증 및 활용 지원	- Intel의 매니코어 프로세서 Knights Landing 기반의 2TFlops급 초고성능 계산 서버용 보드 국산화('16년, 세계 9번째 개발 국가) - I/O 버스 기반의 100Gbps급 초고성능 인터커넥트 네트워크 기술 자체 개발
(과제9) 차세대 초고성능컴퓨팅 원천기술 R&D 확대 ① 페타스케일 수준의 차세대 핵심요소 기술 국산화·선점을 위한 R&D 추진 ② 현존 초고성능컴퓨팅 시스템을 대체할 수 있는 미래형 초고성능컴퓨팅 시스템 기술 개발을 위한 R&D 추진 ③ 초고성능컴퓨팅 기술 개발 및 검증을 위한 테스트베드 구축·운영	- 세계 최초, 고성능의 온패키지 메모리를 활용한 병렬화 SW 개발('16년, 기존 시스템 메모리 대비 MPI 통신성능 최대 300% 성능 향상) - 향후 슈퍼컴퓨터 시스템 적용 가능한 I/O 성능향상을 위한 Burst Buffer 프로토타입 개발('16년, Lustre 파일시스템 대비 I/O 성능 최대 200%향상)
(과제10) 초고성능컴퓨팅 관련 산업기반 육성 ① 국가 초고성능컴퓨팅 관련 산업 육성을 위한 제도 개선 ② 국산 초고성능컴퓨팅 시스템에 대한 사용화 적합성 인증 제도 시행 ③ 초고성능컴퓨팅 개발기업과 수요자 간 연계 활성화를 위한 마켓플레이스 및 정보 공유 플랫폼 구축 ④ 초고성능컴퓨팅 관련 국가 연구개발 결과물의 민간이전 활성화	- 초고성능컴퓨팅 테스트베드 조성을 통해 국산 HPC 품질 신뢰성 확보 및 공급 기반 조성 - HPC 제품 신뢰성 확보를 위한 검증 시범서비스 제공('16년, 품질인증 동향조사, 맞춤형 HPC 솔루션 개발 추진)

○ (과제8. 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 개발 역량 확보) 슈퍼컴퓨터 핵심기술 확보로 독자적인 슈퍼컴퓨터 개발의 기틀 마련을 위한 기술적 성과 창출

- ※ Intel의 매니코어 프로세서 Knights Landing 기반의 2TFlops급
초고성능 계산 서버용 보드 국내 개발 성공('16년)
- ※ 전 세계 9번째로 개발 국가 (Cray, Dell, Fujitsu 등
전문 제조사를 보유한 세계 8개국에서만 서버 개발)



<슈퍼컴퓨터용 보드 국산화 성공>

- (세계 최상위 수준의 대형 범용 초고성능컴퓨팅 개발 추진) 슈퍼컴퓨터 개발 및 구축을 위한 단계적 개발 계획 수립 및 독자적인 슈퍼컴퓨터 개발을 위한 기술기반 확보¹⁸⁾

- ※ 향후 슈퍼컴퓨터 시스템 적용 가능한 Lustre¹⁹⁾ 파일시스템 대비 I/O 성능 최대 200% 향상된 오픈소스 기반 Burst Buffer 개발('16년)

- ※ 선진국 시제품 수준의 PCIe 인터커넥트 어댑터 카드 3종
자체 개발 및 개선('16년 ~'17년)



- ※ 차세대 인프라 아키텍처인 Intel RSD²⁰⁾('16년), OCP²¹⁾('17년) 등에 적용 가능한 개방형 플랫폼 아키텍처를 적용한 운영·관리 SW 개발

- (산업별, 용도별 특정수요에 대응할 수 있는 초고성능컴퓨팅 시스템 개발) 대용량 범용 시스템으로 효율적 대응이 어려운 특정 수요 분야 지원

- ※ 0.1PF의 유전체 분석용 슈퍼컴퓨팅 시스템 개발('13년) 및 기술이전(ETRI, '14년, 2,165억 원)
- ※ 기상 수치모델링 분야 원천기술 개발을 통한 독자적 기상예측소프트웨어 개발 및 한국형 수치예보모델의 시험예측시스템 개발 (기상청, '16년)
- ※ 수도권 스톱규모 위험기상 감시를 위한 분석 및 예측시스템(ASAPS) 개발(기상청, '16)
- ※ 기상 슈퍼컴퓨터를 활용한 작전기상 예측기술 개발(국방부, '16년)

18) 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 종합평가 실적보고서 p.149, KISTI, 2017

19) Lustre 파일 시스템: 병렬 분산 파일 시스템으로서 주로 고성능 컴퓨팅의 대용량 파일 시스템용으로 사용

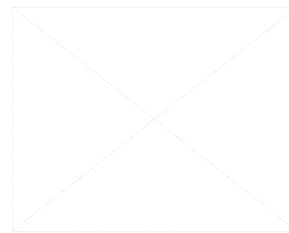
20) Intel RSD: Intel "Rack Scale Design"의 약어로 Intel에서 제시한 차세대 아키텍처

21) OCP: "Open Computer Project"의 약어로 Facebook과 Intel 등이 설립한 오픈 소스 기반의 프로젝트

- (개발된 국산 초고성능컴퓨터 도입·검증 및 활용 지원) 국내외 초고성능컴퓨팅 전문가 협의체를 구성하여 객관적 평가 지표 개발 및 평가 시스템 마련
 - ※ PF급 초고성능컴퓨팅 핵심기술개발을 위한 시스템 및 응용SW 연구단 선정·출범 ('16년.11월)
 - ※ 기술교류 및 성과창출 촉진을 위한 수행자간 협의체 구성 및 정례화(기초 원천SW 기술교류회, '16년.12월)

○ (과제9. 차세대 초고성능컴퓨팅 개발 원천기술 R&D 확대) 미래형 초고성능컴퓨팅 기술개발을 위한 국가연구개발 사업 기획 및 추진

- ※ 세계 최초로 고집적 매니코어 프로세서 내 온패키지 메모리를 활용한 병렬 프로그래밍 SW 개발('16년)²²⁾
- ※ 기존 시스템 메모리 대비 MPI 통신성능 최대 300% 성능 향상 및 최우수논문상 수상²³⁾을 통한 기술 우수성 입증



<온패키지 활용 가법>

- (페타스케일 수준의 차세대 핵심요소 기술 국산화·선점을 위한 R&D 추진) 국내 독자기술로 개발이 가능하면서 가격 경쟁력 및 기술경쟁력이 있는 분야의 기술 개발 집중 추진
 - ※ 세계 최고 성능의 TB(테라바이트)급 거대 데이터의 실시간 처리 가시화 도구 GLOVE 기술 개발('16년). 3TB 데이터를 8초 이내에 가시화, 세계 최고 수준 VisIt 대비 2.1배 성능 달성
 - ※ 세계 최고 성능의 대용량 과학데이터 분석 기술 개발 및 해당 기술을 적용한 분석 플랫폼(TuPiX) 구현('16년)
 - ※ 거대 규모(105 입자규모) 컴퓨팅 활용 연구를 위한 주제 도출 및 세계적 분자동역학 코드(LAMMPS)에 적용 가능한 모듈 개발('15년), 상위 20% SCI 논문 5편 게재 및 소프트메터(Soft Matter)誌 표지 논문 선정



- (미래형 초고성능컴퓨팅 시스템 기술 개발을 위한 R&D 추진) 양자 컴퓨팅 등 미래형 초

22) 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 종합평가 실적보고서 p.147, KISTI, 2017

23) 프로세스 위치에 따른 MPI 통신 성능 차이를 증명 연구로 '2016 한국 컴퓨터종합학술대회' 최우수논문상 수상

고성능컴퓨팅 기술개발 추진 방안 마련

※ 차세대 반도체 R&D 사업 기획 공청회('17년.9월)를 통해, 초저전력 AI 등 구현을 위한 차세대 반도체 R&D 사업 추진(2.5조원, 10년)

※ 양자컴퓨팅 국가연구개발사업 기획 공청회('17년.7월)를 통해, 양자암호통신·양자컴퓨터 개발 등 양자정보통신 중장기 기술개발사업 지원(5,500억 원, 8년)

－ (초고성능컴퓨팅 기술 개발 및 검증을 위한 테스트베드 구축·운영) 초고성능컴퓨팅 관련 기술 개발 테스트베드 구축 및 운영 지원

※ 55.734Tflops 급의 가속기 기반 계산환경 테스트베드 구축 (KISTI, '15년)

※ 2018년부터 운영될 슈퍼컴퓨터 5호기 파일럿 시스템 구축 (KISTI, '17년)

○ (과제10. 초고성능컴퓨팅 관련 산업기반 육성) 미래형 초고성능컴퓨팅 기술개발을 위한 국가연구개발 사업 기획 및 추진

※ 초고성능컴퓨팅 테스트베드 조성을 통해 국산 HPC 품질 신뢰성 확보 및 공급 기반 조성
 ※ HPC 제품 신뢰성 확보를 위한 검증 시범서비스 제공

맞춤형 HPC 솔루션 추진

- 바이오 빅데이터 분석 기반 개인 맞춤형 정밀의료
- 고성능컴퓨팅 기반 렌더링

－ (국가 초고성능컴퓨팅 관련 산업 육성을 위한 제도 개선) 초고성능컴퓨팅 산업 육성을 위한 제도 개선 계획 수립

※ (Good Software: GS)인증 및 활용 촉진 방안 마련. 초고성능컴퓨팅 관련 GS 인증 제품을 SW 분리발주 대상 소프트웨어로 선정('13년)

－ (국산 초고성능컴퓨팅 시스템에 대한 사용자 적합성 인증제도 시행) ICT 新기술을 실증·사업화할 수 있는 글로벌 테스트베드로 고성능컴퓨팅 이노베이션 허브 조성을 통한 국산 HPC 품질 신뢰성 확보 및 공급 기반 조성

※ 중소기업 자체 도입이 어려운 고성능컴퓨팅 구축 및 HPC 제품 검증·인증 서비스를 통한 HPC 신뢰성 확보 ('16~ '19년, '17년 77억원)

※ 중소기업에서 필요한 HPC 인프라 구축, 검증·인증, 활용 교육, 기술지원 등 One-Stop 서비스 개시 ('17년.8월)

- ※ 품질인증 동향조사 실시 및 맞춤형 HPC 솔루션 개발 추진('16년)
- (초고성능컴퓨팅 관련 국가 연구개발 결과물의 민간이전 활성화) 초고성능컴퓨팅 관련 국가 연구개발사업의 민간 기업 확대 및 결과물의 기술이전을 통한 성과 확산 강화
 - ※ (민간기업 참여 확대)최신 매니코어 프로세서 기반의 2TFlops급 고성능 계산 서버용 보드를 Intel 및 국내 산업체(드림아이시스템)와 협력하여 국산 기술 개발('16년)
 - ※ (기술 이전) 국제적인 커넥터 및 전자부품 전문업체인 Samtec에 자체 개발한 인터랙트 네트워크 어댑터 카드 기술 이전 추진('17년)
- (초고성능컴퓨팅 개발기업과 수요자 간 연계 활성화를 위한 마켓플레이스 및 정보 공유 플랫폼 구축) 초고성능컴퓨팅 업체, 제품 등을 등록·홍보하고 국내외 관련 정보 제공 온라인 시스템 구축 및 마켓플레이스의 비즈니스화를 통하여 초고성능컴퓨팅 정보유통 서비스산업 육성하고자 했으나 추진되지 못함

[실적 요약] 1차 기본계획 추진실적 및 보완점

1 신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대

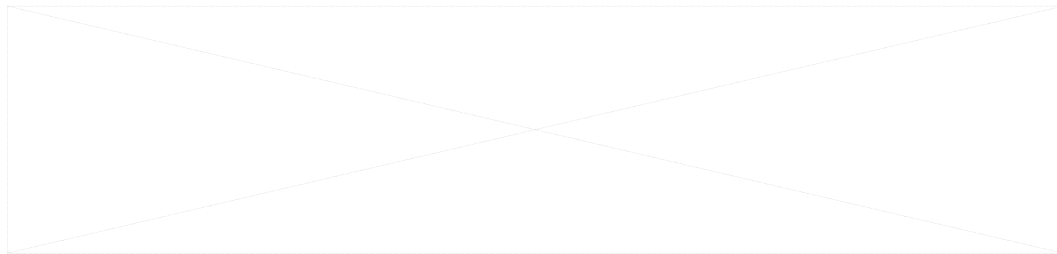
■ 개인연구자 중심의 성과 창출에 기여하였으나 집단연구 성과는 미흡

○ 대형·집단연구보다 개인연구자 중심으로 초고성능컴퓨팅 인프라를 활용하여 R&D 성과 창출

－ 산(54개)·학(72개)·연(29개)·정부기관(5개) 등 160개 기관의 개인 연구자들(연간 2,136명)이 유·무상 과제를 통해 우수성과* 창출

* 차세대 나노디바이스 연구(Science, '16, 나노복합소재 연구(Nature Nanotechnology, '15 등)

－ 초고성능컴퓨터 활용 R&D과제의 경우, 타 연구장비 활용성과 대비 우수한 연구성과 도출('15년 실태조사 기준)



○ 해외 협업 연구망, 국내 초고성능컴퓨팅 인프라를 활용한 국제 공동연구를 통해 세계적인 과학 발견*에 기여

* 아인슈타인의 중력과 세계 최초 검출('16), 반물질간 상호작용 최초규명('16), 반물질 대칭성 정밀 측정('15), 중성미자 질량차이 세계 최초 측정('16) 등

○ 초고성능컴퓨팅의 장점을 극대화 할 수 있는 집단연구 프로그램 부족으로 국가 차원의 성과 도출은 미흡

< 주요국 집단연구개발 과제 현황>

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)

■ 기업의 제품개발 효율화, 기상·기후변화 대응 등에 기여

- (중소기업 지원) 일부 기업을 대상으로 초고성능컴퓨팅 기술지원*을 통해 제품 개발시간 61% 단축, 개발비용 78% 절감(KISTI, '16)

* ('04~'17) 514개 기업 지원(37개/년 수준), 초고성능컴퓨터 자원·기술·교육 등 종합 지원

- 일부 기업에만 지원이 집중되어 제조업 전반의 생산성 향상은 미흡

<초고성능컴퓨팅 활용 제품개발의 경제적 효과('16)>



- (기상예보기술 확보) 전 지구모델 해상도 정밀화를 통해 기상예보 정확도*를 향상시키고, 다양한 기후데이터를 분석하여 국가 기후변화 대책 수립 지원

* 3호기(25km) → 4호기(17km)의 정확도 향상으로 영국 등 선진 6개국 수준 기술력 보유('16년 기준)

■ 초고성능컴퓨팅 활용 확산을 위한 국민 참여활동 추진

- 초고성능컴퓨팅 활용 능력 강화, 계산과학공학 분야 육성 등을 위한 경진대회 및 교원 직무연구 등 개최*

* 국가슈퍼컴퓨팅 경진대회·EDISON SW활용 경진대회 등(연 350여명), 전국 초·중등 융합과학 교육 직무연구(연 90여명)

- 초고성능컴퓨팅 이해 확산 및 미래인재 육성을 위한 청소년 대상 과학문화사업* 추진

* 국가슈퍼컴퓨팅 청소년 캠프, 드림메이커즈(과학동아리 대상) 개최(연 180여명)

⇒ 초고성능컴퓨팅의 장점을 극대화 할 수 있도록 거대 집단연구를 강화하고, 제조업 패러다임 변화에 따른 디지털 제조업 혁신 지원 필요

② 세계 Top10 수준의 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축

■ 지속적으로 컴퓨팅 자원을 확보 중이나 다양한 수요대응 미흡

- 국가 초고성능컴퓨팅 자원은 국가센터(KISTI), 기상청, 산업계에서 활용 중이며, 세계 10위 수준* 자원 확보('17.11 기준)

* 초고성능컴퓨터 Top500 내 국가별 실측성능 총합 기준(Top500.org)

< 국내 자원의 HPC Top500 등재 현황 >

분류	공공기관	대학	산업계	총계
보유(대)	2	—	3	5
실측성능 (TFlops)	4,791	—	2,261	7,052

< 초고성능컴퓨터 자원 국가별 순위 >

순위	국가	실측성능총합 (TFlops)	비율(%)
1	중국	298,877	35.4
2	미국	249,830	29.6
3	일본	90,875	7.0
...			
10	한국	7,052	0.8

- 기상예보 및 대기과학 분야 활용을 위한 기상청 초고성능컴퓨터 4호기* 구축·운영('15~)

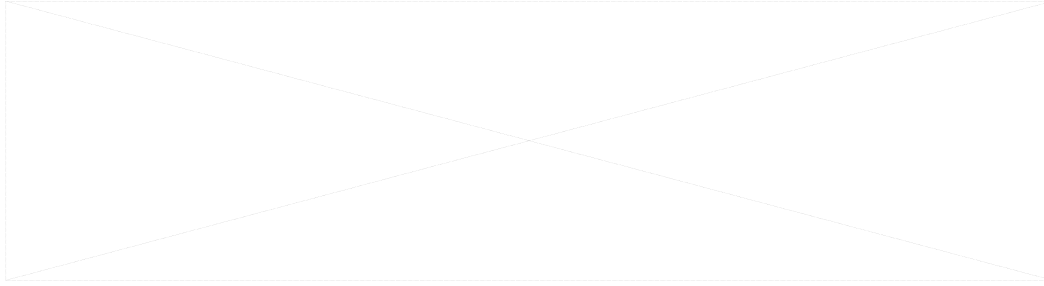
* 총 2대 도입: 누리(2.9PF, 메인) 세계 57위, 미리(2.9PF, 백업) 세계 58위 ('17.11월 기준)

- 국가 전략과제 해결을 위해 국가센터 초고성능컴퓨터 4호기*를 운영('11~) 하였으며 서비스 개시 2년 후 부터 사용량이 포화상태*에 도달

* Top500기준, '10.11월 세계 24위 → '16.6월 순위권 이탈(이론성능 307.4TF)

** 1개 대형자원이 모든수요(R&D, 지능정보기술 활용 등)에 대응하는 비효율 발생

- 5호기 도입('18 예정)도 일부 지연되어 공공부문 컴퓨팅 수요대응 미흡



■ 과학기술 R&D 패러다임이 ‘데이터 중심형’으로 전환됨에 따라 기초연구분야 대용량 실험데이터 허브센터를 구축·운영(’10~)

- 데이터집약형 연구 경쟁력 확보를 위해 세계적 수준의 실험데이터 저장 인프라(CERN WLCG 데이터센터, 아시아 1위) 구축

■ 초고성능컴퓨팅 서비스 지원을 위한 연구망 자원 확대

- 대용량 과학데이터 공유 등 국제공동연구를 위해 미국(Internet2), 유럽(SurfNet) 등 해외선진연구망 수준의 첨단 연구망 구축(100Gbps급)
 - 국내 5대 광역권(100Gbps)과 12개 주요도시(10Gbps)에 백본망 구축 및 10Gbps 액세스망(단대단 10Gbps 60여개 회선) 제공
 - 해외 연구망인 글로리아드(10~100Gbps)를 통해 80여개국 연구기관 연결

■ 국가 초고성능컴퓨팅 자원 활용 협력기반 마련

- 국가센터와 기상청을 중심으로 국가초고성능컴퓨팅 수요 발굴과 서비스 활용 확대를 위한 기술 교류와 상호협력 강화

< 국가센터와 타기관의 상호협력 사례 >

협력 주체	협력 내용
국가센터, 국방부	육군과학화훈련단의 대대급 교전데이터 실시간 분석기술 지원 등
국가센터, 한국항공(주)	가상풍동실험을 위한 가시화 기술 지원

■ 단기 교육프로그램 운영 및 대학원을 통한 전문인력 양성

○ (실무인력) 응용SW개발 및 관리·운영·서비스 단기 교육프로그램 운영

- 국가센터 자원을 활용하여 초고성능컴퓨터 및 응용SW활용 교육*, 분야별 전문교육** 등 수준별 교육프로그램 운영

* HPC 활용법 등 초급교육(2,262명), 병렬 프로그래밍 등 중급교육(4,888명), 지능 정보 및 응용분야별 고급교육(5,551명) 등 12,671명에 대한 교육 수행('13~'17)

** 대기과학분야 예보 전문기술인력(베트남, 몽골 등 개발도상국 초청) 양성('13~'16)

- 산발적인 단기 교육프로그램이 운영되어 체계적인 인력양성 미흡

○ (전문연구인력) 자연과학, 공학, 의학 등 분야의 초고성능컴퓨팅 활용 인력 양성을 위한 계산과학공학 관련학과(전공, 협동과정 등)를 설치*

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

⇒ 다양한 수요에 대응하여 컴퓨팅 자원이 적시에 제공될 수 있도록 장기적 관점의 컴퓨팅 자원확보 로드맵 수립 및 체계적 인력양성 필요

③ 독자적 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련

■ 초고성능컴퓨터 자체 개발을 위한 요소기술 확보

○ 국내 대학 및 출연연 중심*으로 냉각장치, 파일 시스템 등 테라급 초고성능컴퓨터 핵심 기술 확보

* 서울대학교 천둥(106.8TFlops, 범용, '12), ETRI 마하(105TFlops, 유전체 데이터 분석 전용, '14), KISTI 바람(50TFlops, 유동해석 및 가시화 전용, '15)

○ 페타급 초고성능컴퓨터 개발 역량 확보를 위한 요소 기술 확보

- 고성능 계산 서버용 보드(인텔 매니코어 프로세서) 개발(세계 9번째)
- 초고성능 인터커넥트 기술 및 온패키지 메모리 활용 병렬화 SW 개발

■ 제품 구매에서 벗어나 자체 개발역량 확보를 위한 개발 로드맵 수립

- (SW) 1PF급 시스템-응용 SW 개발 및 인력양성, 오픈포럼 운영을 위한 초고성능컴퓨팅사업단(법인) 선정('16.12)
- (HW) 고성능·확장성·저비용·저전력 기반의 차세대 초고성능컴퓨터 개발을 위한 이기종 매니코어 하드웨어 시스템 개발 착수('17.5)
- SW-HW R&D 사업 연계를 통한 초고성능컴퓨터 개발 경쟁력 확보를 위한 중장기 통합 로드맵 수립('17.11)
- 국내에 초고성능컴퓨터 첫 도입 이후('88~), 해외 기업의 제품만 사용*되었으며 기술력 확보를 통한 초고성능컴퓨터 개발 국가로 진입 추진
 - * 1호기(미국, '88), 2호기(미국, '93), 3호기(미국, 일본, '01), 4호기(미국, '08), 5호기(미국, '18)

■ 초고성능컴퓨팅 산업기반 조성을 위한 'HPC 이노베이션 허브' 구축('17.9)

- 중소기업 경쟁력 강화 및 수요 창출을 지원하고, HPC 제품 검증컨설팅 서비스를 통해 제품 신뢰성 확보 지원
- 기술개발지원, 인력양성, 활용 등 가치사슬 전반을 고려하여 중소기업 공동기술지원 협의체 구성 및 운영

⇒ 자체적 초고성능컴퓨팅 개발역량(PF급) 확보와 동시에, 선도국가와 기술격차를 줄이기 위한 기술혁신(차세대 반도체, 양자컴퓨팅 등) 필요

2.3. 국가초고성능컴퓨팅 성과확산 및 제언

2.3.1. 초고성능컴퓨팅 국가 R&D 사업 연계

- 1차 기본계획은 초고성능컴퓨팅 육성을 위한 제도적 기반 마련(법, 육성계획)과 이의 이행을 통해 국가차원의 초고성능컴퓨팅 역량을 제고하는데 목적
- 2차 기본계획은 1차 기본계획의 성과를 기반으로 초고성능컴퓨팅 활용 증대와 새로운 기술변화 대응과 미래를 선도할 수 있는 국가R&D생태계 마련에 목적
- 국가 R&D사업에 적극적으로 초고성능컴퓨팅이 활용되기 위해서는 활용촉진과 함께 인프라 고도화, 초고성능컴퓨팅 R&D 역량 강화가 함께 이행 되어야 함
 - (국가 R&D사업 활용 촉진) 수요자 니즈에 기반한 초고성능컴퓨팅 활용 연구주제를 발굴하고 인문사회 등 다양한 분야로 저변을 확대할 수 있는 기획이 요구됨
 - (초고성능컴퓨팅 인프라 고도화) 국가R&D사업의 다양한 목적에 부합하는 HPC 자원의 지속적 활용이 가능하도록 관련 인프라 확보가 안정적이고 다양하게 이루어져야 하며 수요자의 니즈에 맞게 편리한 환경에서 제공될 수 있어야 함
 - (초고성능컴퓨팅 R&D 역량 강화) 국가 R&D역량 강화를 목적으로 하는 다양한 국가 R&D사업에 초고성능컴퓨팅이 활용되기 위해서는 관련 기술 역량이 뒷받침 되어야 함. 각국의 초고성능컴퓨팅 R&D역량 확보 경쟁에서 우위를 점유할 수 있도록 전략적 R&D추진(초고성능컴퓨팅 육성을 위한 중장기 전략마련)과 미래 대응을 위한 연구개발에 집중할 필요가 있음

국가 R&D사업 연계 강화	
국가 R&D사업 활용 촉진	• 국가 R&D사업 수요자 니즈파악 • 초고성능컴퓨팅 활용 국가 R&D 연구주제 발굴 • 국가 주요정책 및 유관부처 R&D사업과의 연계 강화
초고성능컴퓨팅 인프라 고도화	• 초고성능컴퓨팅 인프라의 안정적 제공 • 초고성능컴퓨팅 인프라 사용환경 개선 • 연구자 맞춤형 초고성능컴퓨팅 인프라 서비스 제공 • 미래 수요에 대응할 수 있는 초고성능컴퓨팅 자원 확보
초고성능컴퓨팅 R&D역량강화	• 초고성능컴퓨팅 기술 선도 • 초고성능컴퓨팅 활용을 위한 기술검증 • 초고성능컴퓨팅 활용 성과물의 확산·환류

2.3.2. 초고성능컴퓨팅 성과확산

- 초고성능컴퓨팅 기술 추격을 위한 도입, 자원 확보 중심으로 축적된 초고성능컴퓨팅 역량은 다양한 분야에 대한 활용과 성과창출, 대규모 국가R&D지원을 통한 국가사회 현안해결, 초고성능컴퓨팅 활용 저변확대로 그 성과가 확산되어야 함
- 상대적으로 초고성능컴퓨팅 대표성과의 도출과 활용저변을 확대하는 노력이 미흡하였음. 초고성능컴퓨팅 자원 확보, 활용의 대표성과가 다양한 분야에서의 지속적으로 창출되어야 하며, 국가·사회현안 해결과 과학기술역량 강화에 기여할 수 있어야 함



<그림 2-3> 초고성능컴퓨팅 성과확산 방향

- (대표성과 창출) 과학기술과 공공 부문, 산업 응용 등 다양한 분야에서 초고성능컴퓨팅이 활용될 수 있도록 계산과학 과제의 발굴, 활성화 투자가 요구됨
- 계산과학은 기존의 연구방법, 문제해결 방식과 연계한 시너지 창출과 전통적 방식으로 해결하기 어려운 문제에 대한 솔루션의 제공이 가능할 것으로 인식, 주요 선진국들은 계산

과학 분야를 국가 경쟁력 확보의 원천으로 인식, 과감한 투자를 진행 중²⁴⁾

- 국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률과 5개년 기본 계획은 인프라 확충 및 활용에 관한 내용을 담고 있어, 계산과학 분야 전략이나 과제는 다루어지지 못함
- 초고성능컴퓨팅 관련 예산 중 대부분은 시스템 구입에 투입되고 있으며, 적은 비중의 활용분야 예산 내에서도 계산과학 중점 예산 투자 비율은 미미
- 계산과학 활성화를 위한 제도적 기반(법제화 등)과 활용인력에 대한 체계적 육성방안 마련이 시급하며 계산과학 활용친화적인 연구개발에 대한 적극적인 투자가 요구됨
- ※ 국가 미래 유망기술과 융합기술을 중점적으로 개발하기 위한 계산과학 기반 연구개발사업 기획이 추진되고 있으나 향후 한국형 재난대응시스템 구축 등 국내 환경에 맞춘 계산과학의 활용 방안을 모색할 필요가 있음
- ※ 계산과학 활용을 통해 빠른 신제품 개발이 가능하나 높은 진입장벽(HW/SW, 전문인력 등)으로 산업에서의 활용도가 낮고, 외산 소프트웨어를 도입하는 데 재정적·행정적 비용이 발생하는 만큼 산업 활용을 위한 인프라 마련과 투자가 요구됨

○ (대형성과 창출) 개인 단위의 연구과제 지원을 연구 그룹 단위로 변경, 국가차원의 대규모 R&D 지원, 국가사회현안문제 해결을 위한 핵심 자원으로서 초고성능컴퓨팅 자원이 활용, 대형성과 창출에 기여할 수 있어야 함

- '16년은 산 학 연 등 다양한 주체가 결집하여 초고성능컴퓨팅 개발에 전념할 수 있는 생태계 조성 계기가 마련되었으나, 한국형 발사체 개발 등 대형국가연구개발 계획 단계에서부터의 초고성능컴퓨팅 활용에 대한 고려가 요구된다는 평가²⁵⁾
- 창의도전 문제와 거대도전과제 중심의 자원 지원 정책 개발과 점진적으로 지원 비중을 확대하고 재난·재해에 대한 피해 예측, 교통 분석 등 사회 현안 해결과 저활용 분야의 슈퍼컴퓨팅 활용을 확대할 계획('17, 과학기술정보통신부 중점 추진방향)
- 국가적 난제의 해결, 창의·거대도전 과제에 대한 초고성능컴퓨팅 자원 활용을 위해서는 개인 단위에서 연구그룹 단위로의 지원 대상을 변경, 효율적 자원 배분과 활용활성화를 유도해야 함

○ (활용저변 확대) 초고성능컴퓨팅 전문인력 양성, 신진 연구자의 활용능력 강화 등

24) '계산과학 기반 R&D 효율화 체계 구축 및 경제성 분석 정책연구'(2016.8), 과학기술정책연구원

25) 2017년도 국가초고성능컴퓨팅 육성 시행계획(2017.3), 미래창조과학부 외 관계부처

을 통해 초고성능컴퓨팅 자원의 활용저변을 확대할 필요가 있음

- 산·학·연 전 부문 별 초고성능컴퓨팅 인력양성을 위한 전문교육 과정이나 교육기반은 매우 미흡한 실정
 - ※ 일부 대학 에서 계산과학 관련 학과를 설치, 인력을 배출하고 있으나 HPC 관련 전문 인력 양성 교육 기반은 미흡
 - ※ 최근 6년간 석박사 46명 배출('11~'16, 서울대학교, 연세대학교, 이화여자대학교 등)
 - ※ (미국) 153개 대학(원)에서 계산과학공학 관련 교과목 개발·운영 중
- 현장에서 활용 가능한 인력 양성과 기존 교육 프로그램 육성 및 대학, 연구소, 산업체의 협력체계 구축을 통해 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성을 위한 프로그램 간 연계성 강화, 활용저변의 확대가 요구됨
- 또한, 미래 데이터시대에 대응, 4차 산업혁명 수요대응을 위한 컴퓨팅, 데이터과학 및 AI 등 융합형 초고성능컴퓨팅 인재 양성을 위한 준비가 시급

2.3.3. 초고성능컴퓨팅 제도개선 및 정비

■ 변화환경 대응, 초고성능컴퓨팅 기술력 강화, 과학기술 선도 위한 법 정비

- 1차 기본계획은 초고성능컴퓨팅 육성을 위한 제도적 기반 마련(법, 육성계획)과 이의 이행을 통해 국가차원의 초고성능컴퓨팅 역량을 제고하는데 목적
 - 제1차 기본계획(2013-2017)은 2011년 6월 제정된 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」에 따라 수립된 국가계획으로서, 해당 법률에 따른 정부정책을 구체화한 것이라고 할 수 있음
 - 제1차 기본계획은 국가의 초고성능컴퓨팅 육성에 관한 최초의 종합적인 국가계획으로서, 관련 정책의 기본목표와 방향을 제시하고, 그 목표달성을 위한 전략과 다양한 시책을 담고 있는 점에서 큰 의미
- 2차 기본계획은 1차 기본계획의 성과를 기반으로 초고성능컴퓨팅 활용 증대와 새로운 기술변화 대응과 미래를 선도하는 것이 목적, 관련 법 개선과 종합적 정책 전개가 요구됨
 - 미국, 중국 등 주요 기술선진국의 경우, 자국의 과학기술력 위상제고 차원에서 초고성능컴퓨팅 정책을 더욱 강화하고, 이를 효율적으로 지원하기 위한 법제를 정비해 나가고 있음
 - 중국은 초고성능컴퓨터 육성에 관한 독립법률은 제정하지 않았으나, 관련 법률에 근거를 둔 다양한 과학기술정책과 계획들을 바탕으로 슈퍼컴퓨팅 육성 정책을 적극적으로 추진
 - ※ 중국은 국가첨단기술발전계획(863계획) 및 국가중점기초연구발전계획(973계획) 등을 바탕으로 정보기술과 고성능컴퓨팅 기술의 개발을 적극 추진
 - 미국은 중국과의 슈퍼컴퓨터 개발경쟁에서 우위를 확보하기 위해 앞으로 관련 정책을 더욱 확대해 나갈 것으로 전망
 - ※ 1991년 「고성능컴퓨팅법(HPC Act)」 : 고성능 컴퓨팅과 응용분야에서 글로벌 리더십을 확보하기 위해 연구망, 인력양성, SW기술, 시스템 개발 등에 관한 정책추진
 - ※ 1998년 「차세대인터넷연구법」 : 차세대 인터넷 프로그램을 지원하기 위한 정책추진

- ※ 2004년 「고성능컴퓨팅부흥법」 : 고성능컴퓨팅 연구개발 및 응용연구에 대한 정부지원 범위와 대상을 확대
 - ※ 2015년 ‘국가컴퓨팅 전략계획’ : 슈퍼컴퓨팅 수요증가에 대비하여 새로운 고성능 컴퓨팅 연구 로드맵을 설정, 슈퍼컴퓨팅에 대한 접근성과 가용성에 있어서 세계 선도를 유지하기 위한 전략을 명시
- － 변화된 환경변화를 반영한 보다 발전적인 관련 법 개선과 국가차원의 종합적 계획으로 수립 및 추진되는 것이 필요
- 2011년 6월 제정된 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」은 제정 6년이 경과하였으나 환경변화와 기술적 요구사항을 적절히 반영하지 못함
 - 또한 2016년부터 착수한 고성능컴퓨터의 자체개발계획을 포함하여, 지능정보 사회 건설에 필요한 다양한 고성능컴퓨팅 인프라의 체계적인 구축과 활용을 뒷받침할 수 있는 산업육성 정책의 전환이 요구됨

■ 기본계획의 충실한 이행을 위한 추진체계 확보 시급

- 제1차 기본계획은 국가센터(한국과학기술정보연구원)를 중심으로 초고성능컴퓨팅 도입, 활용 활성화를 위한 응용연구를 지원, 추진하였으나 추진 동력과 제도적 기반이 미약하여 일부 실행계획은 추진되지 못했거나 추진이 미흡함
- － (추진전략 1) 신규수요 창출을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대
- ‘초고성능컴퓨팅을 활용한 산업혁신 강화(과제2)’의 ‘초고성능컴퓨팅 활용 지식서비스 기업 육성’의 실행계획의 추진이 미흡
 - ‘초고성능컴퓨팅 기반 공공·민간 응용 서비스 확대(과제3)’의 ‘클라우드 서비스와 연계한 초고성능컴퓨팅의 육성’의 실행계획의 추진이 미흡
 - ‘초고성능컴퓨팅 이해 확산을 위한 국민 참여활동 확대(과제 4)’의 ‘초고성능컴퓨팅 활용 사용자 참여형 실험실 사업(Living Lab)’ 실행계획의 실행계획의 추진이 미흡
- － (추진전략 2) 초고성능컴퓨팅 서비스 기반 구축
- 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보(과제 5)’의 ‘국가초고성능컴퓨팅위원회’를 중심으로 국가 차원의 체계적인 자원 수요 예측 및 관리체계 구축’의 자원배분

전략의 체계화 추진이 일부 미흡

- ‘효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축(과제6)’의 ‘해외 자원 선진국과의 국제적 연계 강화’에서 초고성능컴퓨팅 선진국들(XSEDS, HPCI, PRACE 등)과의 자원연동 협력 체제 구축, 해외기관과의 정보교류 및 국제 공동연구 참여 확대 등의 일부 실행계획의 추진이 미흡
- ‘수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성(과제7)’의 ‘연구인력 저변 확대를 위한 교육(학위)과정 확대 및 신설’에서 연구인력 저변 확대를 위한 교육(학위)과정 확대 및 신설의 실행계획인 초고성능컴퓨팅 관련 학제간 융합과정 설치 및 초고성능컴퓨팅 응용 수요를 반영한 교과과정 개발 추진이 미흡

- (추진전략 3) 초고성능컴퓨팅 개발역량 확보 및 산업화 토대 마련

- ‘차세대 초고성능컴퓨팅 원천기술 R&D 확대(과제9)’의 ‘초고성능컴퓨팅 기술 개발 및 검증을 위한 테스트베드 구축·운영’의 실행계획 추진 미흡
- ‘초고성능컴퓨팅 관련 산업기반 육성(과제10)’의 ‘초고성능컴퓨팅 개발 기업과 수요자 간 연계 활성화를 위한 마켓플레이스 및 정보 공유 플랫폼 구축’ 및 초고성능컴퓨팅 관련 국가 연구개발 결과물의 민간이전 활성화’ 등 일부 실행계획(참여연구원 창업지원 확대, 연구자 파견 지원)의 추진이 미흡

○ 초고성능컴퓨팅 육성 관련 부처에서 국가초고성능컴퓨팅 육성법률 및 기본계획을 이행할 수 있는 제도적 기반, 실질적 실행방안과 추진체계 준비가 요구됨

- 초고성능컴퓨터법에서는 기본계획, 시행계획, 육성시책을 수립하도록 하고 있으며, 주무부처인 과학기술정보통신부는 5년마다 관계 중앙행정기관*의 장과 협의하여 기본계획을 수립하고, 국가초고성능컴퓨팅위원회의 심의를 거쳐 확정해야 함

※ 기획재정부, 교육부, 과학기술정보통신부, 국방부, 산업통상자원부, 보건복지부, 환경부, 중소벤처기업부, 해양수산부, 기상청 등 10개 기관

- 기본계획에 따라 일부 관련 부처들이 실행계획과 육성시책을 수립하였지만, 기본계획의 영향력과 구속력 미비하여 계획수립과 이행점검이 이루어지지 못함

- 시행계획, 육성시책 수립(미래창조과학부, 기상청), 시행계획 수립(보건복지부), 시행계획, 육성시책 모두 미수립(산업통상자원부, 환경부 등)

- 관계 중앙행정기관의 장은 매년 시행계획 수립을 의무화하고, 시행계획에 따른 실적은 주무부처인 과학기술정보통신부 장관에게 보고하고 평가하는 체계가 요구됨
- (조직 정비) 초고성능컴퓨팅 법령 및 계획의 실질적인 추진을 위한 컨트롤타워의 마련과 범 부처적 계획인 초고성능컴퓨팅 육성계획의 원활한 운영을 위한 국가초고성능컴퓨팅위원회의 역할과 권한 강화가 필요
- (안) 5년마다 수립될 기본계획과 매년 수립될 시행계획의 수립을 지원하고 평가할 수 있는 전담 조직을 국가센터 내에 설치
- (모니터링 체계 마련) 초고성능컴퓨팅 육성 이행계획에 따른 예산, 투자현황, 계획의 이행사항 및 목표달성과 관련한 모니터링 필요

3. 초고성능컴퓨팅 주요 분야별 국내외 동향

3.1. 국가초고성능컴퓨팅 인프라 부문

■ 미래대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보의 중요성 증대

- 연구산업·공공분야의 폭발적 데이터의 증가와 빅데이터, 인공지능 등 거대산업 수요에 따라 미래대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보가 필요함
- 초고성능컴퓨팅 인프라 중에서도 최고 사양의 시스템인 슈퍼컴퓨터 시장은 전 세계적으로 국가 주도의 도입이 주를 이룸
- 초고성능컴퓨팅은 국가 R&D 역량을 재는 척도라고 할 수 있으며, 이에 미국, 유럽, 일본 및 중국 등의 주요 선진국은 초고성능컴퓨팅 인프라 확보에 천문학적인 금액을 투자하고 있음

■ 국가 초고성능컴퓨팅 효율적 자원 배분 필요

- 연구커뮤니티 중심 거대과학, 지능정보기술 기반의 제조업 혁신 등 연구(과학기술)·산업·공공분야의 시급성과 중요성에 따른 자원 배분 및 활용 극대화 방안 마련이 시급함

■ 사용자 중심 초고성능컴퓨팅 서비스 제공 및 데이터의 신뢰성 확보 필요

- 초고성능컴퓨터 활용 분야수준을 고려한 사용자 접근이용의 편의성 증대가 요구되며, 데이터의 보안성 강화로 신뢰성 확보가 필요함

3.1.1 글로벌 동향

1) 초고성능컴퓨팅 구축 현황

■ 중국이 Top 500에 포함된 시스템 개수 측면에서 점유율이 40.4%(160대 → 202대)로 6월 기준으로 근소하게 앞서던 미국을 제치고 1위로 선정됨, 미국은 점유율 28.6%(168대 → 143대)로 6월에 비해 크게 낮아짐

※ 슈퍼컴퓨터 순위는 매년 6월과 11월에 유럽 ISC(International Supercomputing Conference)와 미국 SC(Supercomputing Conference)에서 번갈아 발표하며, 결과는 ‘톱500(www.top500.org)’ 홈페이지에서 확인 가능함. 2017년 11월 발표를 기준으로 중국과 미국은 전 세계 ‘톱500’ 슈퍼컴퓨터 중 각각 202대, 143대를 차지하며 양강 구도를 형성

※ 그밖에 일본이 35대로 3위에 선정되었으며, 독일(21대), 영국(18대), 프랑스(15대), 이탈리아(6대), 네덜란드(6대)의 유럽 국가들이 그 뒤를 있고 있으며, 우리나라는 폴란드, 캐나다, 스웨덴과 같이 5대를 보유하고 있는 것으로 나타남

○ 실제 성능 총합 기준(PFlops)에서도 중국(298,877TFlops)이 미국(249,830 TFlops)을 앞서며, 중국은 Top500내 시스템 대수뿐만 아니라, 실제성능의 총합 기준으로도 가장 높게 나타남

○ 두 국가의 점유율을 합치면, 전체 500개 슈퍼컴퓨터 중 절반이 훨씬 넘는 69.0%를 차지하고 있어서 전 세계 슈퍼컴퓨터시장을 선도하고 있고 있는 것으로 나타남

<표 3-1> 슈퍼컴퓨터 시스템 등재 현황('17년 11월)

순위	국가	보유대수	점유율 (%)	실제성능 (TFlops)	이론성능 (TFlops)	코어수
1	중국	202	40.4%	298,877	524,584	22,797,764
2	미국	143	28.6%	249,830	391,614	12,078,694
3	일본	35	7.0%	90,875	136,440	26,331,160
4	독일	21	4.2%	38,424	51,508	1,656,870
5	프랑스	18	3.6%	30,818	42,250	1,370,664
6	영국	15	3.0%	32,269	41,186	1,296,368
7	이탈리아	6	1.2%	16,275	27,833	567,608
7	네덜란드	6	1.2%	4,592	6,765	180,480
8	한국	5	1.0%	7,052	9,317	234,880
8	폴란드	5	1.0%	5,300	7,076	175,784
8	캐나다	5	1.0%	5,089	9,262	238,144
8	스웨덴	5	1.0%	4,932	6,446	163,792
9	인도	4	0.8%	2,795	3,759	107,544
9	오스트리아	4	0.8%	4,104	7,207	205,492
9	아일랜드	4	0.8%	2,876	4,584	119,384
9	사우디아라비아	4	0.8%	9,298	12,268	345,568
10	스위스	3	0.6%	21,716	27,675	472,224
10	러시아	3	0.6%	3,662	5,492	141,284
11	호주	2	0.4%	1,169	1,671	59,648
11	핀란드	2	0.4%	1,823	2,678	67,488
12	체코	1	0.2%	1,458	2,012	76,896
12	싱가포르	1	0.2%	1,010	1,286	30,912
12	스페인	1	0.2%	6,471	10,296	153,216
12	멕시코(신규)	1	0.2%	551	727	18,928
12	대만(신규)	1	0.2%	1,325	2,089	27,200
12	뉴질랜드	1	0.2%	549	864	21,600
12	노르웨이	1	0.2%	954	1,082	32,192
12	남아프리카공화국	1	0.2%	1,029	1,367	32,856

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

○ TOP500 리스트 성능 및 가속기 현황을 살펴보면, 다음과 같음

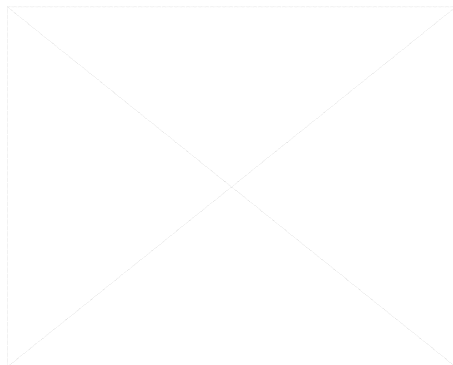
- Top100위에 진입하기 위한 최소 성능은 1.28PF/s 이상
- 현재(50회) 500위 시스템 실측성능 548.7TP/s은 이전 TOP500(49회) 367위
- Intel 프로세서는 전체의 89.4%로 가장 큰 점유율 차지

<표 3-2> TOP500 전체 성능 및 시스템 현황('17년 11월)

구분	'17.11(50회)	'17.06(49회)	비고
전체성능	845PF/s	749PF/s	12.8%증가 1년전 672PFlop/s에 비해 25.7% 증가
성능 1PF 이상 시스템	181대	138대	31.2% 증가
가속기 사용 시스템	102대 (Top10中 4대)	91대 (Top10中 3대)	NVIDIA Chip 사용 : 85개 Intel Xeon Phi 사용 : 10개 하이브리드 및 기타 : 7개 평균 코어수 : 313,917/system
병렬처리수준	69,004,640코어	48,118,222코어	-

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

- 대부분 Cluster, MPP 기반 시스템으로 '07년 이후 경향 가속화되며, 가속기 사용 시스템 수는 '11년 19대 이후 '17년 현재 약 5배 이상 증가함



<그림 3-1> '93~'17년 아키텍처 현황



<그림 3-2> 가속기 시스템 누적 현황

출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

○ 제조사별 Top500 초고성능컴퓨터 시장보유 현황

<표 3-3> 초고성능컴퓨터 제조사 현황('17년 11월)

제조사	국가	대수	비율(%)	실측성능(TF)	비율(%)
HPE	미국	122	24.4	127698.8	15.1
Lenovo	중국	81	16.2	76989.9	9.1
Inspur	중국	56	11.2	53537.0	6.3
Cray Inc.	미국	53	10.6	164930.4	19.5
Sugon	중국	51	10.2	43944.6	5.2
IBM	미국	19	3.8	51275.6	6.1
Huawei	중국	19	3.8	15466.8	1.8
Bull	프랑스	17	3.4	29192.9	3.5
Dell EMC	미국	16	3.2	23922.8	2.8
Fujitsu	일본	12	2.4	40101.1	4.7
Penguin Computing	미국	10	2	14228.1	1.7
NUDT	중국	4	0.8	39271.8	4.6
PEZY Computing / Exascale Inc.	일본	4	0.8	3455.9	0.4
NEC	일본	4	0.8	3884.3	0.5
Lenovo/IBM	중국	3	0.6	4806.6	0.6
Atipa	미국	3	0.6	3923.3	0.5
IBM/Lenovo	미국	2	0.4	3581.3	0.4
Nvidia	미국	2	0.4	4377.0	0.5
T-Platforms	러시아	2	0.4	3003.9	0.4
others	-	20	4.0	137528.6	16.3
합계		500	100	845,120.5	100

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

- 2017년 11월 기준으로, 전체 500개의 시스템에 대한 대륙별 분포를 살펴보면, 지난 2017년 6월 조사 결과에서 북남미가 슈퍼컴퓨팅 시스템의 보유 대수(176대 → 149대)가 크게 줄어 들었으며 유럽도 보유 대수(106대 → 93대)가 줄어든 것을 볼 수 있음. 아시아에서는 새로 대만이 포함되며 보유 대수가(212대 → 252대) 크게 늘어나며, 500대 순위에서 1위(중국), 3위(일본)를 차지함. 그리고 지난 조사와 변동 없이 오세아니아 5대, 아프리카 1대를 보유함

<표 3-4> 대륙별 슈퍼컴퓨터 시스템 분포 현황('17년 11월)

구분	보유대수	점유율
아시아	252	50.40%
북미	149	29.80%
유럽	93	18.60%
오세아니아	5	1.00%
아프리카	1	0.20%

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

- (아시아) 슈퍼컴퓨터 시장점유율의 대부분을 차지하는 국가는 202대의 시스템을 보유한 중국과, 35대의 시스템을 보유한 일본이며, 한국은 2017년 6월에 8대에서 2017년 11월 기준으로, 5대로 보유 대수가 줄어들며 순위가 하락함. 대만이 새로 포함됨
- (유럽) 독일, 프랑스, 영국이 각각 21대, 18대, 15대를 보유하고 있으며, 네덜란드가 2017년 6월에 4대에서 2017년 11월 기준으로, 6대로 보유 대수가 늘어나며 순위가 상승함. 그리고 덴마크 및 벨기에가 제외됨
- (북남미) 미국이 143대로 대부분을 보유하고 있으며, 캐나다가 5대의 시스템을 보유하고 있음. 브라질이 제외되고 멕시코가 새로 포함됨
- (오세아니아, 아프리카) 2017년 6월 기준과 변동 없이, 오스트리아와 뉴질랜드가 각각 4대, 1대의 시스템과 남아프리카공화국이 1대를 보유하고 있는 것으로 나타남

■ 중국이 자체개발한 Sunway TaihuLight가 1위를 지속 유지하며, 미국을 제치고 세계 1위와 2위 규모의 슈퍼컴퓨터를 보유

- 중국이 슈퍼컴퓨터 개별 성능 측면에서 1, 2위를 지속 유지하고 있으며, 일본의 Gyoukou 순위(69위 → 4위)가 크게 상승하였으며, 미국의 슈퍼컴퓨터 Trinity 순

위가 (10위 → 7위)로 상승하였으나, 나머지 미국의 슈퍼컴퓨터들은 한 단계씩 하락함. 그 외의 Top10내 변화는 없음

- 중국 국립슈퍼컴퓨팅센터의 ‘선웨이 타이후라이트(Sunway TaihuLight)’는 중국이 자체 기술력으로 개발한 ‘SW26010’ 260코어 프로세서를 탑재하고 있으며, 실측성능(Rmax) 기준 93PFlops의 연산속도를 보이고 있음
- 2위에 선정된 ‘텐허-2(Tianhe-2)’는 실측성능(Rmax) 기준 33.8PFlops의 연산 속도를 기록하며, 인텔 ‘제온(Xeon) E5-2692’ 12코어 프로세서와 ‘제온 파이(Xeon Phi) 31S1P’ 가속기를 탑재하고 있음

- 미국은 에너지부 산하 오크리지 국립연구소(Oak Ridge National Laboratory)가 보유한 ‘타이탄(Titan)’, 로렌스 리버모어 국립연구소(Lawrence Livermore National Laboratory)의 ‘세콰이어(Sequoia)’은 각각 5위, 6위에 선정되면서 순위가 계속 하락하고 있음

<표 3-5> Top500 리스트의 상위 Top10 시스템(‘17년 11월)

순위	이름	국가	소속	실제성능 (TFlops)	이론성능 (TFlops)	이전 순위 (‘16.06)
1	Sunway TaihuLight	중국	National Supercomputing Center in Wuxi	93,015	125,436	1
2	Tianhe-2 (MilkyWay-2)	중국	National Super Computer Center in Guangzhou	33,863	54,902	2
3	Piz Daint	스위스	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS)	19,590	25,326	3
4	Gyokou	일본	Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	19,136	28,192	69
5	Titan	미국	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory	17,590	27,113	4
6	Sequoia	미국	DOE/NNSA/LLNL	17,173	20,133	5
7	Trinity	미국	DOE/NNSA/LANL/SNL	14,137	43,903	10
8	Cori	미국	DOE/SC/LBNL/NERSC	14,015	27,881	6
9	Oakforest-P ACS	일본	Joint Center for Advanced High Performance Computing	13,555	24,913	7
10	N/A	일본	RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS)	10,510	11,280	8

※ 출처: www.top500.org ’17년 11월 자료 분석 요약

- 스위스(CSCS:Swiss National Supercomputing Centre)에서 운영하는 ‘Piz Daint’ 슈퍼컴퓨터가 3위에 선정됨. 실측성능(Rmax) 기준 19.5PFlops의 연산 속도를 나타내고 있음
- 일본은 JAMSTEC에서 운영하는 실측성능(Rmax) 기준 19.1PFlops의 연산 속도 성능을 가진 ‘Gyokou’ 슈퍼컴퓨터가 4위에 선정되면서 순위가 상승하였으며, 10위권내에 3대가 선정되면서 중국, 미국에 이은 초고성능컴퓨팅 강국으로 자리잡고 있음

2) 해외 국가별 연구망 구축 현황

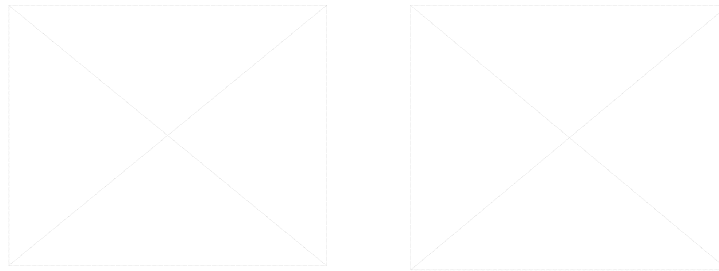
- (제4차 산업혁명의 토대) 제4차 산업혁명의 동인인 지능정보기술은 인공지능을 구현하는 “지능”과 데이터·네트워크기술(ICBM)에 기반한 “정보”의 결합으로 경제·사회 전반의 ‘혁명적 변화’를 초래함
 - (융합 인프라로써의 첨단연구망) 데이터·서비스 중심의 초연결 네트워크 환경 구축이 핵심과제이며, 단순한 고성능 전송이 아니라 초고성능컴퓨팅 환경에서, 컴퓨터-데이터를 융복합 가능케 하는 융합 인프라로써의 첨단연구망 추진이 필요함
 - 지능정보사회에서 요구되는 IoT 센서망, 거대 데이터센터 연동망, 클라우드 연동망, 양자암호통신 등을 통한 고신뢰 사이버 보안망으로써의 첨단연구망 역할 요구됨
- (혁신 및 공공인프라로써의 첨단연구망) 초고성능컴퓨팅을 뒷받침하는 첨단연구망은 한 국가의 과학기술 경쟁력과 직결되는 첨단과학기술 인프라로써 중장기적인 계획을 바탕으로 지속적인 고도화를 추진함
 - (미국) '17년 혁신/경쟁력 법 개정 American Innovation and Competitiveness Act 2017 (PublicLaw114-329), '16년 고성능 컴퓨팅 법 개정 HIGH-PERFORMANCE COMPUTING ACT OF1991 [As Amended Through P.L.114-329, Enacted January 6,2017] 등을 통한 R&D 분야의 네트워크 인프라에 전략적으로 투자함
 - (EU) Horizon 2020/GEANT 2020 비전을 통해 첨단연구망을 사회 전반을 구성하

는 사회 공통 인프라(In Common) 즉 공공재로 인식하고, 중장기적/지속적 투자가 필요한 사회 필수 인프라로 인식됨

- GÉANT2020 국가의 연구 및 교육 부문의 유럽 전자 인프라의 핵심 요소로, 대용량의 데이터를 공유, 액세스 및 처리하는 데 필요한 고속 연결망 제공

※ 유럽 전역에 걸쳐 4,000만 명의 연구자와 학생들이 전 세계 동료들과 협력 가능

※ GÉANT와 그 파트너는 8,000개 이상의 기관을 연결(도서관, 정부 부서, 병원 및 박물관 포함), 또한 초등 및 중등학교와의 연결망을 제공하여 20,000개가 넘는 학교가 GÉANT에 액세스 가능



<그림 3-3> GÉANT 연결망 활용 기관 및 학교 현황

※ 출처: geant3plus homepage: archive.geant.net

○ (일본) K-Computer 중심의 슈퍼컴퓨터 강국 지위를 유지하고 있으며, 연구데이터의 안전하고 효율적인 공유를 위한 전담기관(정보보호센터, 과학기술정보위원회)을 설치하여 운영하고 있음

■ **초고성능컴퓨팅을 통해 대용량 관측/실험데이터를 분석하고 공유하기 위해 첨단연구망의 지속적인 기술개발과 증설이 요구됨²⁶⁾**

○ (거대과학의 거대데이터 생성) 고에너지물리/천문우주/핵융합 등에 사용되는 초거대 과학실험장비는 과거의 예상을 뛰어넘어서 폭발적인 양의 데이터를 생산하고 있음

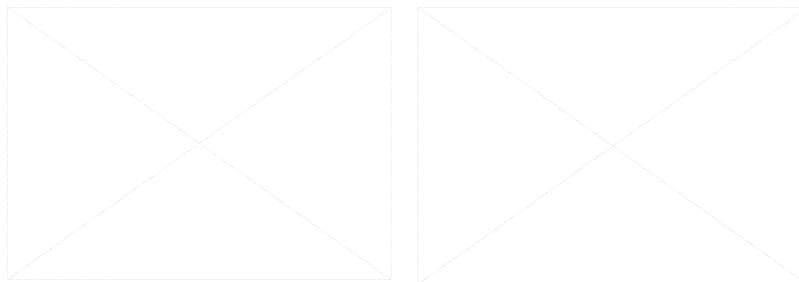
○ (빅데이터 분석을 위한 글로벌 협업 요구) 단일 국가에서 단독으로 처리하기 힘든

26) 제4세대 데이터중심과학 The Forth Paradigm Data-Intensive Scientific Discovery essays, Jim Gray, Tony Hey, Stewart Tansley, Microsoft Research, 2009

엑사/제타바이트급 데이터는 세계 각국의 협력을 통해서 병렬적으로 분석/연구되어야 하며, 이를 지원하기 위한 국가간/대륙간 초고속 전송기술 및 플랫폼 개발이 요구되고 있음

■ (첨단연구망은 오픈사이언스의 핵심인프라) 세계 각국의 선진 첨단연구망은 오픈사이언스를 지원하기 위한 SW/HW 인프라에 지속적으로 투자하고 있음

- (오픈사이언스 대두) 데이터과학 분야에서 오픈사이언스와 재현 가능한 연구에 대한 관심이 증가하고 있으며, 이를 위한 데이터의 전송/배포를 위한 첨단연구망 및 연구협업/공유 플랫폼의 개발과 보급 가속화 되고 있음
- (유럽) EU는 '20년까지 슈퍼컴퓨팅 자원/고성능 네트워크/빅데이터 저장 자원을 1.7백만 모든 유럽 과학자가 활용하는 것을 목표로 EOSC(European Open Science Cloud)프로젝트 추진, '16년 European Cloud Initiative 출범을 통해 오픈사이언스 클라우드 구축을 위해 5년간 67억 유로 규모 펀드를 조성함
 - 유럽 오픈사이언스클라우드(EOSC: European Open Science Cloud)를 구축하여 역내 과학자들이 대용량정보를 저장·공유·사용할 수 있는 가상환경 제공
 - ※ 기존의 연구 기반 시설을 강화하고 상호 연결함으로써 유럽의 170만 명의 연구자와 7천만 명의 과학 기술 전문가에게 학문 분야와 국경에 걸쳐 데이터를 저장, 공유 및 재사용 할 수 있는 가상 환경 제공
 - ※ 과학계를 대상으로 우선 진행하고 공공 분야 및 산업계로 확산할 계획



<그림 3-4> EOSC 기능 및 예산 현황

※ 출처: http://ec.europa.eu, realizing_the_european_open_science_cloud_2016

- (미국) 미 국방성은 HPCMP/PETTT프로그램을 통해 HPC 분야의 협업·생산성·사용성 강화를 위한 SW 인프라에 지속적 투자를 하고 있음
- (영국) JANET(영국연구망)은 '14년에 HPC를 활용하는 6개 과학·학술기관과 함께 데이터센터 서비스 시작하였으며, '17년 영국 내 Tier3 급 상용 데이터센터 2곳과 co-location 협약을 통해 빅데이터 자원을 공동으로 활용하고 있음
- (네덜란드) SURFnet(네덜란드연구망)이 지원하는 SURFsara는 '16년 데이터과학을 위한 웹 기반 연구협업 및 공유 서비스를 제공하기 시작함
- (과학기술분야 정보보호 인프라로써의 첨단연구망) 2015년부터 첨단응용연구에 특화된 실시간 보안관제 인프라 구축을 통해 첨단연구자 맞춤형 정보보안기술 연구·적용 및 사이버 위협상황에 대한 종합적·체계적 보안관제·침해대응 서비스를 지원하고 있음
- (미국) 미국은 국토안보부법에 의거 설립된 국가안보부에서 만관군을 구별하여 기관별로 임무를 분담하지 않고 통합적으로 운영하며, 사이버보안진흥법(Cyber Security enhancement Act)을 기반으로 정보보안 산업 육성을 위해 전략적 투자를 추진하고 있고 정보보호 인력 양성을 위해 다양한 대학 교육 지원 프로그램을 운영함
- (EU) EU는 집행위원회의 정보사회 미디어국과 유럽네트워크 정보보안청이 사이버 보안과 관련한 역할을 주도적으로 수행하며, 공동 연구개발정책인 7차 프레임워크 프로그램에서 정보보안 분야에 약 9,000만 유로 예산을 투입함
 - 제7차 프레임워크 프로그램(FP7, 2007~2013)에서 ICT보안 및 신뢰 연구개발을 위해, 네트워크 보안 전반에 걸친 이슈들과 프라이버시를 위한 이용자 아이덴티티 관리(Identity management), 신뢰할 수 있는 서비스 기반(Secure service infrastructure) 구축, 주요 정보기반보호 등에 대한 보안성 향상을 위한 기술개발 수행, ICT 예산중 18%에 해당하는 9,000만 유로를 할당함
- (일본) 정보보안 정책의 기본 전략을 결정하는 '정보보안 정책 회의'를 정례화하고 그 수행기관으로 사이버보안센터(National center of Incident readiness and Strategy for

Cybersecurity: NISC)를 설치하여 정보보안 정책을 총괄하고 있음

- 2014년 11월 일본 정부는 「사이버보안기본법」을 발의하였으며, 이에 근거하여 「사이버보안 전략본부(이하전략본부)」가 설치하고, 내각 관방에 NISC가 신설됨

※ 사이버보안 전략과 관련 정책에 관한 종합 조정을 실시하는 6개 실무 조직으로 운영



<그림 3-5> 사이버보안센터(NISC) 조직 체계

※ 출처: 일본정보보안 정책 현황, 정보통신기술진흥센터, 2016

※ NISC는 크게 6개로 구분되는 주요 활동 업무별로 구성되어 있으며, 6개 그룹이 국가 사이버보안 전략에 따라 활동을 수행함

<표 3-6> NISC 조직별 활동 내용

그룹	활동 내용
기본전략 그룹	- 사이버보안 정책에 관한 중장기 계획과 연도 계획 수립 - 사이버보안 기술 동향 등의 조사연구 분석
국제전략 그룹	사이버보안 정책에 관한 국제협력 창구 기능
정부기관 종합 대책 그룹	정부 기관의 정보보안 대책을 추진하기 위한 통일적인 가이드라인의 수립, 운용 및 감사
정보 총괄 그룹	- 사이버공격 등에 관한 최신 정보의 수집 - 정부기관 정보 보안 감사대응 조정팀 운영
중요 인프라 그룹	중요 인프라 행동 계획에 따라 정보보안 대책의 민관협력 수행
사안처리 분석 그룹	- 표적형 메일 및 악성 프로그램 분석 - 기타 사이버공격 사안의 조사분석 수행

※ 출처: 일본정보보안 정책 현황, 정보통신기술진흥센터, 2016

○ (중국)세계 최초 HPC 법 제·개정을 통한 HPC 인프라 전략적 투자를 강화함

- 중국과학기술연구망(CERNET)은 중국내 36개 거점도시를 중심으로 고성능

(100Gbps) 데이터 전송이 가능한 4Tbps급 연구망을 구축함

- ※ 단대단 100Gbps급 전송, 대용량 데이터를 위한 Tbps급 전송환경 제공
- ※ 중국 최초의 100G 백본 네트워크의 탄생을 표시뿐만 아니라 CERNET은 세계 최대의 100G 학술 네트워크 연구망 구축('13년.12월) ²⁷⁾
- ※ 도시 노드가 있는 전국 36개 도시를 커버하며, 3.15T 이상 CERNET 100G 백본 총 대역폭은 500 개 대학의 기가비트 용량에 대한 액세스를 제공함



<그림 3-6> 중국과학기술연구망(CERNET) 네트워크

※ 출처: www.edu.cn/20060111/3170194.shtml

- 과학데이터의 효율적 관리 및 공유를 위한 관련 법 체제 완성으로 '20년까지 전반적 공유체제 구축 추진 중에 있음

- ※ '중국 과학기술 진보법'과 '중국 과학기술성과 전환 촉진법'의 과학데이터 및 연구 성과 관리·공유 인프라 구축 규정 외에도 과학데이터의 효율적 활용을 위한 법안 마련 중
- ※ 중국 국가발전과 개혁위원회는 공유경제발전지침(分享经济发展指南) 발표²⁸⁾('17년 2월). 지침을 통해, 정부의 공공 서비스 자원 공유를 강력하게 추진하고 또한 기업, 대학, R&D센터가 기기, 설비, 실험 플랫폼, R&D 성과와 정보 등의 혁신자원을 공유하게 함

27) http://www.edu.cn/cernet_fu_wu

28) 중국 공유경제발전지침, 대외경제정책연구원, 2017

3) 해외 국가별 연구데이터센터 구축 현황

■ [미국] 연방정부 데이터센터 통합 추진

- 미국의 경우 연방정부 차원에서 데이터센터의 중복 투자 방지 및 효율성 제고를 위해 통합 데이터센터중심으로 운영 방향을 추진함(Government Accountability Office, 2011)
 - '15년 연방기관의 산발적인 데이터센터를 통폐합(13,709개→10,584개 데이터센터로 통폐합)
 - '19년까지 10,584개의 데이터센터를 5,203개로 통합할 계획 (GAO, '16년)
- 미국 정부는 연방기관에서 산발적으로 운영하는 데이터 센터의 유휴 인프라(컴퓨팅서버 및 스토리지)의 낭비를 줄이고, 데이터 센터의 효율화를 위해 연방 데이터센터 통합 계획(Federal Data Center Consolidation Initiative)을 2011년부터 추진함
 - 산발적인 데이터센터 구축비용을 절감하여, 인프라 하드웨어에 대한 투자에서 효율적인 컴퓨팅 플랫폼 및 데이터 센터 기술에 대한 투자로 전환을 추진함
 - 데이터센터의 통합을 통해 그린 IT 및 그린 데이터 센터 추진, 데이터센터의 인프라 투자비용 절감, 전반적인 데이터 센터 보안 강화 등 달성을 기대함

■ [미국] 과학기술분야 대용량데이터 허브센터 구축²⁹⁾

- 대용량데이터의 효율적이고 효과적인 공유 및 활용을 위해 과학기술분야별 대용량데이터 허브를 통합적으로 구축함
 - 2015년 미국 국가과학재단(NSF)는 산발적으로 존재하는 대용량데이터를 효과적으로 수집하고, 관리 및 분석하기 위해 통합적인 대용량데이터 허브 구축을 추진함
- 대용량데이터 연구개발 계획(Big Data R&D Initiative)의 일환으로 4개의 대용량데이터 지역 혁신 허브(Big Data Regional Innovation Hub) 구축

29) <https://www.whitehouse.gov/blog/2015/11/04/big-announcements-big-data>

○ 과학분야별 4개의 대용량 데이터 허브센터 운영

- South Hub: 보건의료, 재난재난, 산업 데이터, 재료 및 제조, 생물서식지 데이터
- Northeast Hub: 에너지, 금융, 교육 관련 데이터과학, 기후 및 환경
- Midwest Hub: 농업, 수자원, 스마트시티
- West Hub: 대용량 데이터 기술, 천연자원, 자연재해, 개인맞춤형 의료

■ [유럽] 세계 최대 가속기의 실험데이터 처리를 위한 데이터센터 운영

○ 유럽핵입자물리연구소(Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, European Organization for Nuclear Research: CERN)는 우주를 이루는 기본입자들을 연구하기 위해 세계 최대 가속기인 거대강입자가속기(Large Hadron Collider: LHC)를 운영함

- 거대강입자가속기는 스위스-프랑스 국경 지하 100미터에, 둘레 27km 규모로 구축되었으며, 세계 최대 가속기로 가장 높은 에너지로 입자충돌 실험 가능
- 2012년 표준모형을 완성하는 힉스(Higgs)입자를 ATLAS와 CMS 실험에서 발견하여 노벨상 수상

