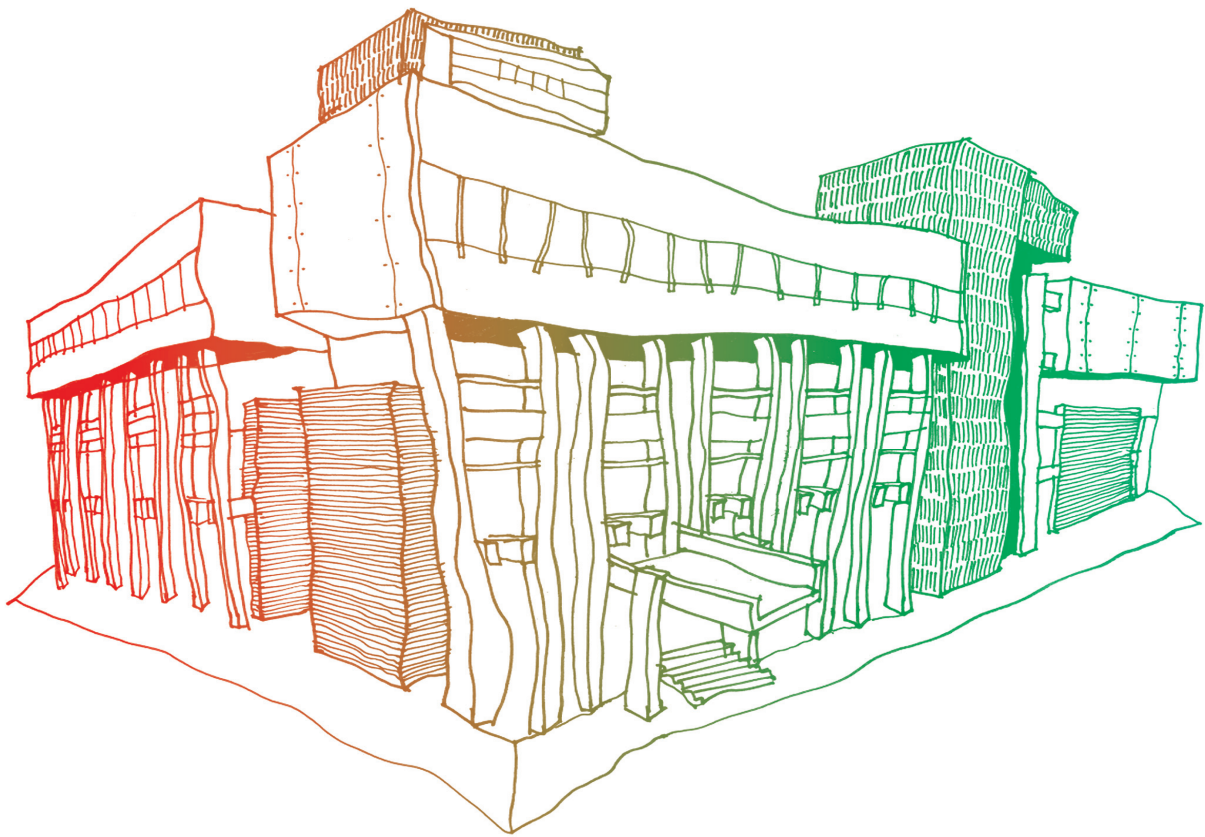


TePRI

REPORT

2017. 08. vol.75



TePRI 포커스 미세먼지, 사회문제 해결형 R&D로 풀어야 한다.

TePRI가 만난 사람 미세먼지 국가전략프로젝트 사업단 배귀남 단장

PART 01 : 이슈분석 DARPA의 혁신적 R&D 성과, 어떻게 탄생하는가?

PART 02 : 과학기술 동향 I. 주요 과학기술 정책 : 2018년 정부 주요 연구개발 예산배분 조정결과 발표
II. 월간 과학기술 현안 : 미래부, 2016 국가연구개발사업 조사분석 결과 발표

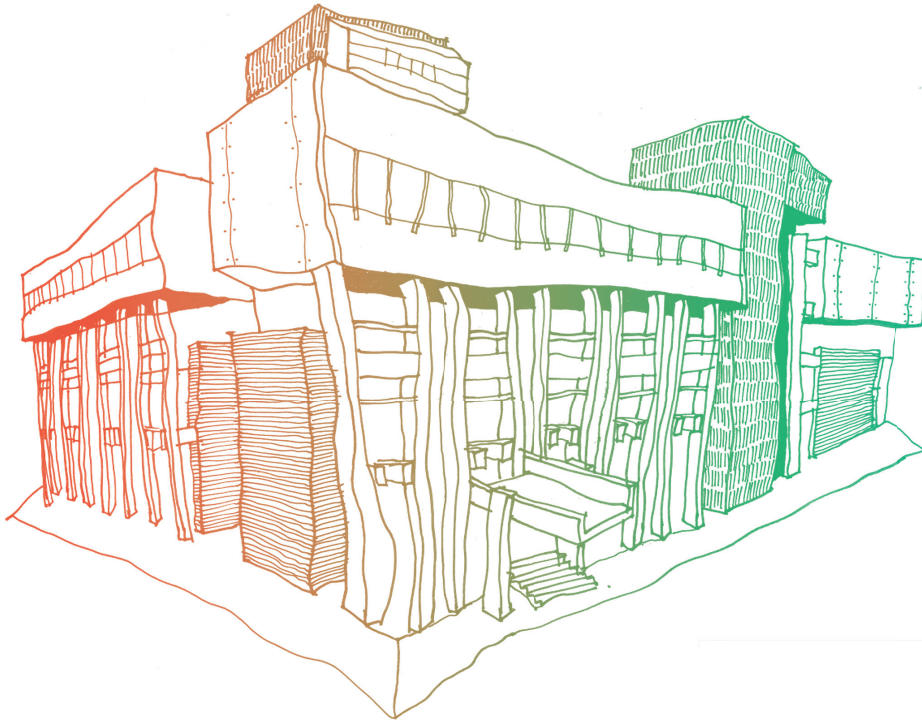
PART 03 : TePRI 라운지 I. TePRISM : 초경량·형상변형 가능한 연료전지 기술 개발
II. 신규 보고서 : 제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제
III. TePRI Wiki : 가트너 선정, '2017년 10대 전략기술'

TOPRI REPORT

2017. 08. vol.75

기술정책연구소

Technology Policy Research Institute



TePRI
Technology Policy Research Institute



TePRI 포커스

미세먼지, 사회문제 해결형 R&D로 풀어야 한다. 4

TePRI가 만난 사람

미세먼지 국가전략프로젝트 사업단 배귀남 단장 6

PART 01 : 이슈분석

DARPA의 혁신적 R&D 성과, 어떻게 탄생하는가? 12

PART 02 : 과학기술 동향

I. 주요 과학기술 정책 :
2018년 정부 주요 연구개발 예산배분 조정결과 발표 18

II. 월간 과학기술 현안 :
미래부, 2016 국가연구개발사업 조사분석 결과 발표 22

PART 03 : TePRI 라운지

I. TePRISM :
초경량·형상변형 가능한 연료전지 기술 개발 28

II. 신규 보고서 :
제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제 29

III. TePRI Wiki :
가트너 선정, '2017년 10대 전략기술' 33

TePRI FOCUS

미세먼지, 사회문제 해결형 R&D로 풀어야 한다.

언제부터인가 대한민국의 하늘을 미세먼지가 가득 채우고 있다. 2017년 4월까지 4개월간 미세먼지 농도는 평균 $54\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 세계보건기구 일평균 권고기준인 $51\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 넘고 있는 상황이다. 초미세먼지는 $31\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로, 국립환경과학원이 공식 측정 자료를 내기 시작한 2015년 이후 최고치를 기록하고 있다. 게다가 2015년 $28\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2016년 $30\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2017년 $31\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 갈수록 나빠지고 있다. 평균농도뿐 아니라 고농도 발생 횟수도 늘어난 상태로, 초미세먼지주의보는 2017년 들어 5월20일까지 92회 발령되어 2016년(64회)보다 44% 증가하였다.

이미 2014년 세계보건기구(WHO)에서는 한국의 초미세먼지 농도는 91개국 중 50위, 서울은 1,615개 주요 도시 중 1,094위라고 발표하는 등 한국의 미세먼지 문제는 극심한 상황이다. 2016년 경제협력 개발기구(OECD)에서는 한국이 미세먼지 대책을 수립하여 추진하지 않을 경우 2060년에는 한해 인구 100만명당 1000명 이상의 조기사망이 발생할 것으로 경고한 바 있다. 미세먼지는 이제 단순한 개인의 건강을 넘어, 사회의 유지 및 안전에 대한 문제로 변화하고 있는 것이다.

이에 대한 정부의 대응도 빠르게 진행되고 있다. 문재인 대통령은 대통령 후보시절 '임기 내 미세먼지 30% 감소'를 공약으로 제시한 바 있다. 이러한 정책적 노력의 일환으로 지난 5월부터 미세먼지 저감을 위해 전국의 30년 이상 된 노후 석탄 발전소의 가동을 일시 중단시켰다. 또한 지난 7월 19일 발표된 문재인 정부의 100대 국정과제에는 "미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성"이 포함되는 등, 미세먼지 문제의 해결을 적극적으로 시도하고 있는 것도 주목할 만한 부분이다.

미세먼지가 이렇게 사회적 이슈가 되고 정부 정책으로 중요하게 다루어지면서, 사회문제의 해결이라는 관점에서 미세먼지의 해결을 위해서 과학기술이 나서야 한다는 목소리가 커지고 있다. 그러나 기존의 연구자 중심의 소규모 연구로는 우리나라, 멀리 나아가서 동북아시아 전체를 다루어야 하는 미세먼지 문제의 해결에는 한계가 뚜렷한 상황이다. 특히 우리나라를 비롯한 동아시아의 미세먼지 오염은, 습도 및 온도 등 기후와 오염 배출원의 차이, 대기 중 반응으로 인한 2차 오염 등으로 인해 런던 스모그, LA 스모그 등 해외사례와 다른 특수성·복잡성이 존재한다. 따라서 우리나라의 미세



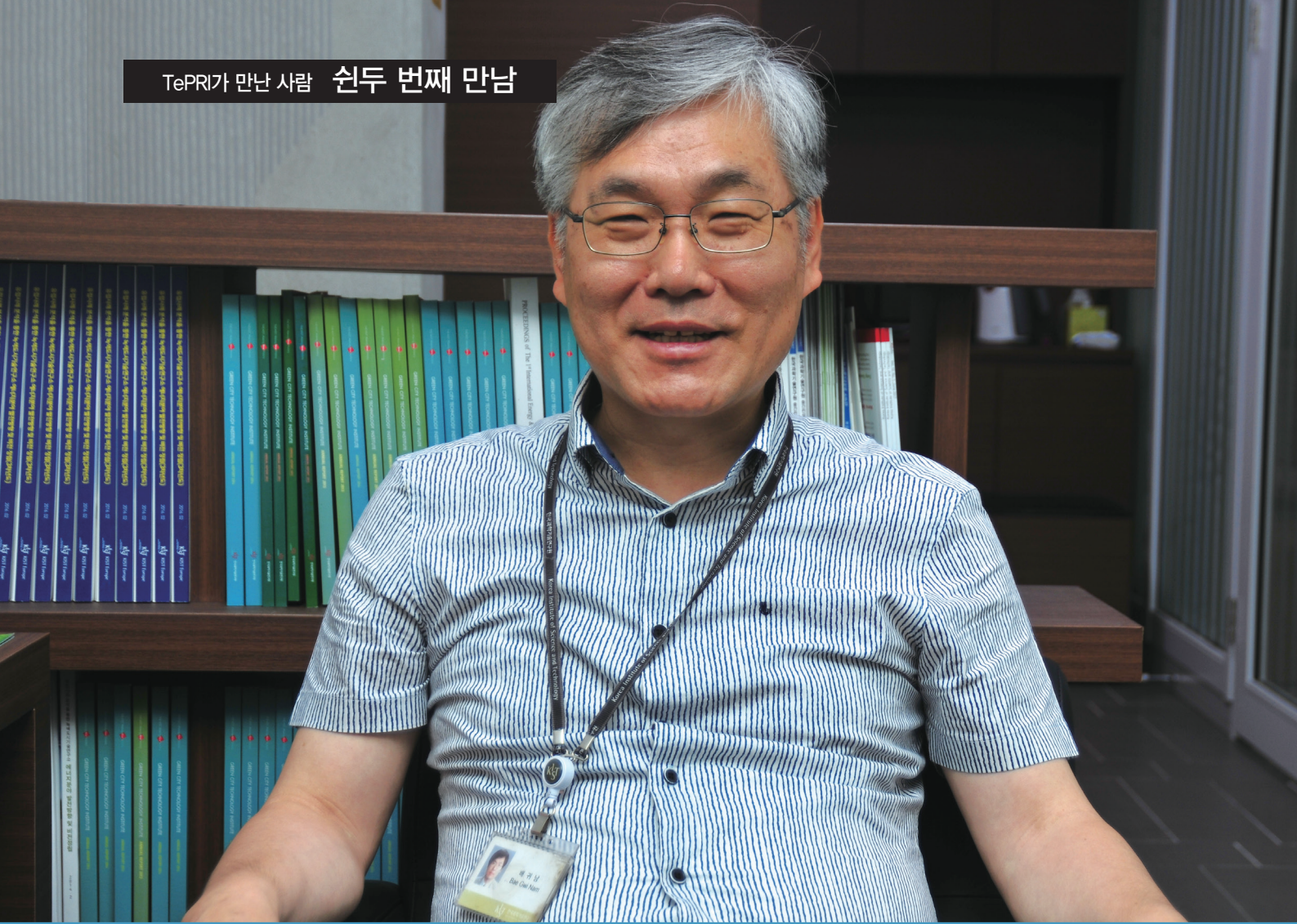
먼지를 해결하기 위해서는 오염원의 발생부터 저감에 이르는 근원적인 접근이 필요하다. 이는 단일 연구자의 힘으로는 이룰 수 없으며, 결국 ‘사회문제의 해결’의 관점에서 우리나라 전체의 과학기술 역량을 한데 모으고 일관되게 추진해 나갈 수 있는 체제가 필요하다. 미국은 1943년 LA 스모그의 발생 이후 수십년간의 연구 데이터를 축적하고 모델링 기법을 개발하여 정책에 활용하고 있다. 또한 1963년 ‘클린 에어 액트(Clean Air Act)’를 발의하는 등 장기적 관점으로 접근하고 있다. 과학기술계가 미세먼지 문제의 빠른 해결을 위해 노력해야 하는 것과는 별개로, 정책 당국의 인내심과 정책적 노력 또한 필요한 시점인 것이다.

그런 관점에서, 최근 KIST에서 발족한 ‘과학기술기반 미세먼지 솔루션 개발’ 연구 사업을 주목할 필요가 있다. 본 연구사업은 사회 문제 해결 R&D 사업의 대표적인 사례로, 국내 최고 전문가들의 역량을 결집하여 미세먼지의 생성 원인 규명 및 오염원 파악에서 모델링, 관측, 예보, 저감에 이르는 패키지 접근을 통해 ‘사회문제의 해결’을 추진하고 있다는 점에서 기존의 연구사업과는 차별성을 갖고 있다.

우리정부는 규제 보다는 과학기술에 기반하여 미세먼지 문제를 해결한다는 방향을 설정해 두고 있다. 과학기술연구기관에 종사하는 연구자로서, 이러한 정부의 정책 방향을 환영하지 않을 사람은 아무도 없을 것이다. 미세먼지 국가전략 프로젝트 사업단이 사회문제형 R&D의 롤 모델이 될 수 있기를 소망한다.

김의성(정책기획팀, euseongkim@kist.re.kr)

TePRI가 만난 사람 **신두 번째 만남**



미세먼지 국가전략프로젝트 사업단 배귀남 단장

배귀남 단장님께서서는 1987년 KIST입사를 시작으로 약 30년간 미세먼지에 대해 연구해 오신 우리나라 최고의 전문가입니다.

이러한 이력을 바탕으로 최근 미세먼지 국가전략프로젝트의 사업단장을 맡게 되셨습니다.

배 단장님께 사업단장으로 임명되신 소감과, 미세먼지 해결을 위한 사업단의 향후 계획에 대해 들어보겠습니다.

올 봄, 전례 없이 심각했던 대기오염으로 인해 미세먼지 해결에 대한 국민적 관심이 높아졌습니다. 이에 과학기술정보통신부는 연구사업으로 미세먼지 국가전략프로젝트 사업단을 추진하였고, 박사님께서 단장으로 임명되었습니다. 중요한 임무를 맡으신 소감이 어떠하신지요?

그동안 대기오염 현상은 지속적으로 존재해 왔지만, 전 국민적인 화두로 떠오르기 시작한 것이 2016년이었습니다. 먼저 미세먼지를 연구하는 사람으로서 적시에 대응하지 못한 점에 대해 국민 여러분께 죄송하게 생각합니다. 그동안 저 뿐 아니라 우리 사회 구성원들이 각자의 방식으로 미세먼지 문제에 대응해 왔지만, 개별적인 대응이 한계에 이르렀습니다.

보다 체계적으로 미세먼지 문제에 대응하기 위해 과기부를 중심으로 과학기술을 기반으로 문제를 해결하게 위한 미세먼지 연구기획위원회가 만들어졌고, 제가 연구기획위원회에서 총괄 업무를 수행하였습니다. 연구기획위원회에서는 각 부처의 현안 대응을 넘어 근본적이고 과학적으로 해결하기 위한 미세먼지 대응 방안을 도출하였습니다. 이 과정에서 미세먼지가 9개 국가전략프로젝트 중 하나로 선정되었고, 올해 미세먼지 사업단이 출범하게 되었습니다.

미세먼지 이슈는 단순한 대기오염 문제에 그치지 않고 소통의 부재라는 우리사회의 고질적인 문제점을 여실히 보여주고 있습니다. 미세먼지 연구는 대기오염 현상 규명, 예보, 배출원 집진저감기술, 공기청정기술, 건강영향평가 등 약방의 감초처럼 모든 분야에 걸쳐 관련되어 있습니다. 그만큼 다양한 분야의 전문가들이 힘을 모아야 해결할 수 있는 사회문제입니다. 하지만 그동안 다양한 분야의 전문가들이 전문지식을 나눌 수 있는 토론의 장이 부족했습니다. 비단 전문가 뿐 아니라 국민들과 과학계 간 소통이 원활하지 못했습니다. 국민들의 미세먼지에 대한 인식이 부족하기 때문에 개인적으로 미세먼지에 대한 적절한 대응과, 정부, 기업 등에게 합당한 요구를 못하고 있는 상황입니다. 우리 사회가 먼저 문제를 정확하게 인식하는 힘을 키우고 나아가 합리적인 사고를 바탕으로 문제에 접근해야 한다고 생각합니다. 이러한 차원에서 미세먼지 연구는 대한민국이 중진국에서 선진국으로 나아가기 위한 도전

이면서, 극복해야 할 관문이라고 할 수 있습니다. 전통적으로 해왔던 생각의 틀을 바꿔야 하므로 매우 어려운 일이지만, 우리 사회에서 누군가는 해야 할 일이라고 생각했기 때문에 미세먼지사업단의 단장을 맡게 되었습니다. 다양한 관련 기관들과 소통하고, 국민들의 인식을 개선할 수 있는 토론과 교육의 장을 만들어서 어떻게 문제에 접근해 나갈 것인지 치열하게 고민해야 할 것 같습니다. 시작 단계에서부터 복병이 많아 걱정도 되지만, 많은 분들이 지혜를 모아주실 것으로 기대하며, 미세먼지 문제의 해결에 최선을 다하겠습니다.