○ CERN 가속기의 경우 대용량의 실험데이터가 생산됨에 따라(연간 50PB), 비록 물리연구소지만, 대용량데이터 처리를 위한 컴퓨팅 기술 개발 및 연구가 활발함

- 1990년에는 팀 버너스-리에 의해 WWW가 CERN에서 개발됨

○ 대용량의 실험데이터를 단일 국가, 단일 기관의 컴퓨팅자원 및 스토리지로 관리 및 분석이 불가능함에 따라 Tier 구조로 전 세계의 데이터 센터를 WLCG로 연결하여 데이터 저장·공유·분석 기능을 수행하고 있음

※ WLCG: Worldwide LHC Computing Grid

■ [유럽] WLCG 데이터센터 Tier 구조

○ 가속기로부터 생성된 대용량 데이터를 효과적으로 분산처리하기 위하여, 데이터 센터의 운영 효율과 데이터센터 가용성에 대한 신뢰도에 따라 등급을 구분함

(Tier 0, 1, 2, 3)

- Tier-0 센터는 LHC와 같은 거대 실험 장치로부터 데이터가 생성되어 처음으로 도

달하는 데이터 센터를 의미(CERN 보유)

- Tier-1 센터는 Tier-0으로부터 일부 배분된 데이터를 재구성하여 주요 연구를 진행하는 Tier-2 센터에게 데이터를 제공
- Tier-2, 3는 Tier-1에서 재구성된 데이터에서 필요한 부분을 추출하여 개별 연구결과물을 도출. 다만, Tier-2 센터는 CERN의 인증을 받아 운영



<그림 3-7> CERN WLCG 데이터센터 Tier 구조

- 2017년 기준으로, WLCG 데이터센터 그리드는 42개국 167개 사이트가 협력하여 그리드를 구성함
- WLCG 전체 자원현황은 CPU 500,000코어, Disk 400PB, Tape 590PB
- 데이터 네트워크의 경우 모든 Tier-1 사이트와 10Gbps 이상으로 연결, 평균 한달 80PB 이상데이터 전송 (미국: 100Gbps, 이탈리아, 독일, 네덜란드, 스칸디나비아: 20Gbps, 그외 Tier-1: 10Gbps)

■ [독일] 독일의 과학기술분야 대표적인 데이터센터 현황

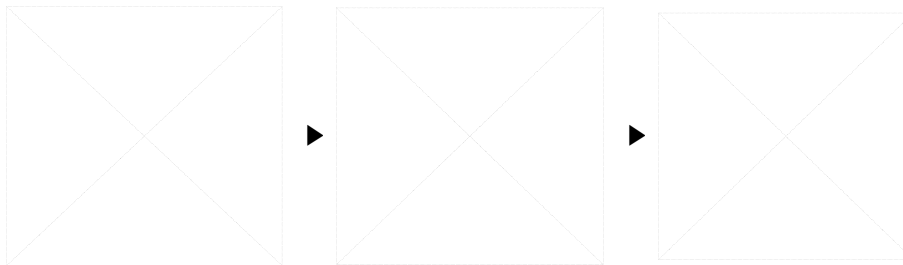
- KIT는 독일 헬름홀츠 연구회(Helmholtz Association) 소속 연구 및 교육기관으로, 슈퍼컴퓨터 및 데이터센터를 모두 운영하고 있으며, CERN의 ATLAS, CMS, ALICE, LHCb 등 4개 실험에 대한 Tier-1 기능을 수행함

- 계산과학 및 공학을 지원하기 위한 슈퍼컴퓨터(HPC) 시스템인 ForHLR과 데이터중심 과학을 지원하기 위한 GridKa (WLCG Tier-1센터) 및 LSDF 시스템을 운영하고 있음

<표 3-7> KIT 컴퓨팅 자원 및 스토리지 현황

구분	HPC			HTC	
	ForHLR		bwUniCluster	GridKa (Tier-1)	LSDF
Name	Phase-1	Phase-2			
CPU	11,000 코어	23,000 코어	8,500 코어	16,000 코어	-
Disk	-	-	-	16 PB	5 PB
Tape	-	-	-	20 PB	6 PB

- KIT는 WLCG Tier-1으로써 고에너지물리분야 지원 외에 생명공학, 지구과학 분야 등 다양한 영역의 기초과학분야를 지원하고 통합 플랫폼 개발 추진
 - 다양한 과학분야를 지원하는 데이터분석 플랫폼이 개별적으로 구축되어 비효율성 문제가 제기됨에 따라 통합 플랫폼 개발을 위한 단계별 계획 수립



<그림 3-8> KIT 다분야 컴퓨팅 서비스 공통 플랫폼 단계별 개발 계획

4) 자원 배분 구축 체계 및 현황

- [미국] DoE, NSF 산하의 슈퍼컴퓨팅센터는 슈퍼컴퓨팅 자원에 대해 100% 무상 제공하고 있음
 - 엄격한 Peer Review를 통해 계산 자원을 지원할 과제를 선정하고 있음

<표 3-8> 미국 DOE 산하 기관의 자원 할당

운영기관	프로그램명	제공자원 비율	연간지원 과제수	비고	과제선정기관
OLNR (OLCF)	INCITE	60%	30	대형계산 작업	ALLCF & OLCF
	ALCC	30%	24	DOE ASCR Mission 지원	DOE, Office of Science
	기관재량	10%	120	전략적 지원	OLCF 자체
NERSC	DOE	80%	>221	DOE 6개 Mission 지원	DOE, Office of Science
	ALCC	10%	12	DOE ASCR Mission 지원	
	기관재량	10%	45	전략적 지원	NERSC 자체

* ASCR: Advanced Scientific Computing Research

■ [일본] 연구소 및 대학은 슈퍼컴퓨팅 자원에 대해 일부 유료 서비스를 진행함

- 일본 K-Computer의 경우 현재의 KISTI 정책과 비슷하게 연구결과 비공개시 유료이나, 연구결과를 공개할 경우에도 지원 펀드의 유무에 따라 유료/무료 사용을 구분하여 지원함

<표 3-9> 일본 슈퍼컴퓨터 사용료 정책

운영기관	구분	사용료	비고
이화학연구소 K-Computer	연구결과 공개 (지원 펀드가 없는 경우)	무료	Fujitsu K-Computer, 11.2PF ‘11년 서비스 개시(top 1) ‘16년.11월 Top 7
	연구결과 공개 (지원 펀드가 있는 경우)	14.53 yen/node-hour	
	연구결과 비공개시		
교토대 슈퍼컴퓨터 Camphor 2	개인사용자	148 yen/node-hour	Cray XC40, KNL 5.48PF ‘16년.11월 Top 33 등장 ‘17년.1월 서비스 예정
	연구그룹 사용자	102 yen/node-hour	
	슈퍼컴퓨팅 대형 작업	17.11 yen/node-hor	
	일반 기업 사용자	410 yen/node-hour	

- 교토대 슈퍼컴퓨터의 경우, 모두 유료 사용이나 사용자와 방식에 따라 최대 25배의 사용료가 차이가 발생함

■ (유럽) PRACE 산하기관은 중소기업 협력을 포함한 HPC 자원제공에 대해 무료지원 정책을 수립함

- 연구우수성 등에 대해 Peer Review 방식으로 평가

<표 3-10> 독일 Julich 슈퍼컴센터 자원할당

운영기관	프로그램명	제공자원 비율	연간지원 과제수	비고	과제선정기관
Julich 슈퍼컴센터	NIC/JARA-HPC	60%	250	독일 배부	NIC
	PRACE	20%		PRACE를 통해 EU 지원, 국가별 배분	PRACE
	기관내부	20%		내부 과제 지원	기관/NIC

* NIC: John von Neumann Institute for Computing

5) 초고성능컴퓨팅 서비스 R&D 및 서비스 현황

■ [미국] 슈퍼컴퓨터 활용 확대 및 고도화를 위한 서비스 확대

- (NERSC) NERSC(The National Energy Research Scientific Computing Center)는 캘리포니아 주 버클리에 위치한 로렌스 버클리 국립 연구소(Lawrence Berkeley National Laboratory)의 한 부서로, 전산 자원 및 기본 과학 연구 전문 지식을 제공하는 과학 컴퓨팅 시설을 보유한 컴퓨팅 센터임
 - 사용자의 다양한 커뮤니티가 필요로 하는 도구로 최첨단 과학 개발 환경을 제공하며, 재료 과학, 물리학, 화학 및 천문학 분야의 과학자들로 구성된 컨설턴트들은 특수 과학 문제에 전산 자원을 적용 할 수 있도록 지원하고 있음
 - ※ NERSC를 사용하는 약 6,000명의 전산 과학자는 천체 물리학, 화학, 기후 모델링, 재료, 고에너지 및 핵 물리학, 융합 및 생물학을 포함한 광범위한 분야의 과학 연구 수행

- 매니코어 아키텍처 슈퍼컴퓨터의 성공적인 조기 활용을 위해 다양한 사용자 지원 프로그램과 조기 활용 프로그램을 운영하며, 각 센터들은 해당 시스템들에서 응용프로그램들이 최적의 성능을 낼 수 있게 이식 및 최적 병렬화에 대비하고 있음
- 슈퍼컴퓨팅/빅데이터 분석에 활용될 수 있는 매니코어 기반의 차세대 컴퓨터 Cori를 도입하고, HPC 서비스의 유연성을 높이기 위해 Shifter 솔루션 개발
- ※ Sifter: 컨테이너 기술을 HPC 시스템 환경에서 적용하려는 소프트웨어
- ※ NERSC는 Cori라는 NERSC-8 슈퍼 컴퓨터의 가동 예정. Office of Science 연구원의 지속적인 수요 증가를 해결하기 위해, 용량을 약 30pf로 확장 계획. 또한 지속적인 미션 요구에 부합하는 컴퓨팅 수요 증가에 따라, 현재 NERSC-8 용량의 3 ~ 5배가 달하는 NERSC-9의 배치 계획 수립(2020년)

<표 3-11> NERSC 컴퓨팅 자원 및 스토리지 현황

주요 시설	주요 하드웨어	비고
Edison	- Cray XC30 인 Edison은 2 페타 플롭 이상의 성능 제공 - Edison은 Cray Aries 고속 상호 연결, 빠른 Intel 프로세서, 코어 당 대용량 메모리 및 멀티 페타 바이트 로컬 스크래치 파일 시스템으로 구성	
CORI	Cori는 NERSC의 최신 슈퍼 컴퓨터 시스템 (NERSC-8)로, Cori는 1.7TB/초에서 I/O가 작동 하는 1.8PB Cray Data Warp Burst Buffer 제공	
PDSF	대규모 물리학, 고 에너지 물리학 및 천체 물리학 및 핵 과학 조사의 검출기 시뮬레이션 및 데이터 분석 요구 사항을 충족시키는 데 사용되는 네트워크 분산 컴퓨팅 환경	
Genepool	주력 슈퍼 컴퓨터인 Cori의 클러스터로 JGI 사용자의 다양한 작업 부하를 처리 할 수 있도록 이기종 노드 집합으로 구성	
HPSS 데이터 아카이브	고성능 스토리지 시스템 (HPSS)은 현대적이고 유연하며 성능 지향적 인 대용량 스토리지 시스템	

※ 출처: www.nersc.gov

- (SDSC) 클라우드 스토리지/컴퓨팅 환경을 구축하여 사용자에게 제공함으로써 사용자의 다양한 요구사항에 대응하고자 함
 - 클라우드 스토리지는 사용자에게 다중 페타바이트급 스토리지 환경을 제공하여, 빅데이터 분석과 같은 대규모 데이터 처리 작업을 지원함
- (XSEDE) 전문가들과 공동 연구를 진행하고 최적병렬화 지원을 집중적으로 받을 수 있는 ECSS (Extended Collaborative Support Service) 프로그램을 운영함
 - 성능 분석, 페타스케일 규모의 최적병렬화, 계산가속기 적용, I/O 최적화, 데이터 분석 등에 대한 활용 기술 지원
- (HPC4Mfg) 청정 에너지 기술의 혁신을 진척시키기 위해 국립 연구소의 초고성능컴퓨팅 자원 및 전문 지식을 활용하기 위한 지원 프로그램으로 미국 내 세계적 수준의 컴퓨팅 리소스와 전문 지식을 공유함
 - 제조 부문에 혁명을 일으킬 수 있는 솔루션을 제공하기 위해 미국 Department of Energy의 세계적 수준의 컴퓨팅 리소스와 전문 지식 공유
 - HPC 모델링 및 시뮬레이션을 통한 생산 공정상의 영향을 극복하여 에너지 소비를 줄이고 생산성을 높일 수 있는 방안 수립
 - 향상된 청정 에너지 기술 설계 및 청정 에너지 제조를 통해 에너지 소비를 줄이기 위해 HPC 모델링 및 시뮬레이션을 고유하게 활용
 - 미국DOE의 핵 및 화석 에너지 프로그램 분야 중점하며, 새로운 에너지 물질의 개발과 자격을 촉진시키는 방안 수립

<표 3-12> 42개 HPC4Mfg 지원 기관 및 과제

협력 지원 회사	협력 기관	과제 명
포드 자동차 회사	ANL	• 불꽃 점화 엔진 충전 형성에 대한 부품 간 편차 영향에 대한 CFD 연구
Arconic, Inc.	ORNL	• 다 성분 합금 시스템을위한 단계 예측을위한 고성능 컴퓨팅
GE 글로벌 리서치	ORNL	• 금속 첨가제 제조를위한 분말 분산 공정 맵
United Technologies Research Corporation	LLNL	• 금속 우주 항공 부품 제조 LPBF 첨가제에 대한 고 충실도 물리 기반 모델 기반 프로세스 매개 변수 선택
제너럴 일렉트릭	ORNL	• 고효율 가스 터빈 연소 시스템의 첨가제 제조로 인한 표면 거칠기

협력 지원 회사	협력 기관	과제 명
리서치 코퍼레이션		영향
Applied Materials, Inc	LLNL	반도체, 태양열 및 디스플레이 장비의 부품 첨가물 제조에 사용되는 금속 분말 베드의 특성 시뮬레이션
삼성 세미 컨덕터 (미국)	LBNL	HPC ab initio 시뮬레이션을 통해 반도체 소자 냉각
Arconic, Inc.	LLNL, ORNL	재 작업 에너지 손실에 기여하는 주조 구조 및 열처리 효과를 포함하는 다중 스트랜드 알루미늄 DC 수직 주조 공정의 전산 모델링
7AC Technologies	NREL	액체 건조제 에어 컨디셔너의 응용 분야를 위한 액체 / 멤브레인 인터페이스에서의 수증기 수송 모델링
시에라 에너지	LLNL	쓰레기 전환을 최적화하기 위한 시에라 에너지의 FastOx® 가스화 폴리 셔의 고성능 컴퓨팅
8 Rivers Capital	LLNL	고성능 컴퓨팅을 sCO₂ 연소기 개발에 적용하여 연소 설계 및 모델링 기술 향상
LanzaTech Inc.	LLNL	생물학적 천연 가스 전환에서 프로세스 강화를 위한 혁신적인 생물 반응기 설계
탐켄 컴퍼니	ORNL	풍력 터빈의 신뢰성과 수명 향상을 위해 베어링 강재의 화이트 에칭 영역 형성에 미세 구조 구성 요소가 미치는 영향을 연구하기 위한 크리스탈 가소성 유한 요소 모델
Shiloh Industries	ORNL	고성능 컴퓨팅을 이용한 고압 다이캐스팅을 위한 변형 마이크로 냉각 기술 개발
롤스로이스 코퍼레이션	ORNL	세라믹 매트릭스 복합 재료 제조를 위한 화학적 증기 침투의 레벨 - 세트 모델링 시뮬레이션
Agenda 2020 Technology Alliance	ORNL	Catalytic Pulping of Wood- 리그닌 분해를 위한 더 나은 촉매를 설계
GE 글로벌 연구 센터	LLNL	직접 금속 레이저 용융 (DMLM) 첨가제 제조 공정 중 스퍼터의 결합 완화 방법 연구
PPG Industries, Inc.	LBNL	로타리 벨 분무시 모델링 페인트- 자동차 도색 시간 단축
Actasys, Inc.	ORNL	운송 산업의 향상된 화물 효율성을 위한 합성 제트 액추에이터의 고성능 전산 모델링
Carbon, Incorporated	LBNL	첨가제 제조를 위한 CLIP (Continuous Liquid Interface Production)의 다중 물리 모델링
미국 화학 학회 녹색 화학 연구소	LBNL	흡착제와 세포막을 사용하여 화학 분리의 낮은 에너지 메커니즘을 탐구

협력 지원 회사	협력 기관	과제 명
Alzeta Corporation	LBNL	반응 유동 모델에서 복잡한 비표준 반응 메커니즘으로 가스 반응기 설계 개선- 오존층에 해를 끼칠 수있는 반도체 공정에서 나오는 폐수정화
Seption Technologies	LBNL	컴퓨터 시뮬레이션을 통한 Li-S 배터리를 위한 미세 다공성 폴리머 멤브레인 분리막의 제조 가능성, 성능 및 내구성 향상
Applied Materials, Inc.	LLNL	조명용 고품질 고효율 LED 생산을 위한 에너지의 제조에 사용되는 반응성 물리적 기상 증착 (PVD)공정을 위한 하이 임펄스 마그네트론 스퍼터링(HIPIMS) 플라즈마 소스 모델링
제너럴 모터스 & EPRI	ORNL	재료 접합 기술을 발전시키는 고성능 컴퓨팅 도구 개발-자동차 제조 및 발전소 건설을 위한 용접 기술 향상
Harper International Corp.	ORNL	탄소 섬유용 고품질 고효율 LED 생산을 위한 시뮬레이션 기능의 개발 및 검
United Technologies Research Center	LLNL, ORNL	우주 항공 부품의 미세 구조 및 재료 특성 통합 예측 시뮬레이션 도구 개발
Procter & Gamble	LLNL	효율적인 종이 섬유 구조를 위한 시뮬레이션 도구 개발
General Electric (GE)	ORNL	첨가제 제조 부품의 용융 풀 및 미세 구조에 대한 현장 관리
General Electric (GE)	LLNL, ORNL	설계 최적화를 위한 완전 병렬 항공기 엔진 연소기의 대규모 병렬 다중 물리학 다중 스케일 대형 에디 시뮬레이션
오하이오 슈퍼 컴퓨터 센터 (OSC), 에디슨 용접 연구소 (EWI)	ORNL	AweSim 프로그램- 광범위한 산업 분야에서 클라우드 기반 첨단 용접 시뮬레이션 도구 배포
PPG Industries, Inc.	ORNL	유리 섬유 드로잉 공정의 수치 시뮬레이션
PPG Industries, Inc.	LLNL	Development of Reducing Glass Furnace 공정 운전을 최적화하기 위한 CFD (computational fluid dynamics) 모델
Lightweight Innovations for Tomorrow Consortium	LLNL	알 - 리튬의 기계적 특성을 예측하는 결합 물리 기반 모델 유효성 검사
ZoomEssence, Inc.	LLNL	산업용 스프레이 건조 기술의 에너지 절감을위한 고성능 컴퓨팅 분석
Agenda2020	LLNL, LBNL	제지생산 공정에서 에너지를 절감함으로써 연간 최대 80조 BTU 절약
Purdue Calumet	LLNL	철강 제조시 코크스 사용량 저감을 위한 철강 용광로 모델링 개발

협력 지원 회사	협력 기관	과제 명
Sora	LLNL	저렴한 LED 조명과 새로운 전력 전자 제품 생산을 위한 새로운 GaN 공정
Eaton	LLNL	제조 된 금속 부품의 미세 구조를 예측
Carbontec Energy Corporation, Purdue Northwest	LLNL	선철 생산에서 바이오 매스를 석탄으로 대체하는 E 너겟 (E-Nugget) 생산 공정

※ 출처: www.hpc4mfg.llnl.gov/projects.php

■ [유럽] 슈퍼컴퓨터 활용 확대 및 고도화를 위한 최적병렬화 지원

○ (CoE: Centres of Excellence 프로젝트) 유럽의 HPC 전략은 2012년에 발간된 ‘고성능 컴퓨팅: 유럽의 국제 경쟁력 제고 (High Performance Computing: Europe’s Place in a Global Race)’를 통해 유럽 위원회에 의해 제기되었고 2013년 공식 전략 문건으로 유럽 연합에 의해 채택함

– 다음 3가지의 중점 영역(3 pillars)을 기반으로 하는 유럽 HPC 생태계의 균형된 개발에 대한 필요성을 명시적으로 정의함

※ ① HPC 인프라스트럭처 : PRACE에 의해 주도,

② HPC 기술 : 유럽의 HPC 기술 플랫폼을 담당하는 ETP4HPC에 의해 주도

③ 응용 전문화 (Application expertise) : 컴퓨팅 응용 센터(CoE)에 의해 주도

– 현재 9개 분야의 우수센터(CoEs)가 선정되어 HPC를 기반으로 하는 재생에너지, 재료 모델링과 설계, 분자 및 원자 모델링, 기후 변화, 글로벌 시스템 사이언스, 바이오 분자 분야의 응용 연구 및 HPC 응용 성과 향상 도구 개발, 교육 등을 지원

<표 3-13> 9개 우수센터(CoEs)의 예산 및 계속과제 연구기관

센터명	예산 (단위: 유로)	연구책임자(국적)	계속과제(on-going) 기간
EoCoE	5,689,521	프랑스	2015.10.01 ~ 2018.09.30
BioExcel	4,782,286	스웨덴	2015.11.01 ~ 2018.10.31
NoMaD	4,910,624	독일	2015.11.01 ~ 2018.10.31
MaX	4,068,864	이탈리아	2015.09.01 ~ 2018.02.28
ESiWACE	4,951,049	독일	2015.09.01 ~ 2019.08.31
E-CAM	4,836,896	스위스	2015.10.01 ~ 2020.09.30
POP	4,048,845	스페인	2015.10.01 ~ 2018.03.31
COEGSS	4,469,663	독일	2015.10.01 ~ 2018.09.30
CompBioMed	4,938,216	영국	2016.10.01 ~ 2019.09.30

※ 출처 H2020-EU.1.4.1.3.-Development, deployment and operation of ICT-based e-infrastructure

- (PRACE) 유럽 내 여러 나라에 산재되어 있는 HPC 환경을 통합하여 범 유럽차원의 HPC 생태계 구성하고 고수준의 HPC 환경 및 서비스 제공을 목적하는 비영리 단체로 벨기에의 브뤼셀(Brussels)에서 설립됨
- Brussels에서 설립된 PRACE는 25개의 국가가 참여하는 국제적 비영리 단체로서 스페인, 이탈리아, 독일, 프랑스, 스위스 등의 5개 주요국을 중심으로 범 유럽의 슈퍼컴퓨팅 인프라 구축 및 운영



<그림 3-9> PRACE 참여 국가 현황

※ 출처: <http://www.prace-ri.eu>

- PRACE 프로젝트의 총 자금은 9년 동안 1.3억 유로(2010-2019)에 이르며, 유럽위원회(EC)는 9,700만 유로를 제공함³⁰⁾
- PRACE는 Research Infrastructure에서 사용되는 기술의 변화를 준비하고 사용자 커뮤니티가 이러한 변화에 적응할 수 있도록 적절한 도구, 교육 및 교육 제공
 - ※ HPC 수요 분석 단계 : 보급되어 있는 HPC의 이용 실태 분석과 산업계에서 요구하는 HPC 서비스 및 인프라에 대한 분석
 - ※ HPC 구축 단계 : 각 분야에서 요구되는 서비스 목적에 특화된 응용 프로그램 개발과 슈퍼컴퓨터 활용을 극대화 시킬 수 있는 인프라 구축
 - ※ HPC 운용 평가 단계 : 서비스 접근 권한을 배포하고, 선행 과제를 통해 제공되는 인프라 및 서비스 평가 진행
- 새롭게 도입되는 슈퍼컴퓨터에서의 활용성을 높이고 슈퍼컴퓨터의 성능에 걸맞는 문제의 발굴과 해결을 위하여 사용자의 요구와 목표에 따라 세분화된 최적병렬화지원 프로그램 운영
 - ※ Type A: 병렬확장성 테스트 (2개월 지원)
 - ※ Type B: 사용자의 코드 개발 및 최적화 지원 (6개월 지원)
 - ※ Type C: 코드개발 및 최적화를 위해 PRACE 전문가를 투입 (6개월 지원)
 - ※ Type D: PRACE Tier-1 시스템에서 코드 적용 및 최적화 (12개월 지원)
- (Fortissimo Project) 클라우드 기반의 고성능컴퓨팅 Modeling & Simulation 서비스를 통한 유럽내 중소기업의 글로벌 경쟁력 향상을 위한 EU 프로젝트임(EU 7th FP)
 - 영국 에딘버러 슈퍼컴퓨팅센터(EPCC) 주도로 CINECA, HLRS, SURF Sara 등 유럽 내 슈퍼컴퓨팅센터는 물론 ESI, ARCTUR, AVL 등 HPC/M&S 서비스기업, Intel, Sicos 등 HPC provider 등 14개국, 45개 기업·기관 등이 참여함
 - ※ 2,170만 유로 투입('13년~'16년), EU 내 14개국 123개 파트너(74개 중소기업을 포함)에게 서비스를 제공함
 - 중소기업이 쉽게 접근할 수 있는 'one-stop-pay-per-use-shop' 형태의 하드웨어, 전문 지식, 어플리케이션, 라이선스 등의 자원을 포함하는 클라우드 인프라형태의 시뮬레이션 서비스 지원

30) <http://www.prace-ri.eu>

- 엔지니어링 및 제조 어플리케이션의 확장을 통해 기존 구조물의 제조관련 시뮬레이션뿐만 아니라 2014년 7월 1일 자동차, 우주 항공, 건설, 에너지 및 신재생에너지, 환경, 해양, 금속 가공, 석유 및 가스, 제약바이오, 플라스틱 등 새로운 비즈니스 과제 추가
- (CloudSME) 클라우드 기반의 소규모 또는 대규모 시뮬레이션을 위한 확장 가능형 플랫폼을 제공하는 원 스톱 숏 솔루션을 개발하는 프로젝트임(EU 7th FP)
 - SaaS, one-stop-shop, pay-per-use 방식으로 서비스 제공
 - 중소기업에서의 소프트웨어 라이선스 비용 및 하드웨어 구축 및 유지보수의 비용이 필요없이 시뮬레이션의 장점을 활용 가능
 - Software-as-a-Service (SaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) 서비스 제공



<그림 3-10> CloudSME 플랫폼 기능 및 체계

※ 출처: www.cloudsme-apps.com

- Aircraft maintenance (항공기 정비 운영), COTS Discrete Event Simulation (제조물류 시뮬레이션), Fluid dynamics(유체흐름 및 열전달 시뮬레이션), Insole design platform (신발 깔창 디자인 플랫폼), TransAT© by Ascomp (Navier-Stokes equations를 활용한 multi-physics 시뮬레이션) 등 M&S 기업과의 연계를 통한 8개 프로젝트 수행 중에 있음
- (EPCC) 영국내는 물론 유럽연합의 산업체 지원 주도하고 있으며, 전체 예산(5M 파운드) 중 50%를 산업체와 협력을 통해 조달함
 - 전체 직원의 약 50%(70명)이 산업체와 협력하여, 2~6 개월 과정으로 HPC 유용성 전파 및 협력관계를 구축하여 장기 프로젝트 발굴 및 펀딩을 유도함

- 고성능 컴퓨팅 클라우드 기반 인프라에 실행되는 시뮬레이션 서비스인 ARCHER (Advanced Research Computing High End Resource)를 제공하여 가상 프로토타입으로 아이디어 결합가능한 '원스톱샵' 실현하고자 함
 - Direct Access: 유료사용 기준으로 즉각적인 액세스 활용
 - Self-Assessed Free Trial: 벤치마킹 및 시운전 수행을 위한 무료 평가판 설정 가능
 - Assisted Adopter Programme: HPC 워크플로우의 원활한 매핑을 위한 사용자 교육 및 매뉴얼 제공
 - 유료 서비스 : 시간당 10펜스 (최소 사용량 1노드, 24 core)
- (BSC) 스페인은 CASE (Computer Application in Science and Enginnering) 운영하며, 고성능 병렬형 컴퓨팅을 활용하여 매우 복잡한 문제에 시뮬레이션 가능한 Computational Tool을 개발함
- 대표적인 프로그램인 ALYA는 HPC 기반 디자인을 위한 다중물리시뮬레이션 코드로, PDE의 수치해석기법 (FEM, FVM 포함) 기반으로 Hybrid meshes (up to Q3) 기능과 Explicit/Implicit 방법 포함하여 Coupling between multi-physics(loose or strong) 시뮬레이션 가능
 - PRACE의 CFD 분야의 벤치마크등록 및 NCSA와 연계한 공동 프로젝트 수행중
- (Industry 4.0) 독일은 정보통신기술의 융합을 통해 제조업의 자동 생산 체계를 구축하고 모든 생산 과정이 최적화되는 '4차 산업혁명(Industry 4.0)'을 2013년부터 본격적으로 추진함
- Industry 4.0은 2010년 범정부 차원에서 수립된 'High-Tech Strategy 2020' 추진의 일환으로 2012년 새롭게 추가된 프로젝트이며, 기계, 공정, 물류 및 서비스 시스템을 통합적으로 관리하는 제조업 진화 전략
 - ※ Industry 4.0 : 특정 기술을 지칭하는 것이 아닌 제조업 분야의 시대적 전환을 총칭하는 개념이며, ICT와 제조업의 융합을 통한 경쟁력 유지가 핵심
 - 사물인터넷(IoT), 사이버물리시스템(CPS), 스마트 공장(Smart Factory) 등 국가 차원의 산·학·연 연구 프로그램 및 시범모델 운영
 - ※ CPS(Cyber Physical System) : 스마트 생산을 지원하기 위해 상품 제조 등이 일어나는 실제 세계와 인터넷, 서비스 중심의 사이버 세계의 중간 지점에 위치하며, 생산

- 에 필요한 모든 정보가 교환되고 최적화된 상품 제도가 가능한 플랫폼
- ※ (생산방식) 사물, 서비스 간 인터넷의 확산으로 지능형 생산시스템이 구축됨으로써 제조업의 생산방식을 스마트 생산 등으로 전환
 - ※ (정책지원) 표준화 확대, IT 기술 및 네트워크 보안 강화 및 새로운 인력교육 방식의 도입 등 정보의 정책적 지원 강화
 - ※ 다양한 기업 간, 생산단계 간 네트워킹이 사이버 물리시스템 상에서 자유롭게 통제되고 생산체계에 적용되기 위한 표준화 확대

3.1.2. 국내 동향

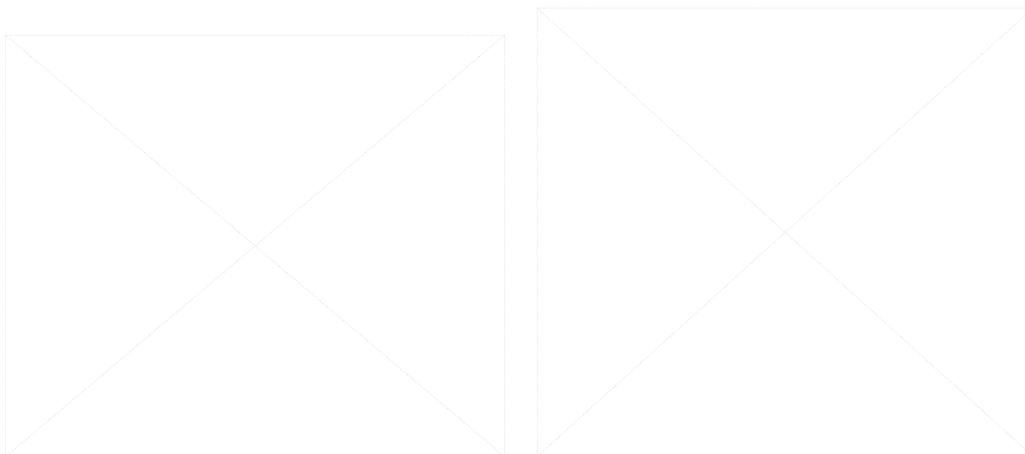
1) 초고성능컴퓨팅 구축 현황

■ 최근 지능정보기술 및 계산과학기술의 중요성이 커지고 있지만, 우리나라는 보유대수 기준으로, 7위('17년 6월 기준)에서 8위('17년 11월 기준)로 하락하였음

○ 2017년 11월 슈퍼컴퓨터 TOP 500 보고서에 따르면 대한민국은 Top500에 5대의 시스템이 등재되어 있으며 보유대수 기준으로, 폴란드, 캐나다, 스웨덴과 더불어 9위권에 해당하며, 성능 측면(실제성능 기준)에서는 한국은 세계 10위, 아시아에서는 중국, 일본, 사우디아라비아에 이어 4위를 차지함

○ 2017년 11월 기준 Top500에 한국은 5대 초고성능컴퓨터를 보유하여 보유대수로 9위, 전체 실제 성능 총합 기준에서는 7,052TFlop/s로 10위에 기록됨

－ 비교: 중국 202대, 미국 143대, 일본 35대, 독일 21대, 프랑스 18대가 등재됨



<그림 3-11> 국가별 시스템 수 분포 현황 <그림 3-12> 국가별 시스템 성능 분포 현황

○ 49회('16.11) TOP500에 5개의 시스템이 산업계의 수요에 따라 신규 진입했으나 50회('17.11)에 2개 시스템이 순위 이탈하여 5개 시스템만이 TOP500안에 선정

<표 3-14> Top500 순위내 국내 슈퍼컴퓨터 현황('17년 11월)

순위	명칭	보유기관	용도	실제성능 (TFlops)	이론성능 (TFlops)	코어수
57	Nuri	기상청	Research	2,396	2,895	69,600
58	Miri	기상청	Research	2,396	2,895	69,600
328	N/A	Service Provider	Industry	760	1,032	30,720
332	N/A	Service Provider	Industry	757	1,258	32,760
346	N/A	Service Provider	Industry	744	1,236	32,200

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

■ 우리나라 Top500 등재 시스템 변화 추이

- 2008년 11월에는 역대 최저 순위인 세계 30위를 기록하였고, 그 이듬해인 2009년 6월에는 TOP500 순위내 등재시스템이 전무하였음
- 2010년 이후부터는 세계 10위권 밖으로 밀려나며, 세계 11위~16위 수준을 유지하다, 2015년이후 10위권 내로 다시 진입하였음
 - KISTI 주력시스템인 타키온2는 도입시 14위 이후 지속적으로 순위가 하락하여 2016 이후, Top500에서 이탈
 - 2017년 기준으로 6월 조사에서는 8대의 슈퍼컴퓨터가 등재되어있었으나, 11월 조사에서는 5대가 등재되어 보유 대수 기준으로 순위가 하락함. 다만 실제 성능 순위에서는 6월 조사와 동일하게 10위로 나타남

<표 3-15> 국내 Top500 등재시스템 변화 추이('10~'17년)

기준일	실제 성능 (PFlops) 순위	보유 대수	보유 기관
2017.11	10	5	기상청(2대), 서비스(3대)
2017.06	10	8	기상청(2대), DGIST(1대), 서비스(3대), 제조업(2대)
2016.11	9	7	기상청(3대), DGIST(1대), 서비스(2대), 제조업(1대)
2016.06	10	7	기상청(3대), DGIST(1대), 서비스(2대), 제조업(1대)
2015.11	9	10	KISTI(1대), 기상청(2대), IT서비스(3대), 삼성전자(1대), 제조업(2대)
2015.06	14	9	KISTI(1대), 기상청(2대), IT서비스(4대), 삼성전자(1대)
2014.11	12	9	KISTI(1대), 기상청(2대), IT서비스(4대), 삼성전자(1대)
2014.06	11	8	KISTI(1대), 기상청(2대), IT서비스(4대), 삼성전자(1대)
2013.11	13	5	KISTI(1대), 기상청(2대), IT서비스(4대), 삼성전자(1대)
2013.06	16	4	KISTI(1대), 기상청(2대), 서울대(1대)
2012.11	12	4	KISTI(1대), 기상청(2대), 서울대(1대)
2012.06	11	3	KISTI(1대), 기상청(2대)
2011.11	9	3	KISTI(1대), 기상청(2대)
2011.06	8	4	KISTI(1대), 기상청(2대), 국가핵융합연구소(1대)
2010.11	7	3	KISTI(1대), 기상청(2대)

※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

2) 국가 연구망 구축 현황

■ 첨단연구망 운영 및 서비스 구축 확대

- (첨단연구망) 국가과학기술연구망(KREONET) 및 글로벌과학기술협업연구망 운영과 연구그룹 지원 및 해외 협업 플랫폼과 연동 서비스
 - ('13년) 전국 10Gbps 및 주요지역 40Gbps 백본 구축(가용율 99.17% 달성)
연구망 서비스 가용율 향상 ('13년: 98.81% → '14년 99.37%)
 - ('14년) 국가과학기술연구망 서울-대전 백본 및 전국 17개 지역망센터 운영/서비스
(전국 10Gbps급 및 주요지역 40Gbps급 백본 운영)
 - ('17년) 국가과학기술연구망 백본 구축: 서울, 대전, 광주, 창원, 부산 5개 광역권 100Gbps급 구축, 그 외 지역은 10Gbps*n급 구축을 통한 전국 17개 지역망센터 구축 완료(99.9% 이상 가용율 확보)
- ※ 대용량 데이터의 고속 전송을 필요로 하는 사용자에게 최적의 성능을 제공하기 위한 네트워크 및 종단 시스템에 대한 튜닝 등 전송성능 향상을 위한 엔지니어링 서비스 제공
- ※ 1~10Gbps급 연구기관 및 연구자 접속 환경 마련, 100Gbps급 접속 시범 구축 추진



<그림 3-13> KREONET 국내 구축 체계

※ 출처: <http://kreonet.net>

- 글로벌과학기술협업연구망(GLORIAD) 구축: 기존 중국·미국 직접 연동에서 신규 시카고, 암스테르담 국제망센터(PoP) 신설을 통한 미국(100Gbps) 직접 연동 강화 및 유럽 연동 확대
 - ※ 한국, 미국, 중국, 러시아, 캐나다, 네덜란드, 북유럽 5개국 등 15 개국이 공동으로 참여하여 지구를 10G급 환형 광 네트워크로 연결하는 글로벌 연구망
 - ※ 전 세계 80여 개국 27,700 네트워크 직접 연동을 통한 글로벌 협업 환경 지원
 - ※ 고에너지물리, 핵융합, 기상기후, 천문우주 등 첨단과학기술초 및 응용분야의 대용량 과학기술데이터 전송을 필요로 하는 첨단과학기술분야의 세계적 수준의 국제 협력연구를 가능하게 하는 혁신적인 글로벌 연구망 환경 제공
- KRLight 구축: 2005년 구축되어 운영 중인 10G급 글로벌리아드를 통한 국제람다교환노드로 고성능 람다 네트워킹 환경 제공 및 국가 게이트웨이 역할을 수행하고 세계 최대 람다 네트워킹 협의체인 GLIF의 19개 GOLE의 하나로 아시아 태평양 지역의 중요 거점으로서의 역할 수행
 - ※ 홍콩, 대전, 시애틀, 시카고, 암스테르담을 거점으로 하는 KRLight(광람다교환노드) 운영 및 홍콩을 기점으로 TEIN 직접연동을 통한 아시아 연구망 연동 확대



<그림 3-14> KRLight 국제 네트워킹 체계

※ 출처: <http://kreonet.net>

■ 첨단연구망 이용 현황

- '17년도 기준으로, 기존 출연연(73), 교육기관(50), 공공기관(33), 학협회(38), 산업체연구소(3) 등 총 199개 연구기관에서 활용함
 - ※ 기초과학연구원, 한국항공우주연구원 등 출연연, KAIST, GIST, UNIST 등 과학기술원, 서울대, 포항공대, 연세대, 고려대 등 대학 위주의 국가 핵심 과학기술 R&D 기관 지원
- 10개 이상의 첨단연구분야에 집중 지원(SCI급 60건 이상 유발/년)
 - ※ 고에너지물리, 천문우주, 유전체데이터, 원격의료/연구, 기상기후, 건설/건축, 원격 교육, 차세대네트워킹, 슈퍼컴퓨팅, 문화기술/차세대방송 등 (558개 이상의 협력 기관 교류)
- '17년 말까지 약 80페타바이트 전송할 것으로 예상



<그림 3-15> 연도별 연구망 전송 추이 현황(2011.01~2017.07)

■ 첨단연구망 자원 배분 체계

- 4차 산업혁명 대응을 위한 국가 정책 및 전략과제, 국가·사회현안 해결 등 공공 목적 과제, 국가 R&D 및 일반 연구 과제 등에 자원을 우선 배분함



<그림 3-16> 첨단연구망 자원배분 체계

■ 국가 초고성능컴퓨팅 공동활용 체계 구축

○ 국가초고성능컴퓨팅 대학 공동활용 서비스 구축

- ('13년)9개 연동기관의 8,430 코어 연동 (97.4TFlops), 작업처리 건수 305% 증가
- ('14년)9개 연동기관의 8,434 코어 연동 (95.8TFlops), 작업처리 CPU 시간 3.3배 증가

○ 기상용 슈퍼컴퓨터 자원의 공동활용 지원

- ('14년)대기과학 분야 연구기관 및 대학 등 총 12개 기관 114명
- ('14년)연중 공동활용사용자의 병렬화/최적화 상시 지원
- ('16년)기상용 슈퍼컴4호기를 활용한 공동활용 시스템 지원('16.5, 37TF→447TF)
 - ※ 기상·기후분야 인력양성 및 관련분야 외부연구 지원을 위해 447TF 성능의 공동활용 시스템을 국내 연구기관 및 대학 등에 지원
 - ※ 대기과학 분야 대학 및 연구기관 17개관에 전산자원 지원 중

○ (개방·공유형 초고성능컴퓨팅 생태계 구축) 100Gps급 글로벌 연구망(홍콩, 시애틀, 암스테르담, 시카고) 및 가속기 실험데이터 센터 인프라 구축

- 대용량 과학데이터의 초고속 전송 및 신뢰성 확보를 위한 국내외 글로벌 첨단연구망 구축
 - ※ ('16년)첨단연구망 대역폭 690Gbps(목표대비 115%) 확보, 국가 R&D 사업에 대한 첨단연구망 기여도 25% 달성
- 데이터집약형 연구 경쟁력 확보를 위해 기초과학분야* 글로벌 대용량실험데이터 허브센터(KISTI-GSDC) 구축운영
 - ※ ('16년)실험데이터 저장 능력 확보(총10PB)

3) 대용량데이터센터 구축 현황

■ 자원이용의 효율성 확보를 위한 초고성능대용량데이터 저장·처리 인프라 구축

- 대용량 데이터에 관한 계획이 부족했음에도 불구하고, 데이터 기반 컴퓨팅 활성화의 일환으로 기초과학 분야 대용량 데이터의 저장 및 분석을 위한 인프라 구축 및 운영을 하고 있음

- 국내 유일의 기초과학분야 대용량 실험데이터 센터로 세계 주요 대형연구장비 (가속기, 검출기) 및 국내 대형연구장비에서 생산되는 대용량 실험데이터를 국내 연구자들이 활용할 수 있도록 데이터분석환경을 구축하여 서비스하는 기초과학분야 데이터센터임
- 입자물리 분야, 천체물리, 의료생명(유전체), 구조생물학 등 7개 분야의 데이터 센터 기능을 수행함

■ KISTI 글로벌대용량실험데이터허브센터(GSDC) 효율성 및 신뢰성 확보 추진

- 세계 11번째 국가로 CERN 가속기의 대용량 데이터 처리를 위한 WLCG(World LHC Grid Computing) 최상위데이터센터(Tier-1)로 2014년 인증받아, 데이터 처리 및 분산컴퓨팅 기술역량 검증 받으며, 데이터센터 운영의 효율성과 신뢰성을 인정받음
- 최상위데이터센터 운영경험을 다른 과학기술분야에도 적용하여, 향후 포항방사광가속기, 사회문제 해결형 연구개발 관련 데이터(재난재해 데이터) 등으로 지원분야 확대를 통해 통합데이터센터로 성장을 추진하고 있음
- 최상위데이터센터 구축 및 운영 경험을 바탕으로 천체물리, 의료생명(유전체) 등 타 기초과학 분야까지 서비스를 확대하여 중력과 발견과 같이 세계적인 과학적 발견에 기여하고 있음

4) 자원 배분 체계 및 현황

■ KISTI 슈퍼컴퓨터 4호기 자원배분 현황

- KISTI는 (국가센터 슈퍼컴퓨터 운영) 슈퍼컴퓨터 4호기 운영 및 사용자 지원
- 국내 산·학·연 계산과학공학 연구자들을 대상으로 초고성능컴퓨터 4호기 계산 자원을 유상 또는 무상으로 서비스하며, 유무상 자원 배분 비율을 2:8을 기준으로 탄력적으로 할당함

<표 3-16> 2016년도 슈퍼컴퓨터 4호기 자원할당 현황

구분	구분	설명	평가여부	자원할당	
				할당비율	
유상	일반사용자	일반 유료 사용자 (연구내용 및 결과 비공개)	없음	8.2%	8.2
	기관사용자	기상청, 해양조사원, 공군기상단 등 연간 사용계약			
무상	신규 및 창의연구분야	슈퍼컴퓨터 신규 사용자 및 중소기업의 창의 연구 지원	있음 (외부위원 평가)	57.5%	91.8
	도전연구분야	세계적 수준의 거대도전문제 연구그룹 지원		22.7%	
	국가사회현안 분야	국가사회현안 대응을 위한 부처 및 공공기관 지원		6.7%	
	사용자 지원 및 특화지원분야	R&D 효율화 등 국가 R&D 슈퍼컴퓨터 활용 활성화 지원 및 교육, 사용자 기술지원 등 서비스용	없음	4.9%	
합계				100%	

○ (유료 사용 정책) 시스템 운영비용 확보를 위해 영리목적 사용자나 기관 사용자들을 대상으로 유료 자원 할당 서비스를 제공하고 있음

－ 특히, 제품개발 등을 위한 성과물에 대한 비공개 사용을 목적으로 하거나, 국책 과제 등 기관 고유 사업의 수행을 위해 기관별 계약사용

<표 3-17> 유상 서비스 주요 내용

구분	주요 내용
유료 사용자 지원 프로그램	• 회원제 － 연회비를 납부하고 사용하는 제도(일반회원, 학생회원) － 사용요금: 20,000 CPU 시간당 1,000,000원 • 총액제 : 별도 사용료와 사용기간을 정하여 지원 － 공공성이 강한 사업 또는 국가 대형 R&D 사업처럼 국가차원에서 지원하는 것이 타당하다고 판단될 때 지원 － 업무 특성상 전용노드 자원이 필요할 경우 별도의 사용료 계약

○ (무료 사용 정책) 슈퍼컴퓨터의 공공재적 성격상 기본 자원 제공 방향으로 국가전략과제, 기초 및 순수연구에 평가를 통하여 무상 자원을 할당함

※ (무상서비스 과제 분야) HPC응용연구지원프로그램을 중심으로 창의연구, 도전연구, 활

성화, 산업체, 최적화 및 병렬화 지원 등으로 구분되며, 2016년 기준 제공 자원의 91.8% 사용

<표 3-18> 무상 서비스 주요 내용

구분	주요 내용
HPC 응용연구지원 프로그램 지원	• 무상 자원 할당량을 80% 기준으로 탄력적으로 운용 – 2011년 서비스정책 시사점 및 위탁연구결과 반영 – 2013년 거대문제지원 확대에 따른 실제 수요량과 사용량 반영 • 거대문제 지원 확대 – 연구 수준뿐만 아니라 활용코어에서도 세계적 수준 과제 선정 – 무상지원량 중 최대 50%까지를 전용노드로 지원 • 공모 / 선정 : 연 4회 공모후 선정 – 내외부 심사위원 : 내부 및 슈퍼컴퓨터 사용자 pool에서 선정 • 신규 / 창의 / 도전 / 국가사회현안 연구개발과제 지원
사용자지원	• 인프라 운영, 교육, 사용자 지원에 해당하는 슈퍼컴퓨팅센터의 기본업무 수행을 위한 목적으로 자원 지원 (전체 3% 미만 할당)
내부서비스용 특화지원	• 산업체지원, 성능최적화, 응용분야 커뮤니티 지원 등 슈퍼컴퓨팅센터의 특화 서비스를 위한 목적으로 서비스 자원 및 개발용 자원 지원 (전체 10% 미만 할당)

■ 국내 PLSI 공동활용프로그램, UNIST 슈퍼컴퓨팅센터, 서울대에서 유사 프로그램 운영

- (PLSI 공동활용 프로그램) 국내 슈퍼컴퓨터 운영기관이 파트너십을 체결하여 공동으로 자원을 제공함
 - 일반 사용자와 초보 사용자로 구분하여 지원하고 있으며, 구조/고체, 대기/환경, 물리/천문, 열/유체, 화학/생명공학, 영화/영상의 6개 응용분야와 기타로 구분하여 지원
 - 파트너기관이 추천한 사용자만 신청 가능하며, 1인 1과제로 제한하고 기본 10구좌, 최대 3회연장이 가능하여 최대 40구좌 제공
- (UNIST 슈퍼컴퓨팅 센터) 유료 사용 정책을 기본으로 사용료 할인 정책
 - 연구 목적과 영리 목적에 따라, UNIST 내부와 외부 사용자에 따라 차등적인 사용료 정책
 - UNIST 전용 HPC 자원은 사용자별 과금 정책에 따르는 유료로 제공하고 있으며, 자

원의 일부를 PLSI 공동활용 프로그램으로 무료로 제공

- (서울대 천동) 연구 및 교육 목적으로 계산 노드 중 일부에 대해 자원 할당
 - 무상과 유상 사용이 혼합된 형태로 최초 무상 및 이후 유상 사용

■ **초고성능컴퓨팅 필요 자원량 수요예측 조사 결과, 향후 연평균 152PFlops의 성능 필요³¹⁾**

- 타키온2 시스템은 주로 전통적인 계산집약적 컴퓨팅에 활용되고 있으며, 빅데이터 처리 및 지능 정보 등 새로운 분야에서 수요가 발생하고 있으나 현재 시스템의 한계로 이들을 수용하지 못함
- 따라서 슈퍼컴퓨터 기존 이용자 및 잠재 수요자를 대상으로 설문조사를 실시하여 향후 각계 연구자들이 필요한 자원량을 조사함 (4호기 사용자 470명 및 잠재 수요자 67,860명 대상)
- 기존 사용자(151명 응답) 및 잠재 사용자(509명 응답) 응답 내용 분석 결과, 연평균 152PFlops의 성능이 필요하다고 조사됨

31) 슈퍼코리아 2020 에타 보고서

<표 3-19> 향후 5년간(`16~`20년) 분야별 요구 총 자원량

분야	총 자원량			우선순위 '상' 이상 과제 요구 자원량			우선순위 '최상' 과제 요구 자원량		
	과 제 수	요구시간 (백만시간)	요구 성능 (PFlops)	과 제 수	요구시간 (백만시간)	요구 성능 (PFlops)	과 제 수	요구시간 (백만시간)	요구 성능 (PFlops)
【생명과학, 의료, 신약 개발】 유전체 분석, 단백질 신약개발, 생체 동력학 및 시스템 생물학, 맞춤형 의료 등	12	352,741	84.37	6	73,794	17.65	3	5,964	1.43
【신물질 개발】 나노물질 물성 및 구조, 차세대 반도체 개발, 양자자성 및 양자전자, 배터리 에너지 신소재 등	10	295,200	70.60	4	93,600	22.39	2	26,400	6.31
【방재·감제, 지구 변동 예측】 초고해상도 전지구 모의, 해양 순환 및 해수면 예측, 실시간 수문 분석 및 홍수 해석 등	11	285,720	68.34	6	33,348	7.98	3	18,048	4.32
【차세대 제조】 자동차 공력 설계, 항공기 회전익 등 설계, 선체 해석, 고속로 냉각 성능 및 형상, 초고층 건축물 구조 해석 등	12	157,708	37.72	5	62,142	14.86	3	21,342	5.10
【물질과 우주의 기원과 구조】 플라즈마 난류 해석, 우주거대 구조 및 중력과 연구, 가속기 데이터 시뮬레이션 등	12	209,932	50.21	6	33,053	7.91	3	13,420	3.21
전체	57	1,301,302	311	27	295,937	71	14	85,175	20

5) 초고성능컴퓨팅 서비스 R&D 및 서비스 현황

■ 국가초고성능컴퓨팅 활용 및 육성을 위한 첨단연구망 운영 및 서비스 제공

○ (국가센터 슈퍼컴퓨터 운영) 슈퍼컴퓨터 4호기 운영 및 사용자 지원

- 지속적으로 사용자 작업 성공률 향상 ('12년 83.9% → '13년 92% → '14년 92.4%)
- 초고성능컴퓨터 4호기 이용 현황('15년.1월~'17년.7월)을 살펴보면, 사용률은 CPU Peak 평균 부하율* 기준 77.3%, CPU 평균 부하율* 기준 67.4%로 나타남

* 컴퓨터 시스템의 전 가동기간 중, CPU를 사용하고 있는 시간을 비율로 환산한 값

<표 3-20> 초고성능컴퓨터 4호기 연평균 CPU 부하율

구분	'15년(01~12월)	'16년(01~12월)	'17년(01~07월)	평균
평균	72.7	66.7	62.9	67.43
Peak 평균	80.6	76.9	74.5	77.33

※ 출처: 초고성능컴퓨터 운영현황 보고, KISTI, 2017

○ (연도별 분야별 첨단 연구자 지원) 10개 분야에 첨단 연구를 수행하는 연구자가 이용하여 SCI급 논문 151건을 유발('13~'16년)하였음

<표 3-21> 지원분야별 첨단 연구자 이용 현황('13~'16년)

연도 지원분야	2013	2014	2015	2016
고에너지물리	5	5	10	13
천문우주	5	5	9	10
바이오/유전체	2	2	7	12
첨단의료	7	7	5	4
기상/기후	4	4	5	5
슈퍼컴 공동활용	8	8	2	2
건설/건축	6	6	0	0
네트워크	7	7	6	8
문화예술	3	3	10	10
원격교육	13	13	6	1

- '16년 분야별 첨단 연구기관 지원 현황을 다음 아래와 같음

<표 3-22> 분야별 첨단 연구기관 지원 현황('16년)

구분 지원분야	연구기관 (개)	협력기관 (개)	전송 데이터 (TB/1년)	논문/학술발표 (건)	비고
고에너지물리	13	180	3980	573	
천문우주	8	25	1205	120	
바이오/유전체	7	17	500	63	
첨단의료	4	115	33		원격의료교육/컨퍼런스 520회
기상/기후	4	40	9		기상자원 교류 600만건 이상
건설/건축 실험	6	152	96		
미래 네트워크	6	17		208	테스트베드 11개소
원격교육	6	12			특강세미나 32회 원격 교육강좌 936개 운영

- 초고성능컴퓨터 4호기 사용 기관의 지역별 현황을 살펴보면, 2017년 9월 기준 156개 기관, 대학 72(46.2%), 산업체 51(32.7%) 순, 지역별로는 서울 43(27.6%), 충청 42(26.9%) 순으로 나타남

<표 3-23> KISTI 초고성능컴퓨터 4호기 지역별 사용 현황('17년 9월)

구분	대학	연구소	산업체	정부	기관수
1)서울	21	2	19	1	43
2)경기	13	5	9	0	27
3)충청	8	17	13	4	42
4)전라	8	2	1	0	11
5)영남	21	2	9	0	32
6)강원/제주	1	0	0	0	1
Total	72	28	51	5	156

※ 출처: 초고성능컴퓨터 운영현황 보고, KISTI, 2017

■ 수치예보모델 성능 향상과 관측자료 활용성 증대를 위한 기상용 초고성능컴퓨팅 운영 및 서비스 제공

- 기상용 초고성능컴퓨터는 일기예보뿐만 아니라 국방, 해양, 에너지, 물 관리, 보건, 환경, 교통 등 국민생활과 밀접한 기초 예측자료 생산 및 범정부적 기후변화 대응을 위한 과학적 정보생산(기후변화시나리오)업무를 수행하고 있음
- 기상청은 1999년에 기상용 초고성능컴퓨터 1호기 도입(NEC, SX-5/28A)을 시작으로, 현재 4호기(CRAY-XC40)를 2015년 12월에 설치하여 운영 중에 있음



<그림 3-17> 기상용 초고성능컴퓨팅 도입 현황

- 기상용 초고성능컴퓨터 4호기는 2.9PF 성능의 시스템 2조로 이루어져 기상예보 지원과 기상·기후 분야 연구개발 서비스를 제공함
 - 2015년 기준, 초고성능컴퓨터를 보유하고 전지구 수치예보모델을 운영하는 13개 국가 중 수치예보 기술력은 세계 6위 수준
 - ※ 전지구 수치예보모델의 '+5일 예보'에서 500hPa의 고도오차로 측정(WMO 기준)
 - 기상·기후분야 인력양성 및 관련분야 외부연구 지원
 - ※ 447TF 성능의 공동활용 시스템을 국내 연구기관 및 대학 등에 지원
- 기상예보 능력향상을 위한 한국형 수치예보모델 개발 및 운영 중에 있음
 - 기상청에서 현업에 운영할 세계 수준의 한국형 수치예보모델 개발 중('13~'19)

3.2. 국가초고성능컴퓨팅 활용 부문

■ 초고성능컴퓨팅을 통한 국가사회현안 문제 해결, 광범위한 과학 및 공학 연구 지원 필요

- 국가가 필요한 곳에 초고성능컴퓨팅을 활용하여, 국민에게 체감되는 과제 수행
- 과학기술 혁신과 새로운 과학발견에 획기적으로 기여함으로써 초고성능컴퓨팅의 우수성 및 필요성 부각
- 파급력 있는 대표성과 도출을 위해 개인연구자 지원 중심에서 집단연구체제로 전환을 가속화하는 전략적 국가 R&D 프로그램 마련 필요

■ 초고성능컴퓨팅을 활용한 제조업 혁신 지원

- 정부의 과학기술·산업정책의 기초에 대응하여 산업경쟁력 강화를 위하여 산업계 전반적으로 초고성능컴퓨팅 활용을 증대할 수 있는 기반조성
- 제조업 패러다임 변화에 따른 디지털 제조업 혁신을 위해 데이터 축적, 인공지능 기술 활용 등 중소·중견기업 기술지원 확대와 제조 서비스 기업 육성 필요

■ 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변확대를 통한 고용 창출

- 디지털 변혁에 대응하여 연구개발 및 산업계에 필요인력을 공급하여, 초고성능컴퓨팅에 대한 사회인식의 고취를 통해 초고성능컴퓨팅 생태계 강화
- 고급인력 부족 해소 및 저변 확대를 위해 데이터·인공지능·계산과학공학을 융합하여 패러다임 변화에 대응 가능한 인력양성체계 마련과 대국민 인식전환을 위한 프로그램 개발 필요

3.2.1. 글로벌 동향

- 미국, 일본, 중국 등 선진국가는 엑사급 시스템 초고성능컴퓨팅 개발 및 활용 정책 프로그램 운영을 통한 초고성능컴퓨팅 활용 확대 중에 있음

1) 주요 국가별 초고성능컴퓨팅 활용 대형 R&D 프로그램 현황

- [미국] '15년 국가 컴퓨팅 전략계획(National Strategic Computing Initiative: NSCI)을 통해, 국가 차원에서 슈퍼컴퓨팅 정책 및 계산과학 육성을 전략적 추진하고 있음
- ASCR(Advanced Scientific Computing Research) 프로그램을 통해 시뮬레이션 알고리즘, 컴퓨터 프로그램, 과학연구 지원을 위한 하드웨어 등을 지원하고 있음
 - ASCR 예산 요청은 2017년 기준으로 6억 6천만 달러로, 2016년 예산 대비하여 4,220백만 달러(6.8%) 증가하였음
- 2017년 회계 연도에 The Office of Science Exascale Computing Project (SC-ECP)가 추가되어 1억 5천 4백만달러의 예산이 추가되었음
 - SC-ECP의 4대 주요 연구 분야는 하드웨어 기술 및 시스템 소프트웨어 기술 연구 개발, 응용 프로그램 개발 및 Exascale 시스템을 위한 시스템 엔지니어링 개발 부문임
 - ※ 하드웨어 기술 : 하드웨어 기술 중점 분야는 시스템 설계 부문으로, exascale 컴퓨터와 필수 시스템 소프트웨어를 구축하는 데 필요한 엔지니어링 및 R&D 활동 수행
 - ※ 시스템 소프트웨어 기술 : 하위 수준의 운영 소프트웨어에서부터 고도의 응용 프로그램 소프트웨어 개발을 위한 프로그래밍 환경에 이르기까지 포괄적인 데이터 관리 및 데이터 과학을 지원하는 소프트웨어 인프라 개발
 - ※ 응용 프로그램 개발 : 최대 병렬 처리, 안정성 및 복원력, 하드웨어 프로세서 및 메모리의 심층 계층 구조, 대규모 시스템 확장 및 데이터 집약적 과학 연구 개발
 - ※ Exascale Systems : Exascale Systems는 Exascale 시스템을 생산하는 데 필요한 벤더의 첨단 시스템 엔지니어링 개발 지원. 또한 응용 프로그램, 소프트웨어 및 하드웨어 테스트 활동을 위한 프로토타입 및 테스트 베드의 수집 및 지원 포함

<표 3-24> DOE-ASCR프로그램 2017년 예산 현황('17년)

구분	FY 2015 Enacted	FY 2015 Current	FY 2016 Enacted	FY 2017 Request	FY 2016 VS FY 2017		지원 분야 *
					증감액	예산비율	
Mathematical, Computational, and Computer Sciences Research							
Applied Mathematics	49,155	49,454	49,229	39,229	-10,000	5.92%	활용
Computer Science	55,767	55,259	56,848	39,296	-17,552	5.93%	활용
Computational Partnerships	46,918	43,996	47,918	45,596	-2,322	6.88%	활용
Next Generation Networking for Science	19,000	19,011	19,000	19,000	0	2.86%	활용
SBIR/STTR	5,830	0	6,181	7,733	1,552	1.17%	활용
Total, Mathematical, Computational, and Computer Sciences Research	176,670	167,720	179,176	150,854	-28,322	22.75%	
High Performance Computing and Network Facilities							
High Performance Production Computing	75,605	75,905	86,000	92,145	6,145	13.89%	인프라
Leadership Computing Facilities	184,637	190,698	181,317	187,000	5,683	28.20%	인프라
Research and Evaluation Prototypes	57,329	53,298	121,471	17,890	-103,581	2.70%	인프라
High Performance Network Facilities and Testbeds	35,000	35,790	38,000	45,000	7,000	6.79%	인프라
SBIR/STTR	11,759	0	15,036	16,291	1,255	2.46%	인프라
Total, High Performance Computing and Network Facilities	364,330	355,691	441,824	358,326	-83,498	54.03%	
Exascale Computing							
17-SC-20 Office of Science Exascale Computing Project (SC-ECP)	0	0	0	154,000	154,000	23.22%	활용, 인프라
Total, Advanced Scientific Computing Research(ASCR)	541,000	523,411	621,000	663,180	+42,180	100.00%	

* 지원 분야: 해당 프로그램에서 슈퍼컴퓨팅 활용, 인프라를 같이 지원

※ 출처: Department of Energy FY 2017 Congressional Budget Request, Science, Page12. '16.02

- 2018-2019 기간에 리더십 컴퓨팅 시설의 75-200 페타 플롭 업그레이드 지원 및 늘

어나는 수요를 해결하기 위해 시설 용량을 10-40 페타 플롭으로 확대한 국립에너지 연구 과학컴퓨팅센터(NERSC)의 NERSC-8 슈퍼 컴퓨터 공급 예정임

○ Mathematical, Computational, and Computer Sciences Research(수학, 계산 및 컴퓨터 과학 연구 부문)에 약 1.5억 달러 지원('17년)

- Applied Mathematics: 복잡한 자연 및 공학 시스템을 이해하기 위해 적용된 수학 모델, 방법 및 알고리즘의 연구 개발 지원

- Computer Science: Extreme-scale의 컴퓨팅 및 데이터에 대한 연구 지원

- Computational Partnerships: 다른 분야의 응용 수학자, 컴퓨터 과학자 및 과학자 간의 파트너십을 통해 과학 컴퓨팅의 발전을 가속화하는 SciDAC 프로그램 지원

○ SciDAC-2 프로그램을 통해 슈퍼컴퓨터 활용 분야(기초 에너지, 과학, 생물 및 환경 과학, 핵융합에너지)의 거대 도전 문제 해결에 4,500만달러 지원('17년)



<그림 3-18> SciDAC(Scientific Discovery through Advanced Computing) 예산 ('17년)

※ 출처: Department of Energy FY 2017 Congressional Budget Request, Science, Page28. '16.02

- SciDAC 프로그램에 참여 현황을 살펴보면, 44개 대학, 13개 연구소 및 3개 산업체가 참여하고 있으며, 참여 대학, 연구소 및 산업체 현황은 다음과 같음

<표 3-25> SciDAC 참여 기관 현황 ('17년)

Universities	
ARIZONA UNIVERSITY	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
BOSTON UNIVERSITY	MICHIGAN STATE UNIVERSITY
BROWN UNIVERSITY	MINNESOTA UNIVERSITY
CALIFORNIA, BERKELEY UNIVERSITY	NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH
CALIFORNIA, DAVIS UNIVERSITY	NORTH CAROLINA UNIVERSITY
CALIFORNIA, LOS ANGELES UNIVERSITY	NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY
CALIFORNIA, SAN DIEGO	NORTHWESTERN UNIVERSITY
CALIFORNIA, UNIVERSITY OF SANTA BARBARA	OHIO STATE UNIVERSITY
CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY	OREGON UNIVERSITY
CENTRAL MICHIGAN UNIVERSITY	PRINCETON UNIVERSITY
COLORADO UNIVERSITY	RENSSEALER POLYTECHNIC INSTITUTE
COLUMBIA UNIVERSITY	RUTGERS UNIVERSITY
COLORADO STATE UNIVERSITY	SOUTH CAROLINA UNIVERSITY
DUKE UNIVERSITY	SOUTHERN CALIFORNIA UNIVERSITY
FLORIDA STATE UNIVERSITY	SYRACUSE UNIVERSITY
GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY	TEMPLE UNIVERSITY
ILLINOIS-URBANA-CHAMPAIGN UNIVERSITY	TENNESSEE UNIVERSITY
INDIANA UNIVERSITY	TEXAS UNIVERSITY
IOWA STATE UNIVERSITY	UTAH UNIVERSITY
LEHIGH UNIVERSITY	WASHINGTON UNIVERSITY
MARYLAND UNIVERSITY	WILLIAM & MARY COLLEGE
MASSACHUSETTS UNIVERSITY	WISCONSIN-MILWAUKEE UNIVERSITY
Laboratories	
AMES LABORATORY	OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY
ARGONNE NATIONAL LABORATORY	PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY
BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY	PRINCETON PLASMA PHYSICS LABORATORY
FERMI NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY	SANDIA NATIONAL LABORATORIES
LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY	SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY
LAWRENCE LIVERMORE NATIONAL LABORATORY	THOMAS JEFFERSON NATIONAL ACCELERATOR FACILITY
LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY	
Industry	
GENERAL ATOMICS, KITWARE, TECH-X	

※ 출처: www.scidac.gov/participants

- 2단계 사업인 SciDAC(Scientific Discovery through Advanced Computing) 프로그램은 페타스케일의 컴퓨터를 활용하는 과학적 컴퓨팅을 지원하기 위한 프로그램(2016년 9월)으로 현재 4개의 SciDAC 연구소에서 적용 수학 및 컴퓨터 과학, 알고리즘 및 방법 전문 지식 및 모델링 및 시뮬레이션을 통해 과학적 발견을 발전시키는 과학적 소프트웨어 도구 개발 및 배포 연구

※ FASTMath SciDAC Institute: 복잡한 물리적 현상에 대한 시뮬레이션 작업의 유용성과 적용 가능성을 높일 수 있는 수학 알고리즘 및 소프트웨어 도구를 개발 및 배포

※ QUEST: 대규모 과학 계산에서 UQ(Uncertainty Quantification)에 초점을 맞춘 연구소로 고성능 컴퓨팅(HPC) 환경에서의 UQ 알고리즘/소프트웨어 개발, 구현 및 도구 제공

※ SUPER 프로젝트: 페타 스케일 및 이종 시스템을 위한 성능 측정, 모델링 및 자동 튜닝 기술을 개발하여 과학자들이 공통 코드 기반에서 다양한 고급 시스템을 이용하도록 최적화 통합 소프트웨어 도구 개발

※ SciDAC SDAV Institute: 전산 과학 커뮤니티에 광범위하게 적용되는 데이터 관리, 분석 및 시각화 영역에서 기술적 솔루션 제공

■ [유럽] 엑사스케일 컴퓨터 개발과 차세대 HPC 패러다임 대응을 위해 대규모 연구개발 프로그램 추진중에 있음

○ (ETP4HPC) 유럽의 HPC 기술 플랫폼을 담당하는 ETP4HPC(European Technology Platform for High Performance Computing)에 의해 주도하고 있음

- 2012년 고성능 컴퓨팅 유럽 기술 플랫폼(European Technology Platform on High-Performance Computing, ETP4HPC) 착수를 포함하여 고성능 컴퓨팅 시스템 연구개발에 대한 재정 지원 강화