대기오염 문제는 산업화 이후에 줄곧 존재해 왔지만, 최근 들어 그 심각성을 피부로 느끼기 시작한 것 같습니다. 가정마다 공기청정기가 없는 곳이 없을 정도입니다. 지금까지 미세먼지에 대한 관리는 어떻게 진행되어 왔으며, 최근 미세먼지가 악화된 이유는 무엇이라고 생각하십니까?

미세먼지는 기본적으로 불의 불완전 연소에서 발생합니다. 그렇게 보면 인간이 불을 사용하기 시작하면서부터 미세먼지는 항상 존재해 왔었던 것입니다. 사실 대기 오염도는 유럽, 미국 등 선진국에서 산업화가 진행될 당시에 지금



보다 훨씬 심했습니다. 과거에 비해 미세먼지가 절대적으로 심해졌다기보다, 고농도 스모그 같은 악성 미세먼지 발생일이 상대적으로 증가했기 때문에 국민들이 더욱 피부로 느끼게 된 것 같습니다. 이해하기 쉽게 말씀드리자면, 대기오염에 있어 빈부격차가 과거에 비해 심해졌다고 생각하시면 되겠습니다.

사실 미세먼지 문제는 산업화 과정에서 발생하는 대표적인 사회문제로, 사회가 발전하면서 겪는 변화들이 자연스럽게 대기오염의 형태로 나타나게 된 것입니다. 돌이켜보면 과거에는 배가 나온 사람이 부의 상징이었던 것처럼 먹고사는 문제가 가장 시급한 현안이었습니다. 하지만 경제가 발전하면서 국민들의 의식수준도 높아졌고, 기대수명 100세 시대에 접어들면서 건강한 삶에 대한 관심 또한 높아졌습니다. 미세먼지 해결이 시급한 과제로 인식되게 된 것도 미세먼지가 국민건강에 직접적으로 영향을 미칠 수 있다는 사실 때문입니다.

환경에 대한 국민적 관심이 높아지다 보니 연일 언론에서는 미세먼지에 대해 다루었습니다. 하지만 최근 발생하는 미세먼지 현상을 설명할 수 있는 미세먼지의 발생 원인이나 대기 중 생성에 관한 과학적 정보가 부족하다 보니

국민들이 불안하게 생각하고 있습니다. 더욱이 인근 국가인 중국의 급격한 경제성장의 부산물로 2013년부터 스모그 발생이 심각해짐에 따라 풍하 지역에 위치한 우리나라의 대기오염에 많은 영향을 미치고 있습니다.

그동안의 대기오염 관리는 주로 환경부에서 국민건강에 영향을 미칠 수 있는 오염물질들의 기준치를 정해 관리해 왔습니다. 대기오염문제가 심각해지면서 2003년에는 <수도권 대기환경 개선에 관한 특별법>까지 제정되었습니다. 정책의 일환으로 시내버스들을 CNG 버스로 교체하는 등 조치가 이루어져 왔습니다. 그러나 미세먼지는 자동차·공장에서 발생하는 질소산화물, 석탄 화력발전소에서 발생하는 이산화황, 요리할 때 발생하는 입자 등 그 원인이 매우 다양합니다. 또한 최근 발생한 미세먼지는 이전과 다른 과정을 거쳐 생성되는 것이

때문에 미세먼지 관리에 있어 이전과는 다른 과학적 접근방법을 적용하여 체계적 관리를 시작해야 할 때라고 생각합니다. 이와 더불어 사회적 비용을 줄이기 위해 미세먼지에 대한 국민적 인식을 개선하여 국민들 스스로 합리적인 판단과, 합당한 요구를 할 수 있게 되어야 합니다. 궁극적으로는 사회적 합의와 과학기술에 기반한 미세먼지 연구가 환경정책에 반영될 수 있도록 추진되어야 할 것입니다.

미세먼지사업단은 3년간 496억원의 연구비가 투입되는 대형 프로젝트입니다. 우리나라가 선제적으로 미세먼지에 대한 집중적 투자와 연구를 해야 하는 이유는 무엇이라고 생각하십니까? 또한 연차별로 어떻게 접근하실 계획이십니까?

496억원이 많은 돈이라고 생각할 수 있지만, 미세먼지 문제를 체계적으로 해결하기에는 충분하다고 할 수 없습니다. 본 사업단에서는 미세먼지의 발생원인 규명, 측정 및 예보의 정확성 제고, 집진 및 저감기술 개발, 생활보호 기술 개발과 같이 미세먼지와 관련된 전반적인 분야를 다룰 생각이기 때문입니다. 4개 분야에 걸쳐 각각의 세부과제를 추진하면서 미세먼지와 관련된 이슈에 대응하려 한다는 점을 감안하면 3년간 496억원은 결코 충분한 예산이 아닐 것입니다.

우리가 미세먼지 연구에 선제적으로 대응해야 하는 이유는, 결국 이것이 우리의 문제이기

때문입니다. 달리 말해 우리가 생활하는 한반도를 포함한 동북아시아 지역에서 발생하는 문제이기 때문에, 우리가 주체적으로 대응해 나가야 한다는 것입니다. 우리가 해결해야 할 동북아 스모그는, 런던 스모그, LA 스모그와는 또 다른 제 3의 스모그입니다. 같은 문제의 당사자인 중국은 최근 경제성장에 힘입어 전폭적으로 미세먼지 및 대기환경 연구에 투자하고 있습니다. 우리는 지금까지 선진국을 벤치마킹하여 현안 문제를 잘 해결하여 대기질을 개선하여 왔지만, 최근에 발생한 미세먼지 오염과 같은 새로운 문제에 대해 선도적으로 대응할 수 있는 준비가 부족했던 부분이 있습니다. 예를 들어, 대기질을 측정할 수 있는 비행기 하나도 제대로 갖추지 못했었습니다. 다행히 최근 한서대학교의 협조를 받아 측정 장비를 충분히 실을 수 있는 19인승 비행기에 약 20억원을 투자하여 연구목적으로 개조하는 것을 추진하고 있습니다.

선제적으로 대응해야 할 또 다른 이유는, 대기 문제가 동일한 레파토리로 반복되는 문제가 아니라는 사실입니다. 다시 말해 미세먼지 해결책은 이전에 진행했던 연구들을 짜집기해서 만들어낼 수 없다는 것입니다. 재연되지 않는 자연현상에 대한 연구이기 때문에 기존과는 다른 시각에서 접근해야 합니다. 선진화된 사회로 나아가기 위해서는 사회시스템 내에서 문제해결에 대해 많은 사람들이 관심을 갖고 합리적으로 접근하는 것이 필요합니다.

앞으로 약 3년간 다양한 분야 전문가들이 모여 국민들 눈높이 맞게 과학기술적 해법을 정책에 담아내기 위해 최선을 다할 것입니다. 또한, 빅데이터, 인공지능 등 첨단기술을 활용해 미세먼지 해법을 찾아가는 노력도 병행할 예정입니다. 구체적으로 당분간 국민들의 불안을 잠재워 줄 수 있도록 미세먼지에 대해 궁금하게 여기는 정보를 제공하며 현안 이슈 대응에 집중할 생각입니다. 하지만 미세먼지는 연구자들만의 노력으로 해결할 수 없습니다. 앞서 말씀드린 바와 같이 연구자를 포함한 사회의 모든 구성원들이 미세먼지에 대한 인식을 개선하는 것이 반드시 동반되어야만 합니다.

미세먼지 연구는 인근 국가의 대기오염과도 밀접한 연관이 있어 국가 차원의 선제적 연구 뿐 아니라 다국적 협력 또한 필수적이라고 생각합니다. 단장님께서도 2014년 미세먼지 대응 국제협력 네트워크를 구축하기 위한 정책을 제안하셨던 것으로 알고 있는데요, 글로벌 협력을 위한 계획이 있으신지 궁금합니다.

대기오염은 국가 간의 이해관계를 떠나서 동북아 지역 국가의 국민들이 건강한 삶을 영위하기 위해 공동으로 해결해야 할 과제입니다. 대기가 계속 이동하면서 인근 국가끼리 영향을 미치고 있기 때문에 단일 국가의 연구만으로는 해결책을 강구하는데 한계가 있습니다. 때문에 국제협력을 통해 우리가 어떤 상황에 처해 있는지 거시적인 관점에서 살펴보고, 내부적으로 어떻게 문제를 해결할 것인지 진단하는 것이 매우 중요합니다. 2014년 당시에도 동북아 스모그의 당사자인 아시아 국가들만이라도 서로 소통할 수 있는 네트워크를 구축해야겠다는 생각에서 국제협력 정책을 제안했었습니다. 물론 국제협력이 실효성을 갖추기 위해서는 조금 더 거시적인 지역을 아우를 수 있도록 확대되어야 하지만 먼저 동북아 지역부터라도 시작하는 것이 필요합니다.

국제협력에 있어서도 소통이 핵심입니다. 사실 국내에서조차 연구자들 간 어떤 연구를 하고 있고, 누가 그 분야의 전문가인지 잘 알지 못하는 것이 현실입니다. 이미 존재하는 데이터 베이스를 활용하지 못하는 경우도 많습니다. 하물며 국외의 연구자와의 협력은 더욱 어려운 점이 많을 것입니다. 때문에 문제해결에 관심이 있는 국내외의 연구자들을 국가 차원에서 조직적으로 관리할 수 있는 인력관리 시스템이 필요합니다. 국가나 지자체 차원에서 추진



되는 노력 이외에도 우리는 개별 연구자들이 교류할 수 있는 미세먼지 관련 국제학술대회 같은 기회를 많이 제안할 예정입니다. 직접 외국에서 학자들과 마주치다 보면, 생각보다 거부감 없이 교류할 수 있는 경우가 많았습니다. 미세먼지 해결과 같은 국가적 난제에 관심이 많은 연구자들과, 그들이 국내외적으로 자유롭게 교류할 수 있는 기회가 점차적으로 확대되길 바랍니다.

단장님께서서는 30년 이상 미세먼지를 연구하신 최고의 전문가입니다. 2009년에는 OECD 세계포럼 국제전시회에서 이동식 대기오염 측정차량을 선보여 대한민국의 위상을 증명하셨습니다. 당시 혁신적 아이템으로 평가된 대기오염 측정차량을 개발하실 당시의 어려움 등 관련 에피소드를 부탁드립니다.

저는 처음에 반도체 생산과 관련하여 굉장히 깨끗한 클린룸 환경에서 미세먼지를 측정하는 연구를 약 10년간 수행하였습니다. 이 연구 경험을 토대로 환경 분야로 눈을 돌렸는데, 미세먼지와 관련된 화학적 조성, 가스가 입자로 전환되는 스모그 현상 등 지식을 확대할 수 있는 경험이 많았습니다. 이러한 이력을 배경으로 자동차 매연이 배출되어 우리 실생활에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구를 수행하게 되었습니다.

연구과정에서 측정기를 싣고 연세대학교 정문 앞에서 하루 종일 측정한 적도 있었고, 정말 여러 가지로 고생을 많이 했습니다. 그러던 와중에 외국의 경우에는 대기오염의 공간적 불균일 특성을 파악하기 위해 이동식 차량으로 대기오염을 측정한다는 사실을 알게 되었습니다. 그러던 중, 운이 좋게 연구비 지원을 받게 되면서 이동식 측정차량을 개발하여 오염 지도를 그려 보자는 생각을 하게 되었습니다.

이동식 측정차량을 개발해 오염지도를 만들고 나니, 일반인이 쉽게 이해할 수 있는 매우 유용하고 다양한 정보들을 만들어 낼 수 있었습니다. 기존 측정망 자료의 보수적인 접근으로는 1시간 평균 오염도를 제공했다면, 오염지도로 이동하면서 기계공학적 접근을 통해 더욱 상세한 공간적 오염정보를 제공하였습니다. 터널 내부에서 공간적 오염도 분포 등 다각도에서 오염도를 상세하게 가능할 수 있는 측정을 수행하였습니다. 오염지도는 지자체, 산업단지 등 다양한 곳에서 생활 속 오염을 파악하는데 유용하게 쓰일 수 있습니다. 예를 들어, 아토피가 심한 어린이가 집 근처 오염지도를 보고, 오염이 심하지 않은 곳에 위치한 어린이집을 다닐 수 있도록 정보를 제공받을 수 있습니다.

미세먼지 해결을 위한 연구는 전 세계적으로 난제 중의 난제로 손꼽히고 있습니다. 과학자로서 이러한 도전적 연구에 주저 없이 뛰어든 수 있었던 원동력은 무엇이었는지요?

대학교 때 전공이 항공공학이었습니다. 그 때를 돌이켜 보면, 비행기처럼 시스템을 설계해서 통합적으로 추진하는 데 취향이 있었던 것 같습니다. 그리고 개인적으로 다양한 분야에 걸쳐 사람들과 모여 교류하는 것을 좋아합니다. 그래서 몇몇 연구회를 만들어서 진행했습니다. 지금 삼성과 9년째 진행하고 있는 어린이환경보전 공동심포지엄도 그 중 하나입니다. 처음 어린이 건강을 위해서 의사와 공학자가 무엇을 해야 하는가라는 물음에서 시작하여 교류를 하다 보니, 환경이 아토피 질환에 미치는 영향에 대한 연구과제도 함께 수행하게 되었습니다.

꾸준히 제가 연구하는 분야에 관심을 갖고 다양한 사람들과 교류하면서 그동안 얻은 경험과

지식을 추가하다 보니, 관련된 문제가 발생했을 때, 문제를 진단하고 풀어나갈 방법을 고민하는 데 단련된 것 같습니다. 미세먼지 사업단장도 제가 그동안 쌓아 온 경력과 지식들을 모두 녹여낼 수 있는 자리라고 생각하고 최선을 다해보겠습니다.

단장님께서 앞으로 사업을 추진하는데 있어 국민의 자발적 참여가 큰 힘이 될 것 같습니다. 미세먼지 사업단장으로서 일상에서 미세먼지 줄이기에 동참할 수 있는 방법에 대해 말씀해 주십시오.

미세먼지와 관련해서 언제 환기하면 좋은지 물어보는 질문을 정말 많이 받습니다. 그런데 이 질문은 고장 난 시계를 달라는 것이나 마찬가지입니다. 대기상태는 일정하지 않기 때문에 매번 정해진 시간에 환기하는 것이 적절하지 않을 수 있기 때문입니다. 이처럼 국민들이 미세먼지에 대한 지식이 부족하여 제대로 대응하지 못하는 것은 큰 문제입니다.

미세먼지에 대해 정부나 기관은 국민을 돕는 역할을 할 뿐이고 가정에서 대응하는 일은 개인의 몫입니다. 과거 땀감을 떼던 시절, 거기서 발생하는 먼지와 일산화탄소가 건강을 위협하는 요소라고 인지를 못했기 때문에 그대로 흡입했습니다. 미세먼지에 대한 과학적 지식을 기반으로 합리적으로 생각한다면 언제 환기해야 하는지, 주방에서 레인지우드를 왜 켜야 하는지 판단할 수 있습니다.

국민 개개인이 합리적으로 판단하면서 생활할 때 미세먼지에 대한 사회적 비용을 최소화할 수 있습니다. 이것이 전제되지 않는다면 아무리 효과적인 미세먼지 대응방안을 마련하여도 큰 효과를 보기 어렵습니다. 때문에 대국민 교육이 매우 필수적이며, 이를 위해 3년 간 미세먼지 파수꾼 1000명을 양성하고 미세먼지 전문가 포럼도 운영할 생각입니다. 국민들이 미세먼지에 조금 더 관심을 가져서 건강도 지키고, 미세먼지도 줄이는 일에 동참할 수 있기를 바랍니다.

강혜정(미래전략팀, hjkang@kist.re.kr)

배귀남 단장

- ▲ 現 미세먼지 국가전략프로젝트 사업단장, 한국실내환경학회 회장, 고려대학교-KIST 에너지환경정책 기술대학원(Green School) 겸임교수, 국민대학교 일반대학원 기계공학과 학연교수
- ▲ 서울대학교 항공공학 학사, 한국과학기술원 유체역학 석사, 한국과학기술원 입자공학 박사

DARPA의 혁신적 R&D 성과, 어떻게 탄생하는가?

현 시점에서 세상을 변화시키는 것들에는 무엇이 있을까? 음성인식 인공지능(AI), 자율주행 자동차 등 신기술이 실제 산업에 적용되고 상용화 되는 시점이 빠르게 다가오고 있다. 그런데 이러한 신기술은 최근에 갑자기 발명된 것들이 아니다. 특히, 음성인식 AI는 미국 방위고등연구계획국(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)의 R&D 과제(2003)에서부터 출발해 애플 시리(Siri)와 같은 지금의 수준에 이르렀다. 자율주행 자동차 역시 DARPA가 투자를 아끼지 않음으로써 전세계 연구자들의 R&D를 급속도로 촉진시켰다.

계속해서 혁신적인 R&D 성과를 창출해내는 DARPA는 모순적이게도 자체적으로 수행하는 R&D 기능을 갖고 있지 않다. 그렇다면 무엇이 DARPA로 하여금 세상을 변모시키는 혁신(transformative innovation)을 일으키게 한 것일까? 그리고 한국에 DARPA식 R&D 모형을 적용하려면 어떻게 해야 하는가? 이번 호 이슈분석에서는 이 질문에 대한 답을 찾아 본다.