- 엑사스케일 컴퓨터(프로토 타입 통합 시스템, 검증 등) 개발을 위한 '18~'20 예산을 총 4.5억 유로 투입

<표 3-26> ETP4HPC 예산 현황('18~'20년)

구분(call ID)	주제	예산(M EUR)
ESD call 2018	• Extreme scale Demonstrators	100
ESD call 2020		100
CoE call 2018	• Centres of Excellence	90
RIA call 2019	• Research and Innovation Actions	153
CSA call 2019	• HPC eco system - Coordination and support action	7
합계		450

※ 출처: WORKPROGRAMME 2018-2020, RECOMMENDATIONS, ETP4HPC, '17.03

- (세계적인 수준의 HPC 기술 가치 사슬 구축) 과학 및 비즈니스 분야에서 유럽 경쟁력을 높이기 위해 HPC 활용 확대

※ HPC 사용자 기반, 특히 HPC 리소스 및 기술에 대한 액세스를 촉진하는 SME 확장 및 경쟁력 있는 중소기업의 HPC 기술 솔루션 참여 기회 제공

※ 기후 변화, 건강 관리, 대규모 재앙 및 에너지 효율성 예측 및 관리와 같은 유럽의 거대 사회 문제 해결을 위한 혁신적인 솔루션 제공 촉진

※ 연구와 산업 분야에서 국제 협력 촉진

○ 세계적 수준의 초고성능컴퓨터 개발·활용을 위한 EuroHPC 출범 합의

- 유럽 공동의 HPC 인프라 구축을 위한 국가간 협력체계 마련을 목표로 Euro HPC 공동선언문 발표(유럽7 개국, '17년.3월)

※ 프랑스, 독일, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 포르투갈, 스페인, 벨기에('17년 6월 참여)

- 유럽 공동의 HPC 구현을 위해 로드맵 구축, 전문 인력 양성을 위한 HPC 커리큘럼 작성 등 5가지 주요 활동 수행

<표 3-27> EuroLab-4-HPC 주요 활동

주요 활동	주요 내용
로드맵 구축	• HPC 연구 로드맵 작성 및 장기 HPC 연구 설정
HPC 커리큘럼	• 미래의 기술 리더 양성을 위한 교육/훈련 방법 구현
사업화 촉진	• 새로운 HPC 기술의 신속한 사업화 이행 및 촉진
커뮤니티 빌딩	• HPC 관련 연구자, 시스템 공급 업체 등 과 함께 HPC 생태계 구축
우수센터 구축	• HPC 시스템 연구를 수행할 우수 센터 구축

※ 출처: EU 고성능 슈퍼컴퓨팅 정책 동향, 정보통신기술진흥센터, '17.11

- 유럽 내 HPC 고도화 및 HPC 활용 극대화를 위한 6개 작업 그룹에 의해 로드맵 구축 및 평가 작업 수행
- ※ 세계적 수준의 고성능 컴퓨팅 생태계 개발을 위한 인프라 구축의 필요성이 커지면서 다국적 협력체제 합의 및 로드맵 발표('17년.8월)

<표 3-28> EuroLab-4-HPC 작업 그룹별 주요 활동

구분	주요 활동
작업그룹 0	• HPC 하드웨어에 영향을 미치는 프로세서 로직, 메모리 계층 구조 및 하드웨어 가속기 등 핵심 기술의 잠재 효과 분석
작업그룹 1	• 새로운 기술 활용시, 발생할 수 있는 근본적인 가정과 영향 분석 검토
작업그룹 2	• 시스템 소프트웨어 및 프로그래밍 환경 개선을 통하여, HPC 응용 프로그램 개발자에게 공통의 표준화된 조건 제공
작업그룹 3	• HPC 컴퓨팅의 핵심요소인 애플리케이션의 사용자 맞춤형 설계
작업그룹 4	• HPC를 통한 고도 계산을 통한 새로운 비즈니스 모델 개발(에너지, 그린ICT, 데이터 관리 등)
작업그룹 5	• 인공지능, 빅데이터를 활용하여 광범위한 분야(기상예측, 유전학, 석유 탐사 등) 적용을 위한 HPC와 다른 기술들과의 융합 방안 연구

※ 출처: EU 고성능 슈퍼컴퓨팅 정책 동향, 정보통신기술진흥센터, '17.11

- 세계 Top 3 수준의 HPC를 구축하고, 엑사급 성능의 HPC를 개발하여 과학, 공공분야의 응용 프로그램에서의 테스트베드 실현을 목표로 함
- ※ 2020년까지 2개의 엑사급 전단계(pre-exascale)의 초고성능컴퓨터 도입 및 2023년까지 완전한 엑사급(full exascale) 초고성능컴퓨터 구축

○ (cPPP: High Performance Computing Contractual Public-Private Partnership) 엑사스케일 슈퍼컴퓨터 개발 목표로 차세대 HPC 기술, 애플리케이션 및 시스템 개발

- HPC 교육, 기술 개발과 함께 유럽의 HPC 전략 및 응용 프로그램 개발에 중점을 둠
- ※ ETP4HPC Association 및 Centers of Excellence(CoE)를 통해서, 컴퓨팅 응용 프로그램을 기술 제공 업체와 사용자 공유
- ※ PRACE와 긴밀히 협력하여 유럽의 최고 슈퍼 컴퓨터 시설 및 서비스를 업계 (중소기업 포함) 및 학계에 제공
- 유럽집행위원회(EC)는 Horizon 2020 프로그램 예산에서 7억 유로를 약속했으며,

cPPP는 민간 부문에서 비슷한 양의 자원을 활용할 것으로 예상됨³²⁾

- (Human Brain Project: HBP) 신경 과학, 컴퓨터 및 뇌 관련 의학 분야를 가속화하기 위해 노력 하는 H2020 FET 대표 프로젝트로, 근본적인 신경 과학의 과학 연구 프로그램, 진보된 시뮬레이션 및 연구 인프라 구축
 - 인간의 뇌와 관련된 연구 수행에 필요한 슈퍼 컴퓨팅, 데이터 및 시각화 인프라의 하드웨어 및 소프트웨어 구성 요소를 구축, 통합 및 운영
 - 표적 연구 및 이론 연구를 수행하고 인간, 설치류 및 기타 종의 뇌 구조와 기능 탐구 및 뇌연구에 대한 윤리적 및 사회적 영향 연구
 - ※ 완전한 인간 뇌의 크기까지 대용량, 데이터 집약적인 대화 형 멀티 스케일 뇌 시뮬레이션으로 사용 및 생성 된 많은 양의 데이터 관리
 - ※ 동시 시뮬레이션, 데이터 분석 및 시각화 워크로드로 구성된 복잡한 워크 플로우 관리

<표 3-29> HBP 총 예산 비용('13~'22년)

비용	예산(M EUR)	비율(%)
Core Project direct costs	725	60.9
- personnel	555	46.6
- Equipment	71	6.0
- consumables	99	8.3
Overheads(Indirect costs = 60% of direct costs)	435	36.6
ERANET+	30	2.5
합계	1,190	100

※ 출처: The Human Brain Project, EC report, '12.04

- EU 통합 연구개발체계 외에도 국가별로 추진되는 연구 프로그램이 다양하며 그 중에서도 독일, 프랑스 등이 초고성능컴퓨터에 대한 관련 기술개발을 선도
 - (독일) '3PFlops supercomputer at GSC³³⁾'를 통해 총 4억 유로의 연구비용을 투입하여 2016년에 3PFlops 시스템 구축 목표

32) <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/hpc-cppp>

33) Gauss Center for Supercomputer

- ※ 초고성능컴퓨터에 대한 무한한 수요를 충족시키기 위해 모든 수준의 고성능컴퓨터에 지속적인 투자계획을 수립하고, 기후 및 지구 시스템 연구, 나노구조 등 주요 분야를 중심으로 고성능컴퓨터의 필요성 규정
 - (프랑스) CEA, GENCI, UVSQ Intel 공동으로 EX@TEC³⁴⁾를 통해 2015년까지 에너지, 지진, 유체역학, 건강분야에서 소프트웨어 및 하드웨어 최적화 추진
 - ※ 국가 중장기 초고성능컴퓨터육성정책전략을 수립하고 정부에서 INRIA³⁵⁾ 설치·운영
 - (영국) 초고성능컴퓨팅과 관련하여 세계에서 선도적 위치를 차지하기 위해 국가에서 최우선사업으로 선정하고 전략적으로 국가초고성능컴퓨팅센터를 설립하여 초고성능컴퓨터 연구를 수행하고 있으며, 재정적으로 적극적인 지원
 - ※ 초고성능컴퓨팅 전략은 영국이 계산과학 공학분야에서 선도적 위치를 점하기 위한 고성능컴퓨팅 관련정책의 전략적 틀을 제공
- 유럽에서는 포스트 엑사스케일급 컴퓨팅 시대를 준비하고자, 기술, 학술, 산업 관점에서의 다양한 초고성능컴퓨팅 이니셔티브 발표

<표 3-30> EU 내 HPC 이니셔티브

전략 명	목표	설정 기간	주요 범위
ETP4HPC SRA/EXDCI	HPC 생태계 구축	2014~2020년	HPC(응용프로그램 제외)
PRACE Scientific Case	유럽 HPC 인프라 구축	2012~2020년	HPC 애플리케이션
BDVA	빅데이터 기술 로드맵 구축	2020년	빅데이터
ECSEL MASRIA	EU ECS 산업 경쟁력 강화 및 육성	~ 2015년	전자 부품 및 시스템(ECS)
Next Generation Computing Roadmap	유럽 산업 강화	2014년 이후, 10~15년	전체 HPC 범위
EuroLab-4-HPC	HPC 고도화	2022~2030년	전체 HPC 스택

※ 출처: EU 고성능 슈퍼컴퓨팅 정책 동향, 정보통신기술진흥센터, '17.11

34) Establishing a joint laboratory of the future technologies for high performance computing

35) The National Institute of Research in Computer Science and Control

■ [일본] 중점분야를 확대한 Flagship 2020(Post K-Computer) 추진

- 일본 문부과학성에서는 2020년을 목표로 세계 최고 수준의 범용성이 있는 슈퍼컴퓨터의 실현을 목표로 Post-K 슈퍼컴퓨터 구축을 추진하고 있음
 - 2020년 Post-K 컴퓨터 운영을 목표로 했으나, 최근 연산처리장치 개발상의 난제와 제조 가격의 상승 등 무어의 법칙 에서 벗어나는 현상으로 2021년 하반기 운용을 목표로 재설정함
 - 엑사스케일 슈퍼 컴퓨터 실현을 위한 일본 문부과학성은 HPCI 관련 예산을 지속적으로 확대 추진하고 있음('14~'17년)
- ※ 2020년까지 「교토」의 100 배의 계산 성능을 가진 엑사스케일 슈퍼컴퓨터 실현

<표 3-31> Post-K 개발 예산 추이 ('14~'17년)

2014년 예산금액	2015년 예산금액	2016년 예산금액	2017년 예산금액	합계
1,206 백만 엔	3,972 백만 엔	6,700 백만 엔	6,700 백만 엔	18,578 백만 엔
신규	확충(플래그쉽 2020 프로젝트)		-	연평균 4644.5 백만 엔

※ 출처 : 予算(案)主要事項, 文部科學省, 2014~2017

- 포스트 '교토'로 임해야 할 과제는 문부 과학성의 학계 · 산업계의 지식인으로 구성된 '포스트'교토 '에서 중점적으로 추진해야 할 사회 과학적 과제에 대한 검토위원회 에서 다음과 같은 3 가지 관점에서 검토하여 다음 9개의 중점 과제를 선정함('14, 08)
 - 사회적 · 국가적으로 보고, 해결 의의가 높거나
 - 세계적인 같은 성과가 기대되는지
 - 포스트 "교토"의 성능을 효율적으로 활용할 수 있는지

<표 3-32> 5대 중점분야 및 9대 중점 과제 실시 기관

5대 중점분야	중점 과제	실시 기관
건강 장수 사회의 실현	01. 생체 분자 시스템의 기능 제어에 의한 혁신적인 신약 개발 기반 구축	• 이화학 연구소 생명 시스템 연구 센터(과제 책임자 : 오쿠노恭史· 객원 주관 연구원), 교토 대학, 도쿄 대학, 요코하마 시립 대학, 나고야 대학, 산업 기술 종합 연구소, 양자 과학 기술 연구 개발기구
	02. 개별화·예방 의료 지원 통합 계산 생명 과학	• 도쿄 대학 의과학 연구소(과제 책임자 : 미야 노 사토루 교수), 교토 대학, 오사카 대학, 주식 회사 UT-Heart 연구소,自治医科大学
방재 · 환경 문제	03. 지진·해일에 의한 복합 재해의 통합 예측 시스템 구축	• 도쿄 대학 지진 연구소(과제 책임자 : 호리宗朗교수), 해양 연구 개발기구 규슈 대학, 고베 대학, 교토 대학
	04. 관측 빅 데이터를 활용한 기상, 지구 환경 예측 고도화	• 해양 연구 개발기구(과제 책임자 : 타카하시 케이코 센터장), 이화학 연구소, 도쿄 대학, 도쿄 공업 대학, 동북 대학, 교토 대학
에너지 문제	05. 에너지 고효율 창출 변환·저장·이용의 원천 기술 개발	• 자연 과학 연구기구 분자 과학 연구소(과제 책임자 : 오카자키 진 교수), 고베 대학, 이화학 연구소, 도쿄 대학, 물질 · 재료 연구기구, 나고야 대학, 오카야마 대학, 홋카이도 대학, 와세다 대학
	06. 혁신적인 청정 에너지 시스템의 실용화	• 도쿄 대학 대학원 공학계 연구과(과제 책임자 : 요시무라 시노부 교수), 토요 하시 기술 과학, 교토 대학, 큐슈 대학, 나고야 대학, 릿쿄 대학, 일본 원자력 연구 개발기구 우주 항공 연구 개발기구, 물질 · 재료 연구 기구 및 자연 과학 연구기구 핵융합 과학 연구소, 미즈호 정보 총연 주식회사 풍력 에너지 연구소
산업 경쟁력 강화	07. 차세대 산업을 지탱하는 새로운 고성능 재료 개발	• 도쿄 대학 물성 연구소(과제 책임자 :常行新지 교수), 쓰쿠바 대학, 오사카 대학, 자연 과학 연구기구 분자 과학 연구소, 도쿄 공업 대학 산업 기술 종합 연구소, 동북 대학, 요코하마 국립 대학, 나고야 공업 대학 , 도쿄 이과 대학
	08. 미래 선도형 혁신 설계·제조 공정 개발	• 도쿄 대학 생산 기술 연구소(과제 책임자: 가토 교수), 고베 대학, 동북 대학, 야마나시 대학, 큐슈 대학 우주 항공 연구 개발기구, 이화학 연구소, 도쿄 이과 대학
기초 과학의 발전	09. 우주의 기본 법칙과 진화의 해명	• 쓰쿠바 대학 계산 과학 연구 센터(과제 책임자: 아오키 신야 객원 교수), 켄 교토 대학, 도쿄 대학, 이화학 연구소, 오사카 대학, 자연 과학 연구기구 국립 천문대, 치바 대학, 토호 대학, 히로시마 대학, 고베 대학

※ 출처: <http://www.aics.riken.jp/jp/post-k/pi/organizations>

- 이화학연구소 계산과학센터(AICS)주관의 FLAGSHIP 2020 프로젝트를 통해 2014년부터 2020년까지 7년간 약 1,300억엔(국비 약 1,100억엔) 투입 계획을 수립함
 - Flagship-2020('K computer' 후속사업)으로 엑사스케일(ExaFlops)급 범용 초고성능컴퓨터 개발을 추진함
 - ※ 후지쯔와 RIKEN은 '14년부터 1조 4천억원을 투입하여 엑사스케일 초고성능컴퓨터인 'Post-K'를 자체 개발 중에 있음



<그림 3-19> Flagship 2020 프로젝트 개요

- ※ 출처: FLAGSHIP 2020 project-Development of Japanese National Flagship super computer "post K", RIKEN Advance Institute of Computational Science (AICS), 2015

- 인공지능 연구역량 강화를 위해 ABCI(AI-Bridging Computing Infra- structure,

130PFlops), RIKEN(4PFlops) 등 인프라 확보를 추진함

- 산·학·연 협력으로 AI, 빅데이터 응용을 위한 저전력 슈퍼컴퓨터 츠바메(Tsubame) 3.0 개발. 2013년 World's Green 500 에너지 고효율 슈퍼컴퓨터 시스템 1위에 선정됨



<그림 3-20> World's Green 500 1위 선정('13년)

※ 출처:blogs.nvidia.co.kr

- ※ 도쿄기술연구원(TITECH)에서 개발한 츠바메 HPC 시스템은 높은 에너지 효율과 최신의 냉각 및 저전력 슈퍼컴퓨팅 기술 적용
- ※ 츠바메-KFC 슈퍼컴퓨터의 액체침수솔루션은 시스템을 절연유에 침수시켜 쿨링하는 방식으로 높은 에너지효율 제공
- 도쿄공업대학에서 개발 중인 신규 시스템, 츠바메3.0(TSUBAME3.0)은 기존의 츠바메 2.5와 비교해 2배 이상의 성능을 제공할 것으로 예측됨³⁶⁾
- ※ 본 신규 시스템은 3배 가까이 향상된 효율성을 제공하는 엔비디아 파스칼(Pascal) 아키텍처 기반 테슬라(Tesla) P100 GPU 사용하여, 12.2페타플롭의 배정밀 연산 성능에 도달할 것으로 예측
- ※ 츠바메3.0은 47페타플롭을 상회하는 인공지능 연산 성능 제공하며, 특히 인공지능 컴퓨팅 분야에서 뛰어난 성능 보유
- ※ 츠바메2.5와 동시 수행 연산 시에는 64.3페타플롭을 실현하여 일본 내 고성능 인공지능 슈퍼컴퓨터 가운데 가장 우수한 성능 제공

■ [일본] 슈퍼컴퓨터 활용 집중을 위한 중점 전략 분야 선정

36) <http://blogs.nvidia.co.kr>

- (SPIRE) HPCI 전략 프로그램은 「교토」를 중심으로 한 HPCI를 최대한 활용하여, (1)획기적인 성과 창출, (2)고급 계산 과학 기술 인력의 창출, (3)최첨단 컴퓨팅 연구 교육 거점의 형성을 목표로 5개 전략 분야에서 "연구 개발" 및 "계산 과학 기술 추진 체제의 구축"을 추진하는 문부 과학성 HPCI 활용 전략 프로그램임
 - 일본 문부과학성은 K computer를 중심으로 전국 주요 슈퍼컴퓨터의 초고속연결망인 초고성능컴퓨팅인프라(HPCI; High Performance Computing Infrastructure)를 구축하고, 이를 활용한 HPCI 기반 전략프로그램(SPIRE)을 기획·추진
- HPCI 기반 전략프로그램(SPIRE)은 국가적 난제 해결과 국가경쟁력 확보라는 2가지 목적으로 추진하고 있음
 - 빈번한 지진, 쓰나미 등 재해를 포함한 국가적 문제에 대한 계산과학공학 연구개발을 통해 대응체계 구축
 - ※ 실제 K computer 활용 계산 과학에 근거한 수치 시뮬레이션 실험은 관측이 어려운 현상의 해명이나 기술 개발의 정밀도 향상 등에 크게 기여
 - 계산과학을 통해 세계를 선도하는 첨단 연구개발 추진 및 과학기술 분야 경쟁력 확보
 - ※ 정보 과학 기술 분야, 신물질 및 나노 기술 및 재료, 유전자 및 인체 분석, 환경, 방재, 항공우주 및 원자력 등 광범위한 분야에서 과학기술 분야의 국제 리더십 확보 목표
- 5대 전략분야* 9대 중점연구과제로 구성된 국가 R&D 프로그램(SPIRE)을 추진하고 있음
 - * 생명과학, 소재, 자연재해, 산업혁신, 우주기원
 - 2011~2015년까지 약 122억 엔 예산을 투입하고 있으며, 연도별 예산 현황을 다음 아래 표와 같음

<표 3-33> HPCI 전략 프로그램(SPIRE) 연도별 예산

(단위: 억 엔)

전략분야	예산 집행 추이					
	‘11년	‘12년	12년* (보정 예산)	‘13년	‘14년	‘15년
예측 생명 과학 · 의학 및 신약 개발 기반	493,529	493,530	61,000	493,674	441,910	397,910
신물질 · 에너지 창성	493,529	493,530	60,000	493,674	441,910	397,910
방재 · 감재를 위한 지구 변화 예측	493,529	493,530	161,000	597,674	441,910	397,910
차세대 제조업	493,529	493,530	112,500	493,674	441,910	397,910
물질과 우주의 기원과 구조	493,529	493,530	92,000	493,674	441,910	397,910
합계	2,467,643	2,467,650	486,500	2,572,370	2,209,550	1,989,500

* 보정 예산: 「교토」 활용 환경의 기반 정비, 개발 한 애플리케이션의 이용 촉진 (산업계와 지역사회에 보급)에 대한 환경 정비, 인재 육성을 위한 교육 전달 체계의 정비 관련 예산 추가

※ 출처 : HPCI 전략프로그램, 문부과학성 연구진흥국 참사관(정보담당) 산하 계산과학기술추진실, 2016.02

○ SPIRE 5대 전략분야 선정기준은 다음 아래와 같음

- 차세대 슈퍼컴퓨터의 능력이 필요한 과제인지 여부
 - ※ 해상도를 더 올려 계산시간을 길게 취하는 것으로 돌파구를 기대할 수 있는 과제
 - ※ 지금까지 부분적으로 밖에 할 수 없었던 문제에 대해 전체를 시뮬레이션함으로써 새로운 지식을 얻을 수 있는 과제
 - ※ 슈퍼컴퓨터를 활용하여 새로운 분야 연구 개발의 전개가 기대되는 과제
- 사회적·국가적 비추어 높은 요청이 있는지 여부
 - ※ 사회적 영향: 사회적 과제 해결에 기여, 혁신 창출에 기여 (산업 · 경제적 파급 효과)
 - ※ 과학 기술의 혁신: 새로운 과학의 개척에 기여, 기술적 파급 효과에 기여
- 슈퍼컴퓨터 가동 후 5년 동안 구체적 성과를 낼 전망이 있는지 여부
 - ※ 지금까지의 해당 분야의 연구 실적
 - ※ 연구에 필요한 응용 프로그램의 유무 완성도

- 계산 자원을 통해 사회적, 학술적 양면에서 연구개발 성과의 Breakthrough가 기대되는 5대 전략분야를 선정함('09년.7월)

<표 3-34> SPIRE 5대 전략분야별 주관연구기관

전략분야	분야명	주관연구기관	비고
1	예측 생명 과학·의학 및 신약 개발	이화학연구소	
2	신물질·에너지 창출	도쿄대 물성연구원(대표) 분자과학연구소 토호쿠대 금속재료연구소	
3	방재·감재에 기여하는 지구 변화 예측	해양연구개발기구	
4	차세대의 모노즈쿠리 (재료 및 산업혁신)	도쿄대 산업 과학 연구소 - 혁신 시뮬레이션 소프트웨어 연구 센터 우주항공연구개발기구 일본원자력연구개발기구	
5	물질과 우주의 기원과 구조	츠쿠바대(대표) 고에너지-가속기연구기구 국립천문대	

※ 출처: www.jamstec.go.jp/hpci-sp

○ 전략 분야 1: 계산 생명과학

- 생명체의 미세한 기능까지 전부 분석하고자 하는 생명 과학 패러다임의 변화가 급속히 진행되면서, 생명체를 분자 수준까지 분석하여 시뮬레이션을 통해 생명체의 전 기능 이해하고자 함
- ※ 특히 DNA 분석기 및 분자 측정 등의 측정 기술의 발달 가속화
- 생명체는 분자 수준에서 개체 수준에 이르는 계층을 이루고 있으며, 각 계층은 이질적 특징과 역동적 특징 보유
- ※ 이러한 복잡하고 역동적인 다중 계층 시스템으로서 생명체의 이해에 대한 보다 정밀하고 새로운 연구개발 체제 연구
- 따라서, 계산 생명 과학은 슈퍼 컴퓨터를 적극 활용하여 혁신적인 측정 기술에서만 들어지는 이종 빅 데이터를 효율적으로 분석하고, 역동적 다중 계층 시스템을 정합

하여 생명 시스템을 총체적으로 이해 필요

- ※ 계산 과학 역량을 통해 생명 과학 연구는 처음으로 예측 가능성과 제어 가능성을 획득 가능

○ 전략 분야 2: 신물질 및 에너지 창출

- 동일본대지진 이후 에너지 문제가 새로운 국면을 맞이하면서 에너지의 근원 및 물질 자체에 대한 연구개발 수요 증가에 따라, 세계적 수준의 K computer 성능을 활용하여 물질 과학의 새로운 패러다임을 구성함
 - ※ 일본 정부는 K computer를 포함한 HPCI 체계를 통해 대용량 시뮬레이션 및 분석을 수행하고 분자 제어 메커니즘, 희귀 원소, 에너지의 근원 및 창출(충전) 등에 대한 연구를 통해 새로운 물질과 에너지의 창출 기대
- 계산 물질 과학 이니셔티브 (CMSI; Computational Materials Science Initiative)라는 물성 과학, 분자 과학, 재료 과학을 모체로 하는 계산 과학 연구 분야 간 네트워크 형 조직이 전략 분야 2를 전담
 - ※ 도쿄 대학 물성 연구소, 자연과학연구기구 분자과학연구소, 토호쿠 대학 금속 재료 연구소 등 3 개 기관을 핵심 거점으로, 11개 협력 기관 및 계산 물질 과학 관련 대학, 연구 기관 및 기업들이 참여
- CMSI는 무엇보다 계산 물질 과학의 연구개발 기반 형성에 중점을 두고 있으며, 이를 위한 계산 자원의 개발 및 응용 지원
 - ※ 학술적 참여 뿐 아니라 사회 문제에 대한책을 강구하는 과학자 및 연구자의 네트워크 운영을 통해 계산 물질 과학의 사회적 참여 홍보 및 장려

○ 전략 분야 3: 방재 및 감재

- 지구 온난화에 따라 빈번히 발생하는 태풍, 쓰나미 등의 예측이 더욱 어려워지고, 대응 체계 뿐 아니라 재난을 예방하고 피해를 줄일 수 있는 사전적 연구 수요 증가하고, 태풍, 쓰나미 등 국가 재난 예방 및 대응 체계 구축에 기여하고자 함
 - ※ 지구 온난화시의 태풍 동향의 전 지구적 예측과 집중호우, 지진 위험도, 쓰나미 등에 대한 유형 분석 및 예측을 위한 고성능 연구개발 자원의 필요성 급증
- 해양연구개발기구(JAMSTEC)는 전략 분야 3의 대표 기관으로서 HPCI 체계를 활용한 방

재 및 감재 연구를 수행하며, 태풍, 지진, 해일 경보 등의 고정밀화와 피해 방지를 위한 시뮬레이션 연구를 수행하기 위해 전국의 대학·연구 기관들과 협력 연구 수행

※ 해당 분야의 기술 및 프로그램 개발, 분석툴 개발 등을 통해 계산 지구 과학 역량 향상

○ 전략 분야 4: 산업 혁신(차세대 모노즈쿠리)

- 새로운 패러다임의 제품 혁신, 프로세스 혁신, 안전사회 구축을 위한 제조업 혁신 연구 수행하며, 일본의 산업 경쟁력 강화와 동시에 계산 과학의 사회적·경제적 기여 확대를 목표로 함
- 신재료, 공정 혁신 등에 관한 학계 연구가 산업계와의 연계를 통해 제조 혁신으로 이어지고, 산업계의 경쟁이 학계 연구의 효율성 증진으로 이어지는 선순환 고리 형성
- ※ ① 사회 기반·가전 기기의 근본적 고효율화·소형화·저소음화를 실현하는 혁신 기술 창출 지원 시스템의 연구 개발 (제품 혁신)
- ※ ② 미래 사회를 향한 가치 창조·제품화 과정을 근본적으로 가속하는 차세대 설계 시스템의 연구 개발 (프로세스 혁신)
- ※ ③ 대규모 플랜트의 신뢰성을 근본적으로 향상시키는 차세대 안전성·건전성 평가 시스템의 연구 개발(안심 · 안전 사회 구축)
- 산업 과학 연구소 (Institute of Industrial Science), 도쿄 대학 (University of Tokyo), 일본 원자력 연구 개발기구 (JAEA) 및 항공 우주 탐사기구 (JAXA)과 협력하여 연구 및 개발을 촉진하고 전산 과학 및 기술을 발전시키는 프로그램
- ※ 동경대 혁신시뮬레이션연구센터(CISS) 중심으로 제조분야 세계 최고수준의 시뮬레이션 기술 개발 추진

<표 3-35> 제조 혁신을 위한 주요 연구 성과

연구 개발 명	연구 기관	주요 성과	비고
마이크로 유동 제어 장치를 이용한 유체 역학 설계 혁신	• 후지이 고조 교수, JAXA 우주 과학 연구소	• K 시뮬레이터를 K 컴퓨터에서 실행함으로써 유체 제어 시스템으로서의 효과 및 실현 가능성을 입증	
차세대 반도체 집적 소자의 카본 나노 구조물 공정 시뮬레이션	• 오노노 타카 히사 사무 총장, 국립 재료 과학 연구소 전산 재료 과학과	• 차세대 나노 구조 재료를 위한 최적 공정 설계 기술 개발을 통한 최적 설계 지침 제안	
난류의 직접 계산을 기반으로 한 차세대 유체 흐름 설계 시스템	• 카츠 치사치 교수, CISS	• 대단위 분석을 통한 예측 정확도의 획기적인 도약과 실험적으로 측정하기 어려운 비정상 난류 현상의 물리적 메커니즘 해결	
다목적 디자인 탐구를 통한 디자인 혁신	• 오야마 아키라 교수, JAXA 우주 과학 연구소	• 대규모 다목적 설계 최적화 문제에 사용될 수 있는 새로운 다목적 설계 탐색 기술을 개발 및 효과 입증	
대형 산업 플랜트의 차세대 지진 시뮬레이션	• 야마다 도모 노리 선임 연구원, JAEA 전산학 전산 시스템 연구 센터	• "K 컴퓨터"에서 종합적으로 분석 할 수 있는 차세대 지진 시뮬레이션 기술 개발 및 유용성 입증	

※ 출처: <http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/supercomputer/english/project>

○ 전략 분야 5: 물질 및 우주의 기원

- 계산 과학 인프라 활용을 장려함으로써 지구 과학 분야의 다양한 가설 검증 및 실험을 가능하게 노력
- 빅뱅의 시작부터 별·은하 형성에 이르기까지 물질과 우주의 기원을 이해하고 그 구조를 파악하여 지구 및 우주 질서에 대한 이해 증진

■ [일본] 일본산업 경쟁력회의를 개최하여 아베노믹스 성장전략인 「2016 일본 재흥전략(再興戰略)」을 발표('16년.5월)

○ ICT, AI를 활용한 생산성 제고를 통한 '제4차 산업혁명'을 선도하기 위한 10대 방안 제시

<표 3-36> 민관 전략 프로젝트 10대 방안

구분	3대 부문	전략 분야(부가가치 창출액)	중점 시책
1	새로운 유망시장 창출	제4차 산업혁명 실현: IoT, 빅데이터, AI, 로봇 (30조엔, '20년)	• 제4차 산업혁명민관회의 설치 • 새로운 규제제도 개혁 메카니즘 도입 • 국가전략특구 활용 • 중견·중소기업의 데이터 활용 플랫폼 구축 • 이노베이션·벤처 강화 • 도전정신이 넘치는 인재 육성
2		세계 최첨단 건강입국 (26조엔, '20년)	• 건강예방 보험서비스 활용 • 로봇 센서를 활용한 간병 부담 경감 • 빅데이터 활용에 따른 진료지원 • 혁신적 신약 개발 • IoT 활용 맞춤형 건강서비스
3		환경에너지 제약 극복 및 투자 확대 (28조엔, '30년)	• 에너지 절약 및 자원안보 강화 • 전력량 거래시장 설립('17년) • 연료전지차 본격 보급 및 수소사회 실현
4		스포츠산업확대 (15조엔, '25년)	• 스포츠와 IT·건강·관광·패션산업과 융합·확대
5		기존 주택 유통·리모델링 활성화 (20조엔, '25년)	• 자산가치를 평가하는 유통금융시스템 구축
6	로컬 아베노믹스 발전	서비스산업 생산성 향상(410조엔, '20년)	• 생산성 향상을 2%로 2배 증가
7		중견·중소기업 사업자 혁신	• 지역 벤처마킹을 활용한 성장 자금 공급, IT 활용 촉진
8		농림수산업 개혁 및 수출 촉진(10조엔, '20년)	• 농지집약, 생산자재 비용 절감 및 유통구조 개혁 • 스마트 농업, 산업계간 연계 체제 구축
9		관광입국 실현 (15조엔, '30년)	• 지역 관광경영 개선, 관광경영인재 육성, 국립공원 브랜드화 등
10	국내소비 진작	민관협력을 통한 소비 진작	

※ 출처: 名目GDP600조엔に向けた成長戦略 (「日本再興戰略2016」の概要, 수상관저, 2016

■ [중국] 3개 슈퍼컴퓨팅센터 중심의 HPC 활용 기초·거대과학 연구 추진

- 3개 지역 국가슈퍼컴퓨팅센터*를 통한 HPC 활용 및 기초·거대과학연구 지원 강화
 - ※ 국가슈퍼컴퓨팅선진센터(HPC SW 플랫폼 서비스), 상하이슈퍼컴퓨팅센터(거대과학 및 기업 신제품 R&D 지원), 베이징계산과학연구센터(기초과학분야)
- (상하이슈퍼컴퓨터센터) 2000년 12월에 설립된 상하이 슈퍼 컴퓨팅 센터는 고성능 컴퓨팅, 상하이의 중요한 정보 기술 인프라 스트럭처로써, 국가 과학 기술 진보와 혁신에 하이엔드 컴퓨팅 서비스 제공

<표 3-37> 상하이슈퍼컴퓨터센터의 주용 기능 및 역할

구분	주요 기능 및 역할
물리학 및 화학	• 주로 HPC 분자 역학, 양자 역학 분야에 대해서 계산에 의해 시뮬레이션 시스템의 미세한 동작 연구
생물 및 의학	• 단백질 연구, 유전자 비교, 약물 스크리닝, 장기 시뮬레이션 연구
천문학	• 은하계 진화의 뉴턴 식 방법, 아스트랄 포스 필드 (Astral Force Field) 및 다른 거시적 개체의 사용을 중심으로하는 고성능 계산 연구
기후 기상학 및 환경 과학	• 기후 변화를 예측하고 기후 변화와 환경 영향 연구
토목 공학	• 설계 및 시공 공정 시뮬레이션 다른 지질 조건과 환경에 대한 대규모 프로젝트 분야의 복잡한 문제 해결
자동차	• 대형 선박의 수력학적 성능 향상을 위해 수치 시뮬레이션을 통해 선박의 추진 시스템 개선
선박	• 자동차 설계, 성능 분석, 안전성 평가 및 개선의 수치 시뮬레이션
항공 우주	• 항공기 설계, 비행 시뮬레이션 연구
철강	• 생산 설비 및 생산 공정 시뮬레이션
신소재, 새로운 에너지	• 나노 물질, 원자력 공학, 태양 에너지 등 신소재의 설계 및 특성, 새로운 에너지 사용 및 개발 연구

※ 출처: <http://www.ssc.net.cn>

- "Rubik 's cube"(새벽 5000A), "Hummingbird" 2 대의 고성능 컴퓨터를 보유하고 있으며, 총 250t / 초 (250Tflops) 이상의 컴퓨팅 성능을 갖추
- 상하이의 중요한 정보 인프라 및 개방형 공공 서비스 플랫폼으로서 상해 지역의 사용자에게 고품질의 고급 컴퓨팅 서비스 제공
- 물리학 및 화학, 생물학 및 의학, 천문학, 기후 기상학 및 환경 과학, 토목 공학, 자

동차 및 선박 설계, 항공 우주, 철강, 신소재, 새로운 에너지 및 기업 제품 개발 및 디자인 역량 향상

○ (베이징전산과학연구센터: CSRC: Computational Science Research Center)

2009년 8월에 설립된 CSRC는 수학, 기계, 물리, 화학, 재료 과학 및 전산학의 다양한 영역에서 현재 및 중요한 문제를 다루는 전산 과학 연구 수행

- 전산 모델링 및 시뮬레이션이 중요한 역할을 하는 자연 과학 및 공학 분야의 웅장한 도전 프로젝트의 개발 및 구현 지원
- 학술 및 기술 교류 및 발전을 지원하기 위해 종합적이고 국제화된 연구 플랫폼을 구축하여 과학자와의 협력 개발 및 유지
- CSRC는 42명의 교수진, 2명의 엔지니어, 41명의 부교수, 103명의 박사후 연구원 및 95명의 대학원생들로 구성. 주요 7개 연구 분야는 물리 시스템, 양자 물리 및 양자 정보, 재료 및 에너지 시뮬레이션 시스템, 응용 및 전산 수학, 역학 및 알고리즘임



<그림 3-21> CSRC 연구자 구성 현황('17년)

※ 출처: <http://www.csrc.ac.cn>

- 2016년 과학 기술부, 국가 기금, 산업부, 박사후 연구 기금 및 병원 및 기타 연구 프로젝트에, 총 84 개 과학 연구 계약 총 자금 1억 2천만 위안 투입³⁷⁾

○ (심천 국립 슈퍼컴퓨팅센터) 고성능 컴퓨팅을 활용하고 중국 남부, 동남아시아 및

37) CSRC Annual report 2016 p49-50

남동부 지역의 컴퓨팅 플랫폼 제공

- 강력한 컴퓨터 클러스터와 풍부한 유틸리티 소프트웨어를 활용하여 기업, 기관 및 과학 연구 기관에 자원과 엔지니어링 컨설팅 서비스 제공³⁸⁾
- ※ (응용 영역) 전산 생물학 및 생물 정보학, 전 지구 및 대기 과학, 전산 화학 및 전산 물리학, 데이터 분석 및 데이터 마이닝, 전산 유체 역학, 전산 고체 역학 등
- ※ (클라우드 컴퓨팅 서비스) 사용자들이 보다 쉽게 이용할 수 있도록 편리한 관리, 높은 안정성, 확장성 및 높은 보안성이 장점인 클라우드 컴퓨팅 서비스 제공
- ※ (산업 시뮬레이션) 상용화 산업 시뮬레이션의 응용 프로그램 서비스 제공. 산업 시뮬레이션 클라우드 플랫폼은 가공 기술 분석, 모듈 설계 최적화, 기계 부품 설계 및 성능 분석, 전자기 호환성 분석 그래픽 렌더링, 가상 어셈블리, 가상 용접 포함
- ※ (중소 기업 클라우드) SaaS 및 PaaS 모듈의 클라우드 컴퓨팅 애플리케이션 시스템 구축 및 중소기업용 애플리케이션 서비스 제공, SME 클라우드 플랫폼은 시장 및 판매 관리 시스템, 고객/주문/계정/서비스 관리 시스템 및 운영 지원 관리 시스템과 같은 기능 모듈 포함
- ※ (E-정부 클라우드) 전자 정부 업무 클라우드는 행정 서비스의 효율 적용, 정부 업무에 대한 평가, 대중의 정서에 대한 모니터링 및 OA 서비스와 같은 기능 포함
- ※ (건강 클라우드) 민간 전자 건강 기록을 기반으로 보건 시스템을 다루는 정보 공유 플랫폼 설정. 건강 클라우드 플랫폼은 전자 건강 기록 관리, 건강 정보 서비스, 병원 정보 시스템, 원격 건강 관리, 자동 신체 검사와 같은 기능 모듈 포함
- ※ (렌더링 클라우드) 클라우드 컴퓨팅을 통해 영화, 비디오 및 애니메이션과 관련된 기업의 렌더링 컴퓨팅 기능을 동적으로 확장. 렌더링 플랫폼은 외부 인터페이스, 작업 관리 서버, 스토리지 서버, 관리 서버 및 대용량 렌더링 노드로 구성
- ※ (전자 상거래 클라우드) 전자 기업의 운영비용 절감 및 기업 발전 향상을 위한 전자 상거래 서비스 제공. 전자 상거래 클라우드 플랫폼은 포털 웹 사이트의 애플리케이션 및 관리, 온라인 고객 서비스, 데이터 마이닝과 같은 기능 모듈 서비스 포함

38) <http://www.nscsz.gov.cn/en>

2) 주요 국가 및 기관의 응용분야별 활용 연구 동향

■ 기상관련 수치 예측 시스템 개발 동향

- 수치예보 선진국들은 관심 영역인 자국영토에 대하여 매우 세밀한 예측정보를 생산하고 이를 방재 및 서비스에 적극 활용
 - 스톱규모 (1km 이하)의 모의가 가능한 수치예보 모델들이 단중기 예보업무에 활용되고 수평해상도 10km이하의 전지구예보모델 실용화
 - 앙상블예측기법을 활용한 확률적 위험 기상 예측 활성화
 - ※ 일부 앙상블에서는 초기섭동 뿐만 아니라 다중모델 또는 다중 물리과정과 물리과정 경향에 대한 섭동방법(Perturbations of Physics Tendencies, PPT)을 이용
 - 기상위성, 레이더, GPS 등 비종관 관측자료의 동화 비중 확대
- 빅데이터 활용에 대한 관심이 높아지면서, 우리 생활 주변에서 다양한 형태의 빅데이터 관측을 확보하여 활용하는 방안들이 제안
 - 자동차나 핸드폰에 관측센서를 달아 사람들이 활동하는 지역을 중심으로 막대한 양의 관측 빅데이터를 확보하고 이를 모아 자료동화에 활용하는 방식
- 현재 세계적으로 가장 관심을 받고 있는 자료동화 기술은 4차원변분법(4DVAR)과 앙상블자료동화를 결합한 융합형 자료동화기술
 - 유럽중기예보센터(ECMWF)를 포함한 대부분의 선진국 기상센터들은 4차원변분법(4DVAR)을 넘어 Hybrid system 또는 4D 앙상블 변분자료동화시스템 개발 진행 중
 - ※ (미국) Navy, FNMOC, NRL : 10km/ 2.5km for nests (~'20년 목표)
 - ※ (미국) NCEP : Hybrid enKF-4D Var M8 0(~'20년 목표)
 - ※ (유럽) Met Office : 4D-Var/EnKF; 1.5km (~'20년 목표)
 - ※ (프랑스) Meteo France : 3D-Var; ~1.0km (~'17년 목표)
 - ※ (독일) DWD : LETKF (M40); 2.2km (~'17년 목표)
 - ※ (러시아) HMC : Nduging: 13.2, 6.6, 2km (~'17년 목표)
 - ※ (캐나다) CMC : RENKF 10km, RENKF 2.5km (~'20년 목표)
 - ※ (일본) JMA : 4D-Var, 15km/ 3D-Var, 5km (~'17년 목표)

■ 기상관련 수치 예측 관련 주요 기술 동향

- (미국) 영국, ECMWF와의 협업을 통해 기존의 전지구 모델을 대체할 새로운 전지구 모델 개발 중, 미국 기상연구소(NCAR)는 2016년에 5.3PF의 초고성능컴퓨터를 도입하였으며, 2021년까지 기상·기후 수치모델링 연구에 활용할 예정임
- (유럽) 유럽 중기예보센터(유럽 34 개 회원국에서 지원하는 독립적인 정부간 기구, 4.25PF 성능의 초고성능컴퓨터 2대 운영)는 유럽의 일기 예보를 위해 설립된 기관이며 이곳에서 운영되는 전 지구 모델은 예측성능 세계 1위에 해당함
 - 9km 해상도의 전지구 모델을 운영 중이며, 세계 1위 성능 유지를 위하여 초고해상도 전지구 모델 개선 계획(5km → 2.5km → 1.25km) 수립함
- (영국) 수 시간에서 수십 년에 이르는 모든 시간 규모와 지역에서 전지구에 이르는 공간 규모를 아우르는 예측시스템을 구현하는데 집중함
 - 약 8.1PF의 초고성능 슈퍼컴퓨터 도입으로 전지구 모델의 해상도를 17km에서 6km까지 상세화 할 예정이며, 지역모델의 경우 1.5km의 해상도를 약 300m까지 축소할 계획임
- (일본) 현재 전 지구(해상도 20km), 동아시아지역 모델(해상도 2km), 전 지구 앙상블 모델을³⁹⁾(해상도 60km) 운영 중이며, 새로운 역학체계를 반영한 전 지구 예측 시스템 개발 중에 있음
- (국내) 영국기상청 통합모델을 '10년부터 도입·운영하며, 한반도에 적합하도록 모델 개선을 통해 수치예측성능 향상을 목표로 하고 있음
 - '15년 기준, 전 지구 수치예보모델을 보유하고 슈퍼컴퓨터를 운영하는 13개 국가 중에서 수치예보 기술력
 - ※ 전지구 수치예보모델의 '+5일 예보'에서 500hPa의 고도오차로 측정(WMO 기준)은 **세계 6위 수준**
 - 현재 기상청의 수치예보시스템은 전지구예보시스템(GDAPS), 전지구앙상블예측시스템(EPSP), 지역예보시스템(RDAPS), 국지예보시스템(LDAPS), 국지확률예측시스템

39) 앙상블 모델: 결정론적 모델(단일모델)의 단점인 초기조건과 수치예측의 불확실성에 따른 예측의 오차를 극복하기 위하여 여러 형태의 초기조건에 대한 예측결과를 이용하여 확률적으로 예측하는 수치모델

(LENS), 초단기 분석 및 예측 시스템(KLAPS)과 해양기상, 황사, 통계 등 각종 응용 시스템으로 구성하고 있음

- ('16년) 수치모델 물리과정 진단·개선을 통한 강수정량예보 정확도 개선 및 한국형 수치예보모델 시험예보시스템의 핵심 모듈 구축 완료 및 시험 예보 시스템 개발함



<그림 3-22> 기상청 현업 수치예보 시스템

- (한국형 수치예보모델 개발) 2019년까지 기상청에서 현업으로 운영할 수 있는 세계적 수준의 수치예보시스템 “전지구예보모델과 자료동화시스템” 개발
 - ※ ‘한국형 수치예보모델’이란 최첨단 기술 수준에 있는 단위 프로그램들의 집목을 인정하면서, 아웃소싱을 포함한 국내외 협력을 통해 현업운용을 목적으로 연구 개발된 세계적 수준의 전지구 수치예보모델과 자료동화시스템
- 중장기적으로 수치모델링 분야에서 외국의 기술력에 의존하지 않도록 원천기술 확보
 - ※ ('13) 한국형 수치예보모델 핵심모듈 개발, 모듈 집합 프레임워크 개발
 - ※ ('14) 한국형수치예보모델 시험예측시스템 초기버전 개발
 - ※ ('14) 역학코어, 물리모수화, 자료동화 모듈 완성

- ※ ('16) 수치모델 물리과정 진단·개선을 통한 강수량예보 정확도 개선
- ※ ('16) 한국형 수치예보모델 시험예보시스템의 핵심 모듈 구축 완료 및 시험예보시스템 개발



<그림 3-23> 한국형 전지구 수치예보모델

■ 인공지능 및 빅데이터

- (글로벌) 인공지능 시대 진입, 구글의 알파고, 왓슨, 챗봇, 아마존 음성 비서 알렉사 등은 인공지능의 성공 가능성을 보여주는 사례, 그러나, 인공지능 시대 진입을 위해 해결해야 하는 AI 핵심 기술 개발이 필요함
 - 응용시스템 개발 현황 : 왓슨, 알파고, 자율주행차, 음성비서 시스템
 - AI 핵심 기술 개발 : Deep Learning 관련 기술이 주도, Deep Learning 프레임워크 개발 및 보급으로 시장의 주도권을 잡기 위한 노력 진행 중, 알고리즘 발전과 병행하여 뉴로모픽 칩, 양자컴퓨팅 등 인공지능에 특화된 하드웨어 개발을 위해 노력 중



<그림 3-24> 인공지능, 빅데이터, 머신러닝, 딥러닝
기술간의 관계

※ 출처: Matthew Mayo, “The Data Science Puzzle, Explained,” KDnuggets, 2016

○ (국내) 사회 전 분야에서 4차 산업 혁명 시대를 준비하는 양상, R&D도 기존 기술에 인
공지능 기술을 접목하고 있음

- 응용시스템: 엑소브레인(ETRI), 딥뷰 프로젝트, 음성비서(삼성, KT등), 왓슨 총판(SK C&C), 네이버, 다음카카오, 게임업체 및 중소기업(솔트룩스, 디오텍, 스탠다임 등)
- 서비스 및 인프라 현황: 인공지능/빅데이터 시스템을 개발하고자 하나 관련 인력이 절
대적으로 부족한 상황으로, 현재 과학기술정보통신부 산하, 지능정보사회추진단에서 제4
차 산업혁명에 대응하여 지능정보기술 확산에 따른 경제, 사회의 미래 변화상을 예측하
고, 바람직한 지능정보사회 실현을 위하여 국가 차원의 중장기 종합대책 수립 및 추진
중에 있음⁴⁰⁾
- 빅데이터 관련한 인프라 및 컨설팅 서비스 제공(클러스터형 서버 제공)
 - ※ 정보화진흥원 빅데이터센터, 서울시 빅데이터센터, 경기도 빅파이센터, 세종대학교 빅
데이터산학연구센터
- 기술개발 : 기술 개발, 인공지능을 위한 칩 개발 계획 진행중, AI핵심기술에 대한 연
구는 응용시스템 개발하면서 부분적으로 진행중 또는 학계에서 연구 진행

40) 4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책, 과학기술정보통신부, 2017.04

<표 3-38> 해외 인공지능 관련 기술 동향

구분	기술 동향	출처
IBM	- Watson 슈퍼 컴퓨터는 80 teraflops의 속도로 처리 - Watson은 2 억 페이지가 넘는 결합 된 데이터 저장소로 90 개의 서버 액세스장치와 그 데이터는 10 개의 냉장고를 수용 할 수 있는 공간에 독립적으로 보관됨 600 만 가지 논리 규칙을 처리 2,880 processor cores, 15 terabytes of RAM, 500 gigabytes of preprocessed information	Margaret Rouse, "IBM Watson supercomputer," Whatis.com
Cray	- AI를 지원하기 위한 슈퍼컴퓨터 발표 - Cray CS-Storm 500GT 및 CS-Storm 500NX - 두 제품 모두 Nvidia의 Pascal 기반 Tesla GPU와 작동하도록 설계되었지만 서로 다른 기능 세트 및 기능을 제공 - CS-Storm 500GT는 Nvidia의 Tesla P40 또는 P100 GPU 가속기를 포함하여 최대 8 x 450W 또는 10 x 400W 가속기 지원	Joel Hruska, "Cray Announces New, AI-Focused Supercomputers," ExtrmeTech, May 11, 2017
마이크로소프트	- 클라우드 기반 데이터 센터에 강력한 실리콘 FPGA 설치 - 급성장하는 인공지능 분야에서 마이크로소프트사의 Azure 인공지능 컴퓨팅 플랫폼이 강력한 경쟁 우위를 확보하고자하는 목표 추구	Dan Richman, "Microsoft demonstrates the world's 'first AI supercomputer,' using programmable hardware in the cloud," September 26, 2016, GeekWire
구글	- 이를 위해 TPU 포드 (Pods)라고 불리는 64 개의 TPU를 통합하여 11.5 페타 플롭의 연산 능력을 갖춘 슈퍼 컴퓨터로 효과적으로 전환 할 수있는 방법 개발 2세대 TPU는 180 teraflops의 컴퓨팅 파워 제공 목표 - 알파고는 1 petaflops 정도의 계산속도 소요	Nick Statt, "Google's next-generation AI training system is monstrously fast," May 17, 2017, THEVERGE
일본	- AI 브리징 클라우드 컴퓨터 (AIBC)를 만들기 위해 195 억엔 (140 백만 파운드) 예산 투입 계획 130 petaflops의 속도 목표	"Japan kicks off AI supercomputer project," 28 November 2016, BBC.com
GPU 국제 학회	- GPU 기술국제학술대회에서 GPU를 이용한 은하수 시뮬레이션 발표 - 슈퍼 컴퓨터가 주로 담당하던 과학적 시뮬레이션은 향후 AI가 대체할 수도 있다는 관측 대두	Nicole Hemsoth, "When Will AI Replace Traditional Supercomputing Simulations?," May 15, 2017, TheNextPlatform
Uni. of Florida	단백질 구조를 인식하고 어떻게 붕괴되는지 예측하는 데 인공지능을 사용하는 실험중	

■ 지진·재난

- (미국) 국가 지진위해저감 프로그램(NEHRP)의 참여기관인 국가과학재단(NSF)은 2004년도에 NEES(Network for Earthquake Engineering Simulation)을 창설하여 슈퍼컴퓨터 센터 주도로 지진영향 및 지진피해 연구를 진행하고 있음
- (일본) 포스트 K 프로젝트를 통하여 고성능컴퓨터 개발 사업에 2014년부터 약 6년간 1천억 엔의 예산을 투자하고 있으며, ‘지진, 지진해일에 의한 복합재해의 통합적 예측시스템의 구축’이 포스트 K 프로젝트의 중점과제 9개 중 하나인 방재·환경문제 과제에 포함
- (유럽) 유럽의 초고성능컴퓨터육성전략을 지원하는 프로그램으로 Horizon 2020 의 ‘Work Programme 2016-2017’ 보고서에 ‘Research Infrastructures for earthquake hazard’로 지진재난 연구과제가 기획되어 공고함
 - EU 집행위원회는 지진학 및 지진피해경감 연구를 위한 프로젝트를 EU 연구개발기본계획에 반영하여 초국가적인 연구 수행을 진행함
- (중국) 중국은 1980년대 후반부터 863계획, 973계획, 클라우드 프로젝트 등을 추진하며 초고성능컴퓨터 개발과 발전에 투자하였으며, 초고성능컴퓨터를 활용한 지진 예방 피해저감 관련 과제는 중국지진국(中国地震局)에서 담당하고 있음
 - 중국지진국은 5년마다 발표되는 중국경제개발계획의 지침에 따라 지진예방 피해저감 계획 시스템을 제정하고 있음
- (국내) 거대계산을 활용한 지진 재난 시나리오 전체를 통합하는 기술이 미비하고 개발이 이루어지지 않음

<표 3-39> 지진 재난 통합 시뮬레이터를 구성하는 개별 기술의 수준 비교

구분	국내수준 (%)	최고수준 국가	기술격차 (년)	주요성과
지진파 전달 특성	75	미국 일본	5	-3차원 지각속도구조를 이용한 지진파 전파 수치모의
지진동 감쇠 및 강진동 모사	55	미국 일본	8.5	-주파수에 따른 감쇠효과 -한반도 및 주변지역 지진파 감쇠 특성 규명과 강지진동 수치모의 체계 구축
부지 응답 스펙트럼 작성	70	미국	10	-주요 시설물들의 국외스펙트럼의 선별적 고유화를 통한 실제 설계 적용 -지진관측소 부지 공명주파수 분석 -실제 국내 지진기록을 이용한 부지 응답 스펙트럼 작성은 현시점에서 불가능
지진피해 평가·예측 기술	70	미국 일본	7.5	-원전부지 등 주요시설을 중심으로 지진 재해평가기술 향상 -지진응답 증폭 정보 및 이를 통한 발생 가능 지진피해 정도 예측, 일부도시 시범적용
지진 비상대응체계	50	미국 일본	7.5	-

※ 출처: '지진·지진해일·화산업무 발전계획 연구'보고서, 기상청, 2015.10

■ 가상원자로 개발

- (미국) CASL(Consortium for the Advanced Simulation of Light Water Reactors) 프로젝트 운영
 - 원자로의 출력증강 및 수명연장 등의 성능 개선을 위한 가상원자로 VERA(Virtual Environment for Reactor Applications) 개발함
 - DOE 주도의 Innovation Hub 사업으로 약 20여개의 산학연 기관 참여
 - 제2의 Manhattan Project로 불리는 대형 사업으로 1단계 (2010년~2014년, 예산 1400억 원)연구목표는 성공적으로 달성되어 원자로 내부 불순물 침착에 의한 출력 분포 이상 현상 예측에 활용되는 등 산업체의 안전 현안 해결을 위한 도구로 사용됨
 - 가상원자로는 ORNL (Oak Ridge Nat. Lab.) 의 슈퍼컴퓨터 TITAN (17.59 PF) 시

시스템을 활용하여 운영함

- 개발 초기 가상원자로 계산 시간 (328,457 cpu-hr)은 최적화를 통하여 약 100배의 계산 속도 개선 (2,540 cpu-hr)을 달성함



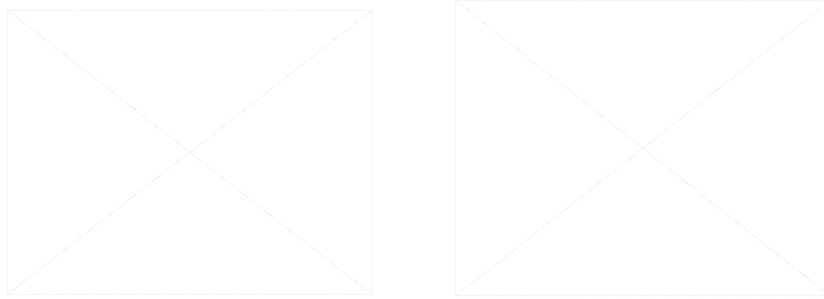
<그림 3-25> 슈퍼컴퓨터 활용 VERA 성능 개선

※ 출처: www.casl.gov/vera

- 현재 2단계(2015년~2020년, 예산 1400억원) 연구개발을 수행 중임

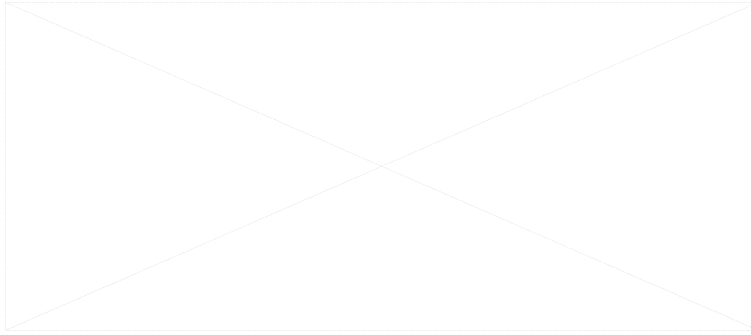


<그림 3-26> 가상원자로(VERA) 구성도



<그림 3-27> 가상원자로 출력분포(좌) 및 불순물 침착(우) 시뮬레이션

- MOOSE (Multi-physics Object-Oriented Simulation Environment) 플랫폼개발 : INL(Idaho National Lab.)을 중심으로 수행하고 있는 원전 모델 및 시뮬레이션 소프트웨어 개발 프로젝트



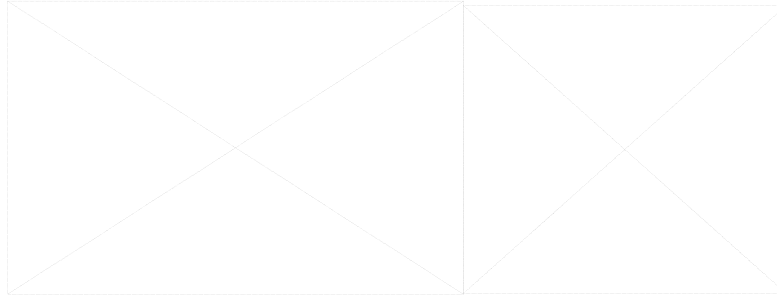
<그림 3-28> MOOSE 플랫폼 개발 프레임

- (유럽)13개국 18기관이 참여한 원전 시뮬레이션 플랫폼 NURESIM(Nuclear Reactor European Simulation Platform) 개발 프로젝트 운영 중에 있음(2005년~)



<그림 3-29> NURESIM 프로젝트 참여국 현황

- 원전 다중스케일, 다물리 해석 플랫폼 공동 개발 및 참여 회원국에 제공
- 원자로 노물리 해석, 열수력 해석, 코드 통합, 불확실도 분석 등의 분야별 SOA (State Of Art) 소프트웨어를 개발함
- 원전 노후화에 따른 냉각재 배관 및 원자로 압력용기의 건전성 평가를 위한 가압열충격(PTS, Pressurized Thermal Shock) 현상 해석에 적용



<그림 3-30> 원자로 냉각재 배관 가압 열충격 해석

- (국내) 국내에서는 가상원자로 개발을 위한 원전 선진국 수준의 대형 연구개발 사업은 진행된 바 없으며 가상원자로 구성 요소기술 (노물리 해석기술, 열수력 해석기술, 핵연료구조 해석기술, 중대사고 해석기술) 개발과 관련한 소규모 연구들이 개별적으로 수행하고 있음
- 한미 국제공동연구과제를 통한 수치원자로 개발
 - ※ 원자로의 핵적, 열수력적, 열기계적 현상의 고신뢰도 통합 모의를 위한 수치원자로 핵심기술 개발을 목표로 수행함
 - ※ 한·미 국제공동연구과제(I-NERI Project, 2001년~2004년)로 진행되었으며, 한국 측은 9억원의 연구비를 부담하여, 한국에는 KAERI와 서울대학교, 미국에서는 ANL과 Purdue대학이 참여함
 - ※ KAERI에서는 세계최초로 전노심 중성자 수송해석 코드인 DeCART 개발 성공



<그림 3-31> I-NERI Project 기관별 연구 수행 체계

- 초병렬 고신뢰도 가상원자로 구현을 위한 원천기술개발사업 (2016년~2021년)
 - ※ 노물리 해석 코드의 초병렬화를 통해 국내 최고수준 대비 20배 이상 빠른 계산 성능 목표임
 - ※ CPU 및 GPU 가속기를 혼용한 이기종 병렬 선추적 계산법 개발
- 과기정통부 원자력기술개발사업(2007년~2016년)의 일환으로 진행 중인 기기스케일 코드 및 관련해석 기술 개발 연구
 - ※ 다차원 기기스케일 열수력 해석 코드 CUPID를 개발하여 국내외 기술격차를 줄이기 위한 기반 구축
 - ※ 2017년부터 시작된 제5차 원자력연구개발사업에서는 CUPID 코드 기반의 원자로 핵연료 봉단위 열수력 과도현상 해석 기술 개발을 위한 연구 수행 중



<그림 3-32> CUPID 코드 원자로냉각재 혼합(좌) 및 안전주입수탱크(우) 시뮬레이션

－ 핵연료구조 해석기술

- ※ 국내 핵연료 해석 코드 체계는 정상 상태에 국한되어 2000년대부터 개발을 시작되었으며, 한국원자력연구원에서는 INFRA, COSMOS 코드 시스템을 개발하였으며, 한전 핵연료 주식회사에서는 인허가를 획득한 ROPER 코드를 개발함
- ※ 반면, 설계기준사고에 대한 핵연료 성능 평가 코드 체계는 국내에서 개발한 사례가 없으며, 해외 코드 체계인 FRAPTRAN(USNRC 개발)를 활용하고 있음
- ※ 2017년부터 시작된 제5차 원자력연구개발사업에서는 예측 정확도 개선을 위하여 유한요소법에 기반한 다차원 해석 코드를 개발 중에 있음

－ 중대사고 해석기술

- ※ 최근 원전 수출 및 SMART 원전 개발을 위한 국내 기반 기술 확보의 필요성이 커짐에 따라 산업부 과제로 국산 중대사고 경위해석 코드인 CINEMA 코드를 개발 중

<표 3-40> 원전 선진국 대비 국내 가상원자로 기술 개발 수준 비교

가상 원자로 요소 기술	국내 수준 (%)*	최고 수준 (%)*(국가)	요구 계산량	개발 전망
노물리 해석	90	95 (미국)	중성자 수송방정식 계산: 약 3억개 격자, 3TB 메모리 Monte Carlo 계산: 250,000 core-hours	현재 기술의 예측 불확실도가 10% 이내로 성숙단계에 있으며 계산속도 향상 등의 최적화 연구 필요
열수력 해석	70	80 (유럽연합)	성능해석: 약 10억개 격자 (RANS CFD), 사고해석: 약 3백만개 격자, 약 200 개 2상유동 물리 모델	성능해석의 경우 단상 CFD 해석 기술 및 사고해석의 경우 2상유동 기기스케일 해석 기술의 개선 및 검증 필요
핵연료 구조해석	70	90 (미국)	약 5억개 FEM 격자	대규모 계산을 위한 성능 최적화 및 유체-구조 연계해석 기술 개발 필요
중대사고 해석	60	70 (일본)	원자로구조해석: 약 1억개 FEM 격자, 원자로건물 CFD 해석: 약 10억 개 격자, 원자로용융해석: 열수력 해석 격자수	다양한 물리현상에 대한 해석 기술의 예측 불확실도가 가장 큰 분야로 장기적 연구개발 계획 요구
코드 연계 해석	80	90 (미국)	—	이종 소프트웨어 연계 해석을 위한 알고리즘 개발
가상원자로 플랫폼	50	95 (미국)	—	계산과학 전문 분야와의 협력 연구 필요

* 가상원자로개발 완료시점 대비

■ 계산과학기술 기반 가상 발사체 개발

- (주요국) 각국의 우주 개발의 로켓엔진 연소해석코드를 자체 개발하여 사용하거나 상용코드를 이용하는 경우도 자체기술을 활용하고 있음
 - SpaceX의 경우 화성탐사를 위한 발사체 및 Raptor엔진 개발 등에 슈퍼컴퓨팅을 활용 중임
 - 유럽에서는 CNRS 등에서 요소기술 기초연구를 바탕으로 한 산학연 협력 연구로 세계 최고 수준의 액체엔진 연소불안정 해석환경구축, 개발 활용 연구
 - 그리고 일본은 JAXA의 JEDI 센터에서 항공우주과제 해석 팀을 운용, 해석 프로그램 자체 개발, 실무 문제 및 차세대 발사체 해석에 대한 연구지원 수행 중
- (국내) 발사체 엔진개발분야 해석연구는 상당 수준의 설계/해석 기술 축적에도 불구하고 인력의 제한, 외부리소스 활용의 한계, 상용해석 S/W 라이선스 비용 등의 문제로 설계/개발에 슈퍼컴퓨팅을 활용하지는 못하고 있는 상황임. 그리고 기초연구를 통한 추진기관 연소연구는 요소기술 위주의 연구가 진행되었으나, 체계적인 통합, 연계 프로그램의 부재로 엔진개발에 활용되고 있지는 못한 상황임
 - 상용소프트웨어: 액체로켓 엔진을 위한 해석 기능이 미비하여 연구자에 의한 기능보완이 필요
 - 국내 개발능력: 우주 개발에 필요한 다양한 설계 및 해석 요소 기술은 해외 도입 또는 자체 개발을 통하여 보유하고 있으나, 다분야 연계 해석이나 슈퍼컴퓨팅 활용은 극히 저조함

■ 인-실리코 신약개발

- (미국) 생명 현상에 대한 총체적인 이해를 가능하게 할 수 있는 장기적인 로드맵을 “Genome to Life”라는 제목으로 제시하고 체계적인 접근을 시도해 오고 있고, 이 로드맵의 전 과정을 통하여 슈퍼컴을 활용한 고성능 컴퓨팅이 중심적인 역할을 할 것으로 전망함



<그림 3-33> Genome to Life 로드맵

- (일본) 2014년에 미래 고성능컴퓨팅의 활용에 대한 연구를 통하여 “Social Contributions and Scientific Outcomes aimed for by innovations through Large-Scale Parallel Computing”이라는 제목으로 계산과학의 로드맵을 발표



<그림 3-34> 생명과학과 관련된 분야에서 슈퍼컴퓨팅 활용 계획

■ 천문우주 난제연구

- 천문우주 분야의 초고성능컴퓨팅 활용은 오랜 역사를 가지고 있으며, 해외 각국의 초고성능컴퓨팅 활용의 대표 영역으로, 천문우주 연구부문에서 High Throughput Computing, High Performance Computing, Data-Intensive Scalable Computing 이 상호 연결되어 활용됨
- (미국) 미국의 경우 주로 NASA, NSF, DOE를 통하여 천문우주 분야에서의 computation-intensive 및 data-intensive 과학연구를 모두 지원하고 있음
 - (NASA) High-End Computing Capability를 통해서 NASA 연구 과제를 수행하는 연구자들이 선택된 과제들을 수행하는데 요구되는 초고성능컴퓨팅 환경을 지원함
 - (NSF) 의회에 제시한 정책 방향인 “10 Big Ideas for Future NSF Investments”에서 “Windows on the Universe: The Era of Multi-messenger Astrophysics”와 “Harnessing Data for 21 st Century Science and Engineering”이라는 개념을 통해서 천문우주 연구에서의 새로운 대용량 자료 중심의 천문학 연구의 중요성을 강조
- ※ NSF가 지원하는 XSEDE 자원을 활용한 천문우주 관련 연구(Astronomical Sciences, Extragalactic Astronomy and Cosmology, Gravitational Physics, Magnetospheric Physics, Solar Terrestrial Research, Stellar Astronomy and Astrophysics)에서 큰 비중을 차지함(Knepper R, Börner K (2016))