“무한히 펼쳐진 미래의 공간으로 창을 던져라.” – 프란츠 리스트(Franz Liszt)

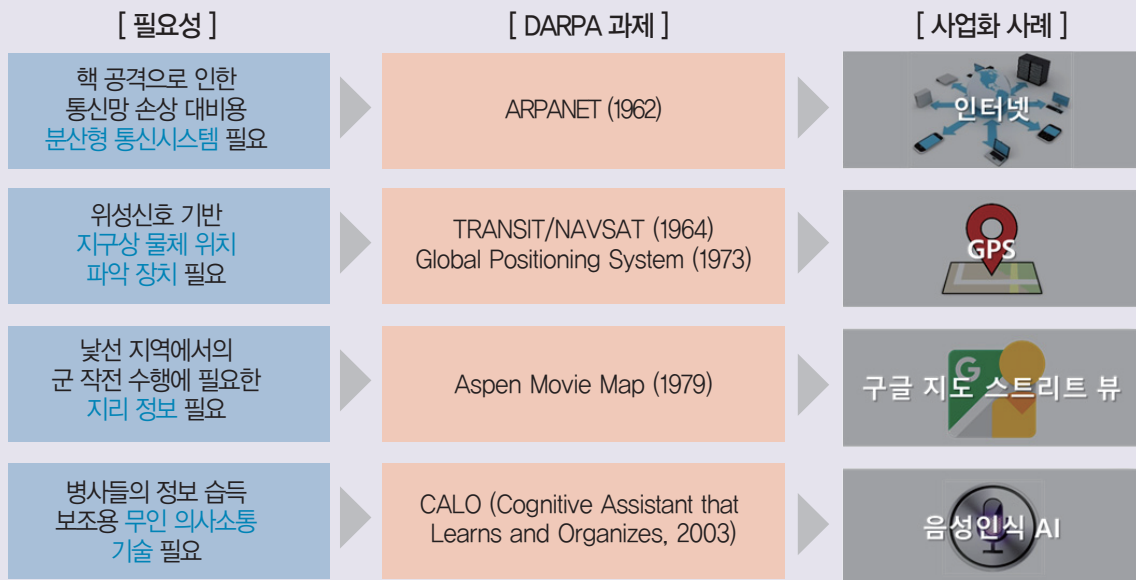
1

DARPA 분석의 목적

美, DARPA 지원을 통해 지속적인 파괴적 혁신 유발

- DARPA, 대규모 예산을 기반으로 미래전 승리를 위한 문제발굴 및 방안 연구
 - 연간 총 예산 약 30억 달러로 연구과제(3~5년)당 1천만~4천만 달러 예산 배정
 - 연구자의 호기심이 아닌 국가안보 및 시민생명과 직결된 문제 해결에 초점
 - * DARPA, 소련의 스푸트니크 발사라는 적국으로부터의 기술적 충격이 반복되지 않도록 선제적 R&D 수행을 위해 설립(1958년)
- 개발된 국방기술의 민간이전(spin-off)을 통한 산업계 혁신 유발
 - 바이오, 소재, 로봇, 에너지 등 다양한 분야에서 기술 R&D 및 민간이전
 - * 인터넷, GPS 등 다양한 기술이 민간 이전 후 사업화에 성공

| DARPA의 파괴적 혁신 사례 |



왜 한국의 정부 R&D 투자는 DARPA식 혁신으로 이어지지 않는가?

- 정부 R&D 투자와 성과 간 괴리 존재
 - 투입 실적은 세계 10위 내인 반면, 성과는 15위 이하 기록
 - * 그간의 R&D 환경 개선은 성과 향상을 위한 방향으로 진행

| 한국의 정부 R&D 투자와 성과 |

투 입	<ul style="list-style-type: none"> • 정부 R&D 예산 18.9조 원(2015) ※ GDP 대비 투자규모(4.29%) 세계 1위 • 총 R&D 인력(FTE, 43만 명) 세계 6위
성 과	<ul style="list-style-type: none"> • 기술사업화(지식파급효과) 세계 47위 • 10년간 상위 1% 논문 점유율(2.6%) 세계 15위 • R&D 대비 기술수출 비중(12.6%) 세계 26위

- 반면, 파괴적 혁신 유발의 관점에서는 상기 성과지표가 내포한 혁신의 한계성에 초점을 맞출 필요 존재
 - 논문·특허 등 정량평가 중심 평가체제, R&D 목표 자체를 수치로 한정
 - * 평가 대비를 위한 근시안적 R&D 기획이 불가피한 환경 조성
 - 최종 수요자 니즈 반영의 미흡한 수준으로 인해 연구성과 확산 저조
 - * 연구를 위한 연구, 산업계로의 성과 확산으로 연계되지 못한 채 사장
- DARPA, 정부기관의 파괴적 혁신 유발기능 관련 벤치마킹 대상으로 적절
 - R&D 기획, 운영, 성과관리, 성과확산, 지원환경 구축의 관점에서 분석 실시

2

DARPA 혁신의 성공요인

높은 실패 가능성을 용인하는 파괴적·혁신적 R&D 과제 기획

- End-game 접근법을 통한 미래의 파괴적·혁신적 제품 및 서비스 선제적 구상
 - 구상한 제품 및 서비스에 필요한 니즈와 기술을 예측하여 R&D 효율성 극대화(예 : 메탄올 산화 연료 전지 개발을 위한 촉매 발견 및 최적화, 기초 전기화학 모델링, 고분자 멤브레인 기술 개발 요구 도출)
 - * 전통적 기술개발 접근법 : 개별 연구자에 의해 기술개발이 선제적으로 이루어진 후, 점진적 발전 또는 융합과정을 거쳐 미래의 신제품 개발에 적용
- 과제 달성도 10% 이내의 도전적 과제 선정
 - DARPA 혁신의 핵심은 아이디어에 대한 개방성, 위험 감수, 실패 용인 문화
 - * 충분히 과감하지 않은 아이디어는 과제화 거부
 - 제안된 아이디어는 엄격한 심사를 통해 철저히 조사하여 과제화 결정
 - * 1970년대 중반 조지 하일마이어(George Heilmeir) 국장이 개발한 질문을 활용해 신규 과제 대상 심사



“실패한 과제가 없다는 것은 우리가 멀리 나아가지 못했다는 뜻이다.”
- 존 론치베리
(DARPA 오피스 디렉터)

하일마이어 질문(The Heilmeier Catechism)

- 당신이 무엇을 하고자 하는지 전문용어를 일절 사용하지 않고 설명해 보시오.
- 당신이 하고자 하는 것과 관련하여 현재 상황은 어떠하며, 한계점은 무엇인가?
- 당신의 방법은 어떤 면에서 새로운가? 그리고 그 방법이 성공할 근거는 무엇인가?
- 성공한다는 가정 하에 당신의 방법은 어떤 차이점을 만들어 낼 것이라 보는가?
- 여기에 따르는 위험과 이익은 무엇인가?
- 비용이 얼마나 들 것이라 보는가?
- 성공여부 확인을 위한 중간·최종점검은 어떻게 이루어져야 하는가?

과제 책임자(Program Manager, PM) 중심 R&D 운영

- PM에게 R&D 운영 관련 전권을 부여함으로써 연구 친화적 환경 제공
 - 과제 발굴, 과제 획득, 연구팀 조직, 예산 운용, 연구 종료 등 권한 부여
 - PM에게 무한한 자율성(autonomy)을 보장하되 선제 조건으로 신뢰 강조
- PM, 아이디어 발굴 및 지원 뿐 아니라 의사소통 및 커뮤니티 구축까지 수행
 - 과제로 목표 달성에 필요한 예산·일정 감독, 기술·계획상 문제 해결 지원, 연구그룹 간 의사소통·협력 관리 등 필요 업무 수행
 - * 업무 수행 시 가장 중요한 역할은 의사소통 역량
 - 커뮤니티 구축을 통한 연구성과의 실제 구현 역시 중요
- 개방적·수평적 조직 운영 가능
 - PM, 대학·기업·연구소 등에서 최고의 인재로 팀 구성
 - * DARPA에서의 연구경력, 개인경력 업그레이드의 기회
 - 최대 2단계(PM-오피스 디렉터-국장)의 소통 체계 구축
- 과제 기간 종료와 동시에 PM 임기 종료
 - 오피스 디렉터를 포함한 연간 25%의 인력을 교체함으로써 혁신의 지속성 유지
 - * 지속적인 신규 인력 유입을 통한 신기술 적용으로 과거의 실패 과제를 해결



“PM은 반드시 밖으로 나가 사람들을 만나서 상황을 파악하고 있어야 한다.”
- 맷 헵번 (DARPA PM)

스텔스기 개발의 적시(適時)

1970년대 초, 레이더유도 방어시스템의 진보는 미국 전투기의 위력을 약화시켰다. 이에 중전의 스텔스 기능을 획기적으로 개선하자는 요구가 급증했다. 이에 DARPA는 여태까지 본 적 없는 수준의 스텔스 기능을 개발하는 연구를 지원해 1970년대 초에 F-117A 스텔스기와 B-2 폭격기를 개발해냈다. 이는 이 시기에 새로운 전파흡수재, 컴퓨터 매개 전기신호식 비행조종 제어기술의 개발이 선행되었기에 가능했다.

간소화된 성과관리 체계를 통한 혁신의 신속성 및 지속성 확보

- 3~5년 단위 프로그램 운영을 위한 성과관리 체계 간소화
 - 동료평가(peer review) 절차를 생략하고, 경과보고 성격의 과제 리뷰만 실시
- 기획단계에서 과제 달성도 10% 이내의 혁신적 과제를 추구하기 때문에 실패한 과제를 학습기회로 인식
 - 실패과정 중 가치 있는 지식을 창출했다면 바른 실패로 여기는 반면, 연구자의 불성실한 태도로 인한 실패는 바람직하지 않은 실패로 평가

과제목표달성 실패를 대하는 DARPA의 자세

HTV-2는 로켓에서 발사되어 30분 간 마하 20(약 24,500km/h)의 속도로 활공하는 것을 목표로 개발에 착수한 극초음속 비행체이다. 그러나 2010년 4월과 2011년 8월, 두 번의 비행시험에서 HTV-2는 불과 9분 만에 마찰열로 인해 비행체 덮개 일부가 벗겨지면서 비행을 끝마쳐야 했다. 그러나 크리스 솔츠 PM은 과제의 포부와 그간의 성과를 인정받아 2011년 올해의 DARPA PM에 선정되었다.

연구성과의 사업화 연계를 위한 성과확산 환경 조성

- 아이디어의 민·군 실용화 성공, 세상을 변화시키겠다는 DARPA 목적에 부합
 - 기초분야 역시 상용화 가능성이 있는 아이디어 선호
 - PM, 개발한 신기술을 상용화 시키기 위한 교량 역할 수행
 - 적응형실행 오피스(Adaptive Execution Office), 과제 전 주기동안 아이디어의 디자인 및 실제조 관련 정보를 PM에게 제공
 - * PM의 군(軍) 대상 의사소통을 지원하기 위한 각종 자원 및 전문 인력 지원
- 단일제품 상용화를 넘어 차세대제품 개발을 위한 플랫폼구축
 - 연구과제 진행 시, 다양한 활용성을 지닌 잠재적 플랫폼 기술 발견에 대한 가능성 확인



“DARPA는 응용분야가 아닌 기초분야를 대할 때도 연구성과를 어떻게 활용할 수 있을지 자문한다.”
 - 브라이언 피어스
 (DARPA 부오피스 디렉터)

빅 메카니즘(Big Mechanism) 과제의 플랫폼화

빅 메카니즘 과제의 목적은 암 유발 과정에서 Ras 단백질의 역할을 밝혀내는 것이었다. 이를 위해 연구진은 단백질의 역할에 대한 방대한 문헌을 분석할 수 있는 지능형 자동 시스템을 개발하여 암 발생기작과 치료법에 대한 지식을 축적하고자 했다. 이러한 시스템 자체가 매우 큰 가치를 지니고 있다는 것을 깨달은 DARPA는 암 관련 문제 이외의 다른 문제들에도 이 시스템 방식을 적용하여 각종 인과관계를 빠르게 밝혀낸다는 새로운 목적을 수립하게 되었다.

연구친화적 환경을 구축하기 위한 지원체계 구축

- 계약관리 오피스를 통해 국방부와의 과제착수 협상의 효과성·효율성 제고
 - 대규모·복합적 계약 위주인 정부와 단기적·핵심집중적 과제 위주인 DARPA 간 의견 조율
 - * 협상의 목적은 DARPA의 미션 달성
 - 기타 거래(other transactions, OTs) 권한 확보
 - * 1989년 이후 대부분의 취득법규·규제로부터 자유로운 계약활동이 가능해졌고, 1994년에 국방부의 R&D 단계에 제한됐던 투자권한이 시제품제작 단계로 확장
- 반 관료주의 기관운영을 통한 기존 관습, 권력구조, 위험회피성향의 고착화 지양
 - 지원인력을 포함한 DARPA 내 모든 인력의 관료화 경계
 - * 모든 업무의 지향점은 업무목표 달성으로 일원화
 - 지원인력, 외부의 공격으로부터 오피스 리더십 및 PM 보호
 - * DARPA 구성원, 목표 달성을 위한 조직 내 핵심인력은 PM이라는 것에 동의
 - 위험 감수, 자율성 부여, 속도 중시 문화 확산으로 관료주의 억제

End-game 접근법을 통한 명확한 목표가 존재하는 과제 기획 필요

- 기존 R&D 기획 방법 개별기술에서부터 출발해 최종 제품 및 서비스를 구상하는 방식으로 기술 로드맵 구상
 - 개별기술은 개발되어 있으나 이를 활용하는 방법에 대한 구체적인 계획 마련이 별도로 필요
- 최종 제품 및 서비스를 결정한 후, 이에 필요한 요소기술을 정의하고 과제화하여 R&D에 착수하는 End-game 접근법이 대안으로 적절
 - 개별기술에 대한 R&D 계획, 개발된 개별기술들의 결합 계획 및 방법에 대한 구체적 로드맵 도출 가능
 - 단, 최종 제품 및 서비스는 파급효과가 큰 파괴적 혁신 성격 내포 필요

PM 주도 R&D 운영체계 수립 필요

- 조직은 과제 선정 및 지원에 대한 역할을 수행하며, 실제 R&D는 PM이 주도하는 운영체계 수립
 - 과제 운영에 대한 전권을 PM에게 부여함으로써 자율성 보장
- 단, PM에게 과제운영 자율성을 부여하기 위한 조직 차원에서의 예산 확보 필수
 - 다년도 블록펀딩(블특정 예산) 방식으로 예산 확보 가능성 고려 가능
 - 정부·국회 대상 국가 차원에서의 파괴적 혁신을 위한 R&D 투자 설득 필요

파괴적 혁신에 초점을 맞추는 목표 달성 중심 성과관리체계 구축 필요

- 단순 수치 향상에 초점을 맞추는 기존의 정량평가 대신 목표 달성에 초점을 맞출 필요성 존재
- 동료 평가, 위원회 평가, 정부 평가 등 각종 평가체계를 간소화하고, 마일스톤 평가를 통한 신속한 과제 진행 및 종료 유도
- 가치 있는 실패를 용인하고 독려함으로써 혁신적인 시도가 지속되는 환경 조성

4차 산업혁명형 R&BD를 위한 성과확산체계 마련 필요

- PM, R&D 임무뿐만 아니라 사업개발(business development)까지 책임
 - PM의 사업개발 업무를 보조하는 지원부서 설립·운영 필요
- R&D 전주기에서의 외부 투자자 참여를 독려할 수 있는 법·제도 마련 필수

지원환경 조성 및 혁신문화 확산 필요

- R&BD 목표 달성이 가장 중요하다는 대원칙 확산
 - 이러한 대원칙 하에 R&BD 수행 PM이 조직의 핵심인력이라는 공통의식 확산
- 파괴적 혁신 문화·성과 확산을 위한 외부로부터의 공격을 방어할 수단 마련 필수

I. 주요 과학기술 정책 :

2018년 정부 주요 연구개발 예산배분 조정결과 발표¹⁾

개요

제16회 국가과학기술심의회(간사위원 최양희 미래부 장관)에서 「'18년 정부 R&D 투자 방향」에 대한 예산 배분·조정(안) 확정

- '18년 배분·조정(안)을 위해 미래부는 지난 3월 기업·대학·출연(연)의 연구자 및 전문가 등으로 부터 의견을 수렴하여 「2018년도 정부 연구개발투자 방향 및 기준」을 마련·제시(3.15)
 - 이를 토대로 각 부처가 신청한 예산(~5.31)에 대해 산·학·연 민간 전문가로 구성된 7개 기술 분야별 전문위원회*의 심층검토를 거쳐 최종안 마련
 - * 공공우주/ 에너지환경/ 기계소재/ ICT 융합/ 생명의료/ 기초기반/ 국방
- 정부는 14조 5,920억원을 주요 국가연구개발사업*에 투자하여 제4차 산업혁명에 대응하고, 이를 토대로 미래성장동력의 확충과 연구자 주도 기초연구 지원을 확대할 예정
 - * 기초원천·응용개발 등 과학기술 연구개발, 출연(연)·국공립연구소 주요사업비, 국방 R&D 등 주요연구 개발 사업 총 20개 부처 460개 사업('18년)
- 미세먼지, 치매 등 국민 삶의 질 향상과 밀접한 문제를 가진 분야의 과학기술적 솔루션 확보를 위해 정부 주도의 투자를 확대하며, 일자리 창출 효과가 높은 연구개발에 대해 우선 투자

'18년도 정부연구개발(R&D) 중점 투자분야

기초원천연구에 대한 투자를 확대하고, 과학기술 기반의 일자리 창출에 역점

① 기초연구 및 기반 확대 : ('17) 1.5조원 → ('18) 1.8조원 (15.6% 증)

- 도전적이고 창의적인 연구 진흥을 위해 연구자 주도 방식의 기초연구 지원을 확대하였으며, 연구현장에서의 수요가 많은 중견 연구자와 소규모 집단 연구 지원을 강화
- 임용초기부터 연구에 몰입할 수 있도록 신진연구자의 연구비와 연구장비 구축 비용 등을 지원 하는 '생애 첫 실험실' 지원 확대

* 개인·집단 기초연구 : ('17) 1.26조원 → ('18) 1.50조원 (18.5% 증)

▶ 중견연구자 지원 : ('17) 4,600억원 → ('18) 5,522억원 (20.0% 증)

▶ 생애첫실험실 지원 : ('17) 150억원 → ('18) 525억원 (250.0% 증)

▶ 소규모 집단연구 : ('17) 181개 → ('18) 227개 (25.4% 증)

* 기초연구 기반조성 : ('17) 2,612억원 → ('18) 2,649억원 (1.4% 증)

▶ 중이온 가속기 제작·건설 : ('17) 1,489억원 → ('18) 2,250억원 (51.1% 증)

- 도전성과 창의성을 중심으로 과제 선정평가 체계를 개선*하여 기초연구 분야의 투자확대가 실질적 성과제고로 이어질 수 있도록 지원

* 도전성·창의성 평가지표 비중(신진연구자) : ('17) 60% → ('18) 70%

② R&D 기반 일자리 창출 : ('17) 7,774억원 → ('18) 9,320억원 (19.9% 증)