<그림 3-35> 천문우주 관련한 XSEDE 자원 사용 관계

- (DOE) Scientific Discovery through Advanced Computing을 통한 천체물리학 및 우

주론 연구 지원 예산⁴¹⁾은 2011년 시점으로 연간 70만 달러 규모임

- (DOE, NSF) 고성능 컴퓨팅을 충분히 활용할 수 있는 역량을 강화하기 위해서, 연구에 활용되는 천문우주 응용 소프트웨어의 직접적인 개발⁴²⁾ 지원

※ DOE의 NERSC Exascale Science Applications Program (NESAP)에서는 천문우주 분야에서 Hardware/Hybrid Accelerated Cosmology Code for Extreme Scale Cosmology를 하나로 선정하여 지원

※ NESAP for Data Projects에서는 천문우주 분야와 관련되어 두 개인 Time Ordered Astrophysics Scalable Tools와 Dark Energy Spectroscopic Instrument Codes를 지원



<그림 3-36> DOE의 고성능컴퓨팅의 활용한 우주론 연구의 예

○ (영국) Science & Technology Facilities Council을 통해서 대학들에 고성능컴퓨팅 환경들을 구성하고 이들 환경들을 연동하여, 입자물리, 천문학, 우주론의 분야에서의 고성능 컴퓨팅 환경을 활용한 연구를 지원하는 DiRAC 프로젝트를 운영 중. 2009년 시작한 프로젝트가 추가 지원을 받아, 2011년부터 DiRAC II로 연장되어

41) New Worlds, New Horizons in Astronomy and Astrophysics by National Research Council

42) DOE HEP associate director인 Jim Siergrist 발표 자료

운영 중에 있음

- (DiRAC) 영국 정부가 Engineering and Physical Sciences Research Council을 통해서 시작하는 Peta-5: National Facility for Petascale Data Intensive Computation and Analytics를 통해서 기존의 고전적인 computation 중심의 천문학 및 우주론 연구 지원에서 확장하여, data 중심의 연구까지 포괄할 예정됨
- (국내)국내 연구자들의 경우 고성능컴퓨팅 환경을 소규모로 자체 구성한 시설을 중심으로 이용하고 있으며, 필요한 경우 KISTI의 계산 자원을 활용, 외국 선진 연구 그룹들과의 비교에서, 연구 및 고성능 컴퓨팅 환경 활용 지원에서는 많이 부족한 실정임
- 국내 천문우주 연구의 경우, 태양 및 우주환경, 태양계 천문학, 성간 물질, 중력과, 블랙홀 및 강착원반, 별과 은하 및 은하단, 그리고 우주론의 분야에서, 편미분 및 상미분 방정식으로 표현되는 모델들에 대해서 수치 방법으로서 입자 모델, 복사 전달 모델, 다체모델, 자기 유체역학 모델들을 Finite Difference, Finite Volume, Monte Carlo 방법등을 이용하는 시뮬레이션 개발이 주를 이루고 있음
- 국내에서도 최근 증가하는 천문우주 자료 저장, 분석, 공유를 위한 고성능 컴퓨팅 환경 활용이 필수적으로 요구되고 있음
 - ※ 한국천문연구원의 외계행성 탐색 KMTNet 관측 프로젝트의 경우 1PB 수준의 자료 처리 능력 확보가 요구되며 태양 관측 위성 SDO 데이터 센터의 경우 1일 1.5TB 규모의 자료 증가 속도에 대응하는 고성능 컴퓨팅 환경을 필요
 - ※ GPU 및 Many-core CPU에 더불어서 고성능의 입출력 성능이 제공되는 고성능 컴퓨팅 환경에서의 적용이 요구되는 시점이나 아직 국외에 비교했을 때 그 연구 규모나 환경에 도달하지 못했음

■ 제품 설계를 위한 산업용 소재 물성 빅데이터 구축

- (미국) 미국 NIST를 중심으로 소재 빅데이터를 구축하기 위해 많은 국립연구소와 대학의 역량이 투입되고 있으며 장기간의 데이터 축적을 통해 판매 전략이 가능한 인프라를 구축하고 데이터 통합 관리 체계를 마련함

- 2011년부터 MGI(Material Genome Initiative)를 통해 데이터를 활용한 소재 개발을 추진. 핵심 프로그램인 Material Project는 슈퍼컴퓨터를 활용한 계산과학을 통해 소재 물성 데이터베이스와 분석 플랫폼을 구축하여 서비스를 제공함
 - ※ 첨단재료 연구로 차세대 전산 도구, 데이터베이스 및 실험 기술 개발에 주력하여 새로운 재료 및 소재의 가속 설계 및 보급을 가능케 하고 계산도구와 산업의 통합을 목표
 - ※ MGI는 실생활 적용까지 오랜 시간이 소요되는 혁신소재의 발견, 개발, 제조, 활용까지의 시간을 최소 2배 단축시키고 비용도 대폭 낮춘다는 비전을 제시
- NIST는 MGI를 지원하는 재료 혁신 인프라 (Materials Innovation Infrastructure) 구축을 통해 모든 정보에 액세스할 수 있는 게이트웨이를 제공

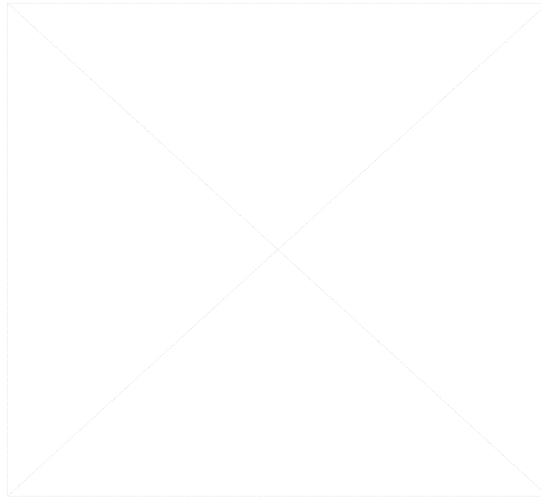


<그림 3-37> MGI의 물성 예측 및 설계 시스템

- (유럽) 유럽연합에서 NOMAD, Max, The Material project 등 3개의 대표적인 프로젝트가 존재하고 Horizon 2020의 Center of Excellence 사업으로 계산과학 물성의 빅데이터와 이를 이용한 소재 설계 기술의 개발을 지원함
- NOMAD (The Novel Materials Discovery)는 2015년 가을에 설립된 유럽 우수 연구 센터로 8개의 전산재료 그룹과 4개의 슈퍼컴퓨팅 센터로 구성되어 있음
- 재료과학 및 재료공학을 위한 재료 백과사전과 개방형 데이터를 통해 재료과학 및 공

학을 발전시키는 빅데이터 서비스가 구축되어 있음

- ※ 최대한의 효과와 이익을 얻도록 하기 위해 산업체 및 학계에 개방하며 광범위한 지원을 실시
- ※ 특히 산업체에 지원하기 위해 중소기업에서 다국적 기업까지 다양한 분야의 회사들과 소통하며 산업체에 최대 이익을 줄 수 있는 데이터 도구 전략을 개발 중임



<그림 3-38> NOMAD의 기능 및 역할

- (일본) MI initiative 등 새로운 소재 연구에 대한 빅데이터와 이를 이용한 소재 설계 기술 개발을 진행하고 있으며 재료 물성 데이터베이스 구축을 중심으로 저작권의 일원화 노력을 실시하고 있음
- 재료 연구 기구(NIMS)가 과학 기술 진흥기구(JST)의 지원을 통해, MI2I initiative (Material research by Information Integration) 추진
 - ※ 기존의 재료 과학과 데이터 과학을 통합하여 새로운 재료 과학을 가속화 목표
 - ※ 독자적인 재료과학 발전과 함께 데이터 과학의 새로운 기술(빅데이터, 인공지능)을 사용하여 새로운 정보통합을 시도
 - ※ 새로운 재료 개발을 가속화하고 산업을 촉진시키기 위한 JST의 ‘혁신 허브 구축 지원 사업’ 하에서 2015년 7월부터 5년간 실시
- 재료 연구 기구(NIMS)의 재료데이터베이스(MatNavi)를 이용해 고분자, 무기 재료, 금속 재료의 물성데이터베이스와 복합 재료 열 물성 예측 시스템 및 금속 편석 예측 시스템 등 물성 예측 시스템을 제공함

- 데이터베이스 개발과 정비를 통하여 재료 과학에서 산학관 협동 작업의 체제를 통해 산업계와 학계가 모두 활용할 수 있는 데이터베이스를 구축하고 국가의 지적 자산이 될 새로운 재료 개발 기술의 기반 구축 및 오픈 이노베이션 허브 거점화를 목표로 함



<그림 3-39> MI2I의 재료과학 발전 전략 개략도

- CCMS(The Center for Computational Materials Science): 도호쿠 대학에서 운영 중인 슈퍼 컴퓨팅을 활용한 재료 설계 시스템
 - ※ 슈퍼컴퓨터(HITACHI SR16000/M1) 사용하며 980.48 GFLOPS를 가지는 계산노드 306개로 이루어져 있어 총 300 TFLOPS의 성능을 가지는 테라스케일 컴퓨터를 사용해 계산 수행
 - ※ 멀티스케일 재료 과학 및 재료 응용을 위한 기초 이론 연구 수행
- (국내) 한국과학기술정보원, 국가표준센터 등에서 해석 기반 혹은 데이터 기반 센터들을 운영 중이나 국내 연구자들의 데이터 공유에 대한 인식이 부족하고 데이터센터 전문 인력 부족으로 전문성이 부족한 실정임 (참조표준 국내외 현황 및 개선방안 연구, 2016)
- 국가참조표준센터(NSCRD)에서 플라즈마 물성데이터 센터, 금속소재역학 물성데이터 센터, 고속 물성데이터 센터 등을 운영 중임
 - ※ 소재물성 데이터는 설계기술, 부품·소재의 신뢰성, 설비 건전성 관리에 필요한 인

프라이기 때문에 정부차원의 장기적, 집중적, 체계적인 연구추진이 필요함

- 플라즈마 물성 정보시스템(NFRC : 한국과학기술정보연구원)

※ 물성 데이터베이스를 통해 장치 외부 변수와 장치 변수에 대한 플라즈마 변수의 시, 공간 의존성 계산 가능

- 금속소재역학 물성데이터 센터(KRISS: 한국표준과학연구원)에서는 국내외 역학시험 표준규격자료와 시험인자별 가중치 분석에 기반한 참조데이터의 평가기준 마련 및 기술위원회 운영을 통한 정기적인 참조데이터 평가 수행 중임

※ 재료 목록 및 손상사례 데이터베이스와 원전재료 기계적, 화학적 물성 종합 데이터베이스가 존재하나, 대부분 분야에서는 금속소재에 대한 물성 데이터베이스가 부족하여 외국 유사재질의 데이터 사용으로 설계 최적화 및 내구 수명 예측의 신뢰성 하락이 야기됨

■ 초고성능컴퓨터 활용 촉진을 위한 계산과학공학 플랫폼 개발

○ 미국, 영국 등 선진국을 중심으로 R&D 효율성 향상을 위해 기존 실험 중심의 연구에 계산과학을 접목하는 연구 방법 확산을 위한 서비스를 제공하고 있음

○ (미국 HubZero) 퍼듀 대학을 중심으로 계산과학공학 연구환경을 웹기반 서비스하는 HubZero 플랫폼을 개발하여 대학, 연구소 및 산업체에서 활용할 수 있도록 지원함

- 단일 웹 기반 생태계에서 분석 도구를 호스팅하고, 데이터를 게시하고, 자원을 공유하고, 공동 작업하고, 커뮤니티를 구축하는 강력한 웹 사이트를 구축하기 위한 오픈 소스 소프트웨어 플랫폼

- nanoHUB.org를 지원하기 위해 NSF가 후원하는 Computational Nanotechnology 네트워크와 함께 만든 HUBzero 플랫폼은 이제 다양한 분야에서 수십 개의 허브 지원

- 토목 분야의 DatacenterHub, 글로벌엔지니어링분야의 GlobalHub, 지형공간 분야의 MyGeoHub, 나노 분야의 NanoHub, 지진 분야의 NeedHub 등 현재 22개의 허브 사업 지원⁴³⁾ 중

○ (미국 MGI) 2011년부터 MGI(Material Genome Initiative)를 통해 데이터를 활용한 소재 개발을 추진. 핵심 프로그램인 Material Project는 슈퍼컴퓨터를 활용한 계산과학을

43) <https://hubzero.org/sites>

통해 소재 물성 데이터베이스와 분석 플랫폼을 구축하여 서비스를 제공

- MGI는 이론, 실험, 계산과학, 데이터 등이 통합된 접근을 통해 첨단 소재의 발견, 개발, 제조, 활용까지의 시간을 최소 2배 단축시키며, 비용도 낮춘다는 비전을 제시
- (미국 Rosetta) 1988년부터 Rosetta 플랫폼은 질량 수십억인 거대분자의 3차원 구조의 예측과 단백질 설계 시뮬레이션 수행을 지원하고 있음
 - 단백질 구조를 예측, 도킹 및 설계를 하는 기본 연구뿐 아니라 Rosetta@home은 즉각적인 질병 관련 연구에 활용
 - 주요 인간 질병에 대한 치료법을 궁극적으로 찾아 낼 수 있는 연구에서 단백질의 3차원 모양을 결정하는 데 도움 제공



<그림 3-40> Rosetta 프로그램을 활용한 단백질 구조 예측

※ 출처: https://boinc.bakerlab.org/rosetta/rah/rah_graphics.php

- (EU PLAN-E) PLAN-E는 유럽 내 계산과학방법론 개발 및 활용 촉진 및 유럽 각 국가의 e-Science 센터간 네트워크를 강화하기 위해 구축된 플랫폼
 - 2015년 4월 구축, 유럽 계산과학 관련 국가연구소 및 대학 등이 플랫폼에 참여하고 있으며, 현재 네덜란드 계산과학센터 주도로 1년에 2차례씩 포럼을 개최
- (EU VERCE) FP7 프로그램의 지원을 받아 2011년 10월부터 시작하여 4년 동안 수행된 VERCE 프로젝트는 지진과 지진학 연구를 위한 플랫폼을 구축하고 데이터를 시각화하는 서비스를 제공
 - 서비스, 워크 플로 도구 및 소프트웨어를 서비스로 제공하고 분산 된 유럽 공용 데이터 및 컴퓨팅 인프라 (GRID, HPC 및 CLOUD)를 개인 자원과 통합하는 서비스 지향 아키텍

처 및 데이터 집약적 플랫폼을 구축

- 유럽 e- 인프라 및 커뮤니티에서 제공하는 분산 데이터 인식 그리드, 클라우드 및 HPC 리소스 세트로 지진 데이터 인프라 리소스 및 서비스를 래핑하는 프레임 워크를 제공



<그림 3-41> 지진 관련 데이터 시뮬레이션

※ 출처: VERCE Summer School Liverpool July 1st-3rd, verse, 2015

- (일본 MatNavi) 일본은 NIMS (National Institute for Material Science)를 중심으로 소재 물성 계산과학 데이터베이스와 분석 플랫폼을 구축하여 서비스 추진
 - 물질 · 재료에 관한 기초 정보를 발신함으로써 새로운 재료의 개발 재료의 최적 사용 최적 재료의 선택에 도움이되는 솔루션 획득을 지원하는 것을 목표로 함
 - ※ NIMS 물질 · 재료 데이터베이스 (MatNavi) 크리프와 피로의 데이터 시트를 기본으로 한 구조 재료 데이터베이스 공표 된 학술 문헌에서 유용한 수치 데이터를 수집하여 데이터베이스화한 고분자, 무기 재료, 금속 재료, 초전도 재료 데이터베이스 제공
 - ※ 재료 개발, 재료의 최적 사용 최적의 재료 선택뿐만 아니라 재료의 특성 예측, 재료 특성 비교 재료의 식별 (사전 기능) 지원
- (국내 EDISON) 계산과학공학에 대한 연구자들의 접근성과 편리성을 제고하고 초고성능컴퓨터 활용을 촉진하기 위한 계산과학공학 플랫폼 개발 보급
 - 2011년부터 KISTI는 첨단 사이언스·교육 허브 개발(EDISON)사업을 통해 교육용 계산과학

공학 환경을 개발하고 6개 분야 서비스를 제공 중

- 6개 전문응용분야에서 다양한 국산 컴퓨팅 시뮬레이션 SW가 개발되고, 이를 공유 활용할 수 있는 체계를 구축 (6개 분야: 전산열유체, 나노물리, 계산화학, 구조동역학, 전산설계, 전산의학)



<그림 3-42> EDISON 사업의 주요 성과

- (사업 목적) 최신 연구성과를 활용하여 온라인상에 이공계분야 교육·연구용 시뮬레이션 프로그램 활용환경을 구축, 이공계 대학(원)생의 최신기술 적응력 제고
 - ※ 장기적으로 교육·연구에 사용되는 외국산 이공계 시뮬레이션 프로그램 국산화 기반 마련
- EDISON 개방형 플랫폼 구축을 통해서, 전문분야 시뮬레이션 프로그램 및 콘텐츠 활용을 위한 통합 사용자 웹 포털 서비스 환경 구축·제공·지원



<그림 3-43> EDISON 플랫폼 구조

※ 출처: <http://www.nisn.re.kr>

- (프레임워크 및 미들웨어 개발) EDISON 프레임워크 및 핵심기술 개발(Web 2.0/3.0 기반의 사이언스 앱스토어 응용통합 기술 개발)
- (시뮬레이션 프로그램 및 콘텐츠 개발) 국가연구사업 성과를 활용하여 전문분야* 문제해석을 위한 교육·연구용 이공계 시뮬레이션 프로그램 및 콘텐츠 개발
- (인프라 구축·제공) 슈퍼컴퓨터 및 초고속연구망 자원을 연동한 EDISON 사용자 서비스 인프라 구축 및 제공
- (커뮤니티 형성 및 사용자 지원) 교육·연구 현장에서 활용을 활성화하고 성과를 확산시키기 위한 학생·교수·연구자 커뮤니티 구성·운영·지원
- (6개 전문응용분야) 전산열유체, 나노물리, 계산화학, 구조동역학, 전산설계, 전산의학 등 6개 분야의 다양한 국산 컴퓨팅 시뮬레이션 SW 개발 및 공유 활용할 수 있는 체계 구축

다음은 인공지능을 일상생활에 활용하는 다양한 분야에서의 사례와 네트워킹에 효율적으로 활용하기 위한 방법에 대해 설명된 자료를 소개한다.

[참고자료] 1. 인공지능과 기계학습의 일상적인 사례

TechEmergence사의 Gautam Narula가 소개한 현재 인공지능과 기계학습이 직장 and 학교, 그리고 가정에서 어떻게 이용되고 있고 앞으로 어떻게 발전해 나갈지에 대해 설명한다. (<https://www.techemergence.com/everyday-examples-of-ai>)

자율주행차, 즉각적인 기계번역 등 막 모퉁이를 돈 인공지능(AI)에 대한 과장된 흥분상태에서 인공지능이 사람들의 삶 순간순간에 어떻게 영향을 미치는지를 파악하는 것은 어려울 수 있다. 지금 당장, 이미 사용 중인 인공지능의 예가 무엇일까?

화면에서 이러한 단어를 검색하는 과정에서도 아마 인공지능을 사용했을 것이다. 또한 직장에서 인공지능을 사용하여 친구와 온라인으로 통신하고, 웹을 검색하고, 온라인으로 상품을 구매하였을 가능성이 높다.

이 글 전반에서 인공지능과 기계학습(ML)은 구별되어 사용한다. TechEmergence사는 전문가 패널 피드백에 기반하여 인공지능과 기계학습에 대한 구체적인 정의를 개발했다. 토론을 단순화하기 위해, 인공지능은 자율 기계지능의 광범위한 목표로, 기계학습은 현재 인공지능을 구축하는 데 많이 이용되는 특정한 과학적인 방법으로 생각하자. 모든 기계학습은 인공지능이지만 모든 인공지능이 기계학습은 아니다.

열거된 인공지능의 예제는 직장 and 학교, 가정 응용 프로그램으로 나뉘어져 있지만 중복되는 부분도 많다. 각 사례에서마다 "미래 들여다보기"를 통해 인공지능이 가까운 미래에 우리의 일상생활을 어떻게 변화 시킬지를 보여준다.

■ AI 사례: 직장 and 학교

○ 통근(통학)

텍사스 A&M 대학의 텍사스교통연구소(Texas Transportation Institute)가 발표한 2015년 보고서에 의하면, 미국에서의 출퇴근 시간은 해마다 꾸준히 증가하여 2014년 통근자 당 42시간의 러쉬아워 교통량 지연이 발생했으며, 이는 1주일 이상의 상용근로시간으로 1년에 1,600억 달러의 생산성 손실이 예상된다고 밝혔다. 분명히 인공지능이 모든 사람의 삶에 명백하고 가시적인 영향을 미칠 수 있는 엄청난 기회가 있을

것이다.

통근 시간을 줄이는 것은 간단한 문제가 아니다. 1회의 여행에도 여러 가지 교통수단이 포함될 수 있으며(예 : 기차역으로 운전, 정류장까지 열차 승차, 정류장에서 최종 목적지까지 도보 등), 말할 필요도 없이 예견된 또는 예기치 않은 공사, 사고, 도로 또는 철길 보수, 그리고 기상 조건 등은 트래픽 흐름을 제한 할 수 있다. 또한 인구 추세 및 인구 통계, 지역 경제 및 지역 정책의 변화에 따라 장기 추세가 과거 데이터와 일치하지 않을 수 있다. 인공지능이 교통 복잡성을 해결하는 데 도움이 되는 방법은 다음과 같다.

- 구글의 AI 기반 예측

구글 지도는 스마트 폰에서 익명의 위치 데이터를 사용하여 주어진 시간에 트래픽의 이동속도를 분석할 수 있다. 2013년 Crowdsourced사의 트래픽 앱인 Waze를 인수함으로써 지도에 공사 및 사고와 같은 사용자가 알려진 교통사고를 보다 쉽게 통합하는 것이 가능하다. 구글의 독자적인 알고리즘에 입력된 방대한 양의 데이터에 접속함으로써 지도는 가장 빠른 직장으로의 출퇴근 경로를 제안함으로써 통근시간을 단축 할 수 있다.

- 우버와 Lyft의 탑승 공유 앱

그들은 어떻게 승차요금을 결정할까요? 당신이 택시를 부르면 그들은 어떻게 대기 시간을 최소화시킬까요? 이 서비스는 어떻게 우회 경로를 최소화하도록 당신과 다른 승객을 최적으로 합승시킬까요? 이 모든 질문에 대한 답변은 기계학습이다.

우버 ATC의 엔지니어링 책임자인 Jeff Schneider는 NPR 인터뷰에서 회사가 기계 학습을 사용하여 승객의 수요를 예측하고 "서지 가격 결정"(승객 수요를 줄이고 운전자 공급량을 늘이기 위해 단기간에 가격을 올리는)이 더 이상 필요하지 않게 하는 방법에 대해 논의했다. 우버의 기계학습 책임자인 Danny Lange은 우버의 탑승, UberEATS의 예상 식사 소요시간 계산, 최적의 탑승위치 계산, 허위 호출 탐지를 위해 ETA에 기계학습을 사용할 것을 결정했다.

- 상업용 항공기 사용과 AI 기반 자동 조정

상업용 항공기의 인공지능 기반 자동 조종 장치는 자동 조종 장치를 얼마나 엄격히 정

의하는지에 따라 1914년까지 거슬러 올라가는, 놀랍도록 초기의 인공지능 기술 사례이다. 뉴욕타임즈는 보잉 비행기의 평균 비행에는 이착륙 시의 7분만의 인간 조종 비행만 요구한다고 보도하였다.

- 미래 들여다보기

미래에 인공지능은 자율주행차를 통해 90%이상 사고를 감소시키고, 75%만큼 도로상의 자동차 수를 감소시킬 수 있는 더 효율적인 승차 공유, 40%만큼 대기시간과 전체 승차 시간을 줄이기 위한 스마트 교통신호체계를 통해 통근시간을 줄이게 됨을 파일럿 연구에서 보여주었다.

이러한 변화에 대한 일정은 분명하지 않지만 자율주행차가 언제 현실화 될지에 대한 예측은 다양하다: BI Intelligence사는 완전 자율주행차량이 2019년에 처음 선보일 것이라고 예측한다. 우버사의 CEO인 Travis Kalanick은 자율주행차량 출현 시기는 "수십 년이 아니라 몇 년"이라고 말했다. Baidu 및 스탠포드대학 교수인 Andrew Ng 수석 과학자는 2016년 초에 자율주행차량이 2021년까지 대량생산될 것이라고 예측했다. 반면 월스트리트 저널은 완전한 자율주행차량은 수십 년 뒤의 일이라고 말하는 여러 전문가를 인터뷰했다. 또한, TechEmergence사는 가상운전자 출현이 우리가 생각하는 것보다 더 가깝다고 생각하는 인공지능 기반의 dashcam app Nexar사의 CEO인 Eran Shir과 함께 자율주행차량에 대한 일정을 논의했다.

○ 이메일

- 스팸 필터

이메일의 받은편지함은 인공지능으로 보기 힘든 것처럼 보이지만, 그 기술은 스팸 필터의 가장 중요한 기능 중 하나이다. 간단한 규칙 기반 필터(예 : 알 수없는 주소에서 온 '온라인 약국' 및 '나이지리아 왕자'라는 단어가 포함된 메시지를 필터링)는 스팸에 효과적이지 않은데, 이는 스팸 발송자가 메시지를 신속하게 업데이트하여 작동할 수 있도록 하기 때문이다. 대신 스팸 필터는 메시지 내의 단어, 메시지 메타데이터(발신지 정보, 발신자 정보 등)와 같은 다양한 신호로부터 지속적으로 학습해야 한다.

더 나아가 각자는 스팸으로 간주되는 항목에 대해 스팸으로 개인 설정해야 한다. 당신이 스팸이라고 간주하는 매일 받는 이메일이 다른 사람의 받은 편지함에서 환영받

은 상태로 저장될 수 있다. Gmail은 기계학습 알고리즘을 사용하여 스팸의 99.9%를 성공적으로 필터링한다.

- 스마트 이메일 분류

Gmail은 이메일을 중요한 메일로 분류할뿐만 아니라 메일을 기본, 소셜 및 프로모션 받은편지함으로 분류하는 유사한 방식을 사용한다. "The Learning Behind Gmail Priority Inbox"라는 연구 보고서에서 Google은 자사의 기계학습 방식에 대해 간략히 설명하고, "중요한 메일 볼륨에 대한 사용자 환경 설정들 간에 큰 차이가 있음을 알았다. 따라서 사용자의 임계값을 조정하기 위해 사용자로부터 수동 중재할 필요가 있다. 사용자가 일관된 방향으로 메시지를 표시하면, 임계값까지 실시간으로 증가시킨다."라고 언급합니다. 전자메일에 중요 표시를 할 때마다, Gmail은 이를 학습한다. 연구원은 Priority Inbox의 효과를 Google 직원들에게 테스트한 결과, Priority Inbox를 사용하는 사람들은 "전체 전자메일을 읽는데 평균 6%의 시간이 절감되고, 중요하지 않은 전자메일을 읽는 데는 13% 더 적은 시간을 소비했다."고 알렸다

- 미래 들여다보기

받은편지함이 전자메일에 회신할 수 있을까? Google은 2015년 차세대 이메일 인터페이스인 Inbox에 스마트 회신(smart reply)을 도입한 이유에 대해 이렇게 설명합니다. 스마트 회신은 컴퓨터 학습을 사용하여 이메일에 응답하는 세 가지 간단한 (그러나 사용자 정의된) 응답을 자동으로 제안한다. 2016년 초, 모바일 받은편지함 사용자의 이메일 중 10%가 스마트 답장을 통해 발송되었다. 가까운 미래에는, 스마트 회신은 점점 더 복잡한 응답을 제공 할 수 있을 것이다. Google은 문자 메시지와 그림 이모티콘 회신을 모두 제공하기 위해 스마트 회신을 사용할 수 있는 새로운 인스턴트 메시징 앱인 Allo를 통해 이 분야에서 이미 그 의도를 보여 주었다.

○ 채점과 평가

- 표절 검사

많은 고등학생 및 대학생들은 강사가 학생들의 에세이 표절을 분석하는 데 사용되는 인기 도구인 Turnitin과 같은 서비스에 익숙하다. Turnitin이 어떻게 표절을 탐지하는 지를 정확하게 밝히지는 못했지만, 연구에서는 기계학습이 어떻게 표절 탐지기

를 개발시키기 위해 사용될 수 있는지를 보여준다.

역사적으로, 일반 텍스트(에세이, 서적 등)에 대한 표절 탐지는 학생 텍스트와 비교하기 위한 얼마나 방대한 참조 자료 데이터베이스를 갖느냐에 달려있다. 그러나 기계 학습은 외국어로 된 자료나 디지털화되지 않은 오래된 문서와 같이 데이터베이스에 없는 문서들을 표절하는 것을 탐지하는 데 도움이 될 수 있다. 예를 들어, 두 명의 연구자가 기계학습을 사용하여 원 소스코드가 표절되었을 때는 87%의 정확성을 예측했다. 그들은 평균 코드 행 길이, 각 행의 들여 쓰기 정도, 코드 주석의 빈도 등 각 프로그래머마다 고유한 다양한 양식 요소를 살펴보았다.

표절에 대한 알고리즘의 핵심은 유사한 두 문서가 얼마나 유사한지를 수치로 추정하는 유사함수(similarity function)이다. 최적 유사함수는 두 개의 문서가 유사한지 여부를 결정할 때뿐만 아니라 유사성을 결정하는 효율을 결정할 때 정확합니다. 문서 데이터베이스에서 텍스트의 모든 문자열을 텍스트의 다른 모든 문자열과 비교하는 무차별 강제 검색은 높은 정확도를 갖지만 실제로는 계산비용이 너무 커집니다. 한 MIT 논문은 이러한 (유사성 체크) 알고리즘을 최적화시키기 위한 기계학습의 이용 가능성을 강조합니다. 최적의 방법은 인간과 기계의 조합을 포함할 가능성이 크다. 표절에 대한 하나의 논문을 모두 다 검토하거나 인공 지능이 탑재된 표절 탐지기를 맹목적으로 신뢰하는 대신, 강사는 알고리즘에 의해 표시된 모든 논문들은 수동으로 검토하고 나머지는 무시(표절 통과)할 수 있다.

- 로봇 독자

에세이 채점은 매우 노동 집약적이어서 연구자와 회사에게 에세이 채점 인공지능을 구축하도록 부추기고 있다. 인공지능 채택은 수업과 교육 기관에 따라 다양하지만, 강사(또는 강사가 알고 있는 학생)는 이러한 "로봇 독자"와 어떤 방식으로든 상호 작용했을 가능성이 크다. 대학원 기록 시험(Graduate Record Exam, GRE)은 대학원생을 대상으로 한 1차 시험으로, 한 명의 평가자(reader)와 e-Rater이라 불리는 하나의 로봇 평가자를 사용하여 에세이를 평가한다. 점수가 크게 다를 경우 불일치를 해결하기 위해 두 번째 인간 평가자를 투입된다. 이것은 로봇 평가자들에게 가장 중요한 관심사이다. 학생들의 등급을 결정하기 위한 휴리스틱 e-Rater의 사용을 학생들이 추론해 낼 수 있다면, 학생들은 높은 점수를 받을 수 있는 무의미한 에세이를 만드는데 그것들을 쉽게 이용할 수 있을 것이다. 이 하이브리드 방식은 ETS가 SAT를 처리하는 방법과 대조를 이룬다. SAT는 두 명의 인간 성적 평가자가 에세이를 평가하고, 두 평가자의 점수가 상당히 다른 경우 세 번째 평가자가 투입된다. 전자의 시너지 접근법은 인간지능

과 인공지능을 결합하여 전체적인 채점 시스템 비용을 줄이고 더 많은 것을 수행한다는 것을 보여준다.

- 미래 들여다보기

인공지능이 미래 교육을 향상시킬 수 있는 많은 훌륭한 방법들이 있다. 획일화된 모든 수업은 각 학생의 개인적 강점과 약점에 맞춘 개인화되고 적응력있는 학습으로 대체될 수 있다. 또한, 기계학습은 위험에 처한 학생들을 조기에 인식하여 학교가 학생들에게 여분의 자원을 집중시키고 중퇴비율을 감소시킬 수 있도록 사용될 수 있다.

○ 은행/개인금융

TechEmergence사의 가장 인기 있는 가이드들 중 하나는 금융 기계학습에 관한 것이다. 이 가이드는 업계측면에서의 기계학습에 대해 설명하고 있지만, 일상적인 금융거래 또한 기계학습에 크게 의존적이다.

- 모바일 수표 입금

대부분의 대형 은행들은 스마트폰 앱을 통해 수표를 입금할 수 있도록 하여 고객이 실제로 수표를 은행에 전달할 필요를 없앴다. 2014년 SEC 제출 서류에 따르면, 주요 은행 대다수는 Mitek사에서 개발한 기술을 사용하고 있으며, Mitek사는 인공지능 및 기계학습을 사용하여 수표에 수기를 기입하고 OCR을 통해 텍스트로 변환한다.

- 사기 예방

금융 기관이 거래가 사기성이 있는지를 어떻게 판단 할 수 있을까요? 대부분의 경우 일별 거래량이 너무 많아서 사람이 각 거래를 직접 검토하지 못한다. 대신, 인공지능은 사기성 거래 유형을 파악하는 시스템을 만드는 데 사용된다. 신용도를 결정하는 데 사용되는 잘 알려진 신용등급을 만드는 회사인 FICO사는 허위 거래를 예측하기 위해 신경망을 사용한다. 신경망의 최종 산출물에 영향을 미칠 수 있는 요인으로는 최근 거래 빈도, 거래 규모 및 (거래에) 포함된 소매업자의 종류가 있다.

- 신용 등급 결정

고객이 대출 혹은 신용 카드를 신청할 때마다, 금융 기관은 고객의 신청서를 수락할지 여부를 결정해야하며, 그렇다면 어떤 구체적인 조건 (이자율, 크레딧 한도 금액 등)을 제공 할지를 신속하게 결정해야한다. FICO사는 기계학습을 사용하여 대부분의 은행에서 신용 결정을 내리는 데 사용하는 FICO 점수를 개발하고, 개별 고객에 대한 특정 위험 평가를 결정한다. MIT 연구자들은 기계학습이 연체 고객에 의한 은행 손실을 최대 25%까지 줄이는데 사용될 수 있다는 것을 발견했다.

- 미래 들여다보기

로봇이 건전한 투자 조언을 할 수 있을까? Wealthfront and Betterment와 같은 신생회사의 전제는 노련한 투자자의 모범 사례를 자동화하고, 기존 펀드 매니저보다 훨씬 저렴한 비용으로 고객에게 투자정보를 제공하는 것입니다. 2016년 초에 Wealthfront는 이전보다 더 적절하고 개인화된 조언을 줄 것으로 믿는, 인공 지능과 현대 API를 기반으로 한 조언 엔진인 AI-first 방식을 채택하고 있다고 발표했다. 로보 어드바이저(Betterment는 2008년, Wealthfront는 2011년에 설립됨)의 장기성과에 관한 데이터는 없지만, 저금에 투자하려는 일반 사람들에게 표준이 될 것이다. 위의 발표에서 Wealthfront는 고객의 60%가 35세 미만이라고 말했다.

■ AI 사례 : 가정

○ 소셜 네트워킹

- 페이스북(Facebook)

페이스북에 사진을 업로드하면, 자동으로 얼굴을 강조 표시하고 친구에게 태그를 제안하는 서비스가 제공된다. 사진 속의 친구를 어떻게 즉시 확인할 수 있을까? 페이스북은 인공지능을 사용하여 얼굴을 인식한다. 인공지능 연구 성과를 강조하는 짧은 비디오에서, 페이스북은 얼굴 인식 소프트웨어를 강화시키기 위해 인간 뇌 구조를 모방한 기계학습 알고리즘인 인공신경망을 사용한다. 회사는 페이스북뿐만 아니라 FaceBook과 같은 안면 인식 벤처기업을 인수하여 이 분야에 많은 투자를 해왔다. 페이스북은 2012년 \$60M로 마스커레이드사(2016, 공개되지 않은 액수)와 Faciometrics(2016년, 미공개 금액)사를 인수했다.

또한, 페이스북은 인공지능을 사용하여 뉴스 피드를 개인 설정하고, 페이스북사의

Hussein Mehanna와의 TechEmergence 인터뷰에서 설명한 것처럼 관심있는 뉴스를 볼 수 있도록 한다. 그리고 페이스북에 관심 분야의 특정 비즈니스 광고가 게재된다. 더 나은 표적 광고는 그 광고들을 더 클릭하게 하고, 광고주로부터 무언가를 구매하게 하여 광고주가 돈을 벌게 된다. 2016년 1사분기에 페이스북과 구글은 정확하게 타겟팅된 광고로 인해 온라인 광고 시장의 85%를 확보했다.

2016년 6월에 페이스북은 새로운 인공지능 이니셔티브인 DeepText를 발표했다. 페이스북은 텍스트 이해 엔진인 DeepText는 "20개 이상의 언어로 초당 수천 개의 게시된 텍스트 콘텐츠를 인간과 유사한 정확도로 이해할 수 있다"고 주장한다. 페이스북의 메신저에서 의도를 감지하기 위해 "DeepText가 사용되었다. 예를 들어 "나는 탈 것이 필요합니다" 라고 메시지를 표시하면 앱에서 Uber를 불러오도록 해야 하지 그렇지 않고 "당나귀를 타기를 원합니다" 라고 표현하면 안된다. 또한 DeepText는 자동 스팸 제거, 유명한 공인이 게시물에서 자신과 가장 관련된 것을 확인해보기 위해 수백만 개의 댓글을 분류하고, 자동으로 광고 게시물을 식별하고, 관련 정보를 추출하고, 관심을 가질만한 콘텐츠를 식별하고 나타나도록 도와준다.

- 핀터레스트(Pinterest)

핀터레스트는 이미지 (또는 "핀")의 객체를 자동으로 식별하고 시각적으로 비슷한 핀을 추천하기 위해 컴퓨터에게 "보는" 법을 가르친 인공지능의 응용 프로그램인 컴퓨터 비전을 사용한다. 핀터레스트에서 기계학습의 다른 응용으로는 스팸 방지, 검색, 광고 실적 및 수익 창출, 전자 메일 마케팅이 있다.

- 인스타그램

페이스북이 2012년에 인수한 인스타그램은 기계학습을 사용하여 꾸준히 속어를 대체해 온 그림 이모티콘의 문맥적 의미를 식별한다(예: 웃음 이모티콘이 "lol"을 대체할 수 있음). 이모티콘에 숨은 정서를 알고리즘적으로 식별함으로써 인스타그램은 그림 이모티콘과 이모티콘 해쉬태그를 생성하고 자동 제안할 수 있다. 이것은 인공지능의 사소한 응용처럼 보일 수 있지만, 인스타그램은 모든 인구 통계에서 이모티콘 사용이 엄청나게 증가하고, 사람들이 인스타그램을 어떻게 사용하는지에 관한 심화 분석을 위해 이모티콘-텍스트 번역을 통해 대규모로 해석하고 분석할 수 있음을 알게 되었다.

- 스냅챗(Snapchat)

스냅챗은 2015년에 Lenses라는 얼굴 필터를 도입했다. 이 필터는 얼굴 움직임을 추적하여 사용자들이 얼굴이 움직일 때 조정되는 애니메이션 효과 또는 디지털 마스크를 추가 할 수 있다. 이 기술은 기계학습을 사용한 비디오 움직임 추적 특허를 보유한 우크라이나 회사인 Looksery를 2015년 인수(소문에 의하면 150백만 달러)함으로써 강화되었다.

- 미래 들여다보기

페이스북은 메시징의 미래가 인공지능 챗봇과 대화하는 것을 포함할 것이라고 단언하고 있다. 2015년 초, 개발자가 자연어 처리를 소프트웨어에 쉽게 통합할 수 있는 봇(bots)을 만들어낼 수 있는 엔진인 Wit.ai를 인수했다. 몇 달 후, 개발자들에게 메신저 플랫폼을 개방하여 누구나 챗봇을 만들고, Wit.ai의 봇 훈련 기능을 통합하여 대화형 봇을 보다 쉽게 만들 수 있게 했다. 일반적으로 작업장에서 사용되는 소셜 메시징 툴인 슬랙(Slack)은 제 3자가 인공지능 기반 채팅 봇을 통합 할 수 있게 해주며, 심지어 챗봇을 만드는 회사에 투자했다. 곧 쇼핑, 심부름 및 일상적인 작업들이 좋아하는 소셜 네트워크상에서 인공지능 챗봇과의 대화를 통해 수행될 수 있을 것이다.

○ 온라인 쇼핑

- 상품 검색

아마존 검색("다림질 대", "피자 스톤", "안드로이드 충전기" 등)은 검색과 관련된 가장 관련성이 높은 물품의 목록을 신속하게 보여준다. 아마존은 이것이 어떻게 작동되는지를 밝히지 않았으나, 자사의 물품검색 기술에 대한 설명에서 아마존은 자사의 알고리즘이 "여러 관련성 기능을 자동으로 결합하는 방법을 학습한다. 구조화된 카탈로그 데이터는 많은 관련성 기능을 제공하며 과거 검색 패턴을 통해 학습하고 고객에게 중요한 부분에 적응한다."라고 설명했다.

- 상품 추천

"이 물품을 검색했던 고객이 또 검색했다" 및 "이 물품을 구입했던 고객이 또 구입했다"처럼 그리고 홈페이지 상에 개인 특성화된 추천, 물품 페이지 하단, 그리고 이메일을 통해 고객이 관심 있는 물품을 추천한다. 아마존은 추천으로부터 발생하는 판매율을

밝히진 않았지만, 연구결과에 따르면 추천으로 판매량이 증가 하는 것으로 나타났고(이 연계된 연구에서 5.9%, 다른 연구에서는 추천이 판매를 30% 증가한 것으로 나타났 다), 물품 추천이 평균 등급에서 별 2개만큼 증가한 것과 동일한 판매 비중을 나타낸 다(별 5개 척도 기준).

- 사기 예방

기계학습은 온라인 신용카드 거래 시 사기 예방에 사용된다. 중소기업에게 인기 있 는 신용카드 처리기인 스퀘어(Square)는 카드 보유(card-present) 거래 시 2.75 %, 카드 부재(card-absent) 거래 시 3.5%+15센트의 수수료를 부과한다. 인공지능은 사 기 거래를 방지 할뿐만 아니라 허위로 잘못 판단되어 거부된 합법적인 거래 건수를 최소 화하기 위해 사용된다.

마스터카드는 인공지능 기술의 출시를 발표한 보도자료에서 사기보다는 고장 (false)으로 인해 13배 이상의 더 많은 수익을 잃었다고 밝혔다. 구매 습관을 학습할 수 있는 인공지능을 활용함으로써 신용카드 처리기는 신용카드가 잘못 허위로 작동할 가 능성을 최소화시키면서 다른 사람의 허위청구를 막을 확률을 최대화 시킵니다.

- 미래 들여다보기

온라인 쇼핑의 핵심은 개인맞춤형(personalization)화 되어간다는 것이다. 온라인 소매업체는 고객이 관심 있는 물품을 찾고 구입할 수 있게 함으로써 수익을 증가시 킨다. 머지않아, 소매업체가 한 걸음 더 나아가 고객의 전체 경험을 개별적으로 설계 할 수 있다. 구글은 이미 검색을 통해 이 작업을 수행하고 있는데, 심지어 로그아웃 한 고객에게도 이 작업을 수행되므로 소매업자를 위한 가능성이 충분히 있다. LiftIgniter와 같은 신생기업은 온라인 비즈니스에 "개인맞춤형 서비스"를 제공한다. Optimizely와 같은 다른 업체는 기업이 여러 버전의 사이트를 동시에 실행하여 가장 참여도가 높은 사용자의 결과를 결정할 수 있는 광범위한 "A/B 테스트"를 실행한다.

○ 모바일 사용

- 보이스-문자 변환

오늘날 스마트 폰의 표준 기능은 음성-문자변환이다. 버튼을 누르거나 특정 명령

(예: "OK Google")을 함으로써, 대화를 시작하거나 폰이 오디오를 문자로 변환시킨다. 요즘은 상대적으로 일상적인 작업이지만, 여러 해 동안 정확한 자동화된 문자변환(transcription) 작업은 최첨단 컴퓨터의 능력을 초과한다. 구글은 인공지능망을 사용하여 음성검색을 강화한다. 마이크로소프트는 인간보다 대화를 조금 더 정확하게 문자 변환 할 수 있는 음성인식 시스템을 개발했다고 주장한다.

- 스마트 개인 비서

음성-문자변환 기술은 기본 대화가 가능할 만큼 정확하므로, 차세대 스마트 개인비서를 위한 제어 인터페이스가 되었다. 첫 단계는 시리(Siri) 및 Google Now(더 정교한 Google Assistant가 성공)와 같은 간단한 전화 도우미였으며, 인터넷 검색을 수행하고 미리 알림을 설정하고 일정관리(calendar)와 통합 할 수 있다.

아마존은 무료 하드웨어 및 소프트웨어 구성요소 발표를 통해 이 모델을 확장했다.

- 인공지능 기반의 개인비서인 Alexa는 음성명령으로 해야 할 일 목록 작성, 온라인 물품 주문, 미리알림 설정, (인터넷 검색을 통한) 질문 응답을 가능케 한다.
- Echo(및 이후 Dot) 스마트 스피커는 Alexa를 거실에 통합하고, 음성명령으로 자연어 질문에 대답하고, 음악을 틀고, 피자를 주문하고, 우버택시를 호출하는데 사용하고, 스마트 홈 장비와 통합하게 한다.

마이크로소프트사는 윈도우즈 컴퓨터와 마이크로소프트 스마트폰에 미리 탑재된 인공지능 보조장치인 Cortana를 사용했다.

- 미래 들여다보기

똑똑한 비서가 인간과 "스마트" 홈 사이의 격차를 줄이기 위한 해결책이 될 것이다. 2016년 10월 구글은 아마존 Echo의 경쟁자인 Google Home을 발표했는데, 이는 YouTube, Google Play Music, Nest 및 Google Assistant와 같은 다른 Google 제품과의 긴밀한 통합을 특징으로 한다. 음성명령을 통해 사용자는 음악을 재생하고, 자연어로 질문하고, 스포츠, 뉴스 및 금융정보 업데이트 수신. 우버택시 호출, 약속 및 알림 설정을 할 수 있다. 시장 조사 기관인 Consumer Intelligence Research Partners에 따르면, 아마존은 2016년 11월 현재 500만 개 이상의 Echo 장비를 판매했다. 1개월 후 아마존의 보도 자료는 전년도 홀리데이 세일 동안 500만 개 정도 팔릴 것으로 과소평가된 Echo류 매출이 9배 증가한 것으로 발표했다. 인공지능비서는 여전히 대다수의 미국인이 사용하지는 않지만, 빠르게 주류를 형성해 가고 있다.

페이스북의 CEO인 주커버그는 로버트 다우니 주니어의 아이언 맨 영화에 나오는 초지능형(super-intelligence) 인공지능 비서를 모방한 자비스(Jarvis)를 만드는데 현재로는 1년이면 가능하다고 소개했다. 페이스북의 게시물에서, 그는 무수히 많은 가정용 장비를 하나의 네트워크에 연결하여 Jarvis에게 그의 선호사항을 학습시켜 음악을 틀고, 문 앞의 친구를 식별하고 그들을 안으로 들여보낼 수 있도록 게 하는 것, Jarvis가 텍스트 명령을 내릴 수 있는 페이스북 메신저 봇을 만드는 것, 음성명령을 내릴 수 있는 iOS 음성 인식 앱을 만드는 것에 대해 대략적으로 설명했다.

세계 최고의 엔지니어들을 매일같이 만날 수 있는 억만 장자인 주커버그에게 있어 중요한 한계는 기술이 아니라 중앙 및 통합 시스템에서 Jarvis와 서로 쉽게 통신할 수 있는 장치를 갖는 것이었다. 이것은 구글이나 아마존이 스마트 스피커를 다른 많은 가정용 기기(또는 독점 버전)와 통합하는 데 성공하면, Jarvis와 같은 홈 인공지능이 향후 5년 내에 누구에게나 제공 될 수 있음을 의미한다.

○ 마무리

단지 우리는 일상생활에서 인공지능과 기계학습의 사례를 봤을 뿐이다. 특정 산업과 취미 영역은 이 기사에서 살펴본 것 이상으로 인공지능과 습관적으로 상호작용한다. 예를 들어, 일반 체스 선수들은 정기적으로 인공지능 기반 체스 엔진을 사용하여 게임 및 훈련 전술을 분석하며, 블로거는 기계학습을 사용하여 독자 참여와 개방율(open-rates)을 최적화시킨 메일링리스트 서비스를 사용한다.

가까운 미래에 인공지능이 어떻게 대규모로 일상생활에 영향을 미칠 것인가? Futurist와 Wired 잡지 공동 창립자인 Kevin Kelly는 인공지능이 우리 삶에 보다 긴밀히 통합됨에 따라, 2차 산업혁명을 이끄는 새로운 인프라가 될 것이라고 예측한다.

[참고자료] 2. 인공지능을 네트워킹에 활용하는 방법

RocketHub(<http://www.rockethub.com>)가 인공지능 기술을 사용한 효율적이고 신뢰할만한 네트워킹을 수행해 나가기 위한 방향과 방법을 설명한다. (<http://www.rockethub.com/blog/7946/brilliant-ways-to-use-ai-in-networking>)

사람의 개입 없이 스스로 결정을 내릴 수 있는 네트워크에 대해 상상해 본 적이 있는가? 인공지능은 그것을 아주 쉽게 할 수 있다. 인공지능을 사용하여 스스로 결정을 내릴 수 있도록 변형하려면 네트워크 및 네트워킹에 대한 지식이 필요하다. 온라인 네트워킹의 세계를 변화시키기 위해 어떻게 인공지능을 사용할 수 있는지를 살펴본다. 여기에 논의된 접근법 중 일부는 다음과 같다.

- 네트워크 유지 및 보호
- 산업 분야의 인공지능 정의 네트워킹 기술
- 지능형 방화벽
- 인공지능 기반 침입 탐지 시스템
- 인공지능을 이용한 피싱 탐지

인공지능을 사용하면 자체적으로 작동할 수 있는 훨씬 빠른 네트워크를 설계할 수 있다.

■ 네트워킹에서 인공지능 사용

인공지능은 인간에게는 불가능한 네트워크 설계에 도움이 될 수 있다. 이러한 네트워크는 이전의 네트워크들보다 훨씬 더 발전되고 더 빨라질 것이다.

○ 네트워크 유지 및 보호

지금 우리가 보는 네트워크는 다양한 알고리즘을 기반으로 한다. 데이터 해킹과 DDoS (Distributed Denial of Service) 공격은 여러 네트워크가 직면 한 주요 문제이다. 인공지능은 많은 온라인 네트워크가 기반으로 하는 알고리즘보다 이러한 문제에 대해 훨씬 더 나은 솔루션을 제공할 수 있다. 네트워크의 실시간 분석을 통해 온라인 트래픽을 보다 정확하게 예측할 수 있으며 DDoS 공격으로부터 보호할 수 있다.

이러한 트래픽 예측은 특히 네트워크 관리자에게 매우 효과적 일 수 있다. 몇몇 큰 이벤트에서처럼 네트워크는 대용량 트래픽으로 인해 부담을 겪는다. 이 방법으로, 대용량 트래픽을 최적으로 채널화 할 준비를 할 수 있다.

○ 산업 분야를 위한 인공지능 정의 네트워크 기술

네트워크 기술에 제공된 인공지능 발전으로 많은 산업 분야에서 매우 유용하게 사용될 수 있다. 네트워크에서 인공지능을 사용함으로써 인터넷과 다양한 사설(private) 네트워크 간에 트래픽을 자동으로 라우팅하여 전 세계 데이터에 빠르고 안전하게 액세스 할 수 있다.

인공지능으로 설계된 네트워킹 토폴로지와 소프트웨어를 사용함으로써, 네트워크에 혁명을 일으킬 수 있다. 예를 들어 의료 산업에서 인공지능 기반 네트워크를 사용하면 1분 이내에 많은 양의 문서를 분석 할 수 있다. 이것은 의사들이 환자들에게 정확하고 치료 가능한 많은 결정을 내릴 수 있도록 도움을 주는 것이 가능할 것이다.

○ 지능형 방화벽:

모든 네트워크에서 방화벽을 주로 사용하는 이유는 해당 네트워크에 대한 비인가(unauthorized) 액세스를 차단하는 것이다. 정적 방화벽은 네트워크의 새로운 악성 소프트웨어(malware)를 탐지하지 못한다. 이를 탐지하기 위해서는 인간의 개입이 필요하다. 따라서 인공지능 기반 방화벽은 다음과 같은 여러 면에서 더 유리하다.

- 인공지능 기반 방화벽은 네트워크에 훨씬 더 많은 보안을 제공 할 수 있다. 비정상적인 데이터 패킷 구조에 대한 정보를 제공 할 수 있다.
- 인공지능 기반 방화벽은 알려진 위협뿐만 아니라 새로운 위협으로부터 네트워크를 보호하는 경향이 있다.
- 다양한 포렌식 분석을 통해 침입과 동시에 침입자에 대한 세부 정보를 제공한다.
- 또한 네트워크에 대한 미래의 위협에 대한 예측을 내릴 수 있다. 지능형 탐지 엔진은 인력 필요 없이 네트워크에서 알려져 있지 않은 악성 프로그램(malware) 및 바이러스를 탐지한다.
- 인공지능 기반 방화벽의 보안 등급은 다른 보안 소프트웨어보다 훨씬 높다.
- 지능형 방화벽은 통계 클러스터링을 사용하여 어떤 네트워크의 악성프로그램도 탐

지한다.

- 이러한 방화벽은 행동 분석을 통하여 네트워크가 정상적인 동작에서 벗어나는 변화를 찾을 수도 있다.

○ 인공 지능 기반 침입 탐지 시스템:

서로 다른 장치 간의 상호 연결성은 해커가 네트워크 내의 리소스를 오용 할 수 있는 문을 열 수 있다. 이러한 이유로 IDS(침입 탐지 시스템)는 네트워크 내에 배치되어 잠재적인 위협을 탐지한다. IDS는 이러한 정보를 얻기 위해 데이터 수집 및 데이터 스크리닝을 한다.

IDS는 크게 두 가지 유형으로 분류 할 수 있습니다.

- 오용 감지 시스템
- 이상 검출 시스템

- 오용 감지 시스템

알려진 공격 시나리오와 일치하거나 관련이 있는 침입을 탐지하는 데 사용된다.

- 이상 검출 시스템

알려진 패턴과는 다른 동작을 감지하는 데 사용됩니다. IDS는 기본적으로 네트워크에 몰래 침입하는 것에 대한 정보를 제공한다. 문제는 많은 침입들이 매일같이 증가하고 있으며 새로운 침입을 탐지하기가 매우 어렵다는 것이다.

침입의 성격은 전적으로 서명 기반이므로 각각을 탐지하기가 매우 어렵다. 그러나 인공지능 기반 IDS는 이러한 일을 해낼 수 있다. 패턴들을 인식 할 수 있는 다양한 모델들이 있다. 인공지능은 비용 효율적이고 많은 에너지를 소비하지 않는 IDS를 제공할 수 있다.

AI 기반 IDS의 주요 이점 :

- 유연성(Flexibility)
- 적응성(Adaptability)
- 패턴인식(Pattern recognition)
- 빠른 계산(Fast computing)
- 학습 능력(Learning abilities)

○ 인공지능을 사용한 피싱(Phishing) 감지

사이버 공격의 거의 91%는 피싱으로 시작한다. 이러한 경우, 실시간으로 사이버 공격을 탐지하기 위해 인공지능 엔진을 사용할 수 있다. 이러한 인공지능 엔진은 통신 패턴에 대해 학습 능력을 갖추고 있다. 그런 다음 이 정보는 피싱 공격으로 이어지는 통신의 비정상적인 동작을 감지하고 네트워크 관리자와 수신자에게 해당 공격을 통보하는데 도움을 준다.

■ 마무리

이러한 문제 외에도 인공지능은 어떠한 종류의 사람의 개입도 필요 없이 많은 네트워크 라우팅 문제들을 해결할 수 있다.

사이버 공격을 실시간으로 탐지하고 귀중한 데이터의 손실로부터 네트워크를 보호할 수 있다. 이 방법으로, 우리는 개인적이고 경제적 가치가 있고(financial) 민감한 데이터를 안전하게 보호할 수도 있다. 이러한 예측적인 응용(application)은 네트워크와 데이터들을 이전보다 더 안전하고 더 견고히(faster) 만들 것이다.

3) 주요 국가별 인력 양성 정책 및 프로그램 현황

■ [인력양성] 슈퍼컴퓨팅 인재양성을 위한 정책적 지원 및 프로그램 운영 활성화

- (미국) 2016년 7월 발표된 'NSCI Strategic Plan'에서는, HPC 사용자 커뮤니티의 확대 및 커리어 개발을 위한 교육 프로그램의 질적 향상이 필요하다고 제언, NSF의 주도하에 HPC 산업과 학계 내 인력이 자연스럽게 연계될 수 있도록 기존 교육 프로그램을 강화
 - NSCI는 사회적 문제의 해결을 위한 차세대 컴퓨터 공학자 훈련 및 육성 프로그램을 개발할 계획
 - NSF와 CNCS(Corporation for National and Community Service)는 전국의 초·중·고 학생 대상 컴퓨터공학 교육 프로그램을 확대하기 위해 총 1억 3,500만 달러를 지원할 계획
 - 오바마 前대통령은 향후 5년 동안 각 주 예산 중 1억 달러를 컴퓨터 공학 교육자 육성 및 교육 가이드라인 구축에 쓸 것을 지시
- (유럽) 2012년 EU Horizon 2020 프로그램의 일환으로 'HPC Strategy'를 발표하여, EU의 혁신역량에서 HPC의 역할을 재정립하고 훈련, 교육 및 기술 측면의 전략적 중요성을 강조
 - 향후 엑사스케일 시스템 운용을 위한 차세대 HPC 전문인력 육성을 목표
 - 산업 및 학계 교육을 위한 최상의 슈퍼컴퓨터 시설 및 서비스 접근 권한 제공
 - PRACE(Partnership for Advanced Computing in Europe, 유럽 첨단컴퓨팅 협력 프로젝트) : 대학(원)생, 연구진, 일반인(업계 전문가) 등 대상, 슈퍼컴퓨팅 교육 및 컴퓨터공학 인력양성 프로그램을 범유럽 차원에서 체계적으로 제공, 2017년 기준 총 24개 국가 내 슈퍼컴퓨터 관련 기관이 참여

<표 3-41> PRACE 참여 국가 및 기관

국가	기관	국가	기관
벨기에	• DG06_SPW	이탈리아	• CINECA
불가리아	• NCSA_Executive agency	네덜란드	• SURFsara
키프러스	• CaSToRC	노르웨이	• SIGMA_UNINETT
체코	• Tehnical University of Ostrava	폴란드	• PSNC
덴마크	• Danish e-Infrastructure Cooperation	포르투갈	• Universidade de Coimbra
핀란드	• IT Center for Science	슬로바키아	• CC of the Slovak Academy
프랑스	• GENCI	슬로베니아	• ULFME
독일	• GAUSS Centre for Supercomputing	스페인	• Barcelona Supercomputing Center
그리스	• GRNET	스웨덴	• Swedish Reserach Council
헝가리	• KIFU	스위스	• ETH
아일랜드	• Irish centre for High-End Computing	터키	• UYBHM
이스라엘	• Inter-university Computation Center	영국	• EPSRC

※ 출처: PRACE homepage: <http://www.prace-ri.eu/members>

○ (기타 유럽 주요국가) 영국, 독일, 스페인 등 슈퍼컴퓨팅 관련 유럽 주요국에서도 다양한 HPC 인력양성 프로그램 운영

- EPCC (The University of Edinburgh, 영국)

※ 대학(원)생, 연구진 등을 대상으로 HPC 및 데이터 공학 온라인 교육 과정 및 HPC 파트너십 박사과정 운영(EPSRC DTP)

※ HPC Short Courses for the UK를 타 11개 대학 및 1개의 연구소와 컨소시엄을 구축하여, 대학원생 및 연구원 대상 HPC 교육 프로그램(10일) 운영

※ 바스, 퀸즈, 브리스톨, 캠브릿지, 에든버러, 랭캐스터, 맨체스터, 노팅햄, 옥스퍼드, 세인트 앤드류, 워윅, 요크, STFC 대어스버리 연구소 등

※ HPC 기본툴, 병렬프로그래밍, 병렬아키텍처, 성능 최적화, OpenMP, MPI 등 교육

- Gauss Centre Supercomputing (독일)

※ 대상 : 대학(원)생, 연구진, 일반인(업계 전문가) 등

※ 300명이 넘는 슈퍼컴퓨팅 전문가가 종합 HPC 교육프로그램을 운영 및 워크숍을 진행함으로써, HPC 커뮤니티가 직면한 문제점에 대한 새로운 솔루션을 제공

- ※ 독일 내 주요 슈퍼컴퓨터 센터인 HLRS(슈투트가르트), JSC(울리히), LRZ(뮌헨) 등 3곳에서 총 31개의 HPC 교육프로그램 진행('17년 기준)
- Barcelona Supercomputing Center (스페인)
 - ※ 대상 : 대학(원)생, 연구진, 일반인(업계 전문가) 등을 대상으로, RES(스페인 슈퍼컴퓨터 네트워크)와 HPC의 효율적인 사용을 촉진하는 워크숍을 정기적으로 개최
 - ※ 또한 BSC(바르셀로나 과학 세미나)를 개최하여 HPC 전문가 대상 기술 공유 및 교육 훈련 프로그램 제공
 - ※ UPC(바르셀로나 공과대학)와 함께 CUDA 병렬프로그래밍 교육프로그램을 운영하고, GMAC, StarSS, GPU 포로토 타입 시스템 구축
 - ※ 대학원생 및 연구원 대상 PUMPS 여름학교를 운영하여 GPU 가속기 및 병렬 컴퓨팅 코어 프로세스 응용프로그램 개발에 대한 최첨단 기술과 실습 경험을 제공
- (일본) 문부과학성은 차세대슈퍼컴퓨터 인재육성 방안 중 총 5가지 유형의 계산과학(HPC) 인재 육성 방안('09년)을 제시
 - 초고성능컴퓨터 이용 및 시스템 개발 능력이 뛰어난 인재를 육성하기 위한 생태계 조성
 - ※ 계산공학 분야는 특정 분야의 전문 인력을 다시 교육하기 때문에 타 분야로 파급이 어렵다는 점을 반영하여, 각 분야의 필요기술을 융합 및 중재할 수 있는 중개 인재 육성 및 발굴을 차별점으로 제시

<표 3-42> 일본 HPC 인재육성 방안 분류

분류	인재 타입
고도계산공학	1) 물리·화학·생명과학·제조업 분야 내 대규모 계산 수행이 가능한 인재
	2) 대규모 계산을 위한 응용 소프트웨어 개발이 가능한 인재
고도계산기공학	3) 대규모 계산을 위한 시스템(라이브러리, 컴파일러 등) 개발이 가능한 인재
계산공학중개	4) 위 3 항의 중개가 가능한 인재
계산공학지원	5) 응용프로그램의 최적화 등 연구 지원이 가능한 인재

※ 출처: 일본문부과학성, '次世代スパコン計画と今後の展開', 2009

- 2010년 문부과학성은 HPC 인재육성을 위한 교육 방법을 발표하였는데, 다음 A, B 2 종류의 인재를 각 전문 분야에서 육성할 것을 제안
 - ※ A형: 각 과학 기술 전문 분야에서 대규모 병렬 시뮬레이션 프로그램의 개발을 추진하는 인재
 - ※ B형: 각 과학기술 전문 분야에서 기존의 대규모 병렬 시뮬레이션 프로그램을 이용해 응용프로그램 개발을 추진하는 인재
- 2014년 문부과학성은 ‘수학 이노베이션 전략’을 채택하고, 2016년 컴퓨터 계산 공학 프로그램을 포함한 ‘JST 전략적 창조연구 추진사업 채택과제’를 발표
 - ※ 모델링을 위한 정밀도 보증 수치 계산론 개발 (와세다대)
 - ※ 비표준 프로그래밍 언어이론을 이용한 혁신 방법 개발 (교토대)
 - ※ 포괄적 수리적 방법에 의한 기상예측 프로세스 확립 (JST)
 - ※ 첨단적 확률통계학이 열어갈 대규모 종속성 모델링 개발 (도쿄대)
- (중국) 2016년 중국 국무원은 ‘13차 5개년 국가 과학기술 혁신계획’을 발표, HPC 분야 글로벌 선두주자로서의 우위 확보를 위한 전문인력 육성을 목표로 제시
- 중국과학원의 술선행동계획을 통한 연구기관, 학부, 교육기관 통합의 중국식 국가 현대연구소 제도 모색
- 청장년 과학기술 혁신 선도자 지원 양성, 해외 고급 인재유치 확대
 - ※ 칭화대 Institute of High Performance Computing : 대학(원)생 대상으로 컴퓨터공학 학부, 석사, 박사 등 3가지 학위 과정을 제공
 - ※ National High Performance Computing Center(NHPCC, 중국국방과기대): 학부생 및 석·박사 대상 병렬 알고리즘 프로그래밍 전문 과정 운영, 중국국방과기대(USTC)는 컴퓨터 공학 학부, 석사, 박사 등 3가지 학위 과정을 제공
 - ※ Computer Network Information Center(CNIC, Chinese Academy of Sciences): 대학(원)생 대상의 HPC 전문 훈련 프로그램 운영
 - ※ MPI 프로그래밍, OpenMP 프로그래밍, 병렬 컴퓨팅 플랫폼, 슈퍼컴퓨팅 운영을 위한 전문 소프트웨어 교육 등
 - ※ HPC 시스템 설치, 그리드 컴퓨팅 및 응용 프로그램 등 시스템 운영 관리 교육

3.2.2 국내 동향

1) 초고성능컴퓨팅 활용

- (연구개발 활용) '16년도 기준 국내 대학(64개*), 출연연 등 연구소(30개), 산업체(58개), 정부 산하기관 등 공공기관(6개), 158개 기관에서 활용

※ 연간 사용자수 1,287명, 누적사용자수 9,716명

- '10년부터 '16년까지 초고성능컴퓨터 4호기 서비스를 통해 총 1,107건의 연구과제 및 14건의 3대 과학저널 논문을 포함한 811건의 SCI논문 유발

※ 국내 대형연구장비 연평균(11.6건)의 10배에 달하는 SCI 논문 유발



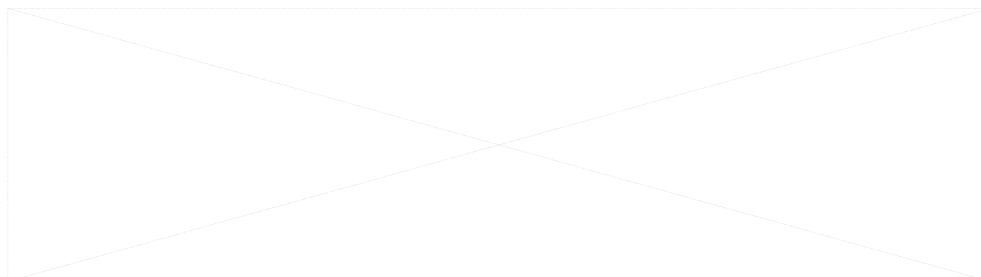
<그림 3-44> 국가센터 초고성능컴퓨터 4호기 활용 대표 연구성과

※ 출처: 한국과학기술연구원 임무중심형 기관평가 종합평가 실적보고서(2017), p.128

- (산업체 활용) 중소기업 제품개발에 슈퍼컴, M&S (Modeling & Simulation) 및 HPC 기술, M&S 시스템, 교육 등을 종합 지원

※ '04년부터 '15년까지 422개 중소기업 지원

※ '15년: 개발시간/비용 71% 절감, NPS 100%('15, KISTI 조사)



<그림 3-45> M&S 지원의 경제적 효과

2) 주요 부처별 초고성능컴퓨팅 활용

■ 초고성능컴퓨팅을 활용하여 국방, 기상청, 해수부 등 국가연구개발 활성화를 위한 기반을 조성

- 초고성능컴퓨터 기반 교통 빅데이터 처리 및 딥러닝을 활용한 교통패턴 예측 알고리즘 개발
 - ※ 초고성능컴퓨터 활용 데이터 처리를 통해 전국 300만개 도로에서 수집된 소통정보의 정확도를 70% 이상 개선, 기존 네비게이션 예측 모델 대비 최대 24%, 평균 15% 성능 향상
- 기상 슈퍼컴퓨터를 활용한 작전기상 예측기술 개발
 - 공군 수치예보시스템을 이용한 무인항공기 기상 지원, 대기과해양 결합 기후예측모델 프로토타입 개발 등 작전기상의 예측기술을 개발함
- 대대급 교전 빅데이터 분석을 통해 현장지휘관의 임무수행 의사결정 지원을 위한 모델 개발
 - ※ 임무달성 모델 개발과 IoT 적용 무기들의 실제 교전데이터를 수집·학습한 전투 예측 모델 개발
- 수치예보개발·개선 및 한국형 수치예보모델 개발
 - 한국형 수치예보시스템 초기버전 개발, 한국형 수치예보모델 시험예보시스템의 핵심 모듈 구축 완료 및 시험예보시스템을 개발
- 고성능컴퓨팅 기반 위험기상 및 기후변화 대응역량 강화
 - 국가 위기관리 능력 제고를 위한 재난 및 재해 대응 의사결정 지원 서비스 제공, 지구시스템 모델 운영체계 향상 및 기후 변화 시나리오 생산체계를 구축하여 기후 변화 예측기술을 지원하고 활용
- 초고성능컴퓨팅 기반 기상 수치모델 개발 및 개선 지원
 - 고해상도 한영 공동 계절예측 시스템 구축 및 시험운영을 지원하고, 빅데이터와 기계학습 적용을 통한 예특보 서비스 개선 지원 및 인천 아시아경기대회 운영 지원을 위한 고해상도 모델을 개발하고 지원