- 일자리 효과가 높은 R&D 사업에 대한 투자를 확대하여 일자리 생태계 조성에 주력
- 일자리 창출효과가 높은 인력양성·활용, 기술 창업, 사업화 지원 분야의 사업에 우선 투자

- * ① 인력양성·활용 : ('17) 2,871억원 → ('18) 3,321억원 (15.7% 증)
- ② 기술창업 : ('17) 2,489억원 → ('18) 3,392억원 (36.3% 증)
- ③ 사업화지원 : ('17) 2,414억원 → ('18) 2,607억원 (8.0% 증)

4차 산업혁명에 대한 선제 대응 및 바이오신산업, 서비스 R&D 의 육성으로 미래성장동력 확충

③ 4차 산업혁명 대응 : ('17) 12,122억원 → ('18) 15,230억원 (25.6% 증)

- 4차 산업혁명 대응력 강화를 위해 4차 산업혁명의 전략적 투자범위를 5대 영역*으로 설정
- 영역별 기술·시장 특성과 미래성장동력(19대), 국가전략프로젝트 등 기존 국가성장동력사업 등을 종합적으로 검토하여 투자

| 4차 산업혁명 5대 투자영역* |

영역	내용	예시
① 기초과학	· 4차 산업혁명 기술혁신의 이론적 기초를 제공하는 과학	뇌과학, 수학 등
② 핵심기술	· 4차 산업혁명의 기술적 동인이 되는 요소기술	AI, 빅데이터, IoT 등
③ 기반기술	· '핵심기술'과 결합하여 파급력을 증대시키는 부가기술	이동통신, 반도체 등
④ 융합기술	· 공공·산업 융합 분야의 실질적 부가가치를 창출하는 기술융합	자율주행기술 등
⑤ 법·제도	· 4차 산업혁명의 기술·산업혁신을 뒷받침하는 제도·법령 등	무인기 이용촉진제도 연구 등

- 4차 산업혁명 5대 투자영역은 '18년도 R&D 예산 편성을 위한 기준과 범위로서, 향후 범정부 차원의 4차 산업혁명 종합전략이 수립되면 이에 연동하여 개편·보완할 계획
- 4차 산업혁명에 대응하는 새로운 투자모델로 '(가칭) 패키지 지원 방식'을 도입
- ※ 기존 사업별 지원방식에서 벗어나, 연관되는 기술·산업·제도를 하나의 시스템으로 구성하여 통합 지원하는 방식이며, '18년에는 자율주행차, 미세먼지, 정밀의료 분야에 시범적용

- * 4차 산업혁명 핵심기술 분야 : ('17) 2,099억원 → ('18) 2,897억원 (38.0% 증)
- * 4차 산업혁명 기반기술 분야 : ('17) 3,541억원 → ('18) 3,777억원 (6.7% 증)
- * 4차 산업혁명 융합기술 분야 : ('17) 5,035억원 → ('18) 6,731억원 (33.7% 증)

④ 바이오신산업 육성 : ('17) 5,257억원 → ('18) 5,764억원 (9.6% 증가)

- 바이오경제 시대를 앞당기기 위해 글로벌 진출 잠재력이 큰 신약개발 분야를 지속 지원하고, BT·ICT·로봇 등이 융합된 신개념 의료기기 및 정밀의료 분야의 투자 확대

- * 유망신약후보물질 지원 : ('17) 885억원 → ('18) 965억원 (9.0% 증)
- 신개념 의료기기 분야 : ('17) 629억원 → ('18) 722억원 (14.9% 증)
- 정밀의료 등 바이오융복합 : ('17) 1,197억원 → ('18) 1,605억원 (34.1% 증)

⑤ 중소기업 성장 : ('17) 16,439억원 → ('18) 16,945억원 (3.1% 증)

- 중소기업이 4차 산업혁명의 주역이 될 수 있도록 AI, 빅데이터, IoT 등 핵심기술 경쟁력 확보를 위한 지원 강화와 일자리 창출 효과가 큰 창업기업(창업 후 7년 내) 투자 확대

* 창업기업 지원 : ('17) 1,951억원 → ('18) 2,757억원 (41.4% 증)

기술혁신 지원 : ('17) 2,369억원 → ('18) 2,779억원 (17.3% 증)

⑥ 서비스 R&D 육성 : ('17) 6,647억원 → ('18) 7,826억원 (17.7% 증)

- 서비스경제 시대에 대비하여 가사, 교통, 방송·미디어 등에 AI·IoT 등을 접목하여 생활편의를 높이는 미래 생활 신서비스에 투자 강화 및 공공서비스의 스마트화도 적극 지원

* 미래생활형 新서비스 : ('17) 1,414억원 → ('18) 1,997억원 (41.3% 증)

공공서비스 스마트화 : ('17) 1,908억원 → ('18) 2,156억원 (13.0% 증)

국민 삶의 질 향상을 위한 재난·재해, 기후변화 대응역량을 강화, 국민복지 증진을 위한 R&D 강화

⑦ 재난·재해 대응 : ('17) 8,116억원 → ('18) 8,951억원 (10.3% 증)

- 지진, 산불 등 최근 대형화·복잡화하는 재난·재해에 효과적으로 대응하기 위해 부처 간 R&D 협업체계 강화 및 가축재해의 적극 대응을 위해 발생 전·후 단계에 걸친 R&D 투자 강화

* 역할분담형, 공동기획형, 현장-기술개발 소통형 3개 협업모델로 유형화하여 관리·운영

* AI·구제역 분야 R&D : ('17) 155 → ('18) 290억원 (87.9% 증)

국가전략프로젝트(미세먼지) : ('17) 120 → ('18) 159억원 (32.8% 증)

⑧ 기후변화 대응 : ('17) 8,389억원 → ('18) 8,955억원 (6.8% 증)

- 온실가스 감축 대응역량 강화와 에너지 신시장 선점 지원을 위해 청정에너지, 에너지산업 등 기후변화 대응 핵심기술 분야에 중점 투자

* 신재생에너지 : ('17) 1,975억원 → ('18) 2,135억원 (8.1% 증)

에너지신산업 : ('17) 2,487억원 → ('18) 2,685억원 (8.0% 증)

- 최근 화두가 되고 있는 기후변화 위험에 대응하기 위해 이상기후 현상의 경보에 대한 R&D를 확대하고, 물부족 등에 대한 영향예보 연구개발을 새롭게 추진

* 가뭄발생 진단·예측 분야 : ('17) 23억원 → ('18) 36억원 (56.5% 증)

자연재해대응 영향예보생산 : ('18 신규) 28억원

⑨ 국민복지 증진 : ('17) 592억원 → ('18) 877억원 (48.1% 증)

- 사회 취약계층에 대한 복지 증진을 위해 만성질환 예방·관리 등에 대한 연구개발 지원 강화

※ 국가치매책임제를 시행하기 위해 치매원인 규명, 조기 진단 등 치매극복연구 적극 지원

* 치매대응R&D 분야 : ('17) 190억원 → ('18) 393억원 (106.4% 증)

재활지원R&D 분야 : ('17) 39억원 → ('18) 69억원 (78.3% 증)

만성질환관리 분야 : ('17) 91억원 → ('18) 119억원 (30.5% 증)

R&D 투자시스템 혁신 및 '18년도 예산 배분 · 조정(안) 특징 개요

투자효율성 강화를 위해 기존의 투자 시스템 개선을 통한 투자시스템 혁신도 병행하여 추진

- ① 관행적인 장기 계속사업을 단기로 전환하여 신규 재기회를 유도하고, 성과가 부진한 사업에 대해 부처의 자율구조조정 제도를 정착시킴으로써 구조조정 → 재투자의 선순환 구조 확립

* '17~'18년 일몰 사업수 55개 ⇨ '18년 일몰 재기회 사업수 37개
* 자율구조조정 규모 : '18년 0.4조원, 12개 부처 대상

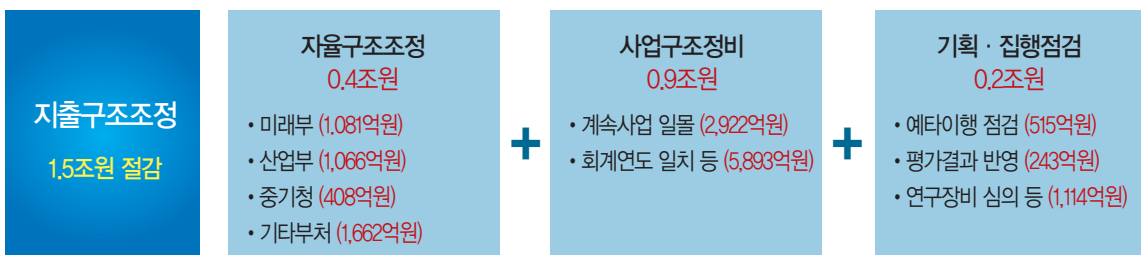
- ② 선도형 기술개발전략을 뒷받침하기 위해 R&D 사업방식을 다변화하여 경쟁방식이 효율적인 분야에 경쟁형 R&D를 대폭 확대하고, 융합형 R&D 사업 신설

* 경쟁형 R&D : '17년 8개 사업, 121억원 → '18년 21개 사업, 518억원 (327.9% 증)
* 융합형 R&D : 인공지능-바이오-로봇-의료 융합개발('18년 신규 84억원), 미래선도기술개발사업('18년 신규 54억원) 등