■ 초고성능컴퓨팅 장점을 극대화할 수 있는 집단연구 체계 및 융합연구개발 프로그램 부족으로 국가 차원의 성과 도출 미흡

- 융합연구 커뮤니티 구축 중이나, 체계적인 지원 부족으로 육성에 한계
 - ※ 과학기술연구회 지정 계산과학공학허브센터를 KISTI에서 운영('16.4 ~)
 - 미국, 유럽, 일본 대비 융합연구개발 과제 수 및 프로그램 미흡

<표 3-43> 주요국 연구개발 과제 및 프로그램 현황

국가	프로젝트	운영 현황	년 평균예산(기간)
미국	DoE SciDAC	연구분야: 4개, 60개 기관 참여	469억 원('01 ~ '17년)
유럽	HORIZON 2020 CoE	연구분야: 9개, 122개 기관 참여	293억 원('15 ~ '18년)
일본	K-Computer SPIRE	연구분야: 9개, 11개 기관 참여	240억 원('11 ~ '15년)
한국	EDISON	연구분야: 6개, 22개 기관 참여	31억 원('11 ~ '17년)

■ 재난재해, 4차 산업혁명, 국방 등의 국민 삶 질 향상에 기여할 수 있는 부처의 참여 확대 및 역할 강화 요구

- (기상청) 한국지형에 적합한 기상예보 기술개발로 기상정보 신뢰성 확보
 - 선진국 최신 수치예측 모델 도입, 한국 지형에 적합하게 개선하여 기상예보 정확도향상
 - ※ 전 지구 수치예보 모델을 보유한 13개 국가 중 국내 수치예보 기술력 6위('15년 기준)
 - 기상청에서 현업에 운영할 세계 수준의 한국형 수치예보모델 개발 중('13~'19)
- 부처별* 초고성능컴퓨팅 정책과제와 유관 사업을 추진 중이나 해외에 비해 역할 및 인식은 미흡
 - ※ 해양수산부: 기획과제 수행, 보건복지부: 보건의료 빅데이터 추진계획 수립('17년) 등

<표 3-44> 한국과 미국의 연구개발 프로그램 비교 현황('17년 기준)

구분	NITRD 프로그램(미국)	초고성능컴퓨팅기본계획(한국)
연구개발 프로그램 운영	- 18개 부처 (NSF, DoD, DOE, NIH, DARPA 등)	- 2개 부처 (과학기술정보통신부, 기상청)

3) 중소기업 HPC 활용 기술 지원 및 응용 SW 지원 현황

■ 제조업 전분야에 활용성이 높음에도 불구하고 국내 중소기업의 M&S 활용율은 매우 미흡, 일부 대기업에 국한

○ Modeling & Simulation(이하 M&S)은 제품 제작에 소요되는 시간과 비용을 획기적으로 절감할 수 있는 핵심기술임

※ M&S (Modeling & Simulation) : 제품설계단계를 가상화하여 실제 물리적 제품제작 및 실험활동을 가상의 제품제작(모델링)과 공학해석(시뮬레이션)활동으로 대체하는 것

○ 중소기업들은 공정개선과 제품개발에 M&S 활용하고자 하나 SW비용 및 전문인력 부족 등으로 활성화 미흡

－ M&S SW 도입 비용, M&S 전문인력 부족이 중소기업 M&S 활용 확대의 가장 큰 애로 사항

※ M&S의 활용 성능 향상을 위해 필수적인 고성능컴퓨팅(HPC) 기술을 활용하는 중소기업은 1% 미만 (美 26.9%)⁴⁴⁾

■ 초고성능컴퓨팅 기반 공공, 민간 응용서비스 확대 및 서비스 체계 구축 등을 마련

○ 세계적 수준의 M&S 기술지원을 통한 중소기업 제조 생산성 향상

－ 중소기업 신제품/기술 개발을 위한 슈퍼컴퓨팅 M&S(Modeling & Simulation) 기술 지원을 통해 기업의 혁신성과 창출을 위한 고품질의 기술 지원 및 서비스 제공

<표 3-45> 중소기업 M&S 기술 지원 실적

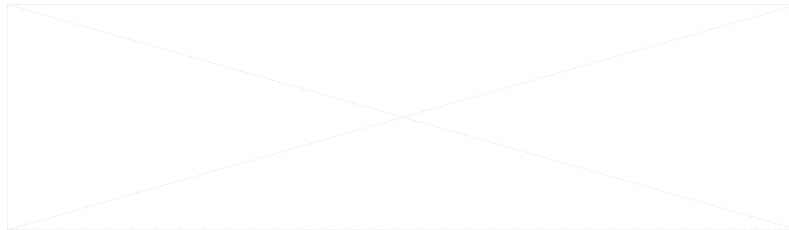
구분		04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	합계
KISTI 주요 사업	무상		21	25					15	23	16	42	42	27	18	229
	유상													10	11	21
	단순*	24						10		24	1					59
	중기청 산업부 기타				48	42	30	5	25	14	11		3	2	1	181
수탁 사업	산업부													8	5	13
	기타											4		4	3	11
합계		24	21	25	48	42	30	15	40	61	28	46	45	51	38	514

* 단순기술지원: 제품설계 및 시뮬레이션에 대한 자문, M&S 교육 등 단발성 기술지원

※ 출처 : KISTI슈퍼컴퓨팅 중소기업지원 사업개요 및 성과, KISTI, 공학해석지원실, '17.09.18

44) 슈퍼컴퓨팅 M&S기술개발 및 활용지원(p.11), 2017년도 주요사업 자체평가보고서(한국과학기술정보연구원)

- 슈퍼컴퓨터 활용 시뮬레이션 기반 R&D 혁신으로 제품 QCT(Quality, Cost, Time)의 획기적 개선, 매출증대 및 고용창출에 기여
 - ※ 제품 개발시간과 비용 71%절감(개발시간 61.4%(평균) 단축, 개발비용 78.0%(평균) 절감)
 - ※ 기술지원 만족도 95.5%('16), 순고객추천지수⁴⁵⁾ 100% 달성(KISTI 조사, '15)
- 신제품 개발 및 제품 성능 개선에 따른 기업의 경제적 성과 창출에 기여 및 M&S 기반 R&D에 따른 제품 및 공정혁신으로 신규 매출 및 신기술 확보에 기여



<그림 3-46> M&S 지원 기업의 경제적 성과('16년 기준)

- 시뮬레이션 기반 R&D 혁신을 통한 제품 개발 생산성의 획기적 개선에 기여하며, 매출증대, 고용창출 등 직접적 경제효과 창출 뿐 아니라 중소기업의 M&S 진입장벽 해소 및 R&D 패러다임 변화에 기여
 - ※ 기술지원에 따른 기업 당 매출증가/고용창출: 24.4억 원/1.8명
- M&S 전문기술이 없는 중소·중견기업도 쉽게 활용할 수 있는 오픈소스 기반의 M&S SW 및 활용 플랫폼을 개발하여 산업 전반에 걸친 활용 확대 기반 마련
- 범용/맞춤형 SW 5종 및 HEMOS-Cloud & Structure 개발·보급

<표 3-46> 범용/맞춤형 M&S SW 및 서비스 플랫폼 개발

구분	SW명	주요 개발 범위 및 내용
범용 2종	HEMOS- Structure	선형/정적 구조해석 지원 ※ 솔버: CaculaX(오픈소스), HEMOS-FEM(자체개발)
	HEMOS- Fluid	비압축성/정상상태 유동해석 지원 ※ 솔버: OpenFOAM(오픈소스)
맞춤형 3종	HEMOS+	실내공조(HVAC), 브라켓(BRK), 삽입/이탈공정(TUBE) 등 제품/공정 맞춤형 M&S 자동화 지원
서비스 플랫폼	HEMOS- Cloud	중소기업이 언제-어디서든 M&S SW 및 슈퍼컴퓨팅 자원을 활용할 수 있도록 클라우드 시스템 개발 및 확산

※ 참조 : 2016년도 주요사업 연차평가보고서(한국과학기술정보연구원) p.517, 중소기업혁신본부 가상설계센터

45) NPS(Net Promoter Score): 타 기업에게 M&S 서비스를 추천하고자 하는 의향

- 중소·중견기업의 기술사업화 의사결정 시 필요한 다양한 분석 서비스를 제공하여 사업 다각화, 신규시장 개척, 수출경쟁력 제고 등에 기여
- 기술가치평가 지식서비스 지원(3년간 71개 공공R&D 기술)을 통해 23개 연구소 기업 설립을 유도하는 등 맞춤형 지식서비스를 통해 중소기업 투자유발비율을 17.6%('16년)로 제고

<표 3-47> M&S 기술 지원 기업 대표 사례

대상 기업	기술개발 내용 및 사업화 추진현황	
(주)엔유씨전자	○ 슈퍼컴퓨팅 시뮬레이션을 기반으로 원액기의 착즙률을 획기적으로 끌어올리는 기술 개발 ⇒ 개발비용 25%, 개발기간 66% 단축	
스크류 개선(원액기)	⇒ 원액기 착즙률 : 75%('12) → 82%('13) ⇒ 원액기 매출 증가: 298억('11) → 400억('13) → 1,200억('14년 예상), 고용창출: 100명('13~'14)	
(주)테크윈	○ 평형수 정화설비 규모를 최소화하면서, 효율을 극대화할 수 있는 정화시스템 설계 ⇒ 개발비용 25%, 개발기간 66% 단축 ⇒ 매출 증가: 20억('11) → 85억('12) → 144억원('13)	
전해조 내부유동 분석 (전기분해설비)		
(주)경인기계	○ 냉각탑 내부 유동을 분석하여 내외부 공기의 혼합효과를 향상시킴으로써, 백연저감설비를 개선 ⇒ 개발비용 20%, 개발기간 30% 단축 ⇒ 매출증가: 50억원('14년, 신규매출)	
백연저감설비 개선(냉각탑)		
(주)금창	○ 자동차 도어 임팩트 빔(일체형)의 단면형상에 따른 성능분석을 위해 측면 충돌해석 수행 ⇒ 개발비용 25%, 개발기간 34% 단축 ⇒ 매출 증가: 50억원('12) → 64억원('13) ⇒ 고용창출 : 24명('13~'14)	
부품 경량화 (자동차 도어빔)		
에스지에네시스(주)	○ 중국산 전기자전거 프레임의 장단점 파악, 프레임 형상에 따른 최적형상 및 경량화 ⇒ 개발비용 80%, 개발기간 70% 단축 ⇒ 매출 증가 : 10억원('12) → 20억원('13) ⇒ 고용창출 : 10명('13~'14)	
프레임 설계(전기자전거)		

※ 출처: 기관 평가 종합 평가 실적 보고서, KISTI, 2017.01

4) HPC 인력 양성 정책 및 프로그램 현황

■ [인력양성] 슈퍼컴퓨팅 활용 인력양성을 실시하고 있으나 부족한 실정, 4차 산업혁명 수요 대응 인력양성을 위한 체계화된 인력양성 필요

○ 단계(분야)별 교육과정 구분 및 지역(기관)별 특성화된 슈퍼컴퓨팅 교육으로 국가 차원의 전문/고급 인력 양성 배출

- 대학, 연구기관, 기업 등과 연계한 슈퍼컴퓨팅 교육 실시

<표 3-48> 국가슈퍼컴퓨팅 인력 양성 기관 및 양성 체계

구분	연계기관	양성 체계
대학	서울대 등 12개 대학	
연구기관	KISTI 등 4개 기관	
기업	Intel 등 4개 기업	

※ 출처: 기관 평가 종합 평가 실적 보고서 p.65, KISTI, 2017.01

○ 학/연 협력 전문대학원 설치 및 산학연 협동 교육과정 개설, 초고성능컴퓨팅 관련 교육(학위)과정 확대, KISTI를 중심으로 한 훈련 프로그램 운영 확대 등 중/고급 전문 인력 양성을 위한 추진체계 마련

- (국내 대학 국내 대학의 HPC 관련 교육 학부 과정은 거의 전무한 상태이며 일부 대학원에서 상태 협동과정으로 진행됨, 일부 교육 기관(서울대학교, 연세대학교, 이화여자대학교)에서 계산과학 관련 학과를 설치하여 인력을 배출

- 최근 4년 간 총 국내 대학 단기활용 학생 수*는 39,748명으로 이는 전국 관련 학생 수**(3,355,473명)의 1.18%에 불과

* 단기활용 학생 수 : KISTI의 슈퍼컴교육, EDISON교육, M&S 교육 단기 교육 수강 학생 수

** 관련 학생 수 : 2013년~2016년 우리나라 교육통계서비스'의 4년제 대학의 공학, 이학, 의학 계열의 재적 학생 수



<그림 3-47> 국내 대학 활용 단기 인력양성('13~'16년)

- 최근 6년간 서울대 및 연세대의 계산공학전공 석박사 졸업생 수는 총 46명으로서, 이는 2016년 전국 자연·공학·의학 석박사 졸업생 수(24,943명)에도 한참 못 미치는 실정

■ 슈퍼컴퓨팅 활용 국내 인력양성 주요 기관 및 프로그램

○ 서울대학교

- 협동과정 계산과학전공에서 대학원 학위 과정 제공
- 계산과학의 이론, 기술 및 실제 응용에 대한 학제 간 협동연구와 이를 자연과학, 공학, 의학 등 응용분야에 적용하고 발전시킬 수 있는 석박사 과정의 고급인력을 양성
- 자연과학, 공학을 비롯한 5개 대학 15개의 참여 학과로 구성
- 석사 학위과정: 협동과정에서 개설하거나 인정하는 필수과목 중 최소 2과목을 포함하여 24학점 이수
- 박사 학위과정 : 협동과정에서 개설하거나 인정하는 필수과목 중 최소 3과목을 포함하여 36학점 이수

<표 3-49> 서울대학교 계산과학전공 협동과정

공과대학	자연과학대학	그 외
기계항공공학부 원자핵공학과 조선해양공학과 전기정보공학부 건설환경공학부	수리과학부, 통계학과 물리학과, 천문학과 화학과 생물학과 지구환경과학부	경제학과 수학교육과 의공학과

<표 3-50> 서울대학교 협동과정 계산과학전공에서 제공하는 전공 교과목

필수 교과목	선택 교과목
- 과학적 가시화 - 과학계산 프로그래밍 - 과학적 병렬 계산 - 계산 과학 자료 구조론 및 알고리즘	- 고급수치선형대수 - 상미분방정식의 수치해법 - 편미분방정식의 수치해법 - 고급과학계산 특강 I, II - 고급병렬계산 특강 I, II - 고급계산모델링 특강 I, II

※ 출처: 서울대학교 홈페이지(<http://www.snu.ac.kr>)

○ 연세대학교

- 계산과학공학과에서 대학원 학위 과정 제공
- 공학, 의료영상, 자연과학 및 산업분야에서 제기되는 문제를 수리모델링-시뮬레이션-시각화과정을 통해 예측/분석, 프로그램 개발, 산업화 등의 다단계 연구를 종합적으로 수행하는 계산과학 중심의 대학원 과정
- 타학과 전공 교과목이 인정되는 학과 : 수학과, 기계광학과, 대기과학과
- 석사 학위과정: 학과에서 개설한 교과목 중 필수 이수 과목을 포함하여 30학점을 이수
- 박사 학위과정: 석사과정에서 이수한 30학점을 포함하여 60학점 이수

<표 3-51> 연세대학교 계산과학공학과에서 제공하는 전공 교과목

필수 교과목	선택 교과목
- 기초계산과학공학 - 수치해석 - 수치편미분방정식 - 이공계 편미분방정식 - 유한요소법 - 병렬과학계산 - 기초전산유체역학	- 의료영상시스템의 원리와 응용 - 점성유체역학, 전산난류특론 - 유동안정성이론 - 고급전산유체역학 - 영상처리 프로그래밍 - 물리기반모델링과시뮬레이션 1, 2 - 스토케시틱 수치해법 - 수학적모델링 및 수치해석 1, 2 - 입자와 유동 - 수치최적화 - 수학적모델링 및 해석특강 1, 2 - 고급유한요소법 - 수치시뮬레이션기반 과학특강 1, 2 - 수치시뮬레이션기반 공학 특강 1, 2 - 수리모델링 및 수치모사와 시각화 1, 2

※ 출처: 연세대학교 홈페이지(<http://www.yonsei.ac.kr>)

○ 이화여자대학교

- 계산과학 연계전공에서 학부 교육(학위)과정 제공, 대학원 과정은 미제공
- 수학 및 자연과학의 기본 지식과 필요한 컴퓨터 지식을 배우고, 이를 과학 및 공학 문제에 접목할 수 있는 역량을 갖춘 인력 양성

<표 3-52> 이화여자대학교 계산과학 연계전공에서 제공하는 교과목

교과목	
계산과학 알고리즘	C 프로그래밍 및 실습
계산과학 프로그래밍 및 실습	객체지향 프로그래밍
선형대수학 1, 2	수치해석
수치해석학	이산수학
미분방정식, 미분적분학 1, 2	컴퓨터 알고리즘, 자료구조
수리영상처리	수문기상학 및 실습
수치미분방정식	환경모델 및 실습
자료분석 및 실습, 전산 통계학 및 실습	지구환경학
컴퓨터 프로그래밍, 통계 프로그래밍	환경 유체 공학, 환경 정보학 및 실습

※ 출처: 이화여자대학교 홈페이지(<http://www.ewha.ac.kr>)

○ KISTI 국가슈퍼컴퓨팅연구소

- 국내 HPC 관련 기관에서는 병렬 프로그래밍 등의 HPC 관련 교육을 세미나/워크숍, 계절학교, 온라인 교육 등을 통해 제공
- 센터교육으로는 KISTI 본원 교육실에서 수행하는 현장 교육과 인터넷을 통해 수강할 수 있는 온라인 웹기반 교육으로 구분
- ※ 매년 2,000명 이상의 교육 수요자를 양성
- ※ 현장 교육은 강좌 시작 7일전 까지 홈페이지를 통해 수강 신청이 가능하며, 클래스에 따라 1~3일 실시 (무상 교육)

<표 3-53> KISTI 현장 교육 강좌 리스트('17년)

강좌 리스트		
GPU 프로그래밍	CFX 기본교육	과학계산을 위한 Python
수치해석 라이브러리 활용	Tachyon2 시스템 활용	Fortran
OpenMP 초급/중급	MPI 초급/중급	하이브리드 프로그래밍
SC-Tera	Autodesk Moldflow	슈퍼컴퓨터 활용 교육
EDEM 기본교육	Solidwoks 기본교육	Fluent 기본교육

※ 출처: 슈퍼컴퓨팅 교육센터 홈페이지 (<https://webedu.ksc.re.kr/courseApp.es?mid=a10202000000>)

- ※ 병렬 컴퓨팅, OpenMP, MPI, GPI, Fortran 등 총 74개의 온라인 동영상 강좌 제공
- ※ 과목(강의 수): 병렬컴퓨팅(15), OpenMP(7), MPI(23), GPU(20), Fortran(9)
- 서울대학교, 광주과학기술원 등 파트너십 기관 교육 또한 수행
 - ※ 서울대학교와 연계하여 매년 4박5일간의 이론 및 실습수업과 외부 강연, 팀 프로젝트로 구성된 계절 학교 운영(Accelerator Programming 여름/겨울 학교)
 - ※ 성능가속기의 구조, 병렬 프로그래밍, OpenCL 기본/고급 과정 운영
 - ※ 서울대 슈퍼컴퓨터 '천둥'을 이용한 프로그래밍 실습환경 제공
- 광주과학기술원 슈퍼컴퓨팅센터 특성화 분야와 연계한 HPC System & DevOps/HPCoverCloud 계절학교를 2박3일간 운영
 - ※ 딥러닝, DL&heterogeneous, Material Sim. GPU, DL hands-on, LAMMPS, Bio Infomatics, DL HighLight, Neuro&Matlab 등 세미나 운영
- 인텔, 엔비디아 등과 협력하여 프로세서 기반 교육 제공
- 산업체 및 슈퍼컴퓨터 운영자를 위한 교육을 비정기적으로 제공
 - ※ CFX, SolidWorks, Fluent, EDEM, SC-Tera, Abaqus, AutoDesk Moldflow 등 중소기업 연구개발자 및 일반사용자 대상 슈퍼컴퓨터 응용프로그램 활용 교육을 비정기적으로 제공
 - ※ 자체 전문가를 활용하여, CAE 컨설팅에서 ANSYS, NASTRAN 등 상용 SW 교육을 유료로 실시
 - ※ 대학의 요청에 따라 대학 슈퍼컴퓨터 운영자 교육 강화를 비정기적으로 제공
 - ※ HPC 클러스터 구축, HPC 보안 및 장애 대응, HPC 클러스터 환경 구성, 병렬파일 시스템 구축, 과학적 가시화 소프트웨어 교육 등
- EDISON(첨단 사이언스 교육 허브 개발사업)-KISTI 사업을 통하여 이공계 대학(원)생의 최신 시뮬레이션 프로그램 활용 능력 및 적응력을 제고
 - ※ 산업현장에 즉시 투입될 수 있도록 대학(원) 수준에서 최신 연구지식과 활용능력을 겸비한 이공계 인재 양성이 목표
 - ※ 슈퍼컴퓨터 및 초고속 연구망 자원을 연동한 EDISON 사용자 서비스 인프라 구축 및 제공
 - ※ 2015년 기준 42개 대학, 114개 교과목, 4,872명, 5개 전문응용분야(전산열유체, 나노물리, 계산화학, 구조동역학, 전산설계) 분야에 활용

<표 3-54> EDISON-KISTI 교육 실적

구분	'11년	'12년	'13년	'14년	'15년
대학(개)	14	32	43	41	42
교과목(개)	23	91	162	271	114
사용자(명)	606	3392	9538	9644	4872
분야	전산열유체	전산열유체 나노물리 계산화학	전산열유체 나노물리 계산화학	전산열유체 나노물리 계산화학	전산열유체 나노물리 계산화학 구조동역학 전산설계

※ 출처: EDISON, https://www.edison.re.kr/primary-result?p_p_id=&p_p_lifecycle=0&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=2

○ KISTI 국가슈퍼컴퓨팅연구소

- 계절학교, 사용자교육, 청소년캠프로 구분하여 맞춤형 단기집중 교육과정을 운영
- 학부생 이상을 대상으로 1주간의 슈퍼컴퓨팅 심화교육 계절학교 운영
 - ※ CPU 및 GPU 병렬프로그래밍 기법(OpenMP, MPI, CUDA)과 C/C++, Fortran 코드를 이용한 성능향상 및 최적화 교육 제공
 - ※ 양자계산, 사출성형, 기상기후, 생명공학 등 응용패키지 활용 교육
- 슈퍼컴퓨터 사용자를 위한 일반교육 및 응용프로그램 교육 과정 운영
 - ※ 슈퍼컴퓨터 대표 OS 사용법, 병렬프로그래밍 방법, 계산과학 응용패키지 활용법 교육

<표 3-55> UNIST 사용자교육 과정 (`16~`17)

구분	교육명	일시
일반 교육	Linux&HPC howto	2017.4.26
	Intro Basic Linux&HPC howto	2016.3.15
응용프로그램 교육	ANSYS FLUENT	2017.6.28~29
	COMSOL Multiphysics	2017.6.30

※ 출처: UNIST, <http://hpcschool.kr/tutorials>

- 고등학생 대상 4박5일 간 슈퍼컴퓨팅 청소년캠프를 운영
 - ※ 슈퍼컴퓨터 구축, 활용 교육 및 실습, 병렬컴퓨팅 경연 등
 - ※ 참가학생 교육 이수증 및 연구학점 이수증 발급



<그림 3-48> `17년 슈퍼컴퓨팅 청소년캠프 프로그램 일정

※ 출처: <https://webedu.ksc.re.kr/menu.es?mid=a20300000000>

■ (KISTI 국가슈퍼컴퓨팅연구소) 단계(분야)별 교육과정 구분 및 지역(기관)별 특성화된 슈퍼컴퓨팅 교육으로 국가 차원의 전문/고급 인력 양성 배출⁴⁶⁾

○ `15년 2,714명(42건) → `16년 3,301명(전문/고급인력 1,540명)(43건) 증가

<표 3-56> 초고성능컴퓨팅 전문 인력 양성(`16년)

구분	KISTI	참여기관	합계
전체 인력 양성 수	1,745명	1,556명	3,301명
전문·고급 인력 양성 수(비율)	1,040명(60%)	500명(32%)	1,540명(47%)

※ 대학, 연구기관, 기업 등과 연계한 슈퍼컴퓨팅 교육 실시

○ 산·학·연 협동 차세대 시스템 활용을 대비한 전문/고급 인력양성 교육과정 신규 개설

- 기계학습, 빅데이터, 헤테로컴퓨팅 등 최신 기술을 반영한 전문/고급 인력 양성 교육과정 개선을 통한 전문/고급 인력 양성에 집중

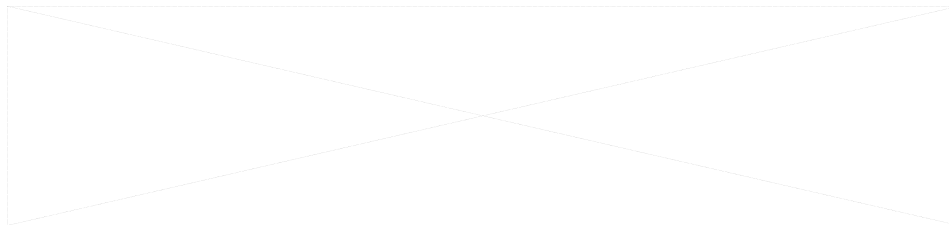
- 정기교육, 헤테로/데이터 컴퓨팅 교육 등으로 우수 인력 배출

46) 기관 평가 종합 평가 실적 보고서(KISTI), 2017.01

<표 3-57> 초고성능컴퓨팅 전문/고급 인력양성 교육과정

구분	분야	강의명
전문·고급 교육훈련	हे테로컴퓨팅	▪ Vectorization, OpenCL, GPU, Hybrid(OpenMP+MPI) 계산과학을 위한 Python
UST 신규 강좌	과학기술정보과학	▪ 클라우드컴퓨팅, 암호 알고리즘, 정보보안, 미래 인터넷 구조기술, 데이터마이닝 세미나
	빅데이터과학	▪ 빅데이터 분석, 빅데이터 지식추출, 빅데이터 이슈 탐지 현장연구, 바이오-메디컬 빅데이터 분석

- 잠재 전문인력 발굴 및 저변 확대를 위한 슈퍼컴퓨팅 경진대회 개최 및 슈퍼컴퓨팅 청소년 캠프 진행
 - 슈퍼컴퓨팅 경진대회('14년, '15년)대상 수상자가 KISTI 및 ORNL(Oak Ridge National Laboratory)에서 슈퍼컴퓨팅연구 수행 중
 - 청소년 캠프 전국 규모로 확대('15년 7개 과학영재고 → '16년 전국 고교)
- 대학(원), 출연(연) 및 산업체 대상으로 계산과학공학 SW 개발, 활용이 가능한 우수인력 양성
 - 교육기관과 KISTI의 협력으로 수요기반 맞춤형 교육 과정 제공을 통한 즉시 활용 가능한 우수한 전문인력 양성



<그림 3-49> 수요기반 맞춤형 교육 과정

- 수요기관 요구에 기반하여 대학(원) 교육과 연계 가능한 SW 활용성 강화 교육 실시
 - 대학(원) 자체개발 SW의 활용성 강화를 위한 교육과정 개설

<표 3-58> SW 활용성 강화 교육

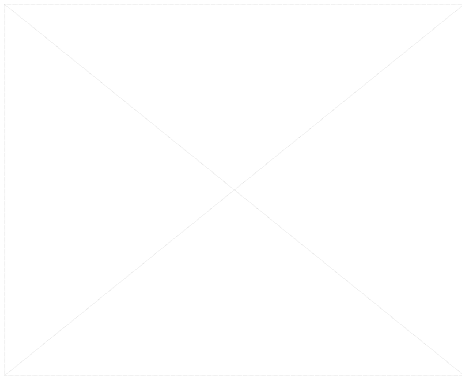
교육 과정	주요 내용
성능 향상 기술	▪ 최적화, 병렬화, 프로그래밍 언어 교육 등(기존 교육과정 연계)
플랫폼 활용 기술	▪ 개인용 SW의 범용화를 위한 교육(포틀릿, 데이터 호환 기술 등)
전문연구분야	▪ 바이오/나노/소재 전문분야(연구주제+계산과학공학, 출연(연))
가시화 기술	▪ 계산과학공학 가시화 기술(대학(원) 미보유 SW 활용 교육)
상용 SW 활용	▪ 산업체 대상의 상용 SW 교육(ABAQUS, ANSYS 등 기계 분야)

[참고] HPC 활용 실태조사 ('17년.8월)

○ HPC 활용 수요는 지속적 확대 중

- 기초연구개발(66.7%), 응용연구개발(20.6%) 등 주로 연구개발에 활용되고 있음
- HPC의 활용은 과학적 연구 및 혁신 활동의 목적으로 다양한 분야에서 진행 중이며 활용빈도도 증가 추세(65.3%)임
- 외부 수요자들의 HPC 활용 이유로 고성능, 저비용, 신속 이용절차를 언급함
- 향후 HPC 활용 계획에 대한 조사결과는 향후 지속 활용 82.4%, 앞으로 신규 활용 8.8%에 이를 정도로 활용 수요가 높게 나타남

※ 4차 산업혁명에 따른 HPC 활용 확대 전망(88.0%)



[HPC 활용이유]

- 1위, 새로운 발견과 이론정립
- 2위, 도전적 혁신
- 3위, 이론검증 및 확장
개발기간 비용 단축



[외부공공기관 이용 장점]

- 1위, 우수한 성능
- 2위, 저렴한 비용
- 3위, 사용 편의성

[참고] HPC 활용 실태조사 ('17년.8월) - 계속 -

○ HPC 구축·운영은 추진실적 양호, 교육 및 활용은 수요대비 미흡

- 전체 106개 응답 중 47개 기관이 자체 구축함. 59개 기관은 외부 자원만 활용함
(단, 자체 구축 기관의 약 2/3는 자체 자원뿐만 아니라 외부 자원 활용 병행)

- 자체구축 이유는 기관 자체 수요충족(68.9%)이며 대부분 추가도입 계획
(63.6%)

※ 특히 2년 내 추가 도입 비중이 높으나(43.1%), 도입 과정에서 예산 확보
(63.2%)와 유지보수(13.5%)가 문제점으로 나타남

- HPC의 산술적 가치를 넘어 기업혁신을 위한 요소(양호)이며, 전략적 자산이라는
인식 수준(양호) 등 HPC 구축 및 활용을 위한 기본환경 요소는 양호

※ 실제 활용을 위한 교육훈련 제공이 미흡하고, SW/HW 기술, 활용 및 서비스
등은 경쟁력 수준이 평균(3.0/5.0점 미만)에 미치지 못함



[HPC 추가 도입 시기]

- 1위, 계획 없음
- 2위, 1년 내
- 3위, 2년 내



HPC도입의 어려움

- 1위, 예산 확보
- 2위, 유지보수
- 3위, 적정공간 확보

3.3. 국가초고성능컴퓨팅 연구개발 부문

■ 기술 경험 축적 후 탈추격형으로 전환을 위한 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화

- 페타스케일 초고성능컴퓨팅 시스템 자체 개발을 위한 역량 확보와 기술 격차 축소를 위한 단계별 목표 설정 요구
- 기술 격차 축소를 위한 차세대 요소기술 선제 개발 시급

■ 차세대 반도체 기술 개발 및 초고성능컴퓨팅 활용

- 선진 기술 습득을 위한 벤치마킹과 네트워킹을 통한, HPC 원천기술 확보 및 국내 반도체 기술 역량 활용 필요

■ 미래 패러다임 선제 대응을 위한 양자컴퓨팅 기술 역량 확보

- 차세대 아키텍처와 차세대 패러다임을 활용한 탈추격 추진 필요

3.3.1 글로벌 동향

■ 미국, EU, 일본, 중국 등을 중심으로 초고성능컴퓨팅 시스템(엑사스케일급) 개발을 위해 관련 국가 정책 수립 및 지속적 R&D 투자 확대

1) 엑사스케일 초고성능컴퓨팅 개발 동향

■ ‘세계 최강’을 목표로 2015년 네트워킹 정보기술 연구개발(NITRD) 프로그램을 통하여 정부 주도의 차세대 HPC 기술 개발 대규모 투자

- (NITRD) 미국 정부의 각 부처 및 기관이 추진하는 ICT 분야의 연구개발사업들을 하나로 합친 연구개발 프레임워크로, 미국 대통령 직속기구인 국가과학기술위원회(NSTC) 산하의 기술위원회 중 NITRD 분과위원회가 운영

- 미정부, 각 부처 및 기관이 협력 및 조정 형태로 참여하는 범부처 프로그램으로 미국 내 다양한 산업분야에서 필요로 하는 ICT 연구개발을 체계적으로 관리 운영
- 국방성(2.1억 달러), 에너지성(2.1억 달러), 연구재단(1.3억 달러)주축으로 차세대 HPC 기술 개발 추진



<그림 3-50> 세부 프로그램별 부처 및 기관 참여 및 예산 현황('17년)

※ 출처: The Networking and Information Technology Research and Development, Supplement to the President's Budget FY 2017, NITRD 2016.04

■ [EU] 각국의 슈퍼컴퓨터 센터를 중심으로 프로토타입 수준의 컴퓨팅 시스템 개발 프로젝트 진행 중

- 슈퍼컴퓨터의 제조 기술보다 과학기술 연구에 활용하는 응용 소프트웨어 중심의 시스템 활용 생태계와 관련된 연구가 활발하게 진행 중
 - Horizon 2020을 통하여 저전력 칩과 같은 서버용 프로세서 개발을 위한 관련 프로젝트 진행
- EU 전역을 연결하는 초고성능컴퓨팅 공동활용 체제인 PRACE(Partnership for Advanced Computing in Europe) 프로젝트를 출범시켜 과학자와 기술자에게 세계 최고급 초고성능컴퓨팅 서비스 제공

○ (독일) A Strategic Framework for High End Computing, German Science Council Statements 2000 등 초고성능컴퓨팅 육성국가 계획 발표

○ (영국) 국가 경쟁력 확보를 위한 최우선 사업으로 정부 부처 및 연구회가 공동으로 참여하는 대형 복합 연구개발 프로그램 추진

■ [일본] 정부 주도하에 산·학·연이 연계해 초고성능컴퓨팅 생태계를 발전시키며, 초고성능컴퓨팅 연구개발투자 지속적으로 증대 ('06년 35.5억엔, '08년 145억엔, '11년 285억엔 등)

○ 미국에 이어 전통적으로 슈퍼컴퓨터를 자체 개발할 능력을 보유하고 있으며 지진, 해일 등 자연 재해예방을 목적으로 슈퍼컴퓨터 적극 활용

○ 슈퍼컴퓨터 제조업체와 국가연구소, 대학 등이 연합하여 엑사스케일급의 슈퍼컴퓨터 자체 개발 노력 중. K-computer로 세계 1위(2011)를 했던 후지쓰와 RIKEN 연구소가 2014년부터 1.4조원을 투입하여 엑사스케일급 슈퍼컴퓨터 Post-K 자체 개발 중

○ 기업 동경공과대학(TiTech)과 SGI, HP, Nvidia가 협력하여 전통적인 HPC 뿐만 아니라 AI, 빅데이터 등의 응용을 타겟으로 하는 Tsubame를 개발 중

○ 첨단연구망 SINET4 및 범국가적 공동활용 인프라인 HPCI를 구축, 활용하고 있으며, 대학과의 협동과정을 통해 전문인력 양성

■ [중국] 2010년 세계 1위의 슈퍼컴퓨터를 자체 개발하는 등 국가 주도의 집중 투자를 통해 신흥강국으로 부상하며, 연간 1조원 규모 이상을 초고성능컴퓨팅 관련 연구에 투자

○ 2015년까지 8개의 정부산하 센터와 5개의 민영센터(석유, 기상, 우주, 방위, 에너지)를 포함한 15개의 PF급 초고성능컴퓨팅 센터 신설

○ 공격적인 연구 개발을 통하여 Top500 리스트의 상위권에 자체 구축한 슈퍼컴퓨터를 다수 등재시키며, 2017년 6월 기준으로, 자체 개발한 Sunway TaihuLight

슈퍼컴퓨터로 Top500 리스트에서 1위를 차지

- 엑사스케일급의 슈퍼컴퓨터를 자체 개발하기 위하여 프로세서 및 관련 기초 기술들에 투자를 늘리고 있으며, 3개의 프로토타입 시스템을 먼저 개발하여 그중 선택된 시스템을 확장하여 2020년까지 엑사스케일급 슈퍼컴퓨터로 구축 예정

2) 초고성능컴퓨팅 반도체 개발 동향

■ 글로벌기업들은 다양한 플랫폼 기술을 개발하여 다양한 분야에 활용하기 위한 고성능 저전력 하드웨어 플랫폼 구축에 집중

■ [초병렬 프로세서] 전세계 글로벌 기업의 매니코어 프로세서 기술 선점을 위한 연구가 활발히 진행 중

- CEVA사는 기존의 GPU 기반 시스템들에 비해 30배 적은 전력과 15배 적은 메모리 대역폭으로 3배 빠른 딥 러닝(Deep Learning) 작업 수행이 가능한 CEVA 심층신경망(CEVA Deep Neural Network: CDNN)을 2세대까지 공개. 해외 다수의 기업뿐만 아니라 국내의 LG 전자, 중소기업에서도 도입하여 제품 개발 중

- NVIDIA사는 폭발적으로 성장할 고성능의 딥 러닝 가속기 시장에 대비하여, 고성능 딥 러닝 가속기를 출시. ‘파스칼 (pascal)’ 아키텍처 기반의 최상위 모델인 하이퍼스케일 데이터센터용 ‘테슬라 (tesla) P100’이 있으며, 여기에 딥 러닝 추론 과정에 특화된 ‘테슬라 P40’과 저전력 모델 ‘테슬라 P4’ 등 최신 GPU 가속기 개발

- 인텔사는 인공지능(AI)시장 선점을 위해, 2016년 방대한 병렬 처리 및 벡터화를 제공하는 고성능 컴퓨터(HPC)용 프로세서 2세대 ‘제온 파이’ 개발

■ [DNN 가속 반도체] 글로벌 기업은 최근 큰 주목을 받고 있는 딥러닝 기반의 인공지능 반도체 개발을 위하여 정부의 지원과 시장 지배력을 바탕으로 지능정보 처리를 위한 다양한 아키텍처의 프로세서 개발 중

- NVIDIA사는 자사의 그래픽스 처리 프로세서(GPU) 기술을 기반으로 한 딥러닝 기

술을 활용하여 NVIDIA DRIVETM PX 2 AI 개발

- DriveWorks 자율주행 소프트웨어 포함



<그림 3-51> 자율 주행을 위한 NVIDIA의 프로세서 기반 시스템

- 퀄컴은 뇌모방 컴퓨팅을 위한 프로젝트인 제로스(Zeroth)를 발표하였으나, 현재는 완전한 DSP(Digital Signal Processor, 디지털 신호처리 프로세서) 중심의 뉴럴넷 컴퓨팅용 환경을 제공하는 형태로 개발 중(2017년 1월 3일 스냅드래곤 835 공개)



<그림 3-52> 퀄컴사의 Snapdragon 835 Block Diagram

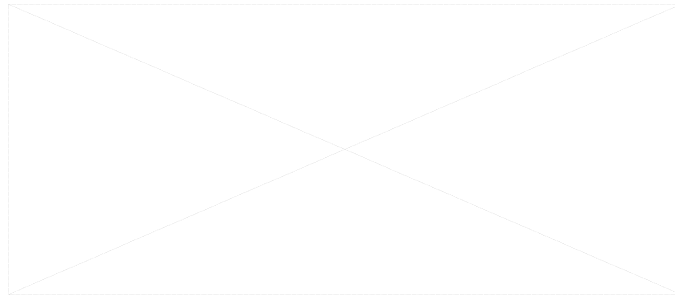
- IBM은 뉴런(neuron)과 시냅스(synapse) 구조를 모방해 인간 두뇌와 같은 원리로 동작하는 뉴로시냅틱(neurosynaptic) 방식의 컴퓨터용 프로세서 TrueNorth 개발



<그림 3-53> IBM의 Neurosynaptic Core 및 TrueNorth 계층 구조

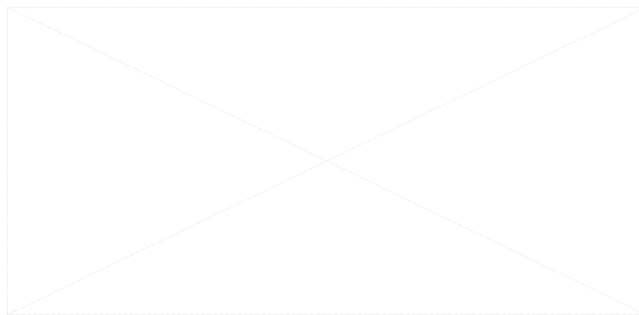
- 구글은 SW 및 빅데이터 센터 기반으로 2015년 프로세서 반도체 개발을 시작하여, 2016년 5월에 데이터 분석과 딥러닝을 위해 개발한 TPU(Tensor Processing Unit) 공개
- 인텔은 대형, 고속의 데이터 센터 서버용 프로세서에 집중하여 다양한 프로세서 제품군을 생산하며, 2017년 상반기에 너바나 기술을 활용한 코드명 '레이크 크레스트(Lake Crest)' 프로세서 출시 예정
- CEVA는 전통적인 DSP나 최근 병렬처리 중심의 뉴럴넷 구조 연구를 위하여 CEVA DSP MX 시리즈 개발. 3D 비전, 컴퓨터 활용 사진 기술(computational photography), 시각적 인지 및 분석 지원
- [신경세포 모방소자 및 회로] 신경세포 모방소자 및 회로 분야는 미국, 유럽 등의 선두그룹이 연구 선도

- Micron사는 2013년 DRAM 공정을 이용해서 오토마타 처리를 위한 프로세서와 메모리를 하나의 칩에 집적한 오토마타 프로세서 개발



<그림 3-54> Micron의 오토마타 프로세서

- Venray사는 DRAM 공정을 이용하여 프로세서와 메모리를 집적한 전력 소모 최적화 기능에 중점을 둔 TOMI (Thread-Oriented Microprocessor) 개발



<그림 3-55> Venray의 TOMI 마이크로프로세서

- 일리노이대학의 UIUC(University of Illinois, Urbana-Champaign) 팀은 IEEE ICASSP 2015에서 SRAM과 프로세서를 이용한 PIM 구조 발표. SRAM의 출력 데이터를 센스 앰프를 거치지 않고 아날로그 연산기를 통해 바로 처리하여, SRAM과 프로세서 기반 PIM 구조의 가능성 제시



<그림 3-56> Illinois Univ. Urbana-Champaign의 SRAM과 프로세서를 이용한 PIM

- 캘리포니아대학의 UCSB(University of California, Santa Barbara)팀은 ISCA 2016에서 차세대 메모리인 ReRAM을 이용해서 PIM을 개발하고자 하는 연구 발표. ReRAM은 전기적인 신호에 따라 저항이 크게 변화하는 원리를 이용한 차세대 비휘발성 메모리로서, 저항비 변화를 통해 간단하게 곱셈 구현이 가능하며, 기존의 낸드 플래시보다 속도가 10 배 이상 빠르며, 전력 소모를 30% 감소



<그림 3-57> California Univ, Santa Barbara의 ReRAM 기반의 PIM 구조

- Toshiba는 A-SSCC 2016에서 SRAM과 프로세서를 하나의 단위로 구성하는 PIM 발표. 연산 복잡도 및 인지 정보 처리에 필요한 데이터를 최대한 줄인 BNN (Binarized Neural Network)을 이용하여 외부 메모리 접근을 최대한 줄였으며, 내부 메모리 대역폭은 SRAM과 프로세서의 PIM 구조를 통해 확장



<그림 3-58> Toshiba의 SRAM 혹은 ReRAM 기반의 PIM

- 이처럼 주요 국가들은 대학, 연구소, 기업들이 신경세포 모방소자에 대한 연구를 지속적으로 수행하며 향후 지능 정보 처리를 위한 여러 프로젝트를 수행 중
 - (미국) Stanford Univ, UC Berkeley, Michigan Ann Univ 등 미국 내 대학과 Intel, IBM 등 주요 기업들이 신경모방소재 연구를 수행하고 있으며, 기존 CPU 기술 우위를 바탕으로 메모리 분야로 기술 확장 시도 중
 - (유럽) EU차원의 산학연 연계 거대 공동 프로젝트(STEEPER, FACET 등)를 통해서, 미국과의 기술 경쟁을 하고 있음
 - (일본) 기업/대학 공동으로 초저전력시스템(LEAP)연구 프로젝트를 수행을 통하여 차세대 반도체 기술 기반의 신경모사시스템 연구중

<표 3-59> 신경세포 모방소자분야 주요 연구 개발 동향

연구기관	국가	연구내용	특징
Stanford Univ.	미국	650,000개의 인공 뉴런 및 3,750,000개의 인공 시냅스를 이sys한 신경모사 시스템 구현 - Heterogeneous integration을 이용한 재구성가능 논리 회로 구현	- 구현된 신경모사 시스템을 뇌연구의 뉴로사이언스에 사용
UC Berkeley	미국	고에너지 효율 반도체 소자 개발 및 이를 활용한 다양한 회로 구현	- 소재/소자/설계 융합 연구 진행
Michigan Ann Arbor Univ.	미국	멜리스터와 STDP를 이용한 신경모사 시스템 구현	- 95%이상의 인식률의 clustering 시스템의 시뮬레이션 검증
EPFL	유럽	(STEEPER 프로젝트)기업/대학 공동으로 고에너지 효율 반도체 개발	- EU차원의 산학연 연계 거대 공동 프로젝트를 통해 미국과의 기술 경쟁
Heidelberg Univ.	유럽	(FACET 프로젝트) 8인치 웨이퍼 상에 신경모사 시스템 구현	- 구현된 신경모사 시스템을 뇌 연구의 뉴로사이언스의 시뮬레이션 툴로 사용
Manchester Univ.	유럽	(SpiNNater 프로젝트)18개 ARM프로세서들 사용하는 신경모사 시스템 구현	- 뇌질한 연구에 이용
Intel	미국	- 고에너지 효율 반도체 소자와 기존 CMOS소자의 융합회로 연구 - 삼차원 적층 cross point memory 연구	- 기존 CPU 기술 우위를 바탕으로 메모리 분야로 기술 확장 시도
Monolithic 3D	미국	삼차원 적층 반도체 소자 및 공정 연구	- 실리콘 웨이퍼 본딩을 통한 3차원 반도체 칩 구현
HRL	미국	(SyNAPSE 프로젝트) CMOS baseline chip 상의 멜리스터 집적	- STDP 학습 알고리즘 사용
IBM	미국	(SyNAPSE 프로젝트) CMOS baseline chip 상의 True North chip 구현	- 로봇 분야 적용 목표
Xilinx	미국	삼차원 재구성 가능 논리 회로 chlp 구현	- 본딩 및 TSV 기술에 활용
AIST	일본	기업/대학 공동으로 초저전력시스템(LEAP)연구 프로젝트 수행	- 차세대 반도체 기술 기반의 신경모사시스템 연구중
NNDL	대만	삼차원 집적 공정 기술 개발 및 회로 시연	- 레이저를 이용한 재결정화 수행

■ [초저전력 빅데이터 저장 솔루션] 대용량의 데이터 효율적 처리를 위한 DRAM, 낸드플래시등의 메모리 저장 솔루션 시장이 급속하게 확대됨에 따라, 글로벌 기업들은 대규모 투자를 통하여 차세대 메모리 솔루션의 원천 기술 개발 경쟁 중

- 인텔사(미국)는 3D Xpoint 기술 개발을 위하여 Micron과 협력하고 있으며 차세대 CPU-메모리 통합 시장을 위해 Micron 인수를 통한 메모리 및 솔루션 확보 노력
- Marvell사(미국)는 6Gbps SATA, PCIe용 SoC 솔루션을 개발하여 OCZ 등에 납품한 바 있으며, eMMC 5.0을 지원하는 모바일 솔루션 개발
- PMC-Sierra사(미국)는 NVMe SSD, SAS SSD 등 개발에 필요한 저장 솔루션을 개발하였으며, 2016년초 \$2.5B에 Microsemi에 인수
- NGD Systems(미국)는 빅데이터, 클라우드 응용에 적용 가능한 스마트 스토리지 (in-situ processing)제품 개발
- Phison사(대만)는 USB 드라이브, CF 카드, SD 카드 등에 관련한 메모리 솔루션을 개발하였으며, 최근 eMMC, uSSD, BGA SSD 등 다양한 형태의 솔루션 개발
- Silicon Motion사(대만)는 SLC, MLC, TLC 등 다양한 낸드플래시 저장 솔루션을 개발하였으며, 최근 인텔 등과의 협력을 통하여 다양한 개인용 저장장치 제품 제공
- Waitan(중국)은 중국 상하이에 기반을 둔 저장 솔루션 전문 업체로 국방, 항공, 산업용 응용을 위한 제품 개발
- Renice Technology(중국)은 보안, 암호화 기능이 강화된 저장 솔루션 개발 회사이며, 중국 선전에서 SATA 및 USB 3.0용 솔루션 기술 개발
- 도시바(일본)은 eMMC, SSD 뿐만 아니라, 하드디스크와 저장 솔루션이 결합된 하이브리드 저장장치 개발 집중
- Hyperstone(독일)은 저전력 응용에 최적화된 저장 솔루션 전문회사로 SSD, Disk-on-Module, Disk-on-Board, eMMC 등 다양한 제품의 솔루션 개발

3) 양자 컴퓨터 연구 개발 동향

■ [미국] 양자 컴퓨팅 연구 수준은 기존의 기초 연구 범주에서 벗어나 명확한 목표를 가진 엔지니어링 및 산업적 제품 개발의 단계로 진입

- 미 국가 정보국 (IARPA)에서 양자컴퓨팅 요소 기술에 대하여 도전적인 기준을 제시, 경쟁적으로 다양한 플랫폼의 한계를 확인하는 대형 과제 운영
- 구글사는 UC 산타바바라 대학의 John Martinis 영입. 2017년을 목표로, 고전 컴퓨터를 능가하는 작업 수행 (quantum supremacy)을 증명
- IBM은 범용 양자컴퓨터 'Q'를 상용화 발표(2017년 3월)
 - 현재 5큐비트(퀀텀 비트)인 시스템 성능을 수년 안에 열 배인 50큐비트까지 끌어올리는 것이 목표⁴⁷⁾
- 마이크로 소프트는 칩부터 운영체제까지 완전한 양자 컴퓨터 전체 기술 시스템 개발 계획 발표(2017년 9월)⁴⁸⁾
 - 토폴로지 큐비트이라는 개념을 활용해 칩을 개발하고, 양자 비트를 더욱 안정적인 형태로 만든다는 계획
 - 토폴로지 큐비트 모델을 활용한 양자 비트 프로그래밍용 언어 개발 중
 - 이 시스템은 연말까지 무료 프리뷰로 제공되며, 개발자들이 양자 컴퓨팅에 익숙해질 수 있도록 라이브러리와 튜토리얼 공개

■ [유럽] 산학연간 연계를 통한 산업적 기술 선점을 목표로, 최근 Quantum Manifesto라는 대형 이니셔티브를 출범

- 2016년, 양자 연구 및 양자 기술에 대한 유럽 과학의 리더십과 우수성 강화를 목표로, 전반적인 양자 기술에 대해서 10억 유로 규모의 투자 계획 수립(2019년부터 약 10년 예정)
 - 유럽은 양자통신, 양자시뮬레이션, 양자센서, (범용) 양자컴퓨터의 4가지 테마 구성하여 사

47) <http://www.etnews.com/20170512000156>

48) <http://www.itworld.co.kr>

회에 실질적 영향력을 미칠 수 있는 기술 발생 목표

- Future and Emerging Technologies (FET) 프로그램에서 관리될 Quantum Manifesto 프로젝트는 10억 유로의 예산으로 운영될 예정⁴⁹⁾이며, PR, 표준화, 시장 개발, 교육 및 공공 조달을 포함하여 공동 과학, 엔지니어링 및 응용 작업을 지원하는 데 필요한 야심적이고 조정되고 장기적인 전략 제공



<그림 3-59> Quantum Manifesto 추진 계획

※ 출처: Quantum Manifesto, Europe, 2016.05

49) <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-commission-will-launch-eu1-billion-quantum-technologies-flagship>

○ 영국은 과학 중심의 독자적인 양자 기술 프로그램 (National Quantum Technologies Programme) 진행 중('14)

- 양자 센서 및 측정 기술 개발을 통한 상업화를 목표로, 2014년 12 월에 시작되어, 버밍엄, 글라스 고우, 옥스포드 및 요크의 대학을 중심으로, 17개 대학과 132개 회사가 참여
- EPSRC는 영국 국가 양자 기술 프로그램 Quantum Technology Hubs의 국가 네트워크에 2 억 7,000 만 파운드 투자 자금 지원⁵⁰⁾
- 센서 및 계측, 양자 강화 영상 (Quantic), 네트워크 양자 정보 기술 (NQIT), 퀀텀 커뮤니케이션즈 (퀀텀 커뮤니케이션즈 허브) 4개 Quantum Technology 허브에 1억 2천만 파운드 투자

■ [일본] 양자컴퓨터 시제품을 공개해 관련 업계의 시장경쟁력을 높이고 양자컴퓨터의 성능 향상 추진('17)

- 산·학·연 연계의 대형 프로젝트인 '혁신적 연구 개발 추진 프로그램(ImPACT)'를 통해 양자 인공 뇌 연구를 진행하여 레이저 네트워크 방식의 양자 계산기 개발('16), 계산 가능한 비트수 2,048 비트로 캐타나의 디웨이브 양자계산기의 약 1.8에 달함⁵¹⁾
- 일본 국립정보학연구소 등이 슈퍼컴퓨터보다 연산 속도가 빠른 양자컴퓨터 프로토타입(시제품)을 개발해 관련 기업들에게 무상으로 서비스 제공('17년 12월). 이를 통하여 양자컴퓨터 관련 기술인력 저변을 넓혀 세계 각국과의 양자컴퓨터 개발 경쟁에서 우위 선점
- 국립정보학연구소와 이화학연구소, NTT 등이 일본 내각부 지원을 받아 개발한 양자컴퓨터는 광섬유와 레이저광을 조합한 독자 방식 제품
- 소형 슈퍼컴퓨터보다 37배가량 연산 속도가 빠르며, 대규모로 전력을 소모하는 슈퍼컴퓨터에 비해 소비전력도 전자레인지 수준으로 크게 줄여, 사용 전력 감소 효과가 큼
- 국립정보학연구소는 이번 시제품 공개로 2019년 말까지 일본산 양자컴퓨터를 상용화하는 것을 목표로 함

50) <http://uknqt.epsrc.ac.uk>

51) http://hjtict.snu.ac.kr/board/news_summary/view/695

■ [중국] 중앙 컨트롤 타워 주도형으로, 위성 이용 양자 통신 등 우주 기술과 통합된 대형 프로젝트 진행

○ 2016년 세계 최초의 양자통신 상용화 실험위성 '묵자'(墨子)호 발사 성공

- 양자위성은 지상에서 레이저로 보낸 양자 정보를 수신해 다른 지상 기지국으로 보내는 역할을 수행하며, 양자통신은 양자역학을 응용해 생성된 암호키를 전달하는 방식으로, 도·감청을 원천적으로 차단⁵²⁾

※ ('16년, 10월) 세계 최초 양자통신 상용 간선 '후항 간선(상하이-항저우)' 개통

※ ('16년, 11월) 중국 국가양자통신 기간망 사업의 '징후 간선(베이징-상하이)' 안후이성의 허페이(合肥)에서 상하이 구간까지 개통, 이는 현재까지 세계 최장의 양자보안통신 기간망

※ ('16년, 12월) '징후 간선' 온라인 네트워크 총길이 900km 돌파하며, 향후 양자과학 실험위성 '모즈하오'와 연결돼 세계 최초 '우주-지구 간 일체화'의 실용성 광역 양자통신 네트워크를 구축 예정

※ ('17년, 8월) 양자통신 기술을 활용해 베이징과 상하이 간 암호키 전달에 성공

○ 2017년 안휘(安徽)성 허페이(合肥)시 37ha 부지에 세계 최대 규모의 양자연구소인 '국립 양자 정보과학 연구소' 설립 추진⁵³⁾

- 연구소의 예상 공사 기간은 2년 6개월로, 관련 예산은 760억 위안(약 13조원) 예상

- 2020년, 이르면 내년까지 기존 컴퓨터보다 연산 능력이 100만 배 이상 빠른 양자 컴퓨터 개발 목표

52) <https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews>

53) <http://www.scinews.kr/news/articleView.html?idxno=682>

3.3.2 국내 동향

1) 국내 초고성능컴퓨팅 개발 및 기술 현황

■ (전문가 집단수요 조사) 과학기술 핵심과제에 대한 우선순위를 고려한 연평균 고성능컴퓨팅 수요 도출

- 표적집단면접(Focus Group Interview) 기법을 적용하여 리더십 분과 내 수요예측 부문 기획위원회에 속한 5대 분야*의 산·학·연 전문가 18명을 대상으로 향후 3~5년 이내 국가 차원에서 ① 과학기술 경쟁력 확보를 위해 반드시 수행해야 하는 과학기술 핵심과제 57개에 대한 연평균 수요 311PFlops 도출 ② 각 과제별 시급성과 중요성을 고려한 우선순위(최상, 상, 중, 하)를 선정하고, 그 중에서 '최상' 우선순위 14개 과제의 연평균 수요 20PFlops 도출

* (분야1) 생명과학, 의학과 신약기반, (분야2) 신물질 개발, (분야3) 방재, 감재에 이바지하는 지구 변동 예측, (분야4) 차세대 제조, (분야5) 물질과 우주의 기원과 구조

■ (이용자 대상 설문) 국가센터의 4호기 슈퍼컴퓨팅 서비스 이용자를 대상으로 미래의 고성능컴퓨터 이용 계획에 대한 설문 실시로 잠재 수요 추정

- 2017년 국가센터 4호기 슈퍼컴퓨팅 서비스 이용자(470명) 중 설문 응답자 151명, 잠재 수요자, NTIS 등록 연구책임자, 기업 부설연구소 관계자 등 총 67,860명 중 약 10%를 무작위로 추출하여 미래의 슈퍼컴퓨터 이용계획에 대한 설문조사를 실시(509명 응답), 그 중 활용의사가 있는 27명의 결과를 근거로 표본 집단 대상으로 활용 의사가 있는 인원비율을 추산하여 잠재 수요를 추정하여 152 PFlops 도출

■ (영향요인간 관계분석) 슈퍼컴퓨팅 성능 영향 요인간 관계분석을 통해 고성능컴퓨팅 자원량 예측

- 선행연구를 바탕으로 슈퍼컴퓨팅 성능에 영향을 주는 요인*(과학기술 투자, 정보 처리 역량)을 추출하고, 각 영향요인 간 관계분석을 통해 구조모형을 개발하여 자원

량 추세를 예측하여 156 PFlops를 도출

* 과학기술 투자, 정보처리 역량

<표 3-60> 국가 초고성능컴퓨터 자원 연간 예측량

(단위 : PFlops)

구분	(방법1) 전문가 표적 집단 면접(FGI)	(방법2) 이용자 대상 설문	(방법3) 영향요인간 관계분석	평균
핵심과제 전체 수요	311	152	156	206
우선순위 '상' 이상 수요	71	—	—	71
우선순위 '최상' 수요	20	—	—	20

■ (우선순위 기반 수급계획 수립) 국내 역량을 고려(우선순위 '최상' 수요 충족)하여 30PFlops(이론성능) 인프라 구축

○ 지능정보사회의 컴퓨팅 요구에 따라 제시된 수요를 바탕으로, (방법 1 기준) 국내 개발 역량을 고려하여 우선순위 '최상' 수요(20PFlops)를 충족시킬 수 있는 이론 성능 30PFlops 인프라 구축 제시

— 수요예측 결과에 따르면 향후 5년간(2016~2020년) 초고성능컴퓨팅 자원에 대한 수요는 연평균 약 206PFlops

— 시급성 상위(최상/상) 수요는 연평균 약 71PFlops로 전체의 약 34.5%이며, 초고성능컴퓨터 도입(실측성능 20PFlops) · 테스트베드 구축(실측성능 1PFlops) · 플래그십 초고성능컴퓨터 자체개발(실측성능 13.2PFlops)을 통해 '최상'수요의 100%에 대응

■ (시스템 분야) 우리나라는 초고성능컴퓨터 순수입국으로 기술개발 역량이 취약하고 선진국과 기술격차가 심화되고 있음. 세계는 이미 페타급 기술 확보하고 엑사급 기술개발 위해 노력 중이지만 국내는 아직 페타급 기술 미확보 상태

— 테라급 자체 개발에 성공하였으나 페타급 연구로 이어지지 못함

※ 서울대학교 천둥(106.8TFlops, 범용, 2012), ETRI 마하(105TFlops, 유전체 데이터 분

석 전용, '14년)

- 구축한 플래그십 시스템과 자체 개발 시스템의 성능 차이가 큼

※ KISTI 5호기 (2018년, 25.7PFlops) vs 자체 개발 시스템 (2021년, 1PFlops)

○ 국내 산업 생태계는 기업 대부분이 중소기업으로 산업기반이 열악하며 외산 점유율이 높아 산업적 활용도가 증가할수록 수입 의존도 및 기술종속 심화

- (공급) 국내 기업은 자체기술 부족과 외산독점 심화로 대부분 글로벌 벤더 총판이나 유통으로 전환하였고 일부만 틈새시장 중심으로 유지 중

- (수요) 산업체 활용시 제품개발 기간단축, 비용절감효과 있으나 고가의 소프트웨어 및 고가의 컴퓨팅 장비 부담으로 산업체 활용 저조

- 국내 업체는 시스템 설치, 교육, 유지보수 등 비핵심분야 일부 담당

※ 세계 1위 기업 대비 국내 기업 경쟁력: HW 46.0%(GPU: 35.5%), SW 53.9%(응용 SW: 51.7%)

- '88년의 초고성능컴퓨터 첫 도입 이후 줄곧 글로벌 기업 제품 사용

※ KISTI 5호기 (미국 Cray), 기상청 4호기 (미국 Cray)

○ 기존 시스템의 노후화와 구매중심 자원 확보에 치중하여, 다양한 초고성능컴퓨팅 자원 확보 미흡

- Top500내 국가별 시스템 수: 중국(202개)이 가장 앞서며, 이어서 미국(143개), 일본(35개), 독일(21개) 순으로 상위권을 유지하고 있으며, 한국(5대) 8위를 차지

- 세계 슈퍼컴퓨터 500위 중 우리나라 시스템은 5대에 불과하며, 국내는 기술추격을 위한 도입에 치중되어, 과학연산, 산업 활용 등 다양한 규모의 자원 및 자체개발 시스템 확보 부족

<표 3-61> 슈퍼컴퓨터 Top500 국내 초고성능컴퓨팅 순위(2017년 11월 기준)

순위	명칭	컴퓨터	보유기관	제조사	도입 년도	실제성능 (TFlops)	이론성능 (TFlops)
57	Nuri	CrayXC40,XeonE5-2690v312C 2.6GHz,Ariesinterconnect	기상청	Cray	2015	2,396	2,895
58	Miri	CrayXC40,XeonE5-2690v312C 2.6GHz,Ariesinterconnect	기상청	Cray	2015	2,396	2,895
328	—	HPApolloXL1x0r,XeonE5-2683 v4 16C 2.1GHz, Infiniband EDR	산업체	HPE	2017	760	1,032
332	—	Cluster Platform DL380, Xeon E5-2680v4 14C 2.4GHz, 10G Ethernet	산업체	HPE	2017	757	1,258
346	—	Cluster Platform DL380, Xeon E5-2680v4 14C 2.4GHz, 10G Ethernet	산업체	HPE	2017	744	1,236

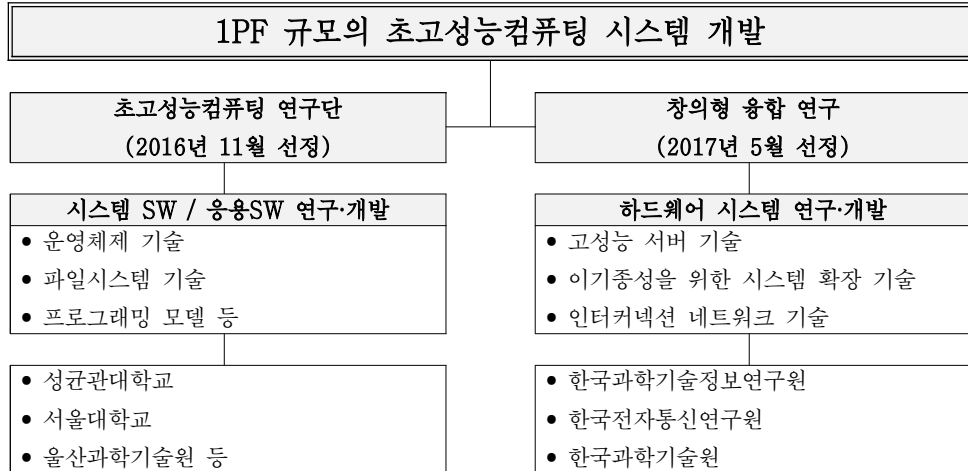
※ 출처: www.top500.org '17년 11월 자료 분석 요약

- 이에 본격적인 자체 개발 추진을 위해 국가 차원의 R&D 역량을 결집하고, 차세대컴퓨팅 패러다임에 대응하기 위한 기술개발사업 기획 진행중에 있음

○ 페타스케일 시스템 개발 계획(2017~2022)

- 『초고성능컴퓨팅 핵심기술개발 사업(한국연구재단)』을 통하여 소프트웨어 중심의 연구·개발을 수행하고, 『창의형 융합연구사업(국가과학기술연구회)』을 통해 하드웨어 중심의 핵심기술 확보하여 2022년 12월까지 1PF 규모 시스템 구축 계획

<표 3-62> 페타스케일 시스템 개발 추진 계획



- 초고성능컴퓨팅사업단(법인) 선정('16.12) 및 SW-HW 통합 개발 추진하여, 차세대 정보·컴퓨팅기술개발사업에서 성균관대 컨소시엄의 5년간 1PF급 시스템SW/응용SW 개발, 생태계 활성화 등 지원
 - ※ 시스템 SW (성균관대, 서울대, 매니코어소프트, SKT), 응용 SW (서울대, 성균관대학교)
 - ※ 핵심기술 개발 일정(국산화 포함), 상용화, 오픈 포럼, 인력 양성, 차기 시스템 개발 자원 확보 등
- 창의형융합연구사업(과학기술연구회) 연구과제에서 하드웨어 개발 수행
 - ※ 차세대 초고성능컴퓨터를 위한 이기종 매니코어 하드웨어 시스템 개발 (KISTI, '17년.5월~'22년.4월, 연 20억원)
- 다음 아래의 로드맵을 통해서, 해당 사업이 추진됨



<그림 3-60> 초고성능컴퓨터 개발 통합 로드맵

○ 국가 차원의 차세대 초고성능컴퓨팅 패러다임 기반 차세대반도체 기술개발사업 기획 진행 중

- 과학기술정보통신부와 산업통상자원부는 계획 기간 10년인 2조 5000억원 규모의 범부처 반도체 연구 R&D 국책 과제 기획('17년 8월)
 - ※ 초대형 반도체 국책 과제는 크게 △인공지능(AI) 분야 △사물인터넷(IoT) 분야 △차세대 반도체 생산 관련 장비, 재료 분야 분류
 - ※ 원천 기술 개발과 상용화 기술 개발 두 가지 모두를 포함하며, 원천 기술은 과기정통부, 상용화 기술은 산업부가 각각 관장하며, 원천 기술 분야에선 AI 구현을 위한 이른바 '초저전력' 반도체 소자 기술 개발이 포함
- 기존 소자 응용 개발과 신소자 응용 개발을 시차를 두어 병행
 - ※ (1단계) 기존 기술 기반의 인공지능 반도체 개발과 고성능 초저전력 소자 원천 기술 개발 추진, (2단계) 고성능 초저전력 소자를 이용한 인공지능 반도체 개발
- 근원 경쟁력 확보를 위한 소자/공정기술과 설계/솔루션기술의 결합 추진
 - ※ AI 프로세서, 메모리, 스토리지, 미들웨어 및 S/W, 기계학습 설계 등 종합 솔루션 지향

<표 3-63> 차세대반도체 기술개발 사업계획(2018~2027)

구분	1단계 (5년, '18~'22)	2단계 (5년, '23~'27)
전체	인공지능 컴퓨팅 반도체 핵심기술 및 컴퓨팅 디바이스 개발	거대병렬 서버용 컴퓨팅반도체 개발 및 인공지능 컴퓨팅 반도체 고도화 기술 기반 지능정보 사회 인프라 구축
인공지능 컴퓨팅 반도체	- 기존 소자 기반 개발 (초병렬컴퓨팅 반도체, 신경망 프로세서) - AI을 위한 초저전력 통합형 반도체 개발 - 초저전력 빅데이터 메모리 솔루션 - 인공지능 미들웨어 및 SW 개발	- 신경세포 모방소자 기반 인공지능프로세서 개발 3차원 집적 초저전력 고성능 인공지능 소자 개발 - 신소자 기반 다계층 지능형 초저전력 메모리, 스토리지 솔루션 개발
고성능 초저전력 반도체 소자 기술	- 기존 소자 대비 전력소모 1/100 - 초저전압소자, 이종반도체 3D Monolithic 집적, 로직-인-메모리, 자기재구성 회로의 기존 구조 응용 기술 개발 - 신경세포 모방소자 핵심 기술 개발 - 다치로직, 광배선 소자 기반기술 개발	- 기존 소자 대비 전력소모 1/1000 - Monolithic 3D 집적, 로직-인-메모리, 자기재구성 회로, 다치로직, 광배선 기술, 신경세포 모방 기반 소자 핵심 기술 개발 - 신경세포 모방 소자 기술 고도화 - 신소자 구조 아키텍처, 설계툴, 모델링 등 기반기술 개발

- 양자암호통신, 양자컴퓨터 등 양자정보통신 산업에 정부 자금을 지원하는 ‘양자정보통신 중장기 기술개발 사업’ 추진(‘17년 7월)
 - 과학기술정보통신부가 신청한 ‘양자정보통신 중장기 기술개발 사업’을 놓고 한국과학기술기획평가원(KISTEP)을 통해 예비타당성 조사 진행 및 검토 중⁵⁴⁾
 - 앞으로 8년간 민간부담금 439억원을 포함해 총 3,040억원(양자정보통신 1,323억원, 양자컴퓨터 1,133억원, 양자소자·센서 584억원)을 투입 예정
 - ※ 양자암호통신에서는 △양자암호통신시스템 안정화 기술 △국가시험망 구축 및 서비스 △무선 양자암호통신 핵심 모듈 기술 △초소형 양자암호통신 모듈 △양자통신 보안 시스템 등 총 5개 개발 과제가 포함
 - ※ 양자컴퓨터에서는 △실리콘반도체 기반 연산 프로세서 △초전도 기반 연산 프로세서 △이온트랩 기반 연산 프로세서 △확장형 양자컴퓨팅 시스템 및 소프트웨어(SW) 개발 과제, 양자 소자 및 센서에서는 △고감도 자기장 센서 및 초정밀 이미지 센서 △확장형 단일광자 광원 및 얽힘광자 광원 △GHz급 고효율 단일광자 검출기 등 개발 과제가 각각 선정

■ **국내 초고성능컴퓨터 개발 기술 역량은 선진국 대비 HW 기술은 평균 ‘중’ 수준, SW 기술은 평균 ‘하’수준임.**

- 국내외 기술 분류 및 수준 분석자료*를 기반으로 국내 개발역량 지표를 도출
 - * 정보통신기술진흥센터(‘17) 보고서, 한국과학기술기획평가원(‘17) 기술 지표 등
 - HW 기술 : 고성능 서버, 인터네트 네트워크, 기구(패키징)
 - SW 기술 : 운영체제, 파일시스템, I/O 가속화, 운영관리 SW, 병렬프로그래밍 환경
- HW 및 SW 기술을 요소별 개발 기술로 분류하고 현재수준 및 개발(3년) 후 수준을 선진국과 비교

54) <http://www.sedaily.com/NewsView/10L6W0K48M>

<표 3-64> 국내 초고성능컴퓨팅 기술 개발 역량

구분	대분류	중분류	소분류	개발 가능 여부	현재 수준	개발 (3년) 후 수준	기술수준 (최고수준 대비)	기술격차 (최고수준 대비)	기술확보 방안
HW 기술	고성 능 서 버	프 로 세 서	범용 프로세서 (x86)	X	하	하	국내 산업이 전무	국내 산업이 전무	도입
			범용 프로세서 (ARM)	X	중	하			
			가속기	△	중	중			
		메 모 리	회발성 메모리	○	상	상	100%	0	민간
			비회발성 메모리	○	상	상			
			차세대 메모리	○	중	중			
		저 장 장 치	SSD	○	상	상	100%1)	0	민간
			HDD	X	—	—			
		메인보드		○	하	중상	74.1%2)	1.9	자체
		펌웨어(BIOS/BMC)		○	하	중상	—	—	자체/도입
	인터넷 네트워크			○	하	중	—	—	자체/도입
	기 구 (패 키 징)	랙/샤시		○	하	중상	74.1%3)	1.9	자체
		냉 각	데이터센터 냉각시스템 설계·구축	○	중	중	81.1%4)	4.0	민간
			서버냉각 기술	○	중	중상	85.9%5)	2.0	자체/민간
		전 원	PSU/PDU	○	중	중상	86.9%6)	1.9	자체/민간
	SW 기술	운영체제			○	하	중	76.7%7)	1.9
파일시스템			○	하	중				
I/O 가속화			○	하	중				
운영관리SW			○	중	중상				
병렬 프로그래밍 환경			○	하	중				

1) <http://www.sisajournal-e.com/biz/article/172434>

2), 3) 최근 정보통신(ICT) 국가 기술 경쟁력 수준 분석, 주간 기술 동향 1808호, 2017년, 정보통신기술진흥센터: '기반SW·컴퓨팅' 지표 참고

- 4) “2016년 기술 수준 평가,” 2017년, 한국과학기술기획평가원: ‘고효율 에너지 빌딩 기술’ 지표 참고
- 5) 녹색·녹후기술 R&D 수준현황,” <http://www.greenplatform.re.kr/frt/greensys/status/standard.do#>, 녹색·기후 기술정보시스템: 그린 IT 기술 지표 참고
- 6) “2016년 기술수준 평가,” 2017년, 한국과학기술기획평가원: ‘스마트 그리드 기술’, ‘고효율 전지 기술’ 지표 참고
- 7) “최근 정보통신(ICT) 국가 기술 경쟁력 수준 분석,” 주간 기술 동향 1808호, 2017년, 정보통신기술진흥센터: ‘소프트웨어’ 지표 참고

2) 국내 반도체 연구 개발 현황

■ (반도체 분야) 국내 인공지능 반도체 병렬프로세서 기술에 있어, 프로세서 코어 설계 기술, 컴파일러, 지능정보처리 SW 기술 등의 핵심기술은 갖추고 있는 반면, 고성능의 지능정보 처리를 위한 매니코어 프로세서 핵심 기술 부족

○ (알고리즘 연구개발) 지능정보 처리 기술의 다양한 서비스 적용을 위해서는 반도체 부품 기술의 확산과 함께 반도체에 적합한 실용적 알고리즘 기술 개발이 필수적이나, 현재의 알고리즘 연구는 대부분 방대한 연산 자원을 요구하는 이론적 인공지능 알고리즘 연구 집중

- 네이버에서는 음성에 대한 인식 및 처리를 위해 딥러닝 기술 활용을 통한 상업적인 서비스를 시작 하였으며, 성능 향상을 위해 지속적인 연구 개발 추진
- 서울대에서는 뇌 정보처리 과정을 모델링 하여 기계 학습 기반으로 사용자 의도 예측 기술을 연구하고 이를 발전시켜 스토리 창작과 같은 고차원적 인공지능 기술 연구 개발
- 포항공대에서는 인간과 같이 장기간 학습을 통해 사람 수준의 판단이 가능한 SW 플랫폼 기술을 개발하기 위해 포항공대는 “평생 기계학습 연구센터”를 설립하여 4년간 (2014~2018) 기계학습 플랫폼 개발 진행 중
- 일부 대학에서는 기존 ICT 분야 교수진을 중심으로 “뇌공학과”를 신설하고 뇌과학 전문 인력 양성을 추진 중이며 뇌 영상, 뇌 신호처리, 정서 인지 등을 위한 알고리즘 연구 진행
- ETRI에서는 국내 인공지능 알고리즘의 대표적 연구로는 엑소브레인 프로젝트이며 전문가 수준의 지식 소통이 가능한 인공 지능 시스템을 개발하여 장학퀴즈에서 사람과의 대결에서 우승 차지(‘16년.11월)

○ (DNN 가속 반도체) DNN 가속 반도체 분야의 선진연구는 대부분 해외 글로벌 기

업들에 의해 이루어지고 있는 상황임

- 삼성전자에서는 IBM의 TrueNorth를 이용하여 기존 스마트폰보다 손동작을 인식하는 데에 있어 1/10에 해당하는 전력을 적게 소모할 수 있게 하였으며, Dynamic Vision Sensor에 TrueNorth를 이용하여 1초에 2,000frame의 이미지를 pattern 인식하는 성능 보유
- (신경세포 모방소자 및 회로) 국내 신경세포 모방 소자 분야 연구는 대학 연구소 중심으로 연구가 진행되고 있으나, 미국, 유럽 등의 선두 그룹과는 양적, 질적 열세인 상황
- SK하이닉스는 미국 스탠퍼드대학교 (stanford university)와 강유전체 물질을 활용한 '인공신경망 반도체 소자 공동 연구개발' 협약을 체결하고, 뉴로모픽 (neuromorphic) 칩 개발 추진
- 삼성전자는 SSD에 CPU를 탑재하는 PIM (process in memory) 방식을 통해 따로 작동되는 메모리와 CPU를 인간의 뇌처럼 합쳐서 동작하도록 구현하는 것을 연구 중
- 서강대에서는 반도체와 나노기 계의 융합기술을 이용, '삼차원 인공지능 반도체칩'을 세계 최초로 개발. 삼차원 인공지능 반도체칩은 스위치 역할을 하는 나노 기계를 인간의 뇌 모양과 유사한 3차원 형태로 집적하기 위해 새로운 구조, 전압레벨에 대한 연구를 지속적 실시하여 나노 기계 회로를 삼차원으로 집적하는데 세계 최초로 성공

<표 3-65> 국내 주요 연구 개발 동향

연구기관	연구내용	특징
서울대	- Charge-trap 메모리를 이용하여 신경세포를 모방하기 위한 소자 연구 - Floating-body MOSFET 구조를 이용한 신경세포 모방 소자에 적용	- 신경보사 시스템에 필요한 뉴런/스냅스 소자 및 회로 구현
KAIST	기계방식의 고에너지 효율 반도체 소자의 특성 및 성능 연구	- 나노미터 수준의 집적도 구현
POSTECH	멤리스터 이용 신경세포 모방소자 연구	- 패턴인식용 뉴로모픽 하드웨어 적용
서강대	고에너지 효율 반도체 소자연구, 삼차원 집적 재구성 가능 논리 회로 구현	- 인공지능 반도체 구현을 위한 에너지 효율, 3차원 집적 공정, 재구성 가능 논리 회로 개발
GIST	CMOS/멤리스터 이용 뉴로모픽 회로 구현	- 이미지 센서를 이용한 패턴 인식용 뉴로모픽 하드웨어 개발
서울시립대	고에너지 효율 반도체 소자 연구	- 신 절연 물질을 이용하여 반도체 소자의 에너지 효율 향상
삼성전자	차세대 메모리 및 집적도 향상 기술 연구	- 2011년 Grandis 인수 - 2014년 MRAM Onnovation 프로그램을 통해 전세계 연구기관과 공동 연구
SK하이닉스	차세대 메모리 및 집적도 향상 기술 연구	- 도시바, HP 등과 공동 연구
삼성종합기술원	CMOS 기반 신경세포 모방소자기술 연구	- EU의 FACET 프로그램 협력 연구

○ (초저전력 빅데이터 저장 솔루션) 국내에서는 메모리반도체 제조사가 중심이 되어, 시장 규모가 큰 제품 위주로 기술 개발을 하고 있으며, 최근 중소중견 기업을 중심으로 해외 시장을 겨냥한 저장 솔루션 개발 진행

- 삼성전자, SK하이닉스 등은 저장 솔루션을 자체적으로 개발하여 상용화하고 있으나, SSD, enterprise, 모바일 등 대형 시장 위주의 저장 솔루션 제품 개발에 집중하고 있으며, 일부 차세대 제품에 대해 기술 개발 추진
- TLi, The AIO, NovaChips 등은 모바일 저장 솔루션과 특수 목적의 SSD 개발하고 있으며, 중국 등 해외시장을 중심으로 제품 판매 가속화
- PADU는 서버 시스템에 적용 가능한 스토리지 제품에 대해 저장 솔루션을 개발하고 있으며, 국내외 서버 시장 개척 중

○ (차세대 메모리 반도체 기술) 2010년 이후 SSD, eMMC 등 저장 솔루션 시장이 급 성장하고 있으며 이러한 추세는 지속될 것으로 전망되고 있으나, 국내 기술 수준은 아직 낸드플래시 활용 기술 개발에 집중하여 사업화하고 있음

- 낸드플래시를 이용한 기술 개발에 집중하고 있으나, 아직 PRAM 등 차세대 비휘발성 메모리를 이용한 기술개발 수준은 초기 단계
- 메모리반도체 제품의 생산 공정 미세화에 따라 메모리반도체 제품의 결함이 지속적으로 증가할 것으로 보이며, 또한 메모리반도체 제품 사용 효율화를 위한 저장 솔루션의 필요성은 급격히 증가하고 있으나 관련 연구 기술 개발 미흡
- 해외 기업을 중심으로 차세대 메모리 반도체 솔루션 기술 개발이 매우 활발하게 진행되고 있으나, 국내 기업은 주로 현재의 대규모 시장을 형성하는 제품에 대해 매우 협소한 기술 개발 집중
- 메모리반도체 제품을 이용하는 호스트 시스템(PC, 스마트폰, 자동차 등)에 대한 기술 개발은 해외 기업에 비해 매우 미흡한 수준이며, 저장 솔루션 개발에 필요한 메모리프로세서 및 관련 시스템 핵심기술은 국내에 전무한 실정

3) 국내 양자컴퓨터 연구 개발 현황

■ (양자컴퓨터 분야) 해외 수준과 비교하여 양자 얽힘, 간섭 등 양자컴퓨터 관련 제반 연구 수준은 높으나, 장기 집중 투자가 필요한 양자컴퓨터의 구체적인 구현 연구 부족

○ (선진국 비교 낮은 기술 수준) 미국은 양자 컴퓨팅 및 양자 측정 분야에서 중국보다 앞서 있으며, 중국은 이 분야의 투자가 미국에 비해 상대적으로 부족하지만, 전세

계 2위를 차지하고 있음

- 양자정보영역의 연구개발 기업 참여도, 관련 기업 발전 수준은 국내에 비해 해외 선진 국가들의 수준이 훨씬 앞서있음. 국내는 정부 출연 연구소 및 몇몇의 대학에서 수행하는 연구가 주를 이루며, 규모와 투자가 크지 않은 상황임

<표 3-66> 양자 과학 및 기술 순위

구분	세계지출순위	발표 순위	특허출원 순위	종합 순위
미국	1	2	1	1
중국	2	1	2	2
독일	3	3	6	3
영국	4	4	4	3
일본	8	5	3	5
캐나다	5	6	5	5
호주	6	11	7	7
프랑스	9	8	10	8
이탈리아	11	9	12	9
한국	17	10	8	10

※ 출처: 중국 양자통신산업 본격화 글로벌 경쟁 선두에 서나, KOTRA 해외 시장 뉴스, 2017.01

- (초전도 큐비트 분야) 표준과학연구원에 초전도 양자 소자의 설계제작 및 시스템 구축까지 일관 연구체계 확보, 2-큐비트 양자 게이트의 안정적 구현
 - 표준연이 실질적으로 유일한 국내 연구 그룹으로, 미국에서 가장 많은 연구 인력이 투입되고 있는 분야임을 생각할 때 가장 큰 연구 인력 규모의 차이 발생
- (이온 포획 분야) SK 텔레콤과 서울대학교에서 이온트랩 양자컴퓨터 개발 중
 - SK 텔레콤은 20개의 174Yb+ 이온 큐비트를 동시에 포획 가능, 99%이상의 정확도로 단일 큐비트 제어, 2-큐비트 게이트 연구 진행 중
 - 서울대는 자체 기술로 MEMS 기반 트랩칩 및 실리콘 공정 기반 트랩 칩 제작. 해외 선두 그룹 중 하나인 인스브룩 대학과 서울대 공과대학간 이온 트랩 연구 MOU 체결 및 인스브룩 대학에 micro-fabricated 칩 공급
- (광자 분야) 표준연, 포항공대, KIST 연구진들이 4-광자 수준의 실험결과 발표
 - 정부 출연연의 연구는 광원, 검출기, 양자제어장치 개발에 중점을 두고 있으나, 장기 집중 투자가 필요한 양자컴퓨터의 구체적인 구현 연구 부족

- (중성 원자 분야) 아날로그 양자 시뮬레이터 중 가장 각광 받는 플랫폼이며, 최근 국내에서 이와 관련된 초저온 양자 기체 실험 장치 구축
 - 카이스트에서 광집게 (optical tweezer) 포획을 이용하여 40개 이상 큐비트의 위치를 이동하는 기술 시연
 - 고려대, 서울대에서 격자 배열 또는 광공진기 내 단일 원자 이미징 및 양자상태 제어 연구
- (양자 인터페이스) 해외 선두 그룹이 다양한 플랫폼에 대하여 인터페이스를 구축하고 있는 상황에 비하여 국내에서는 플랫폼의 다양성 및 기술 수준이 부족
 - 서울대에서 단일원자 공진기-QED 플랫폼 이용 단광자 광원 및 검출기 연구
 - 포항공대, 부산대에서 중성원자 앙상블에 광자의 정보를 저장하는 양자 메모리 연구
 - 표준(연)에서 마이크로파/가시광 파장변환을 위한 나노 역학계 시스템 연구
- (이론 및 알고리즘) 양자 컴퓨터 이론에 대한 본격적인 지원이 없었고 이론연구자들 대부분이 대학 소속이었던 만큼 실용적인 연구 결과 부족

3.4. 국가초고성능컴퓨팅 정책 부문

3.4.1. 글로벌 동향

■ [법제] 고성능컴퓨팅 육성 관련 법제를 정비하거나, 국가위상제고와 발전을 위한 핵심정책으로 간주하여 범국가적 차원에서의 육성·지원정책을 추진

○ (미국) 1991년 「고성능컴퓨팅법(HPC Act)」을 제정하여 고성능 컴퓨팅과 응용분야에서 글로벌 리더십을 확보하기 위해 연구망, 인력양성, SW기술, 시스템 개발 등에 관한 정책을 적극 추진

－ 1998년에는 「차세대인터넷연구법」을 제정하여, 차세대 인터넷 프로그램을 지원하기 위한 정책을 추진

－ 2004년에는 「고성능컴퓨팅부흥법」을 제정하여 고성능컴퓨팅 연구개발 및 응용연구에 대한 정부지원 범위와 대상을 확대

－ 2015년에는 ‘국가컴퓨팅 전략계획’을 통해 슈퍼컴퓨팅 수요증가에 대비하여 새로운 고성능 컴퓨팅 연구 로드맵을 설정하는 등 슈퍼컴퓨팅에 대한 접근성과 가용성에 있어서 세계 선도를 유지하기 위한 전략을 명시

－ 중국과의 슈퍼컴퓨터 개발경쟁에서 우위를 확보하기 위해 앞으로 관련 정책을 더욱 확대해 나갈 것으로 전망

○ (중국) 초고성능컴퓨터 육성에 관한 독립법률은 제정하지 않았으나, 관련 법률에 근거를 둔 다양한 과학기술정책과 계획들을 바탕으로 슈퍼컴퓨팅 육성정책을 적극적으로 추진

－ 중국은 1983년부터 슈퍼컴퓨터 자체개발을 시작하여 30여 년간 집중적인 투자를 하고 있으며, 현재 세계최고 수준의 슈퍼컴퓨터를 보유하고 있는 등 슈퍼컴 분야의 신흥강국으로 부상

－ 2013년 세계 1위의 슈퍼컴퓨터를 자체개발한 것을 바탕으로, 2015년까지 8개의 정부 산하 센터와 5개의 민영센터(석유, 기상, 우주, 방위, 에너지) 등 15개의 PFlops급 슈퍼컴퓨터센터의 설치를 추진

－ 국가첨단기술발전계획(863계획) 및 국가중점기초연구발전계획(973계획) 등을 바탕으로 정

보기술과 고성능컴퓨팅 기술의 개발을 적극 추진해온바, 슈퍼컴퓨터 분야에서의 세계 선두를 지속 유지할 것으로 전망

○ (일본) 1980년대 후반부터 과학기술기본법 및 연구시설장비 활용에 관한 법률을 통해, 슈퍼컴 등 고성능컴퓨팅 육성·지원 정책을 추진

－ 일본의 ‘국가초고성능컴퓨터사업’은 문부과기성 주관으로 산하연구기관인 산업기술종합연구소(AIST)와 그리드기술연구센터(GTRC), 컴퓨팅과학연구센터(RICS) 등에서 주도적으로 추진

－ 일본은 「고도정보통신네트워크사회형성기본법」(2000년) 및 「특정첨단대형연구시설의 공용촉진에 관한 법률」(2009년)을 통해 고성능컴퓨터의 개발 및 활용에 관한 정책을 추진

－ 일본은 한때 세계최고의 슈퍼컴퓨터를 자체 개발하였으나, 현재는 중국과 미국에 다소 뒤쳐진 상황으로, 향후 관련 정책의 적극적 추진이 예상

3.4.2 국내 동향

■ **지능정보사회의 도래 등 환경변화에 따른 고성능컴퓨팅 육성정책의 효율적 추진을 위한 법과 제도의 재정비가 필요**

- 우리나라는 2011년 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」을 제정하여 고성능컴퓨팅 육성 정책을 본격적으로 추진하기 시작하였으며, 2013년부터 ‘국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획’을 수립하여 시행 중
- 그 동안 공공목적의 고성능컴퓨터 자원의 확보 및 활용을 중심으로 정책을 추진하였으나, 2016년부터 고성능컴퓨터의 자체개발(국산화) 계획을 수립하여 시행하는 등 관련 정책을 점차 확대

■ **[법제] 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」은 기본계획의 수립 및 추진을 위한 제도적 기반으로서, 계획의 내용과 범위를 제시**

- 제1차 기본계획(2013-2017)은 2011년 6월 제정된 「국가초고성능컴퓨터 활용 및 육성에 관한 법률」에 따라 수립된 국가계획으로서, 해당 법률에 따른 정부정책의 구체화 산물
- 제1차 기본계획은 국가의 초고성능컴퓨팅 육성에 관한 최초의 종합적인 국가계획으로서, 관련 정책의 기본목표와 방향을 제시하고, 그 목표달성을 위한 전략과 다양한 시책을 담고 있는 점에서 큰 의미
 - 제1차 기본계획은 동 법률에서 규정한 세부 시책의 내용과 범위를 충실히 반영하고 있는 점에서 적절한 법정계획인 것으로 평가

■ **[정책] 국가센터인 한국과학기술정보연구원을 중심으로 초고성능컴퓨팅 도입, 활용 활성화를 위한 응용연구 지원 추진**

- 2016년부터 착수한 고성능컴퓨터의 자체개발계획을 포함하여, 지능정보사회 건설에 필요한 다양한 고성능컴퓨팅 인프라의 체계적인 구축과 활용을 뒷받침할 수 있는 산업육성 정책으로 전환

- 2012년 12월 ‘국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획(’13~’17)을 수립하여, 초고성능컴퓨터 활용 및 육성 사업을 추진함
 - 수요에 따라 특성화된 3단계(국가, 전문, 연동 센터) 서비스 체계를 구축하고, 공동활용 효율성 제고를 위한 서비스 환경 구축
 - 3대 부문 10대 정책과제 내 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성 포함
 - HPC 인력 양성을 정책적/법적으로 지원하는 곳은 미국을 제외하고는 우리나라가 유일함
- 인력양성을 위한 다양한 프로그램 추진 및 성과창출
 - 국가 R&D 사업에서 초고성능컴퓨팅 활용을 확대하는 추진 방향을 통해 실제 연구에 참여하는 대학원생들에게 초고성능컴퓨팅 활용 기회 제공
 - 국가 현안 문제 해결을 위한 고난이도 R&D 사업에 초고성능컴퓨팅 환경을 제공하여 거대도전 문제에 경험이 있는 우수한 중/고급 인재 육성에 기여
 - 초고성능컴퓨팅에 대한 대국민의 이해 확산을 도모하기 위하여 아이디어 경진대회를 개최하고 기상용 슈퍼컴퓨터 사용자 워크숍을 통한 현장 교육 실시
 - 초고성능컴퓨팅 활용 교육을 강화하기 위하여 수요자 중심의 맞춤형 교육을 실시하고 슈퍼컴퓨팅 현장을 견학하는 프로그램을 진행
 - 대기과학분야의 초고성능컴퓨팅 활용 활성화 교육을 실시하고 멀티코어 프로그래밍 전문가 41명을 양성하여 경진대회에서 수상하는 성과 도출
 - 개발도상국 지원 교육프로그램의 일환으로 초청 연수 교육을 통해 국가위상을 제고하는 성과 창출

<표 3-67> 기본계획 10대 정책과제

부문	정책과제
초고성능컴퓨팅 활용 확대	① 국가연구개발 관련 초고성능컴퓨팅의 역할 확대
	② 고성능컴퓨팅을 활용한 산업혁신 강화
	③ 초고성능컴퓨팅 문화기반 형성
	④ 국민과 함께하는 초고성능컴퓨팅 문화기반 형성
초고성능컴퓨팅 서비스기반 강화	⑤ 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 자원 확보
	⑥ 효율적인 국가 초고성능컴퓨팅 서비스 체계 구축
	⑦ 수요기반 초고성능컴퓨팅 전문인력 육성
	- 초고성능컴퓨팅 핵심기술 개발 인력양성(HW, 시스템 SW 분야) - 연구인력 저변확대를 위한 교육(학위) 과정 확대 및 신설 - 자원의 효율적 운영을 위한 관리·운영·서비스 인력 육성
초고성능컴퓨팅 기술개발 산업화	⑧ 초고성능컴퓨팅 시스템 자체개발 역량 확보
	⑨ 차세대 초고성능컴퓨팅 원천기술 R&D 확대
	⑩ 초고성능컴퓨팅 관련 산업기반 육성

※ 출처: 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획, 미래창조과학부, 2012

■ 제1차 기본계획에 따른 시행계획이 정합적으로 수립되지 못하여 거버넌스 구성 미흡과 집행실적 산출에 한계가 존재하며 적극적인 투자 필요

- 위원회, 국가센터, 전문센터 관련 운영 실적이 미흡하여 협력적 거버넌스의 제대로 작동되지 못한 한계가 존재하며, 초고성능컴퓨팅에 대한 국가적 차원의 투자 미흡
- 과학기술정보통신부를 비롯하여 관련부처의 초고성능컴퓨팅 정책 및 사업 추진이 미흡
 - 국가센터로서 한국과학기술정보연구원이 초고성능컴퓨터 관련 기술개발과 활용 촉진을 도모하고 있지만, 제도적·정책적 지원이 미흡한 실정이며, 분야별 전문센터도 지정 및 운영도 미흡하여 초고성능컴퓨팅 정책 추진에 한계

- 실행계획의 미 수립으로 인한 과제 이행 실행력 부족, 실적산출 한계 존재
 - 기본계획에 따라 관련 부처들이 실행계획과 육성시책을 수립하였지만, 집행하지 않아 기본계획의 영향력과 구속력 미비
 - 국가초고성능컴퓨팅 육성 시행계획은 '13년도와 '14년도에만 수립되었으며, 부처별로 보건복지부는 시행계획만 수립하였으며, 산업통상자원부, 환경부 등 이외 부처는 시행계획 및 육성시책 모두 미수립
- 미국, 중국 등 최상위 국가와의 격차가 커지고 있으며, 관련 연구개발 투자는 10년 넘게 정체되어 있는 상황
 - 국가연구개발사업의 세부과제명을 기준으로 집계한 결과, 1999~2014년간 초고성능컴퓨팅 관련 정부연구비는 총 3,260억원이나, 초고성능컴퓨팅 육성 법률 제정 이후 연구개발 투자 확대가 법률에 명시되었음에도 불구하고, 실질적인 투자 확대는 미비
 - 한국과학기술정보연구원과 한국전자통신연구원의 국가초고성능컴퓨팅 관련 연구개발예산 및 차세대정보컴퓨팅 사업 외에 초고성능컴퓨터 관련 정부연구비 파악 미흡

[요약] 글로벌 동향 조사 분석

■ 초고성능컴퓨팅 발전 동향

○ (동향) 세계 각국은 초고성능컴퓨터를 국가 미래경쟁력을 좌우하는 핵심요소로 간주하고 전략적으로 집중 투자

－ 미국, 일본, 중국은 세계 1위 초고성능컴퓨터 확보를 위해 경쟁 중

< 초고성능컴퓨터 세계 1위 현황('08~'17) >

연도	'08	'09	'10	'11	'12	'13~'15	'16~'17
국가	미국	미국	중국	일본	미국	중국	중국
시스템명	Roadrunner	Jaguar	Tianhe-1A	K computer	Titan	Tianhe-2	Sunway TaihuLight
이론성능 (PF)*	1.105	1.759	2.566	10.510	17.590	33.863	93.015

* PF(PetaFlops): 초당 1,000조(10¹⁵)회의 계산속도

○ (성능) 지난 10년간 세계 1위의 초고성능컴퓨터의 연산 성능은 1.1PF('08)에서 93PF('17)으로 약 85배 증가(매년 약 56% 증가)

－ 국가별 초고성능컴퓨터 연산성능 총합에서, '17년 중국(299PF)이 미국(250PF)을 추월(일본 90.9PF, 독일 38.4PF, 한국 7.1PF)

< 미국, 중국, 일본, 독일, 한국의 초고성능컴퓨터 연산성능 총합('08~'17) >



－ 전 세계 초고성능컴퓨터의 계산 성능은 845.1PF('17.11월 기준)이며, '20년 ExaFlops (초당 100경(10¹⁸)회 계산속도)에 도달할 전망

■ 미국 : 초고성능컴퓨팅 분야 ‘세계 최강’ 유지를 위해 전방위 투자

- (정책) 초고성능컴퓨팅을 활용한 사회문제해결, 기술개발, 산업혁신 등 전방위적 발전을 위해 국가초고성능컴퓨팅전략(NSCI, `15) 수립
 - 네트워킹 및 정보기술 연구개발 현대화 법률(`16) 및 미국혁신경쟁력법률(`17) 개정을 통해 초고성능컴퓨팅 분야의 예산 투자 확대
 - ※ 초고성능컴퓨팅 예산 투입(NITRD): `11년 19.3억 달러 → `17년 24.4억 달러
- (구축현황) 세계 500위권 내 초고성능컴퓨터 143대(대수기준 2위), 합계성능 약 250PF 보유(성능기준 2위)
 - 에너지성(DoE) 산하 국립연구소(ORNL, LLNL 등)에서 `18년에 100PF 이상의 세계 최고 성능 시스템 확보 추진
 - 대용량데이터의 공동활용을 위해 국가연구망 고속화(단대단 100Gbps)
- (활용) 과학분야 연구뿐만 아니라 산업체에서의 초고성능컴퓨팅 활용을 위해 국가 차원의 R&D 프로그램 추진
 - 에너지, 생명공학, 핵물리학 등 과학분야 거대난제 해결을 위한 집단 연구개발 지원 (SciDAC-2, `17)
 - 초고성능컴퓨팅을 활용한 제조분야의 문제해결(생산과정 최적화, 설계 및 테스트 시간 단축 등)을 위해 47개 산업 프로젝트 추진(HPC4Mfg, `17)
- (기술개발) ‘21년까지 ExaFlops 성능의 시스템 개발*을 목표로 R&D 진행 중이며, 차세대 초고성능컴퓨팅** 기술 확보도 추진
 - * 엑사스케일 컴퓨팅프로젝트: 에너지성과 국가핵안보국 주도로 알곤 국립연구소, 로렌스버클리연구소 등 6개 국가연구소 참여
 - ** 양자컴퓨터(구글, IBM, 에너지성 등), 초전도슈퍼컴퓨팅(IARPA, NSA), 생물학적 컴퓨팅(DARPA) 등

■ 중국 : 정부 주도의 대규모 투자로 ‘초고성능컴퓨팅 기술 강국’ 으로 부상

○ (정책) `17년 세계 1위의 초고성능컴퓨터를 자체 개발하는 등 국가 주도의 대규모 투자를 통해 초고성능컴퓨팅 강국으로 부상

- 제조 강국으로 도약하기 위해 기업의 생산과정 전반에 초고성능컴퓨팅 기반 지능정보 기술을 활용하여 제조업 디지털화 추진

※ HPC 자체기술 개발, 산업혁신 등을 포함하는 과학기술발전 13차 5개년 계획 수립 ('16)

○ (구축현황) 세계 500위권 내의 초고성능컴퓨터 202대(대수기준 1위), 합계성능 약 299PF(성능기준 1위) 보유

- '10년(텐허-1A), '13년(텐허-2), '17년(Sunway-TaihuLight) 세계 최고성능의 초고성능컴퓨터를 자체 개발하여 운영 중
- 중국내 36개 거점도시를 중심으로 초고속(100Gbps) 데이터 전송이 가능한 4Tbps급 중국과학기술연구망(CERNET) 운영

○ (활용) 국가 초고성능컴퓨터센터를 중심으로 기초·거대과학 연구를 지원하고, 제조시스템 혁신 추진

- 미립자 분석 연구, 우주탄생에 관한 새로운 발견, 기후모델링, 생명과학, 보안 등 연구에 초고성능컴퓨팅 활용 중
- 초고성능컴퓨팅, AI 등을 활용하여 제조업을 스마트화 하기 위한 제조업 육성 정책(중국제조 2025)* 추진

* 제조업 핵심공정에 초고성능컴퓨터 활용 비율: ('13) 27% → ('25) 64% 확대

○ (기술개발) '20년까지 ExaFlops 성능의 시스템 독자 개발(텐허-3)을 추진하고, 차세대 컴퓨팅분야 기술 선도를 위해 대규모 투자 진행 중

- 차세대 반도체 산업 육성을 위해 1조 위안을 투자('14~'25)하고 있으며, 양자컴퓨팅 상용화 추진 중('17년 5-큐비트 양자컴퓨팅 샘플링 성공)

■ 유럽 : 과학과 산업 전반으로 초고성능컴퓨팅 활용 확대

- (정책) 'EU HORIZON 2020' 프로그램을 통해 범유럽 초고성능컴퓨팅 역량 발전을 위한 3개 중점과제*(인프라·기술개발·활용) 추진
 - * ('14~'20) HPC 인프라 구축(PRACE), HPC 기술개발(ETP4HPC), 집단연구 활용(CoE)
- (구축현황) 세계 500위 내 초고성능컴퓨터 93대(전체의 19%) 보유
 - 독일, 프랑스, 영국이 각각 21대(38.4PF), 18대(30.8PF), 15대(32.3PF) 보유
- (활용) 재생에너지, 재료 모델링, 기후변화, 바이오 등 9개 센터(COE)를 선정하여 집단연구에 HPC 활용 확대('15~'20, 약 4,300만 유로)
- (기술개발) 초고성능컴퓨팅 산업 열세를 극복하기 위해 EuroHPC를 출범('17)* 시켰으며, '20년까지 ExaFlops 성능의 시스템 개발 추진
 - * 유럽 13개국이 참여하여 유럽공동의 HPC 인프라 구축을 위한 국가 간 협력체계

■ 일본 : 초고성능컴퓨팅 강국으로 재도약을 위해 차세대 기술개발에 대규모 투자

- (정책) 다양한 분야의 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 위한 공동인프라 구축, 자체 기술개발(ExaFlops급)을 주요 목표로 하는 Flagship 2020 전략 수립
- (구축현황) 세계 500위권 내의 초고성능컴퓨터를 35대(대수기준 3위), 합계성능 약 90.9PF(성능기준 3위) 보유
- (활용) SPIRE 프로젝트*를 통해 생명과학, 소재, 자연재해, 산업혁신, 우주기원 등 5대 중점분야의 9개 집단연구과제 지원
 - * K-Computer 활용을 위한 국가 R&D 프로그램('11~'15년, 총 122억엔 예산)으로, 분자수준의 시뮬레이션을 통한 신약 후보물질 도출(전임상 실시) 등의 성과 도출
- (기술개발) 문부과학성 주도로 ExaFlops 초고성능컴퓨터 개발을 위해 대규모 예산 투자 중
 - * 이화학연구소(RIKEN) 주관 및 FUJITSU(주) 참여('14년~'18년간 262억엔 투자)

4. 주요 시사점

4.1. 국가초고성능컴퓨팅 인프라 확보

■ 국가초고성능컴퓨팅 도입의 필요

- 2017년 11월 기준 Top500에 중국 202대, 미국 143대, 일본 35대, 독일 21대, 프랑스 18대가 등재되어 있는 것에 반해 한국에는 5대의 슈퍼컴퓨터 시스템만이 등재되어 있음
- 한 국가의 슈퍼컴퓨팅 하드웨어의 계산능력은 계산과학기술을 필요로 하는 과학기술 인력이나 응용문제의 순위를 가늠할 수 있는 중요한 지표임
 - 최근 계산과학기술의 중요성에 대한 무관심으로, 국내 초고성능컴퓨팅이 보유 대수(5대) 및 성능(7,052GFlop)이 크게 떨어짐

■ 글로벌 자원 확충 대비 높은 수준이나 공공산업부문 간 자원 불균형이 심하며, 지속적 자원 확보를 위한 로드맵 요구

- 최근 5년('13~'16년, Top500)간 글로벌 자원 확충 대비 높은 수준*이나, 국가적 자원 확보 로드맵 부재로 공공산업 부문 간 불균형**이 심화
 - ※ 국내 연평균 자원 확충 비율 2.43배(글로벌 1.4배)
 - ※ 국내 공공부문 자원 비율은 32~100%으로 높은 변동성(세계적으로 75~79%를 유지)
 - Top500기준 평균 6.5대 보유, '17년 7월 기준 8대(평균 성능 1,067TFlops) 보유

■ 과학기술이 “데이터 중심형”으로 R&D 패러다임이 전환됨에 따라 국가적으로 기초분야의 대용량실험데이터센터를 구축하여 운영

- 기초연구의 선진화·첨단화를 위한 기초과학분야 10개 분야* 글로벌 대용량실험데이터 허브센터(KISTI-GSDC)구축 및 운영
 - * 입자물리(CERN WLCG 최상위데이터센터), 천체물리, 의료생명(유전체) 등

- 세계 주요 입자가속기(CERN, KEK) 및 대형 검출기(LIGO)의 첨단 대용량데이터 실험의 공유·분석·활용 컴퓨팅 환경 구축을 통한 기초연구 진흥 마련

■ 첨단연구망 인프라 환경과 제공은 국제적 수준, 네트워크 소프트웨어化 추진을 위한 연구는 초기단계

- 국내 17개 주요도시와 해외 3개 도시를 10~100Gbps로 연결하여 대용량 과학데이터의 초고속안정적 전송
 - 5개 광역권(서울, 대전, 광주, 부산, 창원)은 100Gbps급, 나머지 12개 지역은 n*10Gbps급 구축
 - 홍콩-대전-시애틀 간 10Gbps급 연동, 암스테르담(10Gbps) 및 시카고(100Gbps)와 연동 확대 예정
- 60여 개의 첨단 과학공학 기술 연구기관 대상 단대단(end-to-end) 1~10Gbps급 회선 및 기술지원 제공
- 신뢰기반의 네트워크 보안기술(양자암호통신, 블록체인 등) 연구 및 한-미간 AI 기반 미래형 사이버 보안 기술 공동연구 추진
 - 연간 200만 달러 규모로 (한)과학기술정보통신부와 (미)국토안보부 참가
- 네트워크 소프트웨어化 기술(예; SDN) 적용에 소극적인 국내 통신사, ETRI와 KISTI는 초기단계의 협업플랫폼 요소기술을 연구

■ 한국형 과학기술분야 통합데이터센터 필요

- 한국의 경우 가속기 및 특정 기초과학분야에 집중되어 국가차원의 통합적인 중장기 로드맵이 부재임
 - 해외 선진국의 경우 연구개발 예산과 연구자 규모가 상대적으로 커서 개별적인 데이터센터 구축이 가능한 반면, 한국의 경우 예산 및 연구자가 적어 개별적인 데이터센터 구축이 제한 → 전략적인 한국형 통합데이터센터 모델 수립이 필요함

- 한국이 지닌 ICT 인프라 강점을 적극적으로 활용하여 데이터집약형 과학연구자와 ICT 전문기관의 협력을 통한 전략적 접근으로 경쟁력 확보가 요구됨
- 연구인프라, 연구자, 국가중점R&D사업, 데이터센터 연계체계 구축으로 한국형 데이터센터 모델 수립이 필요함

■ 데이터센터 인프라 자원 확보와 서비스(활용)의 표광

- 데이터의 수집 및 저장을 위한 인프라 구축뿐만 아니라 개방·공유를 위한 데이터 관리, 데이터 분석 지원 서비스를 포함
- 단순히 데이터 저장을 위한 스토리지, 데이터 분석을 위한 컴퓨팅 인프라를 구축하는데 그 역할이 제한되지 않고, 활용 확산을 위한 데이터 개방·공유·분석 플랫폼 구축이 필요함



<그림 4-1> 데이터 관점에서 데이터 관리 및 활용체계

■ 데이터 특성을 고려한 데이터의 선택과 집중 필요

- 국가차원에서 관리되어야 하는 과학기술 데이터에 초점을 두고, 선택과 집중을 통해 전략적으로 접근이 필요함
- 다양한 분야를 “빅데이터” 키워드 하나에 담아 설명을 시도하면서 방향성(정책)을 마련하는데 혼란이 초래되고 있음
 - “빅데이터” 키워드가 산업영역에서의 데이터로 정의되는 경향이 있으며, 데이터를 단순히 경제적인 부가가치 창출의 도구로 인식하는 문제 존재(SNS를 통한 데이터분석, 구글트렌드, 소비

자 행태분석을 통한 마케팅 등 산업영역에서 경제적 가치창출의 수단으로 인식)

- 과학기술분야의 데이터인 실험데이터 및 국민의 삶의 질에 영향을 줄 수 있는 관측데이터(센싱데이터)를 대상으로 통합관리체계를 구축되어야 함
 - 실험데이터와 관측데이터는 과학기술분야의 핵심 및 원천데이터이며, 현재 국가차원의 데이터 관리가 아주 미비한 상황이므로 우선적으로 대용량데이터 통합관리의 대상으로 추진해야함
 - 수집만 되고 활용이 저조한 국가R&D 데이터, 공공데이터까지 적용 범위를 확대하는 전략적인 접근이 필요함
 - 산업분야에서 경제적 부가가치 창출을 위해 활용되는 비정형데이터의 경우 산업체를 중심으로 시장의 자율적인 관리 및 활용에 맡기고 2차 기본계획에서는 과학기술분야의 실험데이터와 관측데이터 관리에 중점을 두어야 함

■ **본격적인 자체 개발 추진을 위해 국가 차원의 R&D 역량을 결집하고, 차세대컴퓨팅 패러다임에 대응하기 위한 기술개발사업 기획 진행**

- 초고성능컴퓨팅사업단(법인) 선정('16년.12월) 및 SW-HW 통합 개발 추진
- 국가 차원의 차세대 초고성능컴퓨팅 패러다임 기반 기술개발사업 기획 진행 중
 - 디바이스용 차세대 반도체 연구개발 및 국가연구개발사업 기획 중
 - 양자컴퓨팅 연구개발 시작 및 국가연구개발사업 기획 중

4.2. 국가초고성능컴퓨팅 활용

■ 계산과학 기반 난제와 사회문제, 산업체 지원 문제 해결이 필요

- 기존의 슈퍼컴퓨팅의 연산 속도 부족 및 사용 공간의 부족으로 인해 해결하지 못했던 계산과학 기반 난제와 사회문제, 산업체 지원 문제 해결이 필요함
- 재난 분야, 원자력 분야, 항공우주 분야, 계산화학/생물 분야, 천문 분야, 사회 문제, 산업체 지원 분야(디지털 제조업) 등의 분야로 세분화하여 컴퓨팅 활용 계획 추진
 - 재난 분야 : 지진 재난 통합 시뮬레이터
 - 원자력 분야 : 가상원자로 개발
 - 항공우주 분야 : 가상발사체 개발
 - 계산화학/생물 분야 : 인-실리코 신약 개발
 - 천문 분야 : 대용량 관측 자료 중심의 천문우주 난제 연구
 - 사회 문제 : 인터넷보안, 미세먼지
 - 산업체 지원 분야 : 3D 프린팅 기반 제조업, 산업용 소재 물성 빅데이터 구축

■ 재난재해, 4차 산업혁명, 국방 등의 국민 삶 질 향상에 기여할 수 있는 부처의 참여 확대 및 역할 강화 요구

- (기상청) 한국지형에 적합한 기상예보 기술개발로 기상정보 신뢰성 향상 필요
 - 선진국 최신 수치예측 모델 도입, 한국 지형에 적합하게 개선하여 기상예보 정확도 향상 노력 필요

■ 파급력이 높은 과학기술 연구성과 도출 및 육성 프로그램 필요

- HPC 이용에 대한 연구현장 수요는 높은 수준
 - 출연(연) 연구자 대상 HPC 활용 수요조사 결과 요구는 79%로 높은 수준(KISTI, '15.11)
- 개별 응용연구 중심 지원으로 인한 국가 대형 연구개발 활동 미흡
 - 국가센터는 「HPC 응용연구지원 프로그램」을 통해 개별연구자 대상 슈퍼컴퓨팅 자원을 무상 제공

※ '10년~'15년까지 슈퍼컴퓨터 4호기를 통해 942건 연구과제 수행 및 711건 SCI 논문 유발

- 해외에 비해 국가 차원의 HPC 활용 활성화 프로그램 부재

※ 선진국의 경우 SciDAC(미국), CoE(유럽), SPIRE(일본) 등 활성화 프로그램 운영

■ 분산된 인력양성 프로그램을 연계 및 체계화하고, 초중급 인력양성에서 고급인력양성으로 전환 시급

○ HPC 전문인력 공급이 원활하지 못하며, 이를 해결하기 위한 교육 프로그램도 제한적으로 운영

- 대학(원) 내 계산과학 관련학과(전공, 협동과정 등)를 설치*하여 극소수 인력만을 배출하는 실정

* 서울대, 연세대, 이화여대 등에 계산과학 관련 학과를 설치·운영 중이며, 최근 6년간 서울대, 연세대의 계산공학전공 석·박사 46명 배출('16년 기준)

○ 4차 산업혁명 수요 대응 인력양성을 위한 체계화된 커리큘럼 부족 및 맞춤형 교육을 위한 산학연 연계 협력 필요

■ 제조업의 HPC 활용 미흡

○ 산업계의 HPC 활용 미흡과 외산 SW 중심으로 시장편중화 심화

- 대기업의 HPC 활용은 점진적으로 증가, 중소기업 활용은 저조한 실정

- HPC 활용 국내 중소기업은 1%미만(美 26.9%)이며, 제조 중소기업의 M&S 제조업 활용률은 8.2%(美 57.3%) 수준으로, 高價의 외산 SW와 전문인력 부족이 원인

- 외산 SW중심 제조 서비스 시장*형성 및 관련 산업 생태계 취약

* 국내 400여개의 제조 서비스 업체 중 90%가 외산 SW를 판매(수익의 60%는 본사로 귀속)하며, 국내 제조기업이 활용하는 국산 SW는 7.2%에 불과한 실정

- 국가센터는 현황타개를 위해 중소기업 대상 HPC 기술지원을 운영 중

4.3. 국가초고성능컴퓨팅 연구개발

■ 선진국과 기술 격차 해소 및 초고성능컴퓨팅 산업 생태계 육성 필요

- 우리나라는 초고성능컴퓨터 순수입국으로 기술 개발 역량이 취약하고 선진국과 기술 격차 존재
 - 글로벌기업의 의존도는 95% 이상으로 전량 수입에 의존하고 있어, 외산대체 및 미래기술 확보를 통한 국가산업경쟁력 확보 필요
- 지능정보사회 대비 국가차원의 슈퍼컴퓨터 자체개발 프로젝트 추진
 - 1단계('16~'20년) 1PFlops 이상, 2단계('21~'25년) 30PFlops 이상 슈퍼컴퓨터 개발('16~'26년)까지 매년 100억원 규모 예산 투입

■ 해외선진국은 지능형 초고성능 반도체 시스템 개발에 주력하는 반면, 국내는 해외기술 모방과 AI 소프트웨어 중심 개발에 편중

- 미국, EU, 일본, 중국 중심으로 IoT와 지능형 기술 융합 관련 초고성능 반도체 시스템의 활발한 개발
- 국내는 학연을 중심으로 딥러닝, 인지컴퓨팅 연구가 SW에 집중*되어 있으며, 뉴로모픽 프로세서 연구는 해외기술의 모방 수준
 - * 웨어러블, IoT용 지능형 신호처리 반도체는 없는 실정이며, 클라우드 기반 기계학습 처리 플랫폼 기술 적용 수준

■ 초고성능컴퓨팅 시스템 아키텍처 관련 연구 강화

- 멀티코어 및 매니코어를 결합한 시스템은 복잡한 구조로 인하여 높은 이론적 최대성능에 비해 실질적인 활용률은 상대적으로 낮음
- HW 자체의 개발도 중요하지만 이를 쉽게 사용할 수 있는 병렬 프로그래밍 모델, 운영체제, 컴파일러, 개발 환경, 통합 미들웨어 등의 기술 개발이 필요함

- 미래 초고성능컴퓨팅을 위한 전력대비 높은 성능효율을 제공하는 고성능컴퓨팅 시스템을 위한 기술 확보 요구
 - AI와 같은 지능형 컴퓨팅 시스템 개발을 위한 기초 기술 확보
- 초고성능컴퓨팅 시스템의 자체 개발을 위한 요소 기술의 축적 및 새롭게 출현하는 신 기술에 대응하여 빠른 접근 및 이해를 통한 최신 기술 습득 및 시스템 적용 능력의 확보

■ 초고성능컴퓨팅 시스템 요소기술 연구 추진

- 최근의 컴퓨팅 성능 향상에 비해 상대적으로 낮은 스토리지 성능으로 인해 발생하는 I/O 병목문제 해결을 위한 기술연구
 - PF급 응용 처리시 발생하는 대량의 동시 I/O 요청에 따른 성능 저하를 해결하기 위한 고성능 스토리지 기술 개발
- 프로세서와 이종 가속기 연결 시에 비효율성과 병목 현상을 제거한 개방형 고성능 인터커넥션 기술 개발
 - 이종 기술로 구현된 서버, 스토리지 및 미래 기술로 구현될 시스템들을 초고속 데이터 네트워크로 연결하여 초고성능컴퓨팅 시스템의 장기적인 발전 방향에 대응할 수 있는 고성능 융합 네트워크 기술 개발

■ 초고성능컴퓨팅 시스템 요소기술 연구 추진

- HPC 특화기술 확보와 최신 트렌드 기술 변화에 대한 산업수요의 빠른 대응을 위해 국내기업의 제품화 및 실용화 연구를 지원하여 국내 산업 기술역량을 강화하고 HPC 시장 수요에 대응

■ 변화환경 대응을 위한 차세대 초고성능컴퓨팅 기술 확보 및 활용

- 신소재 기반 소자와 새로운 개념의 회로 기술의 개발을 통해 인공지능 반도체 칩 분야의 기술 확보
- 신 개념의 인공지능 반도체의 개념 설계 기술 및 핵심 특허를 확보하여 초저전력 인

공지능 반도체 기술 실현

- 우수한 국내 반도체 공정 기술을 이용한 초저전력화 및 초고집적화를 실현하고 관련 해외 시장의 선점
- 국내 산·학·연 융합의 연구개발을 위한 정책적 지원 및 연구개발 여건을 조성하고 인공지능 반도체를 활용한 무인차, 드론, 로봇 등의 지능형 서비스를 확산하기 위한 제도적 환경 마련

■ 혁신적 HPC 변화를 위한 양자컴퓨터* 기술의 선진국과의 기술수준 격차 해소를 위한 노력 요구

- 양자컴퓨팅 개발을 위해 해외선진국은 국가차원의 대형 프로젝트를 추진하고, 산업체로의 기술이전 성과 도출
 - * 현재 슈퍼컴퓨터보다 수십만~수백만 배의 연산속도를 가진 컴퓨터로 AI, 암호, 재료 과학, 신약개발 등 다양한 분야에서의 혁신적인 변화 원동력
- 국내 양자컴퓨터의 기술 수준은 선진국의 절반 수준이며, 기술격차는 7.6년 예상('17년, ETRI)
 - ※ 표준과학(연), 기초과학(연) 등에서 초보적인 수준의 큐비트 구현 중이고, SK 텔레콤, 서울대에서 이온트랩 양자컴퓨터 개발 중

4.4. 시사점 분석 및 추진방향 도출

■ 추진실적 및 국내외 현황 분석 시사점을 바탕으로 추진방향을 도출함

- 기존 도출된 시사점을 통해 ‘전방위적인 고성능컴퓨팅 활용 확대 및 응용전문화’, ‘미래 수요 대응 고성능컴퓨팅 인프라 확보’, ‘미래 경쟁력 원천인 고성능컴퓨팅 기술 확보’의 3대 추진방향이 도출됨



<그림 4-2> 추진방향 도출

- 추진실적 및 국내외 현황 분석 시사점에 대응할 수 있는 세부적인 추진과제를 도출함



<그림 4-3> 추진과제 도출

■ 도출된 추진방향 및 추진방향에 따른 추진과제는 다음과 같음



<그림 4-4> 3대 전략방향 및 10대 추진과제

5. 제2차 국가초고성능컴퓨팅 육성 전략 수립

5.1. 비전 및 전략체계

비전	4차 산업혁명 대응 초고성능컴퓨팅 역량확보
	
추진전략 및 목표	추진과제
1. 전방위적인 초고성능컴퓨팅 활용 확대 및 응용전문화	① 광범위한 국가 R&D 지원
	② 국민 삶의 질 향상을 위한 사회현안 문제 해결
	③ 제조업의 디지털 혁신 지원
2. 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 인프라 확보	④ 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화
	⑤ 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분
	⑥ 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대
3. 미래 경쟁력 원천인 초고성능컴퓨팅 핵심기술 확보	⑦ 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화
	⑧ 차세대 컴퓨팅 원천기술 개발
	⑨ 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출

5.2. 추진전략 및 과제

[추진전략 1. 전방위적인 초고성능컴퓨팅 활용 확대 및 응용전문화]

추진방향	
◆ 초고성능컴퓨팅 활용 확대를 통한 과학기술·사회·산업 전반의 혁신 성과 창출 기반 마련	
【 현재 : As-Is 】 • 개인연구자 · 기초연구 중심 • 연구개발, 기상예측 분야 중점 활용 • 소수 중소기업 대상 기술 지원	【 미래 : To-Be 】 • 파급력 있는 집단 · 거대연구 확대 • 사회 전반 문제해결 지원 • 제조업 전반의 디지털 혁신 지원

과제1

광범위한 과학 및 공학 연구 지원

■ 파급력 있는 성과창출을 위한 대형 집단연구 지원 강화

- 파급력있는 R&D를 수행하는 일정규모 이상의 연구그룹을 지원하는 집단연구 지원 프로그램 신설 추진
 - ※ 일본은 SPIRE(연 240억원 집단연구 지원) R&D 프로그램을 통해 5대 중점분야(생명과학, 소재, 우주기원 등) 9개 집단연구과제를 지원하여 파급력 있는 성과 도출 중
 - 대용량의 데이터 분석, 높은 정확도가 필요하면서 페타스케일(10^{15}) 이상의 초고성능컴퓨팅을 활용하는 연구주제* 발굴
 - * 양자 기반 화학반응 예측, 나노 반도체 소자 개발 등('16, 계산과학활성화 기획연구)
- IBS 연구단, 글로벌프론티어사업단 등 기 구축된 집단연구그룹* 중 초고성능컴퓨팅 인프라와 연계하여 성과창출이 예상되는 분야 지원 확대
 - * (예시) 순수물리이론연구단, 중이온가속기사업단, 파동 에너지 극한제어연구단 등

- 다양한 분야의 연구성과 가속화를 위해 복잡도가 높은 중대형 R&D 사업* 기획 시 초고성능컴퓨팅 활용방안을 포함하여 추진

* (예시) 우주개발 중장기계획, 나노기술 종합발전계획, 가상원자로 개발계획 등

■ 연구분야별 도전적 R&D 확대 및 R&D 효율화 지원

- 국가센터 5호기 도입*에 따라, 그간 컴퓨팅 자원부족으로 수행하지 못한 도전적 과제(1PF 이상의 성능요구)를 신규 지원하여 연구성과 도출

* 국가센터 초고성능컴퓨터 5호기 도입('18.6~, 이론성능 25.7PF)

- 연구 분야별 수요 조사를 토대로 산·학·연 전문가 위원회를 구성하여 우선 연구과제* 선정 및 지원 추진

* (예시) 가상세포 시뮬레이션, 회전익 설계 및 해석, 집중호우 예측, 우주진화 연구 등

- 고비용의 물리적 실험 장치를 대체하는 초고성능컴퓨팅 기반 시뮬레이션을 활용하여 출연연 등의 연구 비용·시간 절감 지원*

* 계산과학허브센터를 통해 출연연 등에 초고성능컴퓨팅 인프라 지원확대('13-'17년간 국가과학기술연구회 소속 24개 출연연의 초고성능컴퓨터 활용비율은 연평균 4.3%)

■ 초고성능컴퓨팅 기반 데이터 집약형 융합연구 활성화

- 대규모 연구데이터가 활용되는 바이오·미래소재·대형연구장비·인공지능 등 분야의 데이터집약형연구*에 컴퓨팅 자원 지원 확대

* (바이오) 유전체 빅 데이터분석, (나노소재) 나노소재 설계 데이터 생성, (대형연구장비) 이기종 대형장비 데이터 융합분석, (인공지능) 대규모 기계학습 등

- 데이터 분산처리, 시각화 등 데이터 집약형 협업연구 지원을 위한 초고성능컴퓨터, 첨단 연구망 기반의 클라우드 서비스 제공

■ 초고성능컴퓨팅 활용 컨설팅 지원 및 커뮤니티 활성화

- 초고성능컴퓨팅 활용유형·주체·규모*에 따른 활용 가이드라인 마련 및 컨설팅 지원

* 활용유형(계산집약·데이터집약 등 활용방식 분류), 활용주체(소규모·집단, 부처·공공기관 등 분류), 활용규모(단기·중장기, 테라·페타플롭스 등 해결 문제의 규모 분류)

- 연구 분야별로 학회, 연구단체, 해외 주요기관, 컴퓨팅자원 운영기관 등이 참여하는 커뮤니티를 육성하여 초고성능컴퓨팅 활용 확대
- 커뮤니티별로 논의된 유망 프로젝트가 실제 R&D로 이어질 수 있도록 신규 R&D 프로그램 운영

과제2

국민 삶의 질 향상을 위한 사회현안 문제 해결

■ 기상예측 정확도 향상을 통해 재난, 교통, 에너지 등 국민생활 개선

- 지리적·기상학적 특성을 반영한 한국형 수치예보모델 개발(∼'19) 및 운영을 통해 세계 5위 수준*의 단기 기상예보 능력 확보
 - * 유럽, 영국, 일본, 프랑스 수준의 한국형 수치예보모델(고해상도 12km수준) 기반의 수치예보 시스템 개발 및 단기 예보기술 확보
- 자연재해로 인한 사회·경제적 피해예방을 위한 중기 예측 모델개발 및 운용을 통해 위험기상* 예측 정확도 제고
 - * 여름철 장마패턴의 변화, 국지성 집중호우, 이상고온(폭염), 겨울철 이상 한파, 폭설 등
- 기상변화에 따른 국민생활 밀착형 기상예보 서비스 제공* 및 기후변화 시나리오 산출을 통한 신재생에너지 산업 활성화**
 - * (예시) 농업 특화 스마트 기상서비스, 열 스트레스 등 건강분석 기상서비스 등
 - ** 기상정보의 경영자원화를 위해 날씨경영분석 지원도구 개발·보급 등('18~, 기상청)

■ 초고해상도 해양 예측정보 제공으로 해양환경 변화에 적시 대응

- 초고성능컴퓨팅을 활용한 해양분야 빅데이터 처리·수치모델링 등을 통해 예측정보 정확도 제고
 - 별도 기구를 설치하여 해양 영토 관리체계 구축, 해양 안전망* 구축, 해양 생태계 변화 대응, 해양산업 진흥 등 주요과제 추진
- * 빅데이터 기반의 해양변동 예측기술 개발사업 기획연구 수행 중('17.11~'18.9)
- ※ 해양분야 초고성능컴퓨팅 활용 계획수립 예정('18.10월, 해양수산부)

■ 의료 빅데이터 분석을 통한 질병예측기술 향상

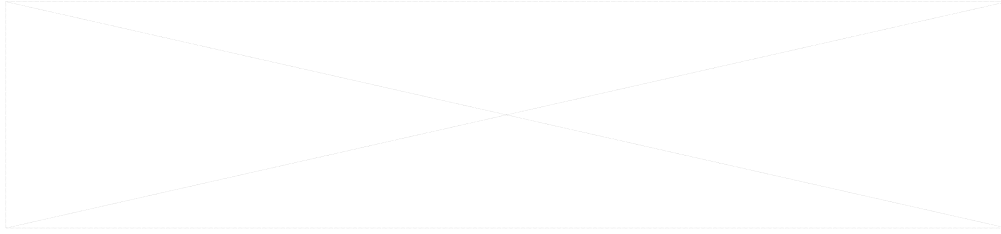
- 질병기전 발견 및 신약후보물질 발굴 등을 위한 초고성능컴퓨팅 기반 유전체·대사체 분석 연구개발* 추진
- * 국가 초고성능컴퓨터 5호기, 첨단 연구망 등을 활용('18~, 보건복지부)
- 유전체 분야 국제 공동연구 및 정밀의료 사업을 통해 수집한 한국인 암 유전체 코호트* 빅데이터를 구축하여 암 정밀의학 연구기반 강화
- * 암환자에게 공통적으로 나타나는 유전적 특성을 분석하기 위한 장기간 추적조사 데이터

과제3

제조업 디지털 혁신 지원

■ 중소·중견 제조기업의 디지털 혁신을 위한 초고성능컴퓨팅 활용 확대

- 초고성능컴퓨팅 기반 Modeling&Simulation(이하 M&S)*을 활용하여 제조기업의 제품개발 비용·시간 절감을 위한 컨설팅, 기술지원 등 추진
- * M&S: 제품 설계단계를 가상화하여 실제 물리적 제품제작 및 실험활동을 가상의 제품제작(모델링)과 공학해석(시뮬레이션) 활동으로 대체하는 것
- 제조기업의 디지털화 진단, M&S 활용방안 제공, 전문인력 지원 등을 위한 맞춤형 컨설팅 플랫폼 구축



<그림 5-1> 제조업의 M&S 활용 예시

- 제조업의 디지털 혁신 선도사례 창출을 위해 지능정보기술과 연계한 초고성능컴퓨팅 활용을 지원하는 그랜드 챌린지 프로그램* 추진

* 거대규모 M&S, 인공지능, 산업빅데이터 분석 등 대규모 컴퓨팅 인프라를 필요로 하는 산업체 수요를 발굴하여 관련 기술·인프라 집중 지원

■ 제조 경쟁력 강화를 위한 공공-민간 협의체 구성 및 공동활용 인프라 조성

- 제조기업, M&S기업, 컴퓨팅자원 운영기관 등이 참여하는 공공-민간 협의체를 구성하여 기업의 문제 발굴 및 해결 지원

- 디지털 제조업 전환 경험 및 노하우 공유를 위한 제조업 커뮤니티 육성

- 제조기업의 R&D 비용·시간 절감을 위해 기술개발, 시험, 분석 등의 M&S에 활용 가능한 공동활용 인프라 구축 및 운영

- 제조기업이 제품개발에 필요한 SW와 초고성능컴퓨터를 언제 어디서든 편리하게 활용할 수 있도록 클라우드 컴퓨팅 환경 구축*

* 초고성능컴퓨팅 인프라를 통해 국내외 M&S SW 10여종에 대한 온라인 활용지원('19년~)

- M&S에 필요한 다양한 해석용 소재·물성 데이터베이스 구축(~'21)

[추진전략 2. 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 인프라 확보]

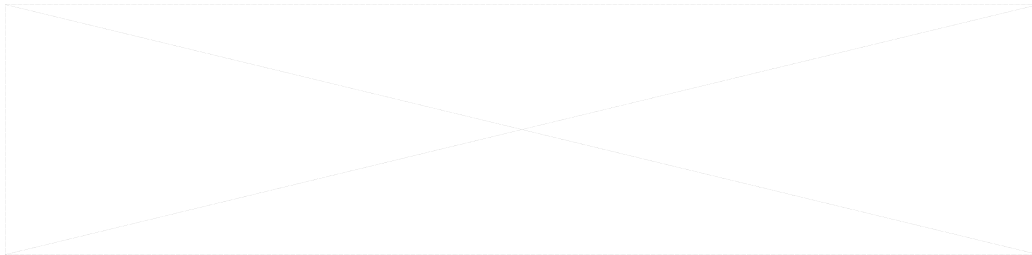
추진방향	
◆ 4차산업혁명 대응 R&D, 사회현안 문제해결 지원 등 다양한 미래수요를 반영한 종합적인 초고성능컴퓨팅 인프라 확보	
【 현재 : As-Is 】 • 대형자원으로 모든 수요에 대응 • 개인연구자 중심 자원 활용 • 단기적 교육 프로그램 운영	【 미래 : To-Be 】 • 미래수요 대응 인프라 다변화 • 다양한 목적의 자원활용 확대 • 전문인력 양성을 위한 체계구축

과제4

국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화

■ 미래수요 적시 대응을 위한 체계적인 초고성능컴퓨팅 자원 확보

- 4차 산업혁명 및 공공부문 수요 적시 대응을 위한 국가 차원의 초고성능컴퓨팅 자원 확보 로드맵 수립
 - 대형 R&D·사회현안 해결을 위한 국가 플래그십 시스템 선제적 확보
 - 다양한 수요에 대응하기 위해 목적별 특화된 중소규모 시스템도 확보하여 1개 대형자원으로 모든 수요에 대응하는 비효율 해소

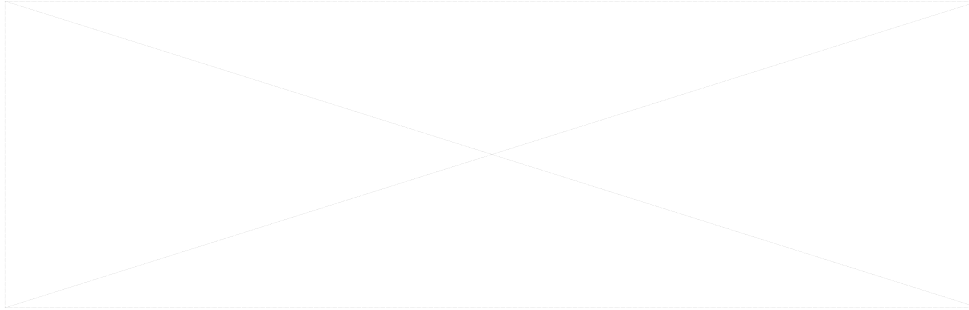


<그림 5-2> 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 확보 로드맵(안)

- 국가적 수요 대응을 위한 플래그십(범용 및 부처임무형) 시스템 구축
 - 대규모 계산자원이 필요한 국가 전략과제 해결을 위한 국가센터 초고성능컴퓨터 5호기* 구축('18~), 미래수요 대비 6호기 도입 준비('19~)

* 이론성능 25.7PF(계산노드 8,304개, CPU-only 노드 132개, 스토리지 30PB)

< 참고: 초고성능컴퓨팅 성능에 따른 활용가능 분야 >



- 기상분야 수치예보 정확도 향상에 필요한 계산 자원 수요에 대응하기 위한 기상용 초고성능컴퓨팅 5호기 도입 준비('17~)
- 해양분야 국가 현안 대응(해수부), 제조업 경쟁력 강화(중소벤처부) 등 부처임무 수행을 위한 초고성능컴퓨팅 시스템 확보 추진

○ 4차 산업혁명의 다양한 컴퓨팅 수요(AI, 빅데이터) 대응을 위한 중소규모 초고성능컴퓨팅 자원 확보도 병행

- 지능정보기술 활용을 위한 중소규모 고성능컴퓨팅 자원* 구축 및 중소·벤처기업, 스타트업 대상 서비스 조기 수행('18~)

* GPU, 매니코어 프로세서 등으로 구성하여 기계학습·딥러닝 등에 적합한 시스템

■ 국내외 공동 연구 기반 마련을 위한 첨단 연구망 고도화

- 국내·외 공동연구 활성화를 위해 400Gbps급 국내연구망(KREONET) 고속화 및 100Gbps급 국제 연구망(GLORIAD) 구축 추진
 - 국내외 백본망 고속화를 통한 국가기관 간 연구데이터 전송시간 단축

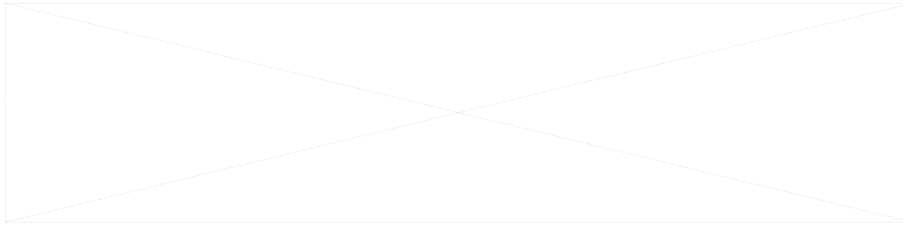
구분	기존(~'17년)	향후('18년~'22년)
국내 백본망	10~100Gbps	40~400Gbps 이상
국제 백본망	10~100Gbps	100Gbps 이상

■ 국가차원의 연구데이터 공유·활용을 위한 데이터 인프라 확보

- 연구과정에서 발생하는 데이터를 지식자산화 하기 위해, 관련 데이터를 체계적으로 관

리하고 공유·활용하는 플랫폼 구축

- 4개 시범분야(바이오, 소재, 대형연구장비, 인공지능) 적용 후 단계적으로 확장



<그림 5-3> 연구데이터 인프라구축 계획

과제5 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분

■ 초고성능컴퓨팅 자원활용 협력체계 구축

○ 국가센터를 중심으로 산·학·연 초고성능컴퓨팅 운영기관이 참여하는 초고성능컴퓨팅 활용 협의체 구성·운영

- 초고성능컴퓨팅 수요조사 및 자원배분 전략을 수립하고, 연구개발 활동 및 산업체 활용 조사·분석 보고서 발간 추진

< 국가초고성능컴퓨팅 활용 협의체 >		< 자원배분 방안(안) >	
		분야	자원배분 방안
		거대문제 및 사회현안 해결	거대 문제 및 기상, 재난 재해 등 국가가 주도적으로 해결해야 하는 문제에 대한 컴퓨팅 수요 대응
		4차 산업혁명 대응	중소기업 R&D, 지능정보 분야 등 4차 산업혁명 대응 중점분야 지원

○ 국가 초고성능컴퓨터 도입 주기를 고려, 퇴역자원을 지역별 거점 대학 및 기관으로 분산 이전하여 중소규모 고성능컴퓨팅센터 육성

※ 국가센터 4호기(부산대 외 9개 기관), 기상청 3호기(고등과학원)를 이전 활용 중

- 대규모 자원이 필요한 거대문제는 국가센터에서, 개인연구자 중심의 소규모 문제는 중

소규모 센터를 통해 컴퓨팅 자원 제공

■ 초고성능컴퓨팅 자원의 전략적 배분 확대

- 국민 삶의 질 향상, 국가 안보, 재난 예방 등 국가가 주도적으로 해결해야 하는 사회 현안 분야* 지원 확대
 - * 기상변화 대응, 미세먼지, 해양변화 대응, 의료빅데이터 분석 등
- 초고성능컴퓨팅 기반의 지능정보기술 활용, 디지털제조업 혁신을 위해 스타트업·중소기업 대상의 컴퓨팅 자원 지원 확대
- 국가 연구개발 관리기관*과의 협력을 통해 주요 국가R&D 과제 우선 지원 등 제도적인 기반 마련
 - * 한국연구재단, 산업기술평가원, 해양수산과학기술진흥원 등

과제6

초고성능컴퓨팅 활용인력 저변확대\

■ 초고성능컴퓨팅 인력양성 추진체계 구축

- 산·학·연*이 참여하는 초고성능컴퓨팅 인력양성위원회를 구성·운영하여 인력양성 프로그램 기획, 유관기관과의 협력 활성화 추진
 - * 산업계(HPC기업, 컴퓨팅산업협회 등), 학계(대학 계산과학학과, 정보과학회 등), 유관기관(KISTI, HPC이노베이션 허브 등)
- 초고성능컴퓨팅 자체 기술개발, 연구데이터 활용·공유체계 구축, 디지털제조업 육성 등과 연계한 중·단기 인력양성 계획 수립

■ 초고성능컴퓨팅 활용 능력 제고를 위한 전문 교육프로그램 운영

- (산업) 초고성능컴퓨팅 기반 지능정보기술(AI, BigData 등)을 활용 하는 R&D, 제품 설계·제작 등의 교육프로그램 확대 및 전문 인력양성 추진
- 국가센터, HPC이노베이션 허브 등을 중심으로 산업체 수요 특화교육*
 - * (예시) HPC를 활용한 기계학습, 빅데이터 분석 등 교육과정 구성 및 실습환경 제공

- (대학) 다양한 분야의 초고성능컴퓨팅 활용 데이터분석 전문인력 육성
 - 교과과정과 연계한 데이터 분석, 기계학습, 계산과학공학 SW 등을 탑재한 온라인 가상실습 환경* 보급 및 융합교육(응용+전산학+계산수학) 확대
 - * 첨단사이언스교육허브(EDISON) 플랫폼을 기반으로 AI, BigData 분석 실습환경 제공('18~)
- (연구기관) 출연(연)을 대상으로 계산과학 활용 교육프로그램*을 확대하여 초고성능컴퓨팅 활용 전문 연구인력 육성
 - * 국가과학기술인력개발원의 계산과학 정규교육과정(예: HPC 활용, 수치기법 등) 확대('18~)
- **초고성능컴퓨터 이해 확산 및 활용을 위한 국민 참여 프로그램 확대**
- 초고성능컴퓨터의 중요성, 활용범위 등에 대해 국민들과 공유하는 온·오프라인 홍보* 추진
 - * HPC 활용 성과 공유 컨퍼런스, SNS 홍보, 다큐멘터리 방송 프로그램 등
- 청소년, 대학생이 참여하는 초고성능컴퓨팅 SW·HW 개발 및 활용 경진대회 개최

[추진전략 3. 미래 경쟁력 원천인 초고성능컴퓨팅 핵심기술 확보]

추진방향	
◆ 자체 개발역량 확보 및 차세대 컴퓨팅 원천기술 연구·개발을 통해 초고성능컴퓨팅 개발국가로 진입	
【 현재 : As-Is 】 • 개별요소 기술 확보 주력 • 현행 컴퓨팅 패러다임 중심 • HPC 관련 대부분 외국업체 의존	【 미래 : To-Be 】 • 독자적 HPC 기술개발 역량 확보 • 차세대컴퓨팅 패러다임으로 전환 • 국내 HPC 산업 생태계 활성화

과제7 초고성능컴퓨팅 기술개발 역량 강화

■ 페타스케일(10^{15}) 초고성능컴퓨터 자체 개발 및 차세대 요소기술 확보

- 4차 산업혁명의 핵심 기반인 초고성능컴퓨팅 시스템의 자체개발역량 확보를 위해 산·학·연 역량을 결집한 프로젝트* 추진

* ('16~'22) 총 11개 기관 참여(산업체 4, 대학 5, 연구소 2)

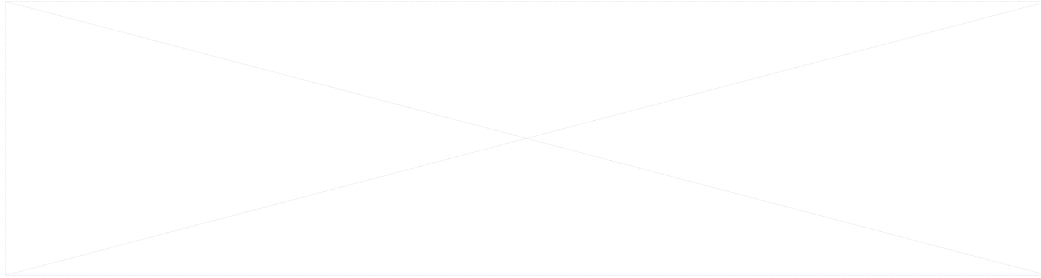


<그림 5-4> 초고성능컴퓨팅 시스템 개발 추진체계

- ※ 원활한 시스템 통합을 위해 SW·HW사업단, 연구재단, 연구회 등이 포함된 협의체를 구성하여 분기별 운영
- 국가 차원의 플래그쉽 프로젝트를 통해 시스템SW, 응용SW, HW 핵심 원천기술과 전

문인력을 확보하고, 다양한 산업적 응용시장 파급

- 효율적인 시스템 개발을 위해 도출된 ‘초고성능컴퓨터 개발 통합 로드맵’에 따라 1PF급 시스템 개발 완료 후, 30PF급 개발 추진
- ※ 시스템·응용SW 및 HW 개발에 연100억원 내외의 투자



<그림 5-5> 페타스케일 초고성능컴퓨팅 개발 로드맵

- 향후 개발된 시스템은 국가센터(KISTI)에서 운영을 담당하며, 기술개발 테스트베드 및 지능정보기술 인프라로 사용
- 주요 선진국의 엑사스케일(10^{18})* 컴퓨팅을 지향하는 기술변화에 대비하여 차세대 핵심 요소기술 확보를 위한 연구집단 육성
 - * 초당 10^{18} 번 연산이 가능한 시스템으로 에너지 효율성, 시스템 안정성 등에서 기술 혁신 요구됨
- 엑사스케일 이상의 컴퓨팅, 스토리지, 인터커넥트 분야 R&D 추진

■ 국내 초고성능컴퓨팅 연구개발 생태계 활성화

- 초고성능컴퓨팅 분야 산·학·연 협의체를 구성하여 연구개발을 위한 교류를 확대하고, 컴퓨팅 관련기관에 적합한 R&D를 발굴·지원
 - 글로벌 기업·연구소와 국내 기업의 기술 교류회를 주기적으로 개최하여 관련 정보 교류 및 협력 모델 발굴 지원
 - 컴퓨팅 기업들이 공통으로 활용 가능하지만 단독으로 개발하기 어려운 기술을 대상으로 산·학·연 공동 참여 프로젝트 추진
 - HPC 최신 제품군의 성능 분석 결과를 공유하여 중소기업의 R&D 지원

- 연구개발 중인 초고성능컴퓨팅 기술을 독립된 공간에서 사전제작 및 검증 할 수 있도록 테스트베드 제공

과제8

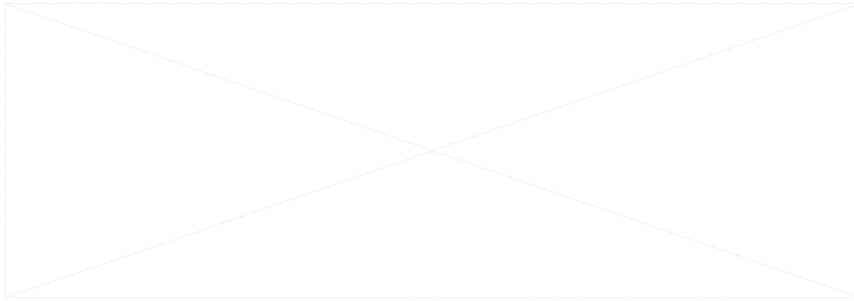
차세대컴퓨팅 원천기술 개발

■ 차세대 반도체 원천기술 개발을 위한 R&D 추진

- 국내 반도체 제조 경쟁력과 연구자원을 활용하여 차세대 반도체의 전주기적 개발을 위한 범부처 협력체계 구축
 - * 경량반도체부터 차세대 반도체까지 포괄하는 중장기 전략 마련('18.上)
 - AI, 빅데이터, 자율주행차, 로봇 등에 활용할 수 있는 반도체 핵심 원천기술과 상용화 기술의 긴밀한 연계를 위한 통합관리 시스템 운영
- 인간 뇌 수준의 전력소모로 인간 뇌와 동등한 사고능력을 구현할 수 있는 뇌 모방 연산 소자형 인공지능 반도체 개발
 - 新아키텍처(메모리와 CPU가 분리된 폰노이만구조 탈피)로 초지능·초경량·초저전력·초신뢰성을 확보할 수 있는 원천기술* 개발
 - * (예시) 고성능 인공지능 프로세서, 메모리CPU 융합소자, 관련 장비 및 소재 등
- 데이터의 효율적인 저장을 위해 초집적화로 전력소모를 절감하고, 입출력 고속화가 가능한 메모리 개발
 - 초미세화, 신소재, 융합화로 기존대비 성능 100배, 전력소모 1/100 목표로 추진

■ 양자컴퓨팅 선도기술 확보 및 연구저변 확대

- 양자컴퓨팅 원천기술 및 연구기반 확보를 위한 로드맵 수립
 - 한국형 플랫폼의 조기 도출 및 연구역량 집중을 위해 프로세서 개발(주력)과 알고리즘, 요소기술 개발(지원)의 투-트랙 전략 추진



<그림 5-6> 양자컴퓨팅 선도기술 확보 로드맵

- ※ 차세대·정보컴퓨팅기술개발 사업의 후속으로 양자컴퓨팅 분야를 포함하는 신규사업 추진
- 범용 알고리즘 구현이 가능한 100 큐비트 수준의 양자컴퓨터 개발을 통해 글로벌 선도그룹 진입 추진
 - ※ ('18~'20) 5큐비트 → ('21~'23) 20큐비트 → ('24~'27) 100큐비트
- 특정 문제 해결을 위한 양자 시뮬레이터를 개발하여 신약개발 등 초기시장을 창출하고, 향후 사회문제 해결* 등으로 확대
 - ※ (예시) 양자컴퓨터를 활용한 교통혼잡 개선 및 미세먼지 흐름 연구 등
 - 산업적 응용시장 파급효과가 클 것으로 기대되는 분야는 대기업 등을 포함한 산업체의 연구개발 참여 확대
- **차세대컴퓨팅 연구개발 저변 확대와 전문인력 육성**
 - 초집적회로 실험환경 조성, 글로벌 협력, 국내 산·학·연 협동연구 체계 구축 등을 통해 차세대 반도체 연구생태계 조성
 - 대규모 차세대 반도체 R&D 및 관련분야 기초연구 확대 등을 통한 차세대 반도체 전문인력 양성 추진
 - 양자컴퓨터 연구저변 확대를 위해 연구자 주도형 개인 기초연구 확대 및 석박사급 전문 인력양성 추진
 - 차세대 반도체, 양자컴퓨터 관련 R&D를 진행 중인 산·학·연 전문가 연구 커뮤니티를 육

성하여 참여인력 간 협력 강화

- 해외 주요국·기업에서 활동 중인 세계적 선도연구자와 교류할 수 있는 장을 마련하여 국내 연구진의 기술개발 역량 제고

과제9

초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출

■ 컴퓨팅 장비(서버, 스토리지 등) 산업육성

- 국내 기업의 HPC 제품 개발부터 사업화에 이르는 전주기 선순환 생태계 조성을 위해 ‘HPC 이노베이션 허브 센터’ 운영
 - 국산 장비의 신뢰성 강화를 위해 국제공인인증(TPC, SPC) 획득 및 실제 활용경험 축적* 지원
 - * 서울시 데이터센터, 빅데이터 산학연구센터 등의 운용실적증명서 발급 확대
 - HPC 기술 사업화 지원, 컨설팅, 오픈랩 제공 등을 통해 국내 HPC기업의 제품 경쟁력 강화
- 국산 컴퓨팅 장비의 중소기업자간 경쟁제품 재지정(‘19~’21)을 통해 공공시장의 점유율 확대* 추진
 - * 컴퓨팅 장비의 중소기업자간 경쟁제품 지정(‘16~’18)으로 공공시장 서버(‘15년 0.4%→’16년 5.1%), 스토리지(‘15년 1.0%→’16년 3.8%) 점유율 상승
 - 국내에서 개발된 SW가 있는 경우 국산 SW 우선 사용 유도

■ 제조현장에 M&S 도입을 지원하는 전문기업 육성

- 제조분야 M&S SW 원천기술 확보 및 상용화 기술개발을 지원하고, M&S 전문기업의 판로 개척을 위한 온라인 Market Place* 구축 운영
 - * 제조 M&S SW를 시험, 검증, 정보제공 및 판매를 위한 가교 역할 수행
- M&S 전문기업 생태계 활성화를 위해 ‘HPC I2-포럼*’ 운영 지원
 - * Industry Innovation을 위한 기술교류 및 수요발굴 지원(기업-학회-국가센터 공동참여)

■ R&D 결과물의 민간기업 이전 활성화

- 민간기업의 기술 수요(기술이전, 부품개발 등)를 고려하여 국가 R&D 사업을 추진하고 민간기업의 참여를 확대
 - ※ 기술이전을 통해 사업화를 추진 중인 민간기업에 기술개발을 주도한 연구자 파견 지원
- 컴퓨팅 관련 우수한 R&D 성과에는 비즈니스 모델 개발 및 후속 R&D를 지원하여 창업을 촉진

5.3. 기대효과

■ 효율적인 초고성능컴퓨팅 활용을 통한 응용산업 전문화 및 대중화

- 과학기술·사회현안 해결을 위한 전문연구 그룹의 집단연구체계를 통한 응용 전문화 및 대표성과 도출
- 국방기상기후재난재해건강 등 전반적인 국민의 삶의 질 향상
- 저성장화 및 4차산업혁명 등 글로벌 추세에 대응하여 제조업 디지털 혁신을 통한 산업 신진대사(Business dynamic) 촉진
- 초고성능컴퓨터 이해 확산과 응용 교육 활성화를 통한 저변 확대 및 활용 활성화

■ 초고성능컴퓨팅 자원 확보를 통한 미래 지능정보사회 동력 확보

- 중장기 국가 초고성능컴퓨팅 자원 계획 및 확보를 통한 지속가능한 국가 R&D 경쟁력 기반 확충
- 미래 수요 대응을 위한 세계적 수준의 컴퓨팅 파워 확보로 지능정보 및 과학기술 데이터 처리 역량 강화
- 국가차원의 전략적 자원 배분과 사용자 중심 서비스 제공을 통한 자원 활용성 및 편의성 증대

■ 컴퓨팅 패러다임 변화에 대응하기 위한 핵심원천기술 확보로 초고성능컴퓨팅 기술 자생력 확보

- 페타급 범용 컴퓨팅 요소기술 개발로 수입대체 및 해외 선진국과의 기술 격차 해소
- 선도적 기술력으로 차세대 반도체 기술 연구·개발 및 초고성능컴퓨팅 분야 적용을 통한 요소기술 역량 강화
- 차세대 아키텍처와 패러다임에 선제적 대응을 통한 초고성능컴퓨팅 기술 탈추격형 전환

6. 추진 일정

6.1. 향후 세부 과제별 추진 일정

추진전략	추진과제	'18	'19	'20	'21	'22	관계부처
I. 전방위적인 초고성능컴퓨팅 활용 확대 및 응용전문화	① 광범위한 국가 R&D 지원						과기정통부
	② 국민 삶의 질 향상을 위한 사회현안 문제 해결						과기정통부, 보건복지부, 해양수산부, 기상청
	③ 제조업의 디지털 혁신 지원						과기정통부, 중소벤처기업부
II. 미래수요 대응 초고성능컴퓨팅 인프라 확보	④ 국가 초고성능컴퓨팅 자원 다변화						과기정통부, 해양수산부, 중소벤처기업부, 기상청
	⑤ 초고성능컴퓨팅 자원의 효율적 배분						과기정통부, 기상청
	⑥ 초고성능컴퓨팅 활용인력 저변 확대						교육부, 과기정통부
III. 미래 경쟁력 원천인 초고성능컴퓨팅 핵심기술 확보 및 산업육성	⑦ 초고성능컴퓨팅 기술 개발 역량 강화						과기정통부
	⑧ 미래 초고성능컴퓨팅 패러다임 변화 대응						과기정통부, 산업부
	⑨ 초고성능컴퓨팅 관련 산업육성 및 일자리 창출						과기정통부, 중소벤처기업부

6.2. 주요 추진 계획

6.2.1. 국가센터 5호기 개요 및 활용 계획

■ 5호기 성능 및 구축 일정

5호기 성능	구축 일정
- 이론성능 25.7PF • 계산노드 8,304개 • CPU-only 노드 132개 - 스토리지 • 20PB(300GB/s), 10PB(Archiving)	• 시스템 선정 ('17.06) • 5호기 도입 시작 ('17.09) • 5호기 구축 시작 ('18.01) • 구축 완료 ('18.04) • 5호기 시범서비스 시작 ('18.05)

■ 자원배분정책 수립

○ 국가 초고성능컴퓨팅 자원 활용 지침(안)

- 국가 중요 공공재로서의 임무를 고려한 활용 및 자원배분 원칙 수립

① 국가 전략자원으로서의 활용

- 재난·재해 대응, 중소기업지원, 지능정보 분야 등 국가가 수행해야 할 전략적 중점 분야에 대한 비중 확대
- 초고성능컴퓨터로만 해결 가능한 대형 및 첨단 R&D 분야에 대한 비중 확대

② 국가 중요 공공재로서의 유무상 배분

[무상 지원]	[유상 지원]
• 국가 차원의 지원이 필요한 기초 및 순수 연구, 도전적인 연구에 대하여 엄격한 동료 평가를 통한 무상 지원 • 초고성능컴퓨팅 분야에서 국가 위상을 제고할 수 있는 관련 기술 개발 등의 분야 • 기타 초고성능컴퓨터 운영과 활성화에 필요한 분야에 대해서는 최소한의 범위 내 무상 지원	• 정부 지원 국가 R&D과제에 대하여 연구비 내에서 지불 가능한 초고성능컴퓨터 운영비용 수준의 사용료 산정 • 영리 목적 사용에 대하여 초고성능컴퓨터 구축, 운영비용을 고려한 사설 서비스 수준의 사용료 산정 ※ 국가연구개발시설장비의 관리 등에 관한 매뉴얼 '16

③ 연구결과 공개와 활용

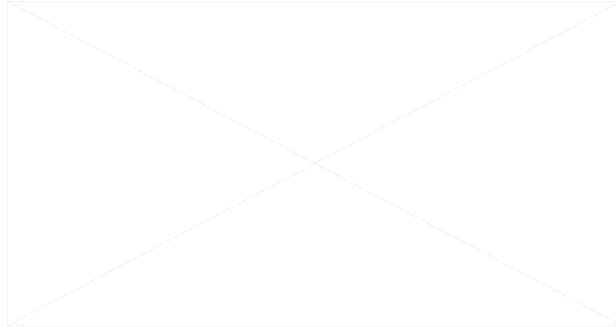
- 무상 지원 및 국가 R&D 과제의 연구 내용과 결과는 원칙적으로 모두 공개
- 정당한 사용료를 지불한 영리 목적 사용은 연구 내용과 결과의 비공개 허용

④ 연구과제 평가와 선정

- 무상 지원 연구과제는 연구 내용과 자원량에 대하여 엄격한 동료 평가 실시
- 평가를 거친 국가R&D 과제와 영리목적(비공개)의 사용에 대하여 자원량만 평가

■ 자원배분계획(안)

- 주요 활용분야인 기초·원천 연구 지원 외에 공공임무 수행이나 4차 산업혁명 대응 지원에 자원 활용



<그림 6-1> 5호기 자원배분계획안

- 국가 초고성능컴퓨팅 자원배분 우선순위 및 할당 절차
- 국가사회현안, 국가 정책적 중점지원 분야 및 국가 R&D 경쟁력 제고 등을 고려한 우선순위 확립
 - 자원활용 현황에 따라 자원배분 비중을 탄력적으로 조정
 - 우선순위는 자원할당과 전용노드제공의 우선순위를 의미하고, 자원수요량이 제공가능량을 초과할 경우, 우선 순위에 따라 할당량을 조정
 - ※ 전용노드의 경우, 4호기 사용량을 고려하여 최대 25% 수준에서 운영

<표 6-1> 국가 초고성능컴퓨팅 자원배분 정책(안) - 대분류

구분	세부내용	우선순위	자원할당 절차
기초·원천 연구 지원	정책적 추진 분야 연구개발 (국가 정책 및 전략 반영)	상	무상지원프로그램 (공모, peer-review, 결과공개)
	거대 도전문제 연구	중	
	일반 연구개발과제	하	
공공임무 수행 지원	국가 연구개발 사업	중	사용료(기관간 협약, 할인)
	국방기상지원 등 부처별 기관임무 수행	최상	총액제(기관간 협약)
	국가사회현안 해결	최상	
4차 산업혁명 대응 지원	빅데이터/지능정보 활용 서비스(공공데이터 연계인프라)	상	총액제(기관간 협약)
	디지털 제조용 서비스	상	총액제(기관간 협약)
기타	국가센터업무 수행	중	무상
	일반 유료 사용자	하	사용료

6.2.2. 첨단연구망 구축 현황 및 계획

■ 첨단연구망 개요

- 국가 과학기술의 융·복합 협업연구 지원 및 국내·외 과학기술 연구자들이 언제, 어디서나 R&D가 가능하도록 글로벌 연구 환경 제공
- 4차 산업혁명에 대응한 초고속, 초연결, 초융합 가능한 망 인프라로서 초고성능컴퓨팅과 데이터집약형 빅데이터를 활용한 과학기술연구를 가능하게 하는 초고성능 네트워크 플랫폼으로써의 첨단연구망

■ 첨단연구망 구축 및 운영 현황

- 국내 5대 광역권 100기가 국가과학기술연구망 구축 및 운영
 - ※ 전국 17개 지역망센터 운영 및 연구망가용율 99.9% 확보('17년 기준)
- 한국-북미 100기가 중심 글로벌과학기술협업연구망 구축 및 운영
 - ※ 아시아(홍콩), 북미(시애틀, 시카고), 유럽(암스테르담) 직접 연동 및 국제람다교 환노드 운영
- SDN 기반 광역 연구망(KREONET SD-WAN) 구축 및 운영
 - ※ 개방형 제어기 기반 국내 5대 광역권, 미국(시카고) 네트워크 소프트웨어화 추진
- 연구망 보안 연구 및 안전한 네트워크 구축(CERT-KREONET)
 - ※ 양자암호통신, 블록체인, 사이버관제 등 활용

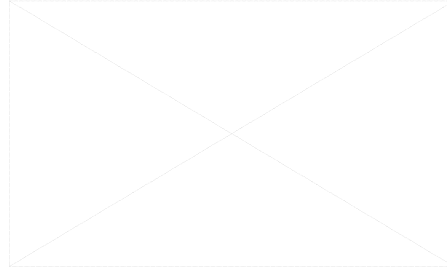
■ 첨단연구망 이용 현황

- '17년도 기존 출연연(73), 교육기관(50), 공공기관(33), 학협회(38), 산업체연구소(3) 등 총 199개 연구기관에서 활용
 - ※ 기초과학연구원, 한국항공우주연구원 등 출연연, KAIST, GIST, UNIST 등 과학기술원, 서울대, 포항공대, 연세대, 고려대 등 주요 대학 위주의 국가 핵심 과학기술 R&D 기관 지원
- 10개 이상의 첨단 연구 분야* 집중 지원(SCI급 60건 이상 유발/년)

* 고에너지물리, 천문우주, 유전체데이터, 원격의료/연구, 기상기후, 건설/건축, 원격교육, 차세대네트워킹, 슈퍼컴퓨팅, 문화기술/차세대방송 등 (558개 이상의 협력기관 교류)

- '16년~'17년, 최근 2년간 월평균 5페타바이트 이상 전송('17년 약 80페타바이트 전송 예상)

※ 고에너지물리분야 4테라바이트 이상, 천문우주 1테라바이트 이상 등



■ 첨단연구망 자원배분

- 4차 산업혁명 대응을 위한 국가 정책 및 전략과제, 국가·사회현안 해결 등 공공 목적 과제, 국가 R&D 및 일반 연구 과제 등에 자원 우선 배분



■ 연구망 발전방향 및 세부추진계획

- 세계적 수준의 연구 프로젝트 참여 및 선진 연구자와 국제협업연구 지원을 위한 테라급 이상 첨단연구망 사이버협업환경 고성능화
- 물리적 연결 중심의 고성능 네트워크 서비스는 물론 소프트웨어 기반 네트워크 플랫폼 서비스를 통한 지능형 클라우드형 서비스 체계 구축
- 대규모 보안정보 자동분석 기술 및 지능형 보안관제 체계 구축



<그림 6-3> 연구망 세부추진계획('18~'23년)

■ 첨단연구망 동남아 및 ODA 등의 저개발국가에 대한 기술 확산

○ 첨단연구망 구축·운영 및 서비스 기술에 대한 저개발국가 지원

- 최신 광전송기술 및 데이터전송기술을 활용한 국가 단위의 첨단연구망 구축 및 24*365 운영체제를 통한 고가용성의 안정적 운영 기술 보급
 - 기존의 IP 중심의 전통적인 인터넷 기술과 더불어 ROADM, OTN, DWDM, Carrier Ethernet 등 최신 광전송 및 데이터 전송기술에 대한 교육 및 확산
- 해킹공격 등에 대한 대응을 위한 실시간 보안관제 및 첨단연구망 정보보호 체제 보급
- SDN (Software-Defined Network), Science DMZ 기술 등 첨단연구망 최첨단 네트워킹 기술에 대한 기술 확산
 - 협업연구에 최적화된 단대단 네트워크 구성 및 네트워크 최적화 기술 확산
 - SDN 기반 네트워크의 소프트웨어화 기술을 통한 SD-WAN 구축 및 SDN 기

반 서비스 기술 보급

※ ONOS(Open Network Operating System) 등의 오픈소스 기반 첨단 SDN 분산제
어플랫폼 구축 및 서비스 제공 방안

- 과학기술 기초/응용연구 및 교육 분야에 대한 연구망 활용 커뮤니티 구축을 통한 연
구망 활용 생태계 구축 방안 전파

○ 데이터 중심형 글로벌 협업연구를 위한 저개발국가와의 글로벌 망 연계 및 협업 추
진

- TEIN 등의 아시아 국가 연동 네트워크와의 전략적인 협업을 통한 저개발국가와의 국
제망 연동 기반 대용량 데이터 중심의 글로벌 협업 연구 환경 조성

- 유럽 CERN 연구소의 LHC 가속기에서 생산된 실험데이터에 대한 저개발국가 활용을 위
한 CERN LHC 전용 개방망 연동을 통한 데이터 유통 체계 구성

※ LHCONE (LHC Open Network Environment) : LHC 전용 개방망

• 첨단연구망의 국제망인 GLORIAD와 TEIN 간 LHCONE VRF Peering 연동을 통
한 고성능의 데이터 유통체계 구성

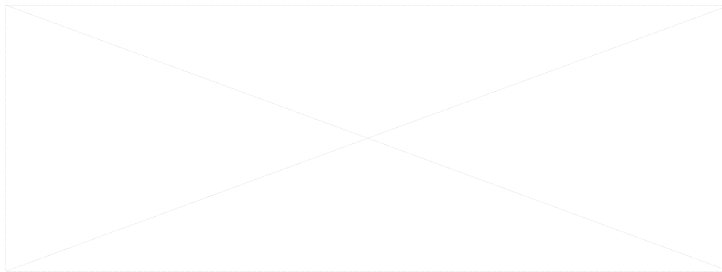
6.2.3 데이터인프라 구축 계획

■ 데이터인프라 개요

- 연구데이터를 체계적으로 관리하기 위한 데이터 인프라 확보
- 수요기반 데이터 기반 융합집단연구 커뮤니티 지원
- 연구데이터 공유·활용을 위한 연구데이터 생태계 조성

■ 로드맵

- 계층(Tier) 구조의 국가 데이터 공유·활용 생태계 구축
 - Tier-0 : 연구데이터 공유·활용을 위한 국가연구데이터플랫폼, Tier-1 : 바이오 등 대분야, 분야별 시너지가 나는 Tier-2 연계, Tier-2 : 데이터 기반 융합집단연구가 이루어지는 연구 공동체



<그림 6-4> 계층(Tier) 구조의 국가 데이터 공유·활용 생태계

- 데이터 집약형 인프라 환경 구축과 바이오, 소재, 대형연구장비 등 시범분야 추진 후 단계적으로 분야별 확장



<그림 6-5> 단계별 로드맵('18~'24년)

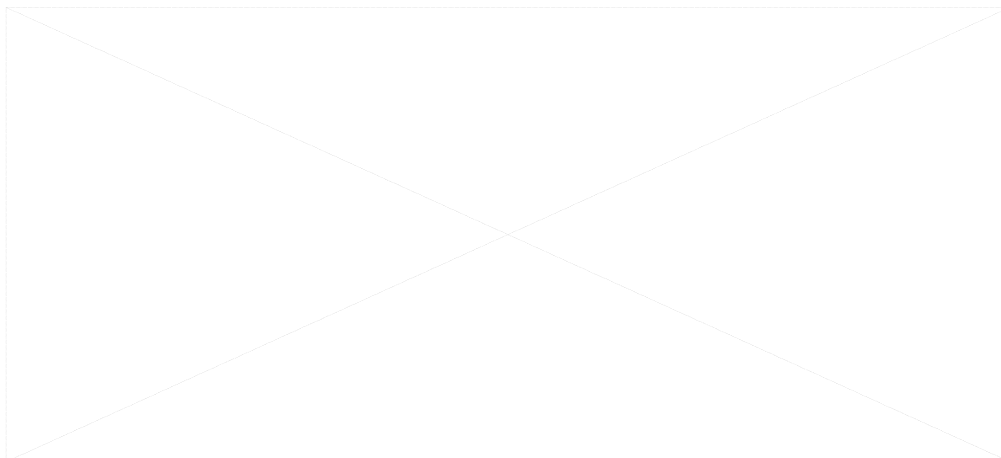
6.2.4. 페타스케일 시스템 개발 계획

■ 최종 목표 : '22년 12월까지 1PF 규모 시스템 구축

■ 추진 체계

- 『초고성능컴퓨팅 핵심기술개발 사업(한국연구재단)』을 통하여 소프트웨어 중심의 연구개발을 수행하고, 『창의형 융합연구사업(국가과학기술연구회)』를 통해 하드웨어 중심의 핵심기술 확보

■ 추진 일정



<그림 6-6> 초고성능컴퓨터 개발 통합 로드맵('17~'22년)

- 1차 서버 개발 기간('17년.5월~'20년.5월)중 COTS 기반 1차 테스트베드(0.1PF/PB)를 구축하여 연구단 2, 3차년도('17년.7월~'19년.3월) 개발되는 시스템 SW 성능 검증
 - 1차 테스트베드는 0.05PF/PB를 구축한 후('18년.5월) 0.1PF/PB로 확장('19년.3월)
 - 1차 서버 개발 시기 출시 및 출시 예정 차세대 프로세서를 동시 활용하되 HW 개발 방향 결정('18년.12월)
 - ※ 차세대 프로세스의 경우, 인텔사의 기술개발일정을 주기적으로 모니터링하고 2018년 12월까지의 출시 지연에 따른 백업 계획의 적용 여부를 결정하여 보고
- 1차 개발 서버 기반으로 연구단의 2차 테스트베드(0.2PF/PB 수준)를 구축하여 개

발된 17종의 시스템 SW 검증('20년.5월~12월)

- 1차 개발 서버 기반의 테스트베드(0.1PF)를 연구단에 제공 ('20년.3월)

※ 연구단의 요청 사항인 0.2PF규모의 시스템이 될 수 있도록 최대한 노력

- HW와 독립적인 표준 프로그래밍 모델을 제공하는 시스템SW 개발

※ 17종 시스템 SW: (1) 시스템 운영·관리 도구 (2) 자원 할당 소프트웨어 (3) 경량 OS (4) 딥러닝 프리미티브 라이브러리 (5) FPGA용 행렬 연산 라이브러리 (6) HPC용 벤치마크 소프트웨어 (7) 클러스터 통합 프로그래밍 모델 (8) 가속기용 CUDA/OpenCL 프레임워크 (9) 프로파일 기반 최적화 컴파일러 (10) MIC 최적화 (11) 가속기용 파일 I/O 프레임워크 (12) 버스트 버퍼 (13) 초대용량 분산 파일 시스템 (14) NVDIMM, NVMe SSD 인터페이스 (15) NVMe SSD FTL 최적화 (16) RDMA 기반 Network 최적화 (17) 혼잡제어 SDN 컨트롤러

○ 2차 서버 개발('20년.5월~'22년.5월)과 1PF 규모의 최종 시스템 구축('22년.12월)

■ 시스템 운영 및 활용, 후속 개발 연계

○ (시스템 운영) 시스템의 안정적인 운영을 위하여 국가초고성능컴퓨팅센터의 역할을 수행하며 초고성능컴퓨터 시스템, 초고속연구망등의 운영 능력이 검증된 KISTI 슈퍼컴퓨팅본부에서 시스템 운영을 담당

○ (응용 분야) 제4차 산업혁명을 유발하는 지능정보기술과 관련된 사물인터넷 (IoT), 클라우드, 빅데이터 및 모바일 등을 위한 ICT 인프라로 활용 가능성 모색

○ (후속 개발) 응용분야별로 필요한 시스템 수정 요구사항을 도출하고 정제하여 2 단계 개발에 반영

6.2.5. 차세대반도체 기술개발 사업 계획

■ 추진 전략

- 기존 소자 응용 개발과 신소자 응용 개발을 시차를 두어 병행
 - (1단계) 기존 기술 기반의 인공지능 반도체 개발과 고성능 초저전력 소자 원천 기술 개발 추진
 - (2단계) 고성능 초저전력 소자를 이용한 인공지능 반도체 개발
- 기술개발의 유연성 확보 및 실패 위험 최소화 추진
 - (유연성) 다양한 고성능 초저전력 소자 아이디어 지원
 - (실패 위험 최소화) 기존 구조 반도체 초저전력화 가능 기술 개발
- 근원 경쟁력 확보를 위한 소자/공정기술과 설계/솔루션기술의 결합 추진
 - AI 프로세서, 메모리, 스토리지, 미들웨어 및 S/W, 기계학습 설계 등 종합 솔루션 지향

■ 추진 목표

구 분	1단계 (5년, '18~'22년)	2단계 (5년, '23~'27년)
전체	인공지능 컴퓨팅 반도체 핵심기술 및 컴퓨팅 디바이스 개발	거대병렬 서버용 컴퓨팅반도체 개발 및 인공지능 컴퓨팅 반도체 고도화 기술 기반 지능정보 사회 인프라 구축
인공지능 컴퓨팅 반도체	- 기존 소자 기반 개발 (초병렬컴퓨팅 반도체, 신경망 프로세서) - 인공지능을 위한 초저전력 통합형 반도체 개발 - 초저전력 빅데이터 메모리 솔루션 - 인공지능 미들웨어 및 SW 개발	- 신경세포 모방소자 기반 인공지능프로세서 개발 3차원 집적 초저전력 고성능 인공지능 소자 개발 - 신소자 기반 다계층 지능형 초저전력 메모리, 스토리지 솔루션 개발
고성능 초저전력 반도체 소자 기술	- 기존 소자 대비 전력소모 1/100 초저전압소자, 이중반도체 3D Monolithic 집적, 로직-인-메모리, 자기재구성 회로의 기존 구조 응용 기술 개발 - 신경세포 모방소자 핵심 기술 개발 - 다차로직, 광배선 소자 기반기술 개발	- 기존 소자 대비 전력소모 1/1000 - Monolithic 3D 집적, 로직-인-메모리, 자기재구성 회로, 다차로직, 광배선 기술, 신경세포 모방 기반 소자 핵심 기술 개발 - 신경세포 모방 소자 기술 고도화 - 신소자 구조 아키텍처, 설계툴, 모델링 등 기반기술 개발

6.2.6. 양자컴퓨팅 기술개발 사업 계획

■ 추진 전략

○ 범용 양자컴퓨터 기술 개발

- (주력 플랫폼) 특정 플랫폼에 얽매이지 않고 단계별 목표를 달성하는 플랫폼을 선택하여 집중 개발함으로써 목표 성능을 기간 내 달성
- (선정 평가) 큐비트 개수, 양자게이트 신뢰도 등 평가항목 충족 여부뿐만 아니라 기술 추격 가능성, 확장 가능성, 기술 역량 등 종합
- (유연성) 새로운 유망 플랫폼을 항시 도입할 수 있는 유연성 확보

○ 양자 시뮬레이터 기술 개발

- (병렬 개발) 다양한 플랫폼을 이용한 문제 특화 양자 시뮬레이터 개발
- (단계 평가) 요소기술 안정성, 신뢰도 등 평가항목 충족 여부, 해결 문제의 중요성, 산업으로의 실질 기여도, 국내 기술 역량 등 종합
- 응용연구 활성화를 위한 산학연 공동 연구 추진 (대기업 포함)

■ 추진 목표

구 분	1단계 (3년, '18~'20)	2단계 (3년, '21~'23)
범용 양자컴퓨터	5-큐비트 범용 양자 컴퓨터 (프로세서) 개발 양자 게이트 신뢰도 > 95% 양자오류정정 시연	20-큐비트 범용 양자 컴퓨터 (프로세서) 개발 양자 게이트 신뢰도 > 97% 양자오류정정 이용 논리 큐비트
양자 시뮬레이터	응집물질 내 전자상태 모사 복수 플랫폼에서의 양자 시뮬레이터 하드웨어 개발	새로운 응집물질 연구 및 개발 양자 시뮬레이터 시스템 확장기술 개발
인터페이스 및 알고리즘	서로 다른 큐비트 플랫폼간 효율적인 양자정보 변환 새로운 양자네트워크 알고리즘 개발 분리 노드간 양자 얽힘 전달 시연 양자컴퓨터 성능 분석 및 향상을 위한 평가 기술	모듈화된 연산 단위간 연결을 통한 계산 자원 확대 대규모 양자컴퓨팅 시스템 적용을 위해 확장성을 확보할 수 있는 소자집적 기술 양자컴퓨터 활용을 위한 새로운 양자 알고리즘 개발

6.2.7. 기상청 초고성능컴퓨팅 추진 계획(안)

■ 기상청 초고성능컴퓨터의 역할 및 효용성

- 기상용 초고성능컴퓨터는 일기예보 정확도에 영향을 미치는 3대 요소(수치예보모델 성능, 관측자료, 예보관 능력) 중 수치예보모델 성능 향상과 관측자료 활용성 증대(자료동화 등)에 필요한 필수 인프라

일기예보 역량은 예보관의 역량 28%, 관측자료 32%, 수치예보모델 성능 40%로 결정됨 ('07, 기상청연구보고서)

- 기상용 초고성능컴퓨터는 일기예보뿐만 아니라 국방, 해양, 에너지, 물 관리, 보건, 환경, 교통 등 국민생활과 밀접한 기초 예측자료 생산 및 범정부적 기후변화 대응을 위한 과학적 정보생산(기후변화시나리오) 업무를 수행
- 기상청은 1999년에 기상용 초고성능컴퓨터 1호기 도입(NEC, SX-5/28A)을 시작으로 본격적인 수치예보 현업운동을 시작하였으며, 2005년 초고성능컴퓨터 2호기를 거쳐 2010년에 3호기, 현재 4호기(CRAY-XC40)를 2015년 12월에 설치하여 운영 중에 있음



<그림 6-7> 기상청 슈퍼컴퓨터와 수치예보 역사

- 기상·기후 예측정보에 대한 국민의 수요와 기대 수준이 계속 증가하고 있으며, 기상용 초고성능컴퓨터 도입·운영에 따른 공공서비스 품질 향상 등 사회·경제적 혜택은 투자대비 최소 약 5배에서 최대 10배 이상

※ 미국은 4.7배, 영국은 10배로 추정함(국립기상연구소 정책정보노트 2012-4)

■ 기상청 초고성능컴퓨팅 활용 현황

- 기상용 초고성능컴퓨터 4호기는 2.9PF 성능의 시스템 2조로 이루어져 기상예보 지원과 기상·기후 분야 연구개발을 위하여 서비스 중임

- 2015년 기준, 초고성능컴퓨터를 보유하고 전지구 수치예보모델을 운영하는 13개 국가 중 수치예보 기술력*은 세계 6위 수준

※ 전지구 수치예보모델의 '+5일 예보'에서 500hPa의 고도오차로 측정(WMO 기준)

- 기상·기후분야 인력양성 및 관련분야 외부연구 지원을 위해 447TF 성능의 공동활용 시스템을 국내 연구기관 및 대학 등에 지원

※ 대기과학 분야 대학 및 연구기관 17개관에 전산자원 지원 중

■ 기상청 초고성능컴퓨팅 서비스 계획

- 국가 수치예보 기술 수준 발전을 위한 한국형 수치예보모델 개발, 기후변화 연구 지원을 위한 기상청 5호기 도입 추진('17년~)
 - ※ 고해상도 수치예보모델·한국형수치예보모델 운영 및 기상·기후분야 연구용 최적 전산자원 확보
- 효율적인 초고성능컴퓨팅 운영을 통한 국내 대기과학분야 공동활용 지원 강화
- 국내 유관기관 및 국가간 대용량 기상·기후 데이터 교환 효율화 추진(~'21년)
- 기상청 초고성능컴퓨팅에 기반한 한국형 수치예보모델 개발 및 현업운영('20년~)
 - ※ 한반도를 포함한 동아시아의 지리적·기상학적 특성이 반영된 한국형수치모델 운영
- 위험기상 예측능력 제고를 위한 현업 수치예보시스템 개선('17년~)
- 중기예측을 중심으로 초단기부터 계절·기후예측까지 이음새 없이 활용 가능한 수치예측시스템의 개발(~'21년)
- 기후 변화 및 계절예측 기술향상을 위한 지구시스템모델(K-ACE*) 운영체계 향상 및 한영 공동 계절예측시스템 개선
 - * Advanced Climate Earth system model(ACE), UM-MOM4 기반으로 개발 중인 지구시스템모델
- IPCC AR6 기여 및 한반도 미래 전망 평가를 위한 전 지구·동아시아 지역 기후변화 시나리오 개발

6.2.8. 해양수산부 초고성능컴퓨팅 추진 계획(안)

■ 추진 필요성

- 복잡한 해안선을 가진 연안에서 재해·재난 등 국가 현안문제 발생 시 필요한 초고 해상도(수십 미터급) 해양예측정보의 적시 제공필요
- 대용량의 해양 빅데이터 처리 및 초고해상도 해양 수치모델링과 정확도 높은 예측정보 제공을 위해 이기종 시스템의 사용 필수

■ 추진 개요

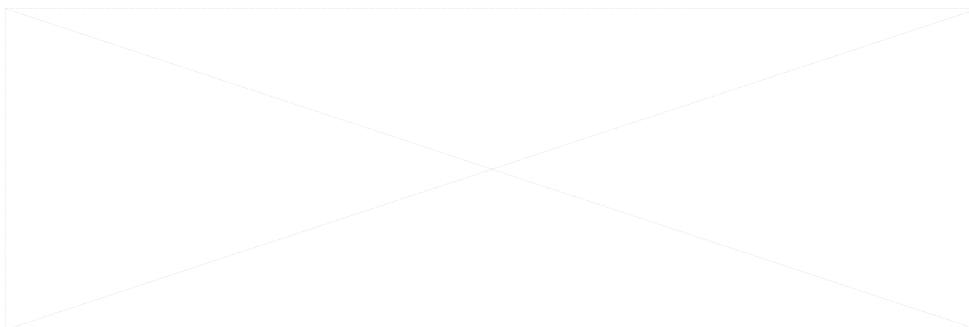
- (최종목표) 초고성능컴퓨팅을 활용한 해양분야 국가현안 대응 및 사회문제 해결, 해양산업 육성 등 해양과학 분야의 국가경쟁력 강화
- (사업기간 및 예산) 총 882억원(~5차년도)

(단위: 백만원)

사업구분 \ 연도	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	소 계
전문센터 구축 사업	8,500	2,000	6,000	6,000	6,000	28,500
초고성능컴퓨팅응용 사업	4,638	4,758	5,088	6,764	7,064	28,312
수치모델링 기술개발 사업	2,000	2,000	2,000	2,400	—	8,400
건축 및 운영관리비	3,000	2,880	5,180	5,980	5,980	23,020
합 계	18,138	11,638	18,268	21,144	19,044	88,232

※ 현재 기획연구 중으로 슈퍼컴, 클라우드 컴퓨팅, 병렬 컴퓨팅 등 다양한 방법론을 대상으로 수요분석과 비용대비 효과 등을 고려하여 재검토 예정

○ 추진 로드맵



■ 활용계획

- 육지에 비해 실험과 관측이 매우 제한적인 해양분야에 이기종 초고성능컴퓨팅(슈퍼컴)을 활용하여 해양과학기술 뿐만 아니라 국가안보 및 사회현안 해결 등에 기여 가능
 - (해양영토) 초고성능컴퓨팅기반 체계적 해양영토 관리체계 구축에 활용
 - ※ 해양예보를 통한 해상작전지원, 연안감시에 필수적인 근해/전지구 해양 데이터 생산 및 자료동화 등
 - (해양안전) 해양예보, 해상안전, 해양사고 등 해양안전망 구축에 활용
 - ※ 초고성능컴퓨팅을 활용한 사고해역 해류 및 조류 감시, 태풍/해일 등의 연안재해 예보, 해양오염물질 추적, 해상상황 예측을 통한 정확한 항해정보 제공 등
 - (해양변화) 기후변화 대응, 해양생태계 변화 등 전지구적 해양환경 변화 감시 체계 구축에 활용
 - ※ 전 지구 기후변화 예측을 통한 북극해 항로 개척, 엘니뇨/라니냐 등의 전지구 기상이변 예측, 해양생물자원 예측 및 관리 등
 - (해양산업) 수산자원탐사 및 확보, 해양기계 및 플랜트, 해양교통 등 해양산업 진흥에 활용
 - ※ 해양 e-navigation을 활용한 전체 운송량의 90%에 달하는 해상운송 효율 제고, 선박건조 효율화 및 국제 경쟁력 강화, 해저모델링을 통한 해양자원조사 등



6.2.9. 중소기업벤처부 초고성능컴퓨팅 활용 계획(안)

■ 중소제조기업의 M&S 활용의 필요성

- Modeling & Simulation(이하 M&S)*은 제품 제작에 소요되는 시간과 비용을 획기적으로 절감할 수 있는 핵심기술임

* M&S : 제품설계단계를 가상화하여 실제 물리적 제품제작 및 실험활동을 가상의 제품제작(모델링)과 공학해석(시뮬레이션)활동으로 대체하는 것

- 제품설계의 혁신을 통해 제품개발기간 단축 및 비용절감*으로 제조 경쟁력 강화

* 제품개발 시간 61.4%, 비용 78% 단축(M&S 기술지원성과사례집, KISTI, 2016)

■ 중소기업 M&S 활용 현황

- 제조업 전분야에 활용성이 높음에도 불구하고 국내 중소기업의 M&S 활용율은 매우 미흡, 일부 대기업에 국한

- M&S의 활용 성능 향상을 위해 필수적인 고성능컴퓨팅 기술을 활용하는 중소기업은 1% 미만(美 26.9%)

- 중소기업들은 공정개선과 제품개발에 M&S 활용하고자 하나 SW비용 및 전문인력 부족 등으로 활성화 미흡

- M&S SW 도입 비용, M&S 전문인력 부족이 중소기업 M&S 활용 확대의 가장 큰 애로 사항

■ 중기부 초고성능컴퓨팅 활용한 제조 경쟁력 강화 계획

- (M&S 컨설팅) 제조업의 디지털화 진단 후, 진단결과를 토대로 한 M&S 활용방안 마련 등 맞춤형 컨설팅 제공('19~)

- (M&S 활용 기술개발 지원) 초고성능컴퓨팅 기반의 M&S 활용한 중소기업의 제품부품 등의 설계 및 개발, 제품디자인, 응용시스템 설계 및 개발 자금 지원('19~)

- (M&S 전문기업 육성) 중소제조기업의 M&S를 지원하는 전문기업의 기술개발(SW 개발 포함) 지원('19~)

6.2.10. 집단연구 지원 강화 계획

■ 데이터컴퓨팅 기반 집단융합연구를 위한 연구공동체 형성

- 국가 현안, 사회문제 해결, 초고성능컴퓨팅 융합연구 활성화를 위한 문제해결형 전문센터 구축
 - 3대 추진전략(활용 ↔ 자원확보 ↔ 기술개발)을 연계하여, 상호 시너지 도출 가능한 체계 구축
- 부처별 사업 집중수행을 위한 부처임무형 전문센터 지정 및 운영
 - 기상청, 해양수산부, 보건복지부, 중기벤처부의 역할과 연계한 전문센터 구축

■ 부처지정 초고성능컴퓨팅센터(예: 국가기상슈퍼컴퓨터센터)

- 부처 요구에 따라 초고성능컴퓨팅 자원을 자체적으로 구축, 운영하며 임무를 수행하는 센터(근거: 초고성능컴퓨팅 시행령 제 12조, 전문센터 지정 등)
- 요건 및 고려사항
 - 자원운영과 활용육성 등을 수행할 수 있는 전담인력 및 설비 보유
 - 관련 연구개발 및 인력양성, 데이터관리, 연구지원 등 사업 수행 실적 및 경험
 - 국정과제 해결을 우선적 수행하며, 전문센터 간의 협력 활동 참여
- (지정) 관계 중앙행정기관의 장과의 협의 및 위원회 심의를 거쳐 지정

■ 문제해결형 초고성능컴퓨팅센터

- 데이터컴퓨팅 기반의 시뮬레이션·AI 등을 통해 과학·사회적 문제 해결(신소재·신약개발, 과학적 발견 등)을 목적으로 하는 연구 공동체
- 지정·선정: 특정 분야의 데이터 관리 책임을 보유한 기관 지정
 - 일정 규모 이상 집단연구 그룹의 데이터컴퓨팅 인프라 수요 요청에 대하여, 국가센터 자원배분 절차에 따라 자원 할당
 - 일몰형으로 국가 R&D 프로그램 방식(Bottom-up) 공모 및 선정
 - ※ 예산과 컴퓨팅·데이터 및 네트워크 인프라를 함께 지원

6.2.11. 인력양성 프로그램 추진 계획

- 지능정보사회의 컴퓨팅 분야 인력은 고성능컴퓨팅 시스템 관련 기업인력과 빅데이터, 인공지능 등을 이용한 계산과학자에 대해 H/W, S/W 기업, 출연(연), 대학에서의 활용 인력 현황을 조사

○ 국내 H/W 기업 인력 현황

※ HPC 장비를 납품한 국내 22개사를 대상으로 한국기업데이터를 활용하여 타 유관업체와의 인력 비교(실측치)

- HPC 장비 납품 업체는 인원, 매출 측면에서 타 유형보다 영세한 실정임
- 슈퍼컴퓨터 관련 H/W 기업의 전체 업계 내 비중은 0.48%(업체수 기준)~2.11%(인원수 기준)이며, 평균 순이익률(2.7%) 또한 전자부품 중소기업(4.1%)과 S/W개발 벤처기업(11.1%) 보다 낮음

<표 6-2> 국내 슈퍼컴퓨터 H/W기업의 업계 내 비중

분석 기준	업체 수	인원
슈퍼컴퓨터 관련 H/W 기업	22	892
유관 업계의 전체 업체	9,671	142,749
업계 내 비중	0.27%	0.62%

○ 국내 S/W 기업 인력 현황

※ 모델링과 시뮬레이션(M&S)을 중심으로 수행하는 기업을 대상으로 기업수와 인력 현황 조사(실측치)

- 한국 표준산업분류(KSIC)의 M&S 관련 산업군에 기준하여 통계청 국가정보포털과 대한상공회의소 코참비즈(KORCHAM BIZ) 사이트를 통해 정보를 파악한 11,822개 업체 중 해당 업체 홈페이지 전수조사를 통하여 211개의 M&S 서비스 업체* 리스트와 인력현황을 확보
- 국내 S/W 개발, 국외 S/W 유통, 차 S/W 활용/컨설팅 분야의 업체수는 211개이며 종사 인력은 7,633명
- 유관 업계의 전체 업체에 비해 업체수 2.92%, 인력 4.73 수준으로 비중이 낮음.

<표 6-3> 국내 M&S 기업의 S/W 관련 업체 현황

구분	국내SW개발	국외SW유통	타SW활용/컨설팅	합계
업체수(개)	25	17	169	211
직원수(명)	926	798	5,909	7,633

<표 6-4> 국내 M&S 기업의 유과 업계 내 비중

분석 기준	업체 수	인원
슈퍼컴퓨터 관련 M&S 기업	211	7,633
유관 업계의 전체 업체	7,222	161,449
업계 내 비중	2.92%	4.73%

○ 출연(연) 인력 현황

- ※ 국가과학기술연구회 산하 정부출연(연) 23개 기관을 대상으로 조직구성과 계산과학 연구자 비중을 적용하여 인력 현황 조사(추정치)
- 슈퍼컴퓨터의 개발·운용·연구를 기관 임무로 수행하고 있는 ETRI와 KISTI의 구성원 중 슈퍼컴퓨팅 인력을 도출하고, 기타 출연(연)의 경우 미국의 기준(연구원 중에서 계산과학연구자의 비중(1.12%))을 적용하여 슈퍼컴퓨팅 인력을 도출

<표 6-5> 국내 출연(연)의 슈퍼컴퓨팅 인력 현황

기관명	슈퍼컴퓨팅 인력 수
KISTI	220
ETRI	150
여타 출연연	145*
총계	515(3.24%)**

* KISTI와 ETRI를 제외한 23개 출연연 인력(2015년 기준 약 12,900명, 비정규직 포함)의 1.12%를 슈퍼컴퓨팅 인력으로 추산

** 25개 전체 출연연 인력(약 15,900명, 비정규직 포함) 기준

○ 대학 인력양성 현황

- ※ 전국 4년제 대학생 중 KISTI 슈퍼컴퓨터 활용 교육 이수자, KISTI EDISON 플랫폼을 수업 교과에 활용한 대학, M&S 교육 이수자 등을 인력양성 현황 조사(실측치)
- 국가초고성능컴퓨팅 활용 인력양성 비율은 전국 대학(공학, 이학, 의학 계열)의 대학생 수 대비 2013년 1.37%, 2014년 1.33%, 2015년 1.12%, 2016년 0.93% 정도 비율을 차지하고 있었으며, 평균적으로는 1.19%를 차지

<표 6-6> 국내 대학의 슈퍼컴퓨팅 활용 인력 현황

구분		2013년	2014년	2015년	2016년	소계	총계
학생 수	KISTI 슈퍼컴교육	1,270	1,538	508	1,259	4,575	39,748
	EDISON 교육	10,123	9,520	8,865	6,439	34,947	
	M&S 교육	-	97	70	59	226	
	소계 (비율*)	11,393 (1.37%)	11,155 (1.33%)	9,443 (1.12%)	7,757 (0.93%)	39,748 (1.19%)	
전국 대학생 수**		831,834	842,200	843,531	837,908	3,355,473	
대학 수	KISTI 슈퍼컴교육	69	71	82	62	284	437
	EDISON 교육	26	30	36	29	121	
	M&S 교육	-	8	9	15	32	
	소계	95	109	127	106	437	
교과목 수	EDISON 교육	162	271	238	208	879	879

* 전국 대학생 수 대비 국가초고성능컴퓨팅 활용 인력 학생 수 비율

** 출처 : 『2013년~2016년 우리나라 교육통계서비스』의 4년제 대학의 공학, 이학, 의학 계열의 재적 학생 수

■ 추진 방향

- 컴퓨팅과 데이터 시대를 선도하고 현장에서 활용 가능한 인력 양성
 - 기술자(Technician) 중심에서 연구개발이 가능한 고급인력 중심으로 확대
- 대학(원), 산업체 등에서 수행하는 인력양성 프로그램들의 연계 강화
 - 기존 교육프로그램 육성 및 대학, 연구소, 산업체의 협력체계 구축

■ 추진 방안

- 국가센터, 국내 대학(원)의 계산과학공학 교육프로그램 활성화로 5,000명 수준의 초고성능컴퓨팅 전문 인력양성 추진
 - ※ 최근 6년간 계산과학공학 전공의 석박사 졸업생 수는 총 46명이며, 국가센터에서 3,000명 규모의 초중고급 인력 양성
 - 국가센터* 및 부처임무형 전문센터의 초고성능컴퓨팅 인력양성 기능강화
 - * 국가센터 5호기 활용활성화를 위한 단기 집중 교육 프로그램 운영('18, '19년)
- 분산된 인력양성 프로그램의 연계 강화로 상호 시너지 창출
 - 페타스케일 시스템 개발, 집단연구체계 구축 등을 통한 우수한 연구 인력 양성
 - 산학연 참여의 교육커리큘럼 개발, 온라인 교육환경 및 교재 개발 보급
- 커뮤니티 중심의 인력양성 프로그램 제공으로 자생적 생태계 마련
 - 온라인 교육플랫폼*을 활용한 상시 교육환경 제공 및 K-MOOC 등과의 연계를 통한 공개 인력양성 프로그램 확대
 - * 첨단사이언스교육허브(EDISON)의 6개 분야 400여종 SW 활용
 - 기업체 재교육, 고교 과학교사 교육, 경진대회(학회 연계, 해커톤 대회) 등을 교육 활성화 및 커뮤니티 저변 확대
- 실습 초고성능컴퓨팅 인프라, 응용 S/W 확충 및 원격연구 환경 구축
 - 인력양성 전용 HW 구축, 공개 SW 확보 및 원격 화상회의 환경 제공 등

7. 산업연관분석 기반 성과 예측 분석

7.1. 산업연관표의 개념 및 구조

■ 한 국가 경제에서 각 산업들은 생산활동을 위해 상호 간에 재화와 서비스를 구입하고 판매하는 과정을 통해서 직접 또는 간접적으로 서로 관계를 맺음. 산업연관표는 일정기간(보통 1년) 동안의 이러한 산업간 거래관계를 일정한 원칙에 따라 행렬식으로 기록한 통계표를 나타냄

○ 산업연관표는 작성형식에 따라 공급사용표와 투입산출표로 구분할 수 있음. 투입산출표는 상품기준의 생산내역을 나타낸 표이며 공급사용표는 산업기준의 생산내역을 나타낸 표를 뜻함

- 투입산출표가 상품기준이기 때문에 하나의 산업에서 하나의 상품만을 생산한다는 기본 가정으로 인해 경제현실을 제대로 반영하지 못한다는 문제점을 보완하기 위하여 공급 사용표를 작성하여 이용함

- 공급사용표는 경제현실을 그대로 반영할 뿐만 아니라 국민소득 통계와 국민대차대조표 등 국민계정 통계간 상호 정합성을 유지하는데도 중요한 역할을 하기 때문에 국민계정체계(SNA)에서는 공급사용표를 직접 작성하고 투입산출표는 수학적 방법으로 도출하여 분석에 이용하고 있음

■ 그동안 분석목적의 투입산출표를 작성해왔으나 국민계정 통계간 정합성 제고와 국제기준의 이행을 위하여 2010 기준년 공급사용표를 최초로 작성

○ 공급표: 각 산업별 재화 및 서비스의 공급 내역에 대한 정보를 「상품×산업」 행렬 형태로 나타낸 통계

- 세로(열) 방향으로 보면 각 산업이 어떤 상품을 생산하여 공급하였는지의 내역을, 가로(행) 방향으로 보면 각 상품이 어떤 산업에서 생산되어 공급되었는지의 내역 파악

- 해외직접구매: 수입은 상품별로 추계하되, 거주자가 해외에서 소비한 내역은 상품 종류에 상관없이 총액을 표시

- 구매자가격 기준 총공급액: 총산출액에 수입과 잔폐물을 더하면 기초가격 기준 총공급액이 되며 여기에 순생산물세, 도소매마진, 화물운임을 더하여 계산



<그림 7-1> 공급표(Supply Table)-예시

※ 출처: 2010년 산업연관표 실측표, 한국은행, 2014

- 사용표 : 각 산업별 상품의 사용내역과 부가가치, 최종수요의 항목별 사용내역에 대한 정보를 「상품×산업」 행렬 형태로 나타낸 통계
 - 세로 방향은 각 산업이 생산활동을 하기 위하여 지출한 생산 비용의 구성, 즉 투입구조를 나타내며, 가로 방향은 각상품이 어떤 상품을 생산하는 데 중간수요 또는 최종수요의 형태로 얼마나 이용되었는가를 나타내는 배분구조를 뜻함
 - 중간수요액과 최종수요액의 합계를 총수요액을 말함



<그림 7-2> 사용표(Use Table, 기초가격)-예시

※ 출처: 2010년 산업연관표 실측표, 한국은행, 2014

○ 투입산출표

- 「상품×상품」 행렬 형태로 이루어져 있어 세로로 보면 산업의 투입구조가 아닌 상품의 투입구조를 나타내며, 투입산출표는 상품 단위의 기술구조와 배분구조를 나타내어 연관관계를 분석을 목적으로 함



<그림 7-3> 투입산출표(Input-Output Table, 기초가격)-예시

※ 출처: 2010년 산업연관표 실측표, 한국은행, 2014

■ 우리나라의 산업연관표에서 산업 분류는 계속되는 고도성장과 산업의 발전에 따른 신종제품(산업)의 출현과 새로운 기술도입 및 수입원자재 가격 상승으로 인한 상대 가격체제의 변동 등으로 우리나라의 산업분류는 크게 변화되어 산업 분류는 매번 다르게 나타남

- 2010년 산업연관표에서는 2005년 산업연관표 작성 이후의 산업구조, 생산기술 및 상대가격체제 등의 변화를 반영하여 작성되었으며, 산업분류(ISIC Rev. 4)와 한국 표준산업분류(KSIC 9차) 등의 개정내용을 반영하여 부문분류를 재조정하였음
- 특히 공급사용표를 신규로 편제하고 국민계정 편제에 관한 국제기준(2008 SNA)의 개정내용을 이행했기 때문에 주요 변경사항에 주목할 필요가 있음
- 공급사용표 신규편제: 산업별 상품 생산내역을 나타내는 공급표(supply table)와 중간투입 및 부가가치를 나타내는 사용표(use table)를 신규로 편제하여 2010년 산업연관표

에서는 공급사용표와 투입산출표를 동시에 편제하였으며, 공급사용표는 경제구조 분석에, 투입산출표는 산업연관효과 분석에 이용함

<표 7-1> 공급사용표와 투입산출표 비교

공급사용표	투입산출표
• 상품×산업(정방향 또는 장방향)	• 상품×상품(정방향)
• 결합 생산(product mix)을 반영	• 단일 상품 생산을 전제
• 경제현실에 부합	• 생산기술에 부합
• 경제구조 분석에 이용	• 파급효과 분석에 이용

※ 출처: 2010년 산업연관표 실측표, 한국은행, 2014

- 2008 SNA 이행: 재화의 법적 소유권과 경제적 소유권이 구분될 경우, 경제적 소유권이 변동되는 시점에서 재화 취득으로 기록할 것을 명시함

- 산업분류 신설 및 재조정: 공급사용표를 신규 편제함에 따라 산업분류를 신설하였고, 2005년 이후 변화된 경제구조를 반영하기 위해 상품분류도 조정함

※ 제조임가공 신설, 원재활용서비스 신설, 위생서비스 세분화, 농산품, 광산품 등의 일부 통합 및 국제산업분류와 상품분류 기준에 일치하도록 가설부문 등 폐지

※ 서비스, 주요 공산품 등의 세분화

<표 7-2> 주요 상품 분류 변화

2005 상품분류(기본부문)		2010 상품분류(기본부문)	
238	• 반도체제조용기계	206	• 반도체 제조용 기계
		207	• 디스플레이 제조용 기계
239	• 기타특수목적용기계	210	• 산업용 로봇
		212	• 고무 및 플라스틱 성형기계
		213	• 기타 특수목적용 기계
355	• 부동산임대 및 공급	342	• 비주거용 건물 임대
		343	• 부동산 개발 및 공급
365	• 기타공학관련서비스	354	• 공학관련서비스
		355	• 과학기술서비스
		356	• 기타 전문서비스

※ 출처: 2010년 산업연관표 실측표, 한국은행, 2014

7.2. 산업연관분석(Input-Output Analysis)

■ 사회과학, 공학, 자연과학 등 다양한 분야의 경제적 파급효과 분석에 산업연관분석 활용

- 한나라의 국민경제에서는 생산되는 모든 재화 및 서비스가 다른 산업의 생산을 위한 원재료로 투입됨으로써 각 산업들이 직·간접으로 서로 밀접한 연관관계를 맺고 있음. 산업연관분석은 이러한 산업간의 상호연관관계를 수량적으로 파악하고자 하는 분석 방법을 의미함
- 산업연관분석은 거시적 분석이 미치지 못하는 산업과 산업의 연관관계까지도 분석이 가능하기 때문에 구체적인 경제구조를 분석하는데 유리할 뿐만 아니라 최종 수요에 의한 생산, 고용, 소득 등 국민경제에 미치는 각종 파급효과를 산업부문별로 나누어서 분석이 가능함
- 초고성능컴퓨팅 관련 부문과 국민경제의 타 부문과의 유기적인 상호관계를 나타낼 수 있을 뿐 아니라 부문별 비교분석 및 파급효과의 측정에 매우 유용한 접근방법이며, 한 나라의 경제정책수립 및 효과분석과 관련된 분야에 많이 이용되고 있어서 국내 초고성능컴퓨팅 도입의 경제적 파급효과 분석을 하는데 타당함
- 따라서 산업연관분석을 통해서 국민경제 내에서 하나의 주요산업으로서 초고성능컴퓨팅산업이 생산해 내는 재화와 용역이 타 산업이나 최종 소비자에 의해서 어떻게 수요 되고, 또한 이러한 생산을 위해서 노동, 자본 등의 본원적인 생산요소 및 여타 부문으로부터의 중간투입이 얼마나 소요될 것인가를 파악하고자 함
 - 생산유발효과
 - 부가가치유발효과
 - 전후방연쇄효과(감응도계수, 영향력 계수)
 - 노동유발효과(취업유발효과, 고용유발효과)

7.3. 산업연관분석을 위한 초고성능컴퓨팅산업 분류 및 분석 범위

■ (초고성능컴퓨팅 산업 분류) 산업연관분석을 위해 초고성능컴퓨팅 개념 및 관련 산업 정립 필요

- “국가 슈퍼컴퓨팅 육성전략 연구”에서 “슈퍼컴퓨팅이란 슈퍼컴퓨터와 대용량 저장장치 그리고 이를 활용하기 위한 각종 소프트웨어와 관련 과학적 가시장비와 함께 초고속 네트워크와 연계된 제반 기술을 망라한 첨단 전산처리의 수행 및 관련 연구활동을 포괄하는 행위를 총칭한다고 정의함
- 슈퍼컴퓨팅의 핵심적인 역할을 하는 슈퍼컴퓨터는 연산속도에 있어서 보통의 컴퓨터보다 수백 배 내지 수천 배 혹은 그 이상의 성능을 가진 빠른 컴퓨터라고 정의할 수 있으나 통상적으로는 성능순위를 기준으로 세계 500위권 안에 드는 컴퓨터를 지칭함
- 이러한 슈퍼컴퓨터의 이용을 위해서는 소프트웨어는 물론 초고속네트워크, 데이터 저장 장치, 첨단 가시화 장비 등 의 하드웨어 장비가 함께 구축되어야 함
 - 소프트웨어: 시스템소프트웨어, 미들웨어 및 응용 소프트웨어로 구성되는데, 시스템소프트웨어는 운영체제(OS) 등의 슈퍼컴퓨터 하드웨어를 작동 시키는 소프트웨어를 의미하며, 미들웨어는 응용소프트웨어가 슈퍼컴퓨터, 초고속네트워크 등의 하드웨어를 잘 사용할 수 있도록 지원하는 기능을 수행, 마지막으로 응용소프트웨어는 슈퍼컴퓨터의 효율적 진행 환경을 조성함으로서 특정된 상황에서의 계산을 용이하게 만드는 기능을 수행하며 대부분 슈퍼컴퓨터에 설치 후 연구자들이 활용
 - 하드웨어: 초고속네트워크는 슈퍼컴퓨터를 사용하는 기관 혹은 연구자에게 접속환경을 제공함으로서 이를 통해 대용량 실험 데이터의 전송과 시스템간의 계산 자원의 공유 등을 가능하게 하는 한편, 각종 응용프로그램이 원격 환경하에서 상호 활용할 수 있도록 하는 기능을 수행
 - 데이터 저장 장치: 슈퍼컴퓨터에서 생성되는 대용량 데이터를 저장하는 장치로서 보통 디스크와 테이프 구성
 - 가시화 장치: 슈퍼컴퓨터를 사용하여 계산한 대용량의 계산결과를 2차원 혹은 3차원의 실

감형 결과로 제시하는 가시화 기능을 수행함으로써 이결과를 직접적으로 실시간 조작하여 원하는 연구를 보다 효율적으로 수행

- 이를 종합할 때 본 연구에서 슈퍼컴퓨팅사업은 산업연관표상에 분류된 산업 중 컴퓨터관련 산업을 망라하여 분석하는 것이 타당하다고 봄

■ (초고성능컴퓨팅 산업 분류 기준) 산업연관분석을 위해 초고성능컴퓨팅의 개념 정립 필요

- 산업분류는 하나의 재화 또는 서비스를 하나의 산업으로 설정하는 것이 이상적이라 할 수 있겠으나 산업을 지나치게 세분할 경우에 산업연관표의 작성에 어려움이 따르게 될 뿐만 아니라 원재료간의 대체가능성이 증대되어 오히려 투입구조의 안정성을 유지하기 더 어려움. 따라서 다음과 같은 사항들을 고려하여 산업분류를 실시함

- 투입구조 및 배분구조가 유사한 품목들은 동일한 산업으로 분류
- 각 품목별 총산출액 투입구조, 배분구조 등을 조사할 때 기초 통계 자료의 이용이 용이한가의 여부 및 각종 여타 통계와의 비교가능성 등을 고려하여 분류
- 과거에 작성된 산업연관표와의 비교 가능 여부에 따라 분류
- 새로 개정된 국민계정체계인 2008년 SNA를 반영한 「2010 기준년 산업연관표」와 2011~2013년 산업연관표(연장표)에 따른 분류 원칙 채택

■ (분석 범위) 가장 최근에 발표된 2010년 산업연관표(실측표)를 바탕으로, 2014년까지 발간된 산업연관표를 분석함

- 2010년 산업연관표에서는 우리나라의 산업을 총 384개의 산업(기본부문)으로 분류하고, 분석 목적에 따라 다양하게 이용할 수 있도록 161개 산업(통합소분류), 82개 산업(통합중분류), 30개 산업(통합대분류)으로 분류

- 분석하고자 하는 초고성능컴퓨팅 관련 산업을 식별하여 다음 아래와 같이 분류함

※ “KISTI 슈퍼컴퓨팅 연구사업의 경제적 파급효과 분석, 2007” 보고서의 초고성능컴퓨팅 관련 산업 분류 기준 및 방법을 바탕으로, “2010년 산업연관표- 산업 및 상품 분류 체계”에서 초고성능컴퓨팅과 관련된 산업을 식별하여 분류함

<표 7-3> 초고성능컴퓨팅 관련 산업 분류

산업명	부분별	정의 및 포함 내용
반도체 제조용 기계	기본부문 206	웨이퍼 가공 및 반도체 조립용 장비 등의 반도체 제조에 직접 사용되는 기계장비
디스플레이 제조용 기계	기본부문 207	평판디스플레이패널(FDP) 제조용 기계를 제조하는 산업 활동과 평판디스플레이패널, 구동회로, 백라이트유닛 등 구성 요소를 결합하여 평판디스플레이를 조립하는 기계
개별소자	기본부문 224	광전자를 포함하여 다이오드, 트랜지스터 및 기타 이와 유사한 반도체소자, 발광다이오드 및 장착된 압전기 결정소자 제조
집적회로	기본부문 225	전자집적회로, 기억소자, 하이브리드 집적회로 및 초소형 조립회로 제조
LCD 평판 디스플레이	기본부문 226	각종 형상의 액정 평판 디스플레이 모듈 및 부분품 제조
기타 전자표시장치	기본부문 227	플라즈마 디스플레이, 유기발광 디스플레이 등 액정디스플레이 이외의 평판디스플레이 모듈 및 부분품과 열전자관, 냉음극관, 광전관 등 라디오 및 텔레비전 수상기용 전자관, 산업용 및 기타 특수목적용 전자관 및 부분품
인쇄회로기판 및 실장기판	기본부문 228	인쇄회로기판을 제조하거나 인쇄회로기판에 전자부품을 실장하는 활동 포함
축전기, 저항기, 전자코일 및 변성기	기본부문 229	전자기기용 축전기, 고정식 또는 가변 전자저항기, 전자기기에 사용되는 전자주파수 및 음성주파수 변환용 전자코일·변성기 및 기타 전자 유도자 등을 포함
기타 전자부품	기본부문 230	스마트카드 및 마그네틱 카드, 전자접속카드 (인터페이스 카드), 마그네틱 또는 광학에 의한 기록매체, 그리고 기타 전자부품
컴퓨터	기본부문 231	작성된 프로그램에 의하여 각종 자료를 수학적, 논리적으로 자동처리하는 아날로그형, 하이브리드형 또는 디지털형의 자동자료처리 장비(컴퓨터). 중앙처리장치를 생산하거나 중앙처리장치와 입출력장치가 결합, 장착된 컴퓨터장치를 제조 하는 경우도 포함
컴퓨터 기억장치	기본부문 232	CD드라이브, 보조기억장치, 하드디스크드라이브, USB타입 플래시메모리, 주기억장치 (RAM 및 ROM) 등의 컴퓨터용 기억장치
컴퓨터 주변기기	기본부문 233	컴퓨터용 모니터, 프린터 및 스캐너, 마우스, 키보드, 컴퓨터용 입출력장치 및 기타 컴퓨터 주변기기
유선통신서비스	기본부문 323	유선통신시설을 이용하여 전자식으로 정보를 송·수신하는 서비스, 전화서비스, 초고속망서비스, 전용회선서비스 등을

산업명	부문별	정의 및 포함 내용
		포함
무선통신서비스	기본부문 324	• 무선통신시설을 이용하여 전자식으로 정보를 송·수신하는 서비스, 이동통신서비스, 무선초고속인터넷서비스, 위성통신서비스 등을 포함
기타 전기통신서비스	기본부문 325	• 그 외 기타 통신서비스, 부가통신응용 및 중개서비스업, 회선 설비재판매업 등을 포함
정보 서비스	기본부문 328	• 전산자료처리서비스, 인터넷 포털서비스, 데이터베이스 구축 서비스, 호스팅서비스, 포털및 기타 인터넷 정보매개서비스, 기타 방식의 정보제공 서비스
소프트웨어 개발 공급	기본부문 329	• 소프트웨어 개발 및 공급업은 소프트웨어를 제작 및 공급, 패키지소프트웨어(불특정 다수에게 판매·사용될 수 있도록 정형화된 형태로 제작된 소프트웨어) 및 주문소프트웨어(수요자의 특수한 요구에 맞게 제작된 소프트웨어)와 같은 구입소프트웨어와 수요자가 스스로의 필요에 의해서 제작한 자가계정 소프트웨어 개발 공급 활동 포함. 패키지 소프트웨어(시스템 S/W, 개발용 S/W, 응용 S/W), 시스템통합서비스(SI), 디지털컨텐츠 개발서비스(정보용 콘텐츠, 오락/게임용 콘텐츠), 데이터베이스 제작 및 검색 대행 등도 포함
컴퓨터 관리, 운영 관련 서비스	기본부문 330	• IT 시스템관리 및 지원서비스, 컴퓨터 수리와 관련된 유지수리서비스 및 기타 컴퓨터 운영관련 서비스
공학 관련 서비스	기본부문 354	• 환경 및 위생 관련 엔지니어링, 기계 설계, 전기·전자 및 통신관련 엔지니어링, 공업디자인 등의 서비스

※ 출처: 2010년 산업연관표 산업 및 상품 분류, 한국은행, 이지엠티앤씨 재구성

■ 산업연관표의 기본분류에 따른 초고성능컴퓨팅 관련 산업 분류

- 작성된 산업연관표를 필요에 따라 재분류 및 통합을 할 수 있으나, 통합을 할 경우에 이해와 계산의 편리를 도모한다는 장점이 있지만 통합과정에서 정보가 상실된다는 점과 더불어 몇 가지 문제점이 발생함
- － ① 통합의 범위에 따라 다른 결과 발생, ② 하위분류에서 상위분류로 통합 진행시, 산업 간의 비유사성 증가, ③ 동질성이 상대적으로 낮은 상품을 동일한 산업으로 분류할 경우, 통계적 정확도 저하 등 본래의 경제구조를 정확하게 파악하기 어려움

- 따라서, 산업 분류 및 통합시, 산업연관표의 부문분류표에 분류, 통합된 자료를 사용하였으며, 산업연관표 소분류, 중분류 분류 체계의 통계자료를 활용함

<표 7-4> 2010년 산업연관표 산업 및 상품 분류상의 초고성능컴퓨팅관련 산업 분류

2010 IOT 및 SUTs 상품분류					
기본부문(384)		소분류(161)		중분류(82)	
코드	상품명	코드	상품명	코드	상품명
206	반도체 제조용 기계	76	반도체 및 디스플레이 제조용 기계	33	특수목적용기계
207	디스플레이 제조용 기계				
224	개별소자	82	반도체	35	반도체
225	집적회로				
226	LCD 평판 디스플레이	83	전자표시장치	36	전자표시장치
227	기타 전자표시장치				
228	인쇄회로기관 및 실장기관	84	인쇄회로기관	37	기타 전자부품
229	축전기, 저항기, 전자코일 및 변성기	85	기타 전자부품		
230	기타 전자부품				
231	컴퓨터	86	컴퓨터 및 주변기기	38	컴퓨터 및 주변기기
232	컴퓨터 기억장치				
233	컴퓨터 주변기기				
323	유선통신서비스	128	유, 무선 통신서비스	59	통신서비스
324	무선통신서비스				
325	기타 전기통신서비스	129	기타 전기통신서비스		
328	정보 서비스	131	정보서비스	61	정보서비스
329	소프트웨어 개발 공급	132	소프트웨어개발공급	62	소프트웨어개발 및 컴퓨터관리서비스
330	컴퓨터관리 서비스	133	컴퓨터관리서비스		
354	공학 관련 서비스	148	기타 과학기술 서비스	73	과학기술관련 전문서비스

※ 출처: 2010년 산업연관표 산업 및 상품 분류, 한국은행, 이지엠티앤씨 재구성

7.4. 각 계수별 의의 및 산출 방식

■ 투입계수

- 각 부문이 재화나 서비스의 생산에 사용하기 위하여 구입한 각종 원재료, 부재료, 연료 등 중간투입액과 피용자보수, 고정자본소모 등 부가가치를 해당 상품의 총투입액(=총산출액)으로 나누어 산출한 계수

$$ij\text{산업간 투입 계수 } a_{ij} = \frac{X_{ij} - M_i}{X_i} \text{ ----- (1)}$$

X_{ij} : ij 산업간 중간투입, M_i : 수입, X_i : 총 투입

- 산업연관분석에서 기본이 되는 계수로, 투입계수는 각 부문이 생산물 1단위를 생산하는 데 소요된 각종 중간재와 부가가치의 단위를 나타내기 때문에 각 부문의 생산기술구조, 즉 투입과 산출의 생산함수를 의미

■ 생산유발계수

- 산업 간의 직·간접적 연계 정도를 측정하기 위해 이용되는 계수
- 생산유발계수를 측정하기 위해서는 매개변수인 투입계수가 필요하며, 무한히 계속되는 생산과급효과를 측정하기 위해 투입계수를 기반으로 역행렬이라는 수학적 방법을 이용하여 생산유발계수 도출
- 생산유발계수는 식(1)을 이용하여 ‘초고성능컴퓨팅’ 부문을 외생변수화 한 후에 식(2)를 사용하여 생산유발 계수 산출
- ※ $(I-A)^{-1}$ 은 최종수요 1단위 증가에 따라 유발되는 직·간접 생산과급효과를 합한 생산유발계수를 의미

$$\text{생산유발계수} = A_s^d(I - A^d)^{-1} \text{-----}(2)$$

A_s^d : 초고성능슈퍼컴퓨팅 관련 산업의 투입계수 행 벡터

I : 1로 이루어진 대각 행렬 (*diagonal matrix*)

A^d : 투입계수 (a_{ij}) 행렬

■ 부가가치계수

- 총 산출에서 부가가치가 차지하는 비중을 나타내며, 산업연관표에서 각 산업의 부가가치 합계를 총 산출로 나누어 식(3)을 통해 산출

$$\text{부가가치계수} = \frac{V_i}{X_i} \text{-----}(3)$$

V_i : 부가가치 합계, X_i : 총 투입

■ 전후방연쇄효과계수 (감응도계수, 영향력 계수)

- 감응도계수는 전 부문의 최종수요를 모두 한단 위씩 증가시키기 위해 I번째 산업이 생산해야 할 단위의 산업 평균치에 대한 비율로 계산
- 영향력계수는 전산업 평균 생산유발계수에 대한 산업별 생산유발계수의 비율을 의미

$$\text{감응도계수} = \frac{\text{생산유발계수 행합}}{\text{생산유발계수 총합}} \text{-----}(4)$$

$$\text{영향력계수} = \frac{\text{생산유발계수 열합}}{\text{생산유발계수 총합}} \text{-----}(5)$$

■ 노동유발계수 (취업유발계수, 고용유발계수)

- 노동계수란 일정기간 동안 생산활동에 투입된 노동량을 총산출액으로 나눈 계수로 한 단위의 생산에 직접 필요한 노동량을 의미하며, 노동량에 자영업주 및 무급가족종사자를 포함하느냐의 여부에 따라 취업자계수와 고용계수로 구분

$$\text{취업계수 } l_w = \frac{L_w}{X}, \text{고용계수 } l_e = \frac{L_e}{X} \text{-----}(6)$$

L_w : 취업자수, L_e : 피용자수, x : 총산출액

- 노동유발계수는 어느 산업의 생산물을 한 단위 생산 하는데 직접 필요한 노동량 뿐 아니라 생산과급과정에서 간접적으로 필요한 노동량까지 포함하고 있으며 식(5)로 나타내며, 취업자유발계수를 이용하여 취업자유발효과 분석

$$\text{취업유발계수 } \hat{l}_w(I - A^d)^{-1}, \text{고용유발계수 } \hat{l}_e(I - A^d)^{-1} \text{-----}(7)$$

$\hat{l}$: 노동계수의 대각 행렬, I : 단위행렬, A^d : 투입계수행렬

7.5. 경제적 파급 효과 분석

■ 초고성능컴퓨팅을 산업연관분석에 적용하기 위해, 초고성능컴퓨팅 산업으로 분류한 “산업연관표 산업 및 상품 분류”상의 통합 소분류 및 중분류를 적용

○ 생산유발계수, 부가가치유발계수, 감응도/영향력계수는 “2010년 산업연관표 산업 및 상품 분류”상의 초고성능컴퓨팅 관련 산업들의 통합 소분류 통계 자료를 활용함

※ 국가통계포털(<http://kosis.kr>)에서 제공하는 고용표(각 산업별/상품별 취업자수, 피용자수 등)가 산업대분류, 산업중분류의 통계 자료만 나와 있기 때문에 노동유발계수(취업/고용)에 대한 통계자료는 “2010년 산업연관표 산업 및 상품 분류”상의 초고성능컴퓨팅 관련 산업들의 통합 중분류 통계 자료를 활용함

<표 7-5> 초고성능컴퓨팅 관련 산업 분류 체계

소분류		중분류	
코드	상품명	코드	상품명
76	반도체 및 디스플레이 제조용 기계	33	특수목적용기계
82	반도체	35	반도체
83	전자표시장치	36	전자표시장치
84	인쇄회로기관	37	기타 전자부품
85	기타 전자부품	38	컴퓨터 및 주변기기
86	컴퓨터 및 주변기기	59	통신서비스
128	유, 무선 통신서비스	61	정보서비스
129	기타 전기통신서비스	62	소프트웨어개발 및 컴퓨터관리서비스
131	정보서비스	73	과학기술관련 전문서비스
132	소프트웨어개발공급		
133	컴퓨터관리서비스		
148	기타 과학기술 서비스		
생산유발, 부가가치, 감응도/영향도 계수 산출시 활용		노동유발계수(취업/고용) 산출시 활용	

※ 출처: 2010년 산업연관표 산업 및 상품 분류, 한국은행, 이지엠티앤씨 재구성

- 각각의 유발계수는 초고성능컴퓨팅 5호기 도입시 최종 수요가 한 단위 증가하는 경우에 전 산업에서 직·간접 적으로 일어나는 유발효과를 설명하며, 위의 식 (1)~식(7)을 통하여 생산유발계수, 부가가치유발계수, 감응도/영향력계수, 노동유발계수(취업/고용)를 산출함

■ 생산유발계수

- 특정산업의 국내생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생할 경우에 전 산업에 직·간접으로 유발된 생산의 크기를 나타내는 생산유발계수를 살펴보면, 초고성능컴퓨팅 관련 산업의 생산유발계수는 2014년 기준으로 전 산업 평균 1.891보다 적은 1.815로 나타남
- 이는 초고성능컴퓨팅 관련 산업에 대해 100만 원의 최종수요(소비, 투자 및 수출수요 등)가 발생하면 경제 전체적으로 181만원의 생산이 유발됨을 의미함
- 주요 산업들과 비교시, 건설(2.225), 공산품(2.110), 농림수산물(1.825)보다 낮은 반면에 광산품(1.723), 전력·가스·수도 및 폐기물(1.679), 서비스(1.680)보다는 높게 나타남

<표 7-6> 주요 산업 부문별 생산유발계수 추이

구분	2010	2012	2013	2014
초고성능컴퓨팅 관련 품목*	1.842	1.775	1.772	1.815
농림수산물	1.861	1.817	1.855	1.825
광산품	1.714	1.669	1.719	1.723
공산품	2.095	2.078	2.099	2.110
전력·가스·수도 및 폐기물	1.709	1.692	1.702	1.679
건설	2.25	2.223	2.244	2.225
서비스	1.664	1.663	1.678	1.680
평균	1.882	1.869	1.888	1.891

* 초고성능컴퓨팅 관련 품목들의 생산유발계수 단순 평균

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

- 초고성능컴퓨팅 관련 산업들 중, 유 · 무선 통신서비스(2.890), 전자표시장치

(2.770), 기타 과학기술서비스(2.516), 컴퓨터관리서비스(2.040)의 생산유발계수가 전체 평균보다 높게 나타남

- 이는 해당 초고성능컴퓨팅 관련 산업의 생산유발계수가 전체 산업의 평균보다는 높게 나타났다는 것은 전체산업이 생산에 미치는 파급효과보다 해당 슈퍼컴퓨팅관련 산업이 생산에 미치는 생산파급효과가 크다는 것을 의미함

<표 7-7> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 생산유발계수 추이

구분	2010	2012	2013	2014
반도체 및 디스플레이 제조 기계	1.253	1.255	1.231	1.231
반도체	1.771	1.425	1.329	1.470
전자표시장치	2.407	2.617	2.618	2.770
인쇄회로기관	1.597	1.515	1.630	1.653
기타 전자부품	1.458	1.370	1.371	1.498
컴퓨터 및 주변기기	1.318	1.208	1.097	1.134
유, 무선 통신서비스	3.210	2.892	2.864	2.890
기타 전기통신서비스	1.375	1.411	1.406	1.435
정보서비스	1.644	1.665	1.659	1.635
소프트웨어개발공급	1.433	1.354	1.435	1.506
컴퓨터관리서비스	2.099	2.182	2.148	2.040
기타 과학기술 서비스	2.539	2.409	2.477	2.516
평균	1.842	1.775	1.772	1.815

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

■ 부가가치유발계수

- 특정산업의 국내생산물에 대한 최종수요가 1단위 발생할 경우에 전 산업에 직·간접으로 유발된 부가가치의 크기를 나타내는 부가가치 유발계수를 살펴보면, 초고성능컴퓨팅 관련 산업의 부가가치유발계수는 2014년 기준으로 전 산업 평균 0.697보다 적은 0.696로 나타남

- 부가가치유발계수는 제조업보다 서비스업이 대체로 높은 것으로 나타났으며, 주요 산

업들과 비교시, 공산품(0.581), 전력·가스·수도 및 폐기물(0.586) 보다 높고, 서비스 (0.819), 농림수산물(0.810), 광산품(0.803), 건설(0.733)보다는 낮게 나타남

<표 7-8> 주요 산업 부문별 부가가치유발계수 추이

부가가치유발계수	2010	2012	2013	2014
초고성능컴퓨팅 관련 품목*	0.706	0.667	0.673	0.696
농림수산물	0.809	0.793	0.794	0.810
광산품	0.802	0.800	0.799	0.803
공산품	0.568	0.537	0.562	0.581
전력·가스·수도 및 폐기물	0.566	0.740	0.543	0.586
건설	0.717	0.761	0.714	0.733
서비스	0.815	0.830	0.810	0.819
평균	0.687	0.662	0.681	0.697

* 초고성능컴퓨팅 관련 품목들의 부가가치유발계수 단순 평균

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

－ 슈퍼컴퓨팅관련 산업 중에서는 기타과학기술서비스(1.639), 유,무선통신서비스(1.049) 산업이 상당히 높게 나타남으로써 이들 산업이 부가가치를 유발하는 효과도 매우 높음을 알 수 있음

<표 7-9> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 부가가치유발계수 추이

구분	2010	2012	2013	2014
반도체 및 디스플레이 제조 기계	0.321	0.397	0.405	0.410
반도체	0.630	0.521	0.495	0.562
전자표시장치	0.535	0.579	0.651	0.718
인쇄회로기판	0.400	0.318	0.361	0.379
기타 전자부품	0.393	0.370	0.332	0.397
컴퓨터 및 주변기기	0.362	0.340	0.332	0.340
유, 무선 통신서비스	1.171	0.993	1.019	1.049
기타 전기통신서비스	0.459	0.473	0.487	0.510
정보서비스	0.751	0.705	0.685	0.677
소프트웨어개발공급	0.880	0.850	0.868	0.907
컴퓨터관리서비스	0.857	0.809	0.799	0.763
기타 과학기술 서비스	1.715	1.654	1.636	1.639
평균	0.706	0.667	0.673	0.696

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

- 이들 산업은 부가가치유발계수가 시간이 지날수록 점차 높아짐으로써 부가가치유발효과가 점차 증대하는 산업으로 나타났으며, 또한 소프트웨어개발 공급(0.907)은 앞에서 언급한 산업보다는 부가가치유발효과가 낮으나 타 산업과 비교 시 상대적으로 높은 부가가치유발효과를 나타내고 있음

■ 전후방연쇄효과(감응도계수/영향력계수)

- 생산유발계수표를 이용하여, 한 산업의 생산 활동이 다른 산업들의 생산 활동에 반응하는 정도를 나타내는 전방연쇄효과와 한 산업의 생산 활동이 다른 산업들의 생산 활동에 영향을 주는 정도를 나타내는 후방연쇄효과를 표준화하여 측정 가능하며, 전방연쇄효과는 감응도계수를 이용하고 후방연쇄효과는 영향력계수를 이용하여 측정
- 전방연쇄효과(감응도계수): 모든 산업의 생산물에 대한 최종수요가 각각 한 단위씩 발생하였을 경우 어떤 산업이 반응하는 정도를 전산업 평균에 대한 상대적 크기로 나타낸 계수
- 후방연쇄효과(영향력계수): 어떤 산업의 생산물에 대한 최종수요가 한 단위 발생하였을 경우 모든 산업에 미치는 영향이 어느 정도인지를 전산업 평균에 대한 상대적 크기로 나타낸 계수
- 전방연쇄효과(감응도계수)
 - 2014년 기준으로, 전방연쇄효과는 중간재로 활용되는 정도가 높은 공산품, 전력·가스·수도 및 폐기물이 각각 1.125 및 1.039로 가장 높았으며 광산물, 건설이 각각 0.585, 0.601로 가장 낮은 것으로 나타남
- 후방연쇄효과(영향력계수)
 - 후방연쇄효과는 중간투입률이 높은 공산품과 건설이 1.116 및 1.177로 가장 높은 것으로 나타남. 반면 중간재 수입의존도가 매우 높은 석탄 및 석유제품이 속한 전력·가스·수도 및 폐기물이 가장 낮은 0.888을 기록함

<표 7-10> 주요 산업별 감응도/영향도계수 추이

감응도 계수	2010	2012	2013	2014
초고성능컴퓨팅 관련 품목*	0.934	0.906	0.898	0.918
농림수산물	0.991	0.978	0.957	0.952
광산품	0.581	0.584	0.585	0.585
공산품	1.132	1.132	1.131	1.125
전력·가스·수도 및 폐기물	0.955	1.015	1.049	1.039
건설	0.605	0.607	0.600	0.601
서비스	0.934	0.924	0.922	0.930
영향도 계수	2010	2012	2013	2014
초고성능컴퓨팅 관련 품목*	0.954	0.939	0.936	0.945
농림수산물	0.989	0.972	0.983	0.965
광산품	0.911	0.893	0.911	0.911
공산품	1.113	1.112	1.112	1.116
전력·가스·수도 및 폐기물	0.909	0.905	0.902	0.888
건설	1.196	1.189	1.189	1.177
서비스	0.885	0.890	0.889	0.889

* 초고성능컴퓨팅 관련 품목들의 감응도/영향도계수 단순 평균

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

- 산업연관표 소분류 기준으로 보면 초고성능컴퓨팅관련 산업에 대한 감응도계수가 0.918로 1보다 작으므로 전방연쇄효과가 적고 영향력계수도 0.945로 1보다 작으므로 후방연쇄효과가 적다고 볼 수 있음
- 하지만 초고성능컴퓨팅관련 산업 중에서 전자표시장치(1.401), 유, 무선 통신서비스(1.462), 컴퓨터관리서비스(1.032), 기타과학기술서비스(1.273)의 감응도계수가 1보다 크며, 타 산업과 비교 시 상대적으로 전방연쇄효과가 큰 산업으로 판단됨

<표 7-11> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 감응도계수 추이

구분	2010	2012	2013	2014
반도체 및 디스플레이 제조 기계	0.635	0.640	0.623	0.623
반도체	0.898	0.727	0.673	0.744
전자표시장치	1.220	1.336	1.326	1.401
인쇄회로기관	0.810	0.773	0.826	0.836
기타 전자부품	0.739	0.699	0.695	0.758
컴퓨터 및 주변기기	0.668	0.616	0.556	0.574
유, 무선 통신서비스	1.627	1.476	1.451	1.462
기타 전기통신서비스	0.697	0.720	0.712	0.726
정보서비스	0.834	0.850	0.840	0.827
소프트웨어개발공급	0.727	0.691	0.727	0.762
컴퓨터관리서비스	1.064	1.114	1.088	1.032
기타 과학기술 서비스	1.287	1.229	1.255	1.273
평균	0.934	0.906	0.898	0.918

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

■ 취업계수와 고용계수

- 특정산업의 생산 1단위(10억 원)에 직·간접으로 투입되는 취업자 수와 피용자수를 나타내는 취업계수와 고용계수를 보면 2014년 기준으로 초고성능컴퓨팅관련 산업의 경우 4.0, 3.4로 나타남
- 취업계수의 경우, 초고성능컴퓨팅 관련 산업(9.2)이 공산품(2.9), 전력·가스·수도 및 폐기물(2.8), 광산품(3.1), 건설(8.1)보다 높은 것으로 나타났으며, 서비스(12.3), 농림수산물(24.8)보다는 낮은 것으로 나타남
- 고용유발계수의 경우에는 초고성능컴퓨팅 관련 산업(3.4)이 공산품(2.4), 광산품(3.1), 농림수산물(1.9), 전력·가스·수도 및 폐기물(2.4)보다 높은 것으로 나타났으며, 건설(5.9) 및 서비스(9.2)보다는 낮은 것으로 나타남
- 취업계수와 고용계수는 추세적으로 하락하고 있는 추이를 보이는데, 이는 자동화기기 도입 등 생산 기술 도입 증가에 따른 생산성 향상 및 국내 인건비의 지속적인 상승에 따른

것으로 보임

<표 7-12> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 취업/고용계수

구분	2010		2012		2013		2014	
	취업	고용	취업	고용	취업	고용	취업	고용
초고성능컴퓨팅 관련 품목*	4.5	3.9	4.2	3.7	3.9	3.4	4.0	3.4
농림수산물	28.6	2.3	26.3	2.0	26.2	1.9	24.8	1.9
광산품	4.9	4.3	3.5	3.1	3.4	3.1	3.1	3.1
공산품	3.1	2.5	2.9	2.3	2.8	2.4	2.9	2.4
전력·가스·수도및폐기물	3.6	2.6	3.8	2.9	2.6	2.3	2.8	2.4
건설	8.1	5.9	8.8	6.3	8.0	5.9	8.1	5.9
서비스	13.0	9.5	12.9	9.7	12.8	9.6	12.3	9.2
평균	6.8	4.6	6.4	4.5	6.4	4.5	6.4	4.6

* 초고성능컴퓨팅 관련 품목들의 취업/고용계수 단순 평균

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

■ 취업유발계수와 고용유발계수

- 특정산업의 국내 생산물에 대한 최종수요가 1단위(10억 원) 증가할 경우, 산업전체에 직·간접을 유발된 취업자 수와 피용자수를 나타내는 취업유발계수와 고용유발계수를 보면 2014년 기준으로 9.2, 7.3로 나타남. 이는 초고성능컴퓨팅관련 산업 생산물에 대한 소비, 투자, 수출 등 최종수요가 10억 원이 발생하였을 때, 경제 전체적으로 취업자 수와 피용자 수가 각각 9.2명과 7.3명이 증가하는 것을 의미함
- 취업유발계수의 경우, 초고성능컴퓨팅 관련 산업(9.2)이 공산품(8.7), 광산품(7.4), 전력·가스·수도 및 폐기물(6.1)보다 높은 것으로 나타났으며, 농림수산물(31.3), 건설(13.9) 및 서비스(17.3)보다는 낮은 것으로 나타남
- 고용유발계수의 경우에는 초고성능컴퓨팅 관련 산업(7.3)이 공산품(6.1), 광산품(5.9), 농림수산물(4.5), 전력·가스·수도 및 폐기물(4.9)보다 높은 것으로 나타났으며, 건설(10.6) 및 서비스(12.6)보다는 낮은 것으로 나타남

<표 7-13> 초고성능컴퓨팅관련 산업의 취업유발/고용유발계수 추이

구분	2010		2012		2013		2014	
	취업	고용	취업	고용	취업	고용	취업	고용
초고성능컴퓨팅 관련 품목*	10.1	7.9	9.3	7.3	9.6	7.6	9.2	7.3
농림수산물	36.6	5.4	33.0	4.6	32.9	4.5	31.3	4.5
광산품	9.3	7.2	7.3	5.6	7.5	5.8	7.4	5.9
공산품	9.4	6.2	8.5	5.8	8.6	6.0	8.7	6.1
전력·가스·수도및폐기물	7.6	5.5	7.3	5.4	5.9	4.8	6.1	4.9
건설	14.5	10.5	14.6	10.6	13.8	10.1	13.9	10.2
서비스	18.3	12.9	18.0	13.0	17.8	12.9	17.3	12.6
평균	12.3	8.1	11.4	7.7	11.5	7.9	11.6	8.0

* 초고성능컴퓨팅 관련 품목들의 취업/고용유발계수 단순 평균

※ 출처: 2014년 산업연관표 연장표, 한국은행, 2016, 이지엠티앤씨 재편집

■ 초고성능컴퓨팅 도입의 경제적 파급효과를 산출하기 위해서는 투입변수를 정부에서 투입하는 초고성능컴퓨팅 운영 R&D 예산 사용

○ 초고성능컴퓨팅 5호기 도입 예타보고서 상의 정부 R&D 예산을 투입변수로 사용하여 초고성능컴퓨팅 5호기 도입 시, 경제적 파급효과 산출

- 총 사업비는 리더십의 수명기간 5년을 고려하여 총 1,755억 원이 소요될 것으로 예상되며, 2013년 기준 현재가치로는 약 1,361억 원으로 계산됨

- 총비용은 슈퍼컴퓨터 서비스 제공 관련 시스템 및 SW, 건축물 및 기반시설 비용 뿐만 아니라, 서비스 제공 기간 동안 소요되는 운영유지비 등이 포함되며, 건축물과 부지의 잔존가치는 차감하여 산출함

※ 총비용의 현재가치는 동 사업이 예비타당성조사를 신청한 2014년의 전년도인 2013년을 기준으로 사회적 할인율 5.5%를 적용함

<표 7-14> 국가 리더십 초고성능 컴퓨터(5호기) 도입 인프라 구축 비용

(단위: 억 원)

구분		‘16년	‘17년	‘18년	‘19년	‘20년	‘21년	합계 (명목)	합계 (현가)
국가 리더십 초고성능 컴퓨터 도입	리더십 도입	-	146.8	146.8	146.7	146.7	-	587	438
	SW/실행 환경	-	22	14	13	14	13	76	56
	건축공사 비/기반 시설	422	-	-	-	-	-284	138	174
	운영비	-	182	186	191	195	200	955	693
	합계	421	351	347	351	356	-80	1,755	1,361

※ 출처: Super KOREA 2020: 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 선진화사업 p 45, KISTEP, 2015

- 경제적 파급효과를 계산하기 위해 산업연관표를 통해 산출한 생산유발계수를 활용하여 생산유발효과를 추정함
- 부가가치유발효과는 초고성능컴퓨팅 5호기 도입을 통해 얻을 수 있는 국민경제적인 순가치이며, 생산유발효과 중 부가가치 귀속부분을 부가가치계수를 통해 추정함
- 초고성능컴퓨팅 관련 시장이 확대됨에 따라 초고성능컴퓨팅 산업 관련 취업자의 증가로 이어지는 관점에서 취업 및 고용 유발효과를 추정할 수 있음
- ※ 초고성능컴퓨팅 5호기 도입시, 경제적 파급효과를 과거의 산업연관표 분류 및 계수를 사용함에 따라서, 최근 AI, Big data 등의 초고성능컴퓨팅 관련 일부 산업들이 미반영됨

■ 초고성능컴퓨팅 5호기 도입에 따른 경제적 파급 효과 산출 결과

- 초고성능컴퓨팅 5호기 도입에 따른 경제적 파급효과는 초고성능컴퓨팅 관련 산업연관 분석 조사 결과와 초고성능컴퓨팅 도입 추정 총비용(명목 비용, 1,755억원)을 바탕으로

로 산출한 결과, 초고성능컴퓨팅 5호기 도입시 생산유발효과는 3,185억원이며, 부가가치 유발효과는 1,221억원으로 산출됨

- 또한 노동부문에서 취업유발효과는 1,615명으로 나타났으며, 고용유발효과는 1,218명으로 산출됨

<표 7-15> 초고성능컴퓨팅 5호기 도입에 따른 경제적 파급 효과

(단위: 만원, 명)

구분	유발계수 (2014 기준)	도입시, 경제적 성과 예측 (명목 기준)
생산유발효과	1.815	31,853,250
부가가치유발효과	0.696	12,214,800
취업유발효과	9.2명/10억 원	1,615
고용유발효과	7.3명/10억 원	1,218

참고 자료

1. Top500 트렌드 및 분석

■ Top500 초고성능컴퓨터 계산 성능 추이

- 2017.11 기준 합계 계산성능은 845.1PFlop/s, 세계1위*(Sunway Thaihu- Light, 중국) 성능 93PFlop/s로 '20년 ExaFlop/s(엑사스케일)에 도달 전망



[그림] 연도별 Top500 초고성능컴퓨터 계산 성능 발전

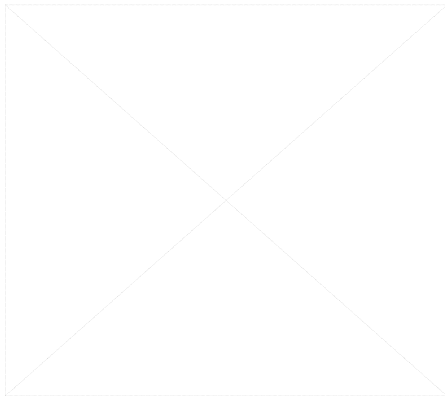
■ Top10 초고성능컴퓨터 현황

<표> 초고성능컴퓨터 Top10 순위(2017.11. 제50회)

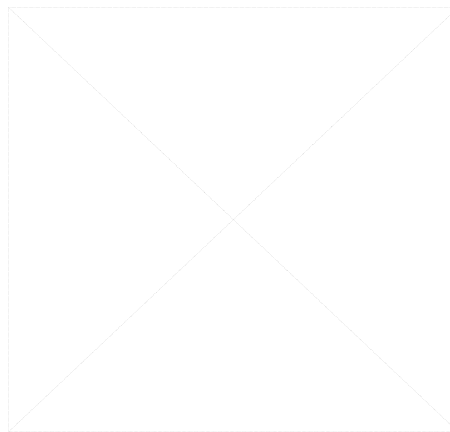
순위	설치기관	시스템명	국가	제조사	실측성능(TF)
1	우시 국가슈퍼컴퓨팅센터	Sunway TaihuLight	중국	NRCPC	93014.6
2	광조우 국가슈퍼컴퓨팅센터	Tianhe-2 (MilkyWay-2)	중국	NUDT	33862.7
3	스위스 국립슈퍼컴퓨팅센터(CSCS)	Piz Daint	스위스	Cray Inc.	19590.0
4	일본 해양과학기술센터(JAMSTEC)	Gyokou	일본	ExaScaler	19135.8
5	오크리지 국립연구소(ORNL)	Titan	미국	Cray Inc.	17590.0
6	로렌스 리버모어 국립연구소(LLNL)	Sequoia	미국	IBM	17173.2
7	로스 앨러모스 국립연구소(LANL) 샌디아 국립연구소(SNL)	Trinity	미국	Cray Inc.	14137.3
8	로렌스 버클리 국립연구소(LBNL)	Cori	미국	Cray Inc.	14014.7
9	일본 고성능컴퓨팅 공동센터(JCAHPC)	Oakforest-PA CS	일본	Fujitsu	13554.6
10	RIKEN 이화학연구소(AICS)	K-Computer	일본	Fujitsu	10510.0

※ 중국 1~2위, 스위스 3위로 1996년 11월 이후 미국이 세번째로 TOP3 이탈

■ TOP500('17.11) 국가별 분석



< 국가별 시스템 수 분포 현황 >



< 국가별 시스템 성능 분포 현황 >

○ Top 500 중 중국 202대(40.4%), 미국 143대(28.6%), 일본 35대(7%)가 포함되어 있

으며, 실제성능 총합 기준으로도 중국(35.4%)이 미국(29.6%)을 추월

- 한국은 5대 초고성능컴퓨터를 보유하여 보유대수로 9위, 전체 실제 성능 총합 기준에서는 7,052TFlop/s로 10위

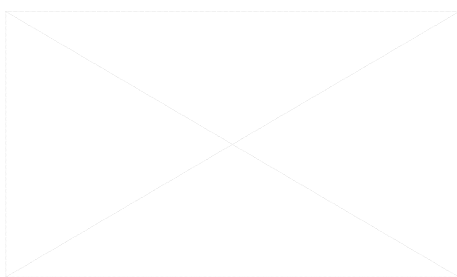
■ TOP500 리스트 특징

구분	'17.11(50회)	'17.06(49회)	비고
전체성능	845PF/s	749PF/s	12.8%증가 1년전 672PFlop/s에 비해 25.7% 증가
성능 1PF 이상 시스템	181대	138대	31.2% 증가
가속기 사용 시스템	102대 (Top10중 4대)	91대 (Top10중 3대)	NVIDIA Chip 사용 : 85개 Intel Xeon Phi 사용 : 10개 하이브리드 및 기타 : 7개 평균 코어수 : 313,917/system
병렬처리수준	69,004,640코어	48,118,222코어	-

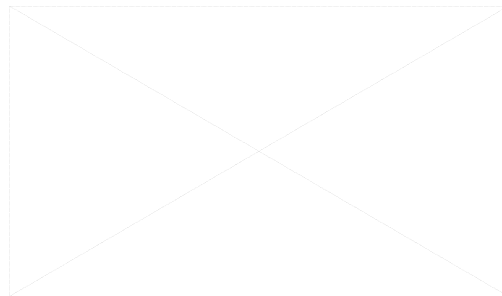
- Top100위에 진입하기 위한 최소 성능은 1.28PF/s 이상임
- 현재(50회) 500위 시스템 실측성능 548.7TP/s은 이전 TOP500(49회) 367위
- Intel 프로세서는 전체의 89.4%로 가장 큰 점유율 차지

■ Top500 초고성능컴퓨터 아키텍처 동향

- 대부분 Cluster, MPP 기반 시스템으로 '07년 이후 경향 가속화
- 가속기 사용 시스템 수는 '11년 19대 이후 '17년 현재 약 5배* 이상 증가



(a) '93~'17년 아키텍처 현황



(b) '11~'17년 가속기 사용 시스템 현황(누적)

< Top500 아키텍처 특징 >

■ 제조사별 Top500 초고성능컴퓨터 시장보유 현황

< 초고성능컴퓨터 제조사 현황(2017.11. 제50회) >

제조사	국가	대수	비율(%)	실측성능(TF)	비율(%)
HPE	미국	122	24.4	127698.8	15.1
Lenovo	중국	81	16.2	76989.9	9.1
Inspur	중국	56	11.2	53537.0	6.3
Cray Inc.	미국	53	10.6	164930.4	19.5
Sugon	중국	51	10.2	43944.6	5.2
IBM	미국	19	3.8	51275.6	6.1
Huawei	중국	19	3.8	15466.8	1.8
Bull	프랑스	17	3.4	29192.9	3.5
Dell EMC	미국	16	3.2	23922.8	2.8
Fujitsu	일본	12	2.4	40101.1	4.7
Penguin Computing	미국	10	2	14228.1	1.7
NUDT	중국	4	0.8	39271.8	4.6
PEZY Computing / Exascale Inc.	일본	4	0.8	3455.9	0.4
NEC	일본	4	0.8	3884.3	0.5
Lenovo/IBM	중국	3	0.6	4806.6	0.6
Atipa	미국	3	0.6	3923.3	0.5
IBM/Lenovo	미국	2	0.4	3581.3	0.4
Nvidia	미국	2	0.4	4377.0	0.5
T-Platforms	러시아	2	0.4	3003.9	0.4
others	—	20	4.0	137528.6	16.3
합계		500	100	845,120.5	100

■ 국내 초고성능컴퓨터 TOP500 등재 현황

○ 연도별 한국 TOP500 시스템 수



< Top500내 국내 초고성능컴퓨터 보유 수 변동 추이 >

○ 최근('12년~현재) 한국 TOP500 시스템 보유 현황

List	Count	System Share(%)	Rmax(GFlops)	Rpeak(GFlops)	Cores
2017년 11월	5	1	7,051,981	9,317,376	234,880
2017년 06월	8	1.6	8,534,877	12,016,411	293,968
2016년 11월	4	0.8	5,679,725	7,597,851	169,696
2016년 06월	7	1.4	6,456,659	8,628,448	212,132
2015년 11월	10	2	7,186,952	9,689,205	283,568
2015년 06월	9	1.8	2,527,212	3,673,650	219,012
2014년 11월	9	1.8	2,527,212	3,673,650	219,012
2014년 06월	8	1.6	2,112,514	3,202,991	211,080
2013년 11월	5	1	1,258,060	1,760,092	154,224
2013년 06월	4	0.8	1,014,400	1,291,919	124,536
2012년 11월	4	0.8	1,014,400	1,291,919	124,536

○ 국내 시스템 TOP500 등재 세부 현황

순위 (‘17.11)	명칭	보유기관	용도	실제성능(TF)	이론성능(TF)	코어수	순위 (‘16.11)	순위 (‘16.6)
57	누리	기상청	일기예보	2,395.7	2,895.4	69,600	53	46
58	미리	기상청	일기예보	2,395.7	2,895.4	69,600	54	47
328*	N/A	서비스업체	산업	759.6	1,032.2	30,720	225	—
332*	N/A	서비스업체	산업	757.0	1,258.0	32,760	228	—
346*	N/A	서비스업체	산업	744.0	1,236.5	32,200	240	—

* 49회('16.11) TOP500에 5개의 시스템이 산업계의 수요에 따라 신규 진입했으나
50회('17.11)에 2개 시스템이 순위 이탈

2. 국가센터 4호기 서비스 현황

■ 초고성능컴퓨터 4호기 이용현황

- 2015.01~2017.12 기간 동안 사용률은 평균 시스템 부하율* 기준 73.3%, 순 CPU 이용률 기준 61.7%

* 컴퓨터 시스템의 전 가동기간 중에서 CPU를 사용하고 있는 시간을 비율로 환산한 값

< KISTI 초고성능컴퓨터 4호기 연평균 CPU 부하율 >

구분	2015	2016	2017	평균
평균 시스템 부하율	77.4	73.9	68.7	73.3
순 CPU 이용률	66.3	60.7	58.0	61.7

※ 출처 : KISTI, “초고성능컴퓨터 운영현황 보고”

■ 초고성능컴퓨터 4호기 사용 기관 현황

- KISTI 4호기는 2017년 12월 기준 161개 기관이 사용중이며, 대학(72개)과 산업체(55개)가 전체의 78.9%를 차지함

< KISTI 초고성능컴퓨터 4호기 사용기관 현황 (2017. 12) >

구분	대학	산업체	연구소	정부	총합
기관수	72	55	29	5	161

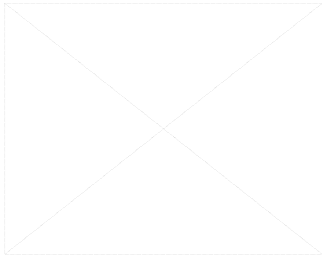
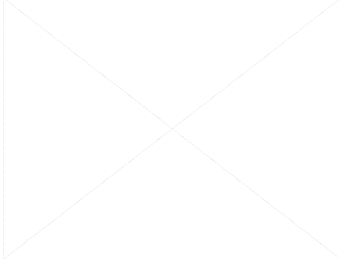
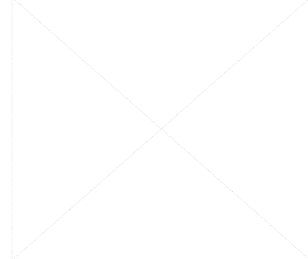
※ 출처 : KISTI, “초고성능컴퓨터 운영현황 보고”

대학 (72개)	가천대학교, 강릉대학교, 강원대학교, 경북대학교, 경희대학교, 고려대학교, 공주대학교, 광주과학기술원, 군산대학교, 금오공과대학, 대구대학교, 동국대학교, 동아대학교, 부경대학교, 상명대학교, 서강대학교, 서울과학기술대학교, 서울대학교, 성균관대학교, 세종대학교, 숭실대학교, 아주대학교, 안동대학교, 연세대학교, 영남대학교, 울산과학기술원 등
출연연/ 공공기관 (34개)	고등과학원, 공군기상단, 국립암센터, 국립해양조사원, 기상청, 오송첨단의료산업진흥재단, 자동차부품연구원, 포항금속소재산업진흥원, 한국건설기술연구원, 한국과학기술연구원, 한국기계연구원, 한국기초과학지원연구원, 한국수력원자력, 한국에너지기술연구원, 한국원자력연구원, 한국전자통신연구원, 한국철도기술연구원, 한국항공우주연구소, 한국해양과학기술원, 한국형수치예보모델개발사업단 등
산업 (55개)	트리니티엔지니어링, 하이에어코리아, 어센드퍼포먼스머티리얼즈, 한화케미칼, 포디솔루션, 동진썬미켈, 유이엔지니어링, 도텍, 비즈, 필드지, 삼성중공업, 지에스건설, 현대제철, 엔글링크, 포항성모병원, 브이이엔지, 대웅생명과학연구소, 서울아산병원, 에스에프씨, 에스엘, 마이다스아이티, 솔루션랩, 엘솔텍, 체시스, 두산중공업, 심플솔루션, 코리아엔지니어링컨설팅 등

■ 연구개발 활용 현황

○ '10년부터 '17년까지 초고성능컴퓨터 4호기 서비스를 통해 총 1,275건의 연구과제 및 17건의 3대 과학저널 논문을 포함한 962건의 SCI논문 유발

※ 국내 대형연구장비 연평균(11.6건)의 10배에 달하는 SCI 논문 유발

		
<Science 게재 논문>	<PNAS 게재 논문>	<Nature Nanotechnology 게재 논문>

< 국가센터 초고성능컴퓨터 4호기 활용 대표 연구성과 >



< 분야별 연구지원 과제 및 SCI 유발논문 건수 >

■ 국가사회현안 분야 활용

- 초고성능컴퓨터 기반 교통 빅데이터 처리 및 딥러닝을 활용한 교통패턴 예측 알고리즘 개발
 - ※ 초고성능컴퓨터 활용 데이터 처리를 통해 전국 300만개 도로에서 수집된 소통정보의 정확도를 70% 이상 개선, 기존 네비게이션 예측 모델 대비 최대 24%, 평균 15% 성능 향상
- 대대급 교전 빅데이터 분석을 통해 현장지휘관의 임무수행 의사결정 지원을 위한 모델 개발
 - ※ 임무달성 모델 개발과 IoT 적용 무기들의 실제 교전데이터를 수집·학습한 전투 예측 모델 개발

3. 주요 국가별 초고성능컴퓨팅 동향 - 미국

■ 국가 차원의 HPC 활용 연구개발 프로그램 활성화 및 제조업 디지털 혁신 추진

- HPC 활용 과학분야 거대문제 해결을 위해 SciDAC-2* 프로그램에 4천 5백만 달러('17) 투입

* SciDAC을 통해 에너지, 데이터관리 및 분석, 엔지니어링에 관해 LLNL, SNL, LBNL 지원(SciDAC - Scientific Discovery through Advanced Computing : ASCR(총예산: 6.6억달러, '17)의 세부 프로그램, 분야별 과학자와 컴퓨터공학자들의 협력으로 거대문제 해결)

- 제조업 디지털 혁신을 위해 공공-민간 협의체(DMDII)* 구성 및 기업문제해결에의 HPC 활용 프로그램(HPC4Mfg)** 운영

* Digital Manufacturing & Design Innovation Institute : '14년 DoD 주도로, 17개 정부부처와 270여 산업체, 대학 등이 참여, 3억 2천만 달러(매칭펀드 조성) 예산 투입

** High Performance Computing for Manufacturing : '15년 DoE 주관, 3개 국가 연구소(LLNL, LBNL, ORNL) 참여, '17년 기준 프로젝트별 최대 30만 달러 지원 42개 프로젝트 수행

■ 세계 최초 HPC 법 제개정을 통한 HPC 인프라 전략적 투자 강화

※ '16년 고성능컴퓨팅법 개정, '17년 혁신/경쟁력 법 개정

- 세계 최대 규모의 초고성능컴퓨터 보유('17년 11월 Top500 기준 143대) 및 확대 추진('18년 전후 100PFlops 이상 시스템)

※ 국방부, 에너지성 등 26개 기관에서 초고성능컴퓨터 도입에 매년 10~15억 달러 투자

- 단대단 100Gbps급 전송, 대용량 데이터를 위한 Tbps급 전송환경 제공

- 데이터 공유, 활용 효율화를 위한 과학기술분야 빅데이터 허브 통합('16)

■ '세계 최강'을 목표로 정부 주도의 차세대 HPC 기술 개발 대규모 투자

- '17년 국회에 EHCS 프로그램*에 약 6.5억 달러** 배정 요구

* EHCS(Enabling-R&D for High-Capability Computing Systems) : NITRD(ICT

연구개발 프로그램)의 세부 프로그램으로 HPC 시스템 연구개발 프로그램

** '17년 NITRD예산의 14% 규모

- 국방성(2.1억 달러), 에너지성(2.1억 달러), 연구재단(1.3억 달러) 주축으로 차세대 HPC 기술* 개발 추진

* 엑사스케일컴퓨팅(에너지성), 양자정보과학(에너지성, 과학재단 등), 초전도슈퍼컴퓨팅(IARPA, NSA), 생물학적컴퓨팅 등 新 패러다임의 HPC 기술

4. 주요 국가별 초고성능컴퓨팅 동향 - 유럽

■ 범 유럽 차원의 과학기술·사회·산업 전반에 대한 초고성능컴퓨터 활용 및 인력 양성에 투자 확대

- 사회·과학적 도전 과제 해결에 Horizon 2020*을 통한 HPC전문센터 설립

* '20년까지 7년간 약 900억 유로의 예산이 투입되는 EU 최대 연구 및 혁신 프로그램

- 유럽 내 중소 제조기업의 HPC 활용 확대를 위해 공공-민간협업체 기반의 FORTISSIMO 프로젝트* 추진

* 2,170만 유로 투입('13년~'16년), EU 내 14개국 123개 파트너(74개 중소기업을 포함)에게 서비스

- 범 유럽* 및 개별 국가별** 다양한 HPC 인력양성 프로그램 운영

* 유럽 첨단컴퓨팅 협력 프로젝트(PRACE: Partnership for Advanced Computing in Europe)

** 초고성능컴퓨팅센터에서 51개 교육 프로그램 구성·제공(영국, 독일, 프랑스, 스페인, 이탈리아, 필란드 등)

■ 유럽위원회는 사회공통 필수인프라로 HPC 전략 수립 및 인프라 확보

- 엑사스케일 시스템 개발을 위한 ETP4HPC, 초고성능컴퓨팅환경을 EU 연구자들에게 제공해주는 오픈사이언스 클라우드(EOSC)* 추진

* European Open Science Cloud 프로젝트 : '20년까지 5년간 67억 유로 펀드 조성, 초고성능컴퓨터, 초고속망, 빅데이터저장 자원의 단일 연합체 구성으로 개방형 서비스 제공

- Geant2020을 통해 EU 국가연구교육망의 고성능화*를 추진하고, FP7에서 정보보안 분야에 약 9,000만 유로 예산 투입

* 연구자 종단간 100Gbps 전송성능 및 양자암호통신 기술 실험환경(테스트베드) 제공

■ HPC 산업 열세를 극복하기 위해 R&D 과제간 협력·조정과 전략 추진분야 선정으로 대응

- 세계적 수준의 초고성능컴퓨터 개발·활용을 위한 EuroHPC 출범 합의*
 - * 초고성능컴퓨터 개발 협력을 위한 유럽7개국 공동선언문(2017년 3월, 현재 13개국 참여)
 - '20년까지 2개의 엑사급 전단계(pre-exascale)의 초고성능컴퓨터 도입 및 '22년까지 완전한 엑사급(full exascale) 초고성능컴퓨터 구축을 목표
- '14~'20년까지 ETP4HPC와 EU집행위원회 공동으로 7억 유로 규모의 연구개발(cPPP) 추진
- 초경량 지능형 반도체를 이용한 지능모방형 컴퓨팅 기술 개발* 및 전반적인 양자 기술에 대한 대규모 투자 계획
 - * Human Brain 프로젝트로 '11년~'20년 1.6조원 투자

5. 주요 국가별 초고성능컴퓨팅 동향 - 일본

■ 국가차원의 과학기술 및 제조업 혁신을 위한 R&D 프로그램 운영

- 5대 전략분야* 9대 중점연구과제로 구성된 국가 R&D 프로그램(SPIRE) 추진
 - ※ SPIRE(Strategic Program for Innovative REsearch) : K-Computer 활용을 위해 5년간('11~'15년) 총 1,200억 원의 예산이 투입된 국가 R&D 프로그램
 - * 생명과학, 소재, 자연재해, 산업혁신, 우주기원
- '산업재흥계획 전략적 혁신 10대 기술'에 초고성능컴퓨터를 활용한 혁신적 기술·제품 개발 포함
 - ※ 동경대 혁신시뮬레이션연구센터(CISS) 중심으로 제조분야 세계 최고수준의 시뮬레이션 기술 개발 추진

■ 국가 범용 K-Computer 중심의 활용 체계 구축 및 전담기관을 통한 안전한 연구데이터 공유 정책 시행

- 9개 기관, 29대 초고성능컴퓨터 보유('16년 6월 Top500 기준, 5,632억원 예산 투입)
- K-supercomputer를 중심으로 12개 슈퍼컴퓨팅센터와 50여개 연구기관을 국가연구망(SINET)을 통해 최대 100Gbps로 연동
- 연구데이터의 안전하고 효율적인 공유를 위한 전담기관을 설치, 정책 추진
 - ※ 내각관방에 '정보보호센터(NISC)'를 설치하여 사이버보안 관련 전략 수립 및 정책 종합조정을 실시하고 있으며, 과학기술진흥기구(JST)는 '과학기술정보위원회'를 설치하여 과학데이터 공유 정책, 인프라 구축, 인력양성, 성과평가 등 커뮤니티 지원

■ 정부주도로 엑사스케일 컴퓨팅시스템 개발구축 추진

- Flagship-2020('K computer' 후속사업)으로 엑사스케일(ExaFlops)급 범용 초고성능컴퓨터 개발 추진
 - ※ 후지쯔와 RIKEN은 '14년부터 1조 4천억원을 투입하여 엑사스케일 초고성능컴퓨터인 'Post-K' 자체 개발 중

- 인공지능 연구역량 강화를 위해 ABCI(AI-Bridging Computing Infrastructure, 130PFlops), RIKEN(4PFlops) 등 인프라 확보 추진
- ※ 산·학·연 협력으로 AI, 빅데이터 응용을 위한 저전력 초고성능컴퓨터 쓰바메(Tsubame) 3.0 개발(세계 1위 석권)

6. 주요 국가별 초고성능컴퓨팅 동향 - 중국

■ 공공 HPC센터 중심의 과학기술 연구 및 제조업 경쟁력 강화를 위한 전략 추진

- 3개 지역 국가슈퍼컴퓨팅센터*를 통한 HPC 활용 및 기초·거대과학연구 지원 강화
 - * 국가슈퍼컴퓨팅선전센터(HPC 소프트웨어 플랫폼 서비스), 상하이슈퍼컴퓨팅센터(거대과학 및 기업 신제품 R&D 지원), 베이징계산과학연구센터(기초과학분야 1억 위안 예산 투입으로 120여명 연구자에 84개 프로젝트 수행 중)
- '16년 과학기술발전 제13차 5개년 계획을 통해 소프트웨어 플랫폼 구축으로 제조 혁신시스템 개선
 - ※ 중국 엔지니어링 소프트웨어 시장은 8.5억달러('13) 규모로 전년대비 13% 성장하였으며, 항공우주, 자동차, 기계 분야를 중심으로 확산 추세

■ HPC 자원 확보를 위한 정부차원의 예산지원과 입법추진

- 과학기술부, 국립과학원, 연구재단의 예산지원과 Sunway-TaihuLight 예산(3.5억 달러)투입으로 202대의 초고성능컴퓨터 보유('17.11 Top500 기준)
- 중국과학기술연구망(CERNET)은 중국내 36개 거점도시를 중심으로 고성능(100Gbps) 데이터 전송이 가능한 4Tbps급 연구망 구축
- 과학데이터의 효율적 관리 및 공유를 위한 관련 법* 체제 완성으로 '20년까지 전반적 공유체제 구축 추진 중
 - * '중국 과학기술 진보법'과 '중국 과학기술성과 전환 촉진법'의 과학데이터 및 연구성과 관리·공유 인프라 구축 규정 외에도 과학데이터의 효율적 활용을 위한 별도 법안 마련 중

■ 정부주도 대규모 R&D투자를 통한 'HPC 기술 신흥 강국'으로 부상

- 세계 최고성능(125.4PFlops) 초고성능컴퓨터(Sunway TaihuLight) 자체 개발('16년 6월 Top500 등재)
 - ※ 중국은 HPC 관련 연구에 연간 1조원(확인필요) 이상의 예산을 투입하고 있으며, '10년 처음으로 세계 1위 성능의 초고성능컴퓨터를 자체 개발하였음.

- ‘20년까지 엑사스케일급 초고성능컴퓨터 개발 계획, 지능형 프로세서와 지능형 코어, 양자기술 등 차세대 HPC 패러다임에 적극 대응

참고 문헌

- 국회입법조사처, 2016, 주요국의 초고성능컴퓨터 육성 입법·정책 동향
- 기상청, 2015, 지진·지진해일·화산업무 발전계획 연구 보고서
- 관계부처 합동, 2017, 2017년도 국가초고성능컴퓨팅 시행계획
- 관계부처 합동, 2016, 제4차 산업혁명에 대응한 지능정보사회 중장기 종합대책
- 관계부처 합동, 2012, 제1차 국가초고성능컴퓨팅 육성 기본계획('13 ~ '17)
- 교육과학기술부, 2010, 첨단 사이언스 교육 허브(EDISON) 구축
- 문부과학성 연구진흥국 참서관(정보담당) 산하 계산과학기술추진실, 2016, HPCI 전략프로그램
- 맥스틴글로벌, 2015, 계산과학 융합 국가R&D 동향분석 및 설문조사
- 정보통신기술진흥센터, 2017, EU 고성능 슈퍼컴퓨팅 정책 동향
- 정보통신기술진흥센터, 2016, 일본정보보안 정책 현황
- 일본문부과학성, 2009, 次世代スパコン計画と今後の展開
- 산업통산자원부, 2015, 제조 기업의 스마트 혁신을 위한 M&S 산업생태계 구축
- 산업연구원, 2016, 국내 제조엔지니어링 활용실태 및 발전방안 연구
- 한국은행, 2016, 2014 산업연관표
- 한국은행, 2014, 2010 산업연관표
- US DOE, 2016, Update on the Exascale Computing Project
- US DOE, 2016, FINANCIAL ASSISTANCE FUNDING OPPORTUNITY ANNOUNCEMENT
- University of Tokyo RIKENAICS, 2012, HPC基盤の現状と将来
- THE NATIONAL STRATEGIC COMPUTING INITIATIVE EXECUTIVE COUNCIL, 2016, National Strategic Computing Initiative Strategic Plan
- STEPI, 2017, 과학기술정책
- SPRI, 2017, 국가 슈퍼컴퓨팅 역량 강화 방안
- RIST, 2015, Present Status of RIST in Promotion of High Performance Computing Infrastructure in Japan
- RIKEN/AICS, 2015, FLAGSHIP2020 project—Development of Japanese National Flagship supercomputer "postK"
- Europe, 2016, Quantum Manifesto
- Prace, 2016, Prace Annual Report
- Office of Chief Financial Officer, 2017, Department of Energy FY 2018 Congressional Budget Request
- Office of Chief Financial Officer, 2016, Department of Energy FY 2017 Congressional Budget Request

- NSF, 2017, Cyberinfrastructure Investments and Opportunities
- NSF, 2015, Computer and Information Science and Engineering (CISE)
- NSCI, 2015, National Strategic Computing Initiative
- NITRD, 2017, The Networking and Information Technology Research and Development Program
- Microsoft Research, 2009, 제4세대 데이터중심과학 The Forth Paradigm Data-Intensive Scientific Discovery essays, Jim Gray, Tony Hey, Stewart Tansley
- KOTRA, 2017, 중국 양자통신산업 본격화 글로벌 경쟁 선두에 서나
- KISTI, 2017, 슈퍼컴퓨팅본부 슈퍼컴퓨팅서비스센터 주요사업 자체평가보고서
- KISTI, 2017, 한국과학기술정보연구원 임무중심형 기관평가 연구부문 증빙집
- KISTI, 2017, 모델링 및 시뮬레이션 서비스 산업 분류 및 현황 분석
- KISTI, 2017, 공개 라이브러리 기반 실내 공조 맞춤형 전산모사 시스템 개발
- KISTI, 2016, 슈퍼컴퓨팅 모델링 및 시뮬레이션의 산업연관분석 기반 경제적 파급효과 분석
- KISTI, 2016, 글로벌 대용량 실험데이터 허브센터 소개
- KISTI, 2016, Journal of Supercomputing Information
- KISTI, 2015, 초고성능컴퓨팅 기반 산업체 지원 글로벌 사업 동향 분석
- KISTI, 2015, 미국 사례분석을 통한 슈퍼컴퓨팅 활용 제조업 혁신 방안
- KISTI, 2015, 공학해석용 오픈소스 소프트웨어를 활용한 중소·중견기업의 제조 경쟁력 확보 방안
- KISTI, 2014, 슈퍼컴퓨터기반 M&S 4.0 사업의 경제적 파급효과에 대한 타당성 분석 연구
- KISTI, 2014, 대용량 데이터 센터 구축 및 운영
- KISTI, 2007, KISTI 슈퍼컴퓨팅 연구사업의 경제적 파급효과 분석
- KISTEP, 2015, Super KOREA 2020: 국가 초고성능컴퓨팅 인프라 선진화사업
- GA, 2017, HPC in Work Programme 2018-2020
- EUROPA, 2016, Realising The European Open Science Cloud
- EU, 2017, Fortissimo Success Story Booklet 4th Edition preview
- ETP4HPC, 2017, WORKPROGRAMME 2018-2020
- EOSC, 2016, eosc 기금 및 거버넌스 워크샵
- EC Report, 2012, The Human Brain Project
- CSRC, 2016, 베이징계산과학연구센터 연간보고서
- CSRC, 2016, Annual report 2016
- Computational Materials Science in Japan before and after the K Computer, OCTOBER 2013 VOL. 23 NO. 5
- 予算(案)主要事項, 文部科學省, 2014~2017
- LG Business insight, 2016.5.11

- 컴퓨터월드 404호, 커버스토리, 2017.5.31
- <https://www.techemergence.com/everyday-examples-of-ai/>
- <http://www.rockethub.com/blog/7946/brilliant-ways-to-use-ai-in-networking>
- <https://www.whitehouse.gov/blog/2015/11/04/big-announcements-big-data>
- <https://www.itworld.co.kr>
- <https://www.casl.gov/vera>
- <https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews>
- <http://www.hpc4mfg.llnl.gov/projects.php>
- <http://www.top500.org>
- <http://www.ssc.net.cn>
- <http://www.scinews.kr/news/articleView.html?idxno=682>
- <http://www.scidac.gov/participants>
- <http://www.prace-ri.eu>
- <http://www.nscsz.gov.cn/en>
- <http://www.nisn.re.kr>
- <http://www.nersc.gov>
- <http://www.jamstec.go.jp/hpci-sp>
- <http://www.etnews.com/20170512000156>
- <http://www.edu.cn>
- <http://www.csrc.ac.cn>
- <http://www.cloudsme-apps.com>
- <http://www.archive.geant.net>
- <http://www.aics.riken.jp/jp/post-k/pi/organizations>
- <http://www.aics.riken.jp/en>
- <http://uknqt.epsrc.ac.uk>
- <http://kreonet.net>
- http://hjtict.snu.ac.kr/board/news_summary/view/695
- <http://cms-initiative.jp/en>
- <http://blogs.nvidia.co.kr>
- <http://eurohpc.eu>
- <http://www.verce.eu>
- <http://mits.nims.go.jp>
- <http://kosis.kr>

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견
해가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 유 영 민