- ③ 대형 R&D 사업의 성공가능성을 촉진하기 위해 대형연구시설장비사업(200억원 이상)에 종합 사업관리(PM)* 체계를 점검하고, 관련 예산 편성

* 사업관리(Project Management) : 프로젝트 순과정에 대해 통합적인 관점에서 전문적 · 과학적 기법을 활용하여 공정 · 비용 · 성과관리 등을 수행

기초원천연구 강화, R&D 투자시스템 혁신을 통해 R&D 기초체력을 강화하고, 4차 산업혁명을 통한 일자리 창출과 삶의 질 향상에 주력



II. 월간 과학기술 현안

미래부, 2016 국가연구개발사업 조사분석 결과 발표

- 총 19조 44억원 집행 (기초연구, 중소·중견기업, 여성 지원 꾸준히 늘어)

- 미래부는 제29회 국가과학기술심의회 운영위원회에서, 「2016년도 국가연구개발사업 조사·분석 결과(안)」 보고
 - 조사·분석은 작년('16년) 35개 부·처·청·위원회가 집행한 562개 사업 및 54,827개 과제 대상
 - 총 집행액은 19조 44억원(전년 대비 0.7% 증가)으로 최근 5년간 연평균 4.5% 증가
 - 미래부(34.3%), 산업부(18.0%), 방사청(13.2%), 교육부(9.0%), 중기청(5.0%)이 79.5% 차지
- 연구수행주체별로, 출연(연)*이 7.8조원(41.2%), 대학이 4.3조원(22.5%), 중소·중견기업은 3.6조원(19.2%), 대기업은 0.5조원(2.6%), 국공립연구소 등 기타는 2.8조원(14.6%)
 - 특히 중소·중견기업의 지원은 최근 4년간 연평균 8.5%가 증가하여 동 기간 국가 R&D 연평균 증가율(4.0%)의 2.1배
 - * 국가과학기술연구회 산하 출연(연) : 국가과학기술연구회를 포함한 한국기계연구원 등 26개 기관
 - 부처 직할 출연(연) : 특정연구기관을 포함한 부처 산하 국방과학연구소 등 45개 기관
 - 인문사회계 출연(연) : 경제인문사회 연구회를 포함한 국토연구원 등의 28개 기관
- 연구개발단계별로, 기초연구는 5.1조원(38.9%), 응용연구는 2.8조원(21.0%), 개발연구는 5.3조원(40.1%)
 - 기초연구의 비중은 최근 5년간 연평균 3.6%로 꾸준히 증가
 - ※ 기초연구 비중(%) : ('12년) 33.8 → ('14년) 36.3 → ('16년) 38.9
- 지역별 집행규모는, 수도권(서울·경기·인천)이 34.9%(6.4조원), 지방(대전 제외)이 34.5% (6.3조원), 대전이 30.6%(5.6조원)
 - 최근 5년간 수도권과 대전을 제외한 지방 R&D 집행비중은 꾸준히 증가('12년 28.5% → '16년 34.5%)
- 6T 분야*별 집행규모는, IT(3.4조원, 19.0%), BT(3.3조원, 18.8%), ET(2.3조원, 12.8%), ST(1.3조원, 7.1%), NT(0.8조원, 4.5%), CT(0.2조원, 1.1%)
 - * 6T : IT(Information Technology), BT(Bio Technology), NT(Nano Technology), ET(Environmental Technology), ST(Space Technology), CT(Culture Technology)
- 연구과제별, 과제 당 평균 연구비는 3.5억원으로 최근 5년간 연평균 증가율은 2.1%
 - 연구비 구간별 과제 비중은 1억원 미만인 29,610개(54.0%), 1억원 이상~3억원 미만이 14,642개(26.7%), 3억원 이상~5억원 미만이 3,988개(7.3%), 5억원 이상이 6,587개(12.0%)
 - 공동(19,853건) 및 위탁연구과제(5,851건)는 총 25,704건으로 최근 5년간 지속적으로 증가
 - ※ 공동연구(건) : ('12년) 13,789 → ('14년) 14,096 → ('16년) 19,853
 - 위탁연구(건) : ('12년) 4,808 → ('14년) 5,114 → ('16년) 5,851
- 연구책임자별로, 총 연구책임자 수는 35,249명
 - 여성 연구책임자는 5,147명(14.6%)으로 최근 5년간 여성 비중은 지속적으로 증가
 - ※ 여성 연구책임자 비중(%) : ('12년) 11.6 → ('14년) 13.1 → ('16년) 14.6
 - 연구책임자 1인당 평균 연구비는 4.3억원으로 최근 5년간 연평균 증가율은 0.9%
 - 연구책임자의 연구비 분포를 보면 6,341명(18.0%)이 5천만원 미만, 8,786명(24.9%)이 5천만원 이상~1억원 미만, 14,074명(39.9%)이 1억원 이상~5억원 미만, 6,048명(17.2%)이 5억원 이상

미래부, 각 부처 17개 연구비관리시스템 2개로 통합

- 연구현장의 연구비 행정 부담을 대폭 줄인다

- 미래부는 연구현장에서 연구비 집행 업무로 인한 부담이 경감되도록 각 부처마다 제각각 운영 중인 17개 연구비관리시스템*을 미래부 Ezbaro, 산업부 RCMS로 이원화하여 2개로 통합
 - * (연구비관리시스템) 각 부처·전문기관에서 대학, 출연(연) 등 연구기관으로 지급하는 정부R&D 연구비의 집행·정산 정보를 관리하는 웹기반 정보시스템
- 미래부는 6월 26일(월) “제29차 국가과학기술심의회 운영위원회”를 개최하고 「범부처 연구비 통합관리시스템 구축 및 활용계획(안)」을 심의·확정

| 범부처 연구비통합관리시스템 구축 |

- 현행 연구비관리시스템은 크게 일괄지급 방식(대학, 출연(연) 중심)과 건별로 지급하는 방식(기업 중심)임
 - 17개의 시스템 중 미래부 Ezbaro(일괄지급+건별지급, 대학·출연(연)중심)과 산업부 RCMS(건별지급, 기업중심)가 대표적
 - Ezbaro와 RCMS 두 시스템 모두 대학, 출연(연), 기업 등 연구현장에서 사용이 익숙하고, 대학·출연(연) 및 기업에 각각 최적화되어 있어 상호 대체가 어려운 측면 존재
- 미래부는 각 부처 및 연구현장에서 Ezbaro와 RCMS를 사용하는데 문제가 없도록 연구비 집행 항목과 절차를 표준화하고, 연구비통합관리시스템(이하 통합시스템)의 범용성 제고
 - 금년 하반기까지 연구비 집행방식 표준안과 일괄지급·건별지급 방식에 관한 정비안을 마련하고, 이를 Ezbaro와 RCMS 두 개의 통합시스템 설계에 반영

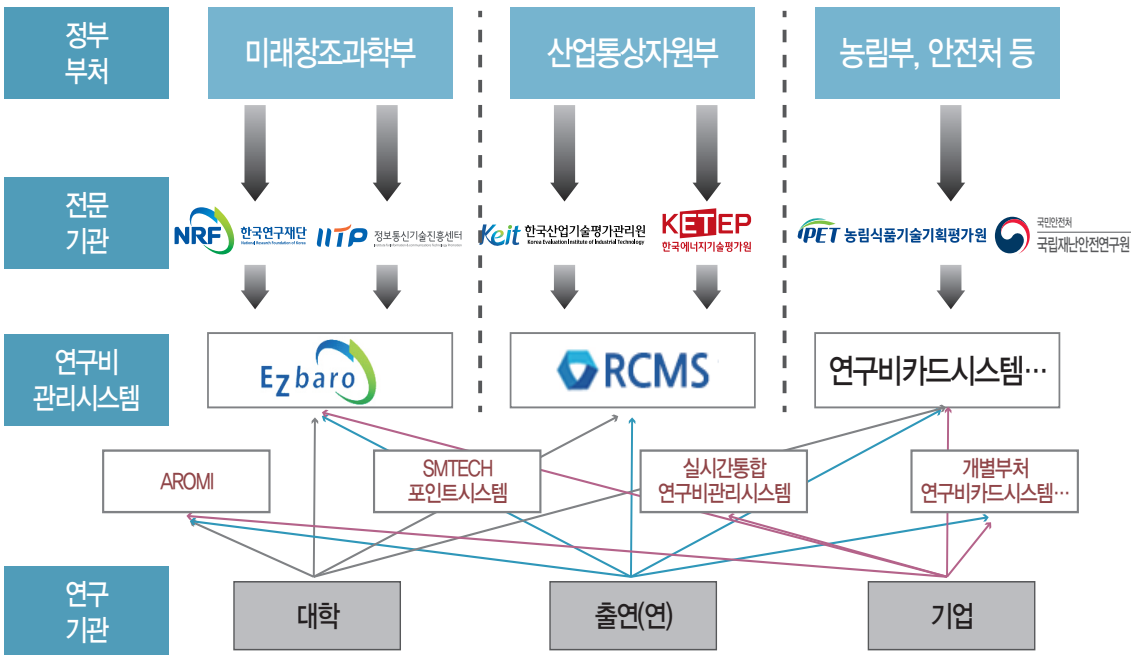


- 미래부는 올해 하반기에 현행 Ezbaro시스템 도입을 희망하는 부처(문화체육관광부, 기상청, 산림청, 원자력안전위원회 등)부터 우선 도입을 추진하고
- '18년도에 통합시스템 구축을 완료, '19년부터 통합시스템을 전 부처에 적용할 계획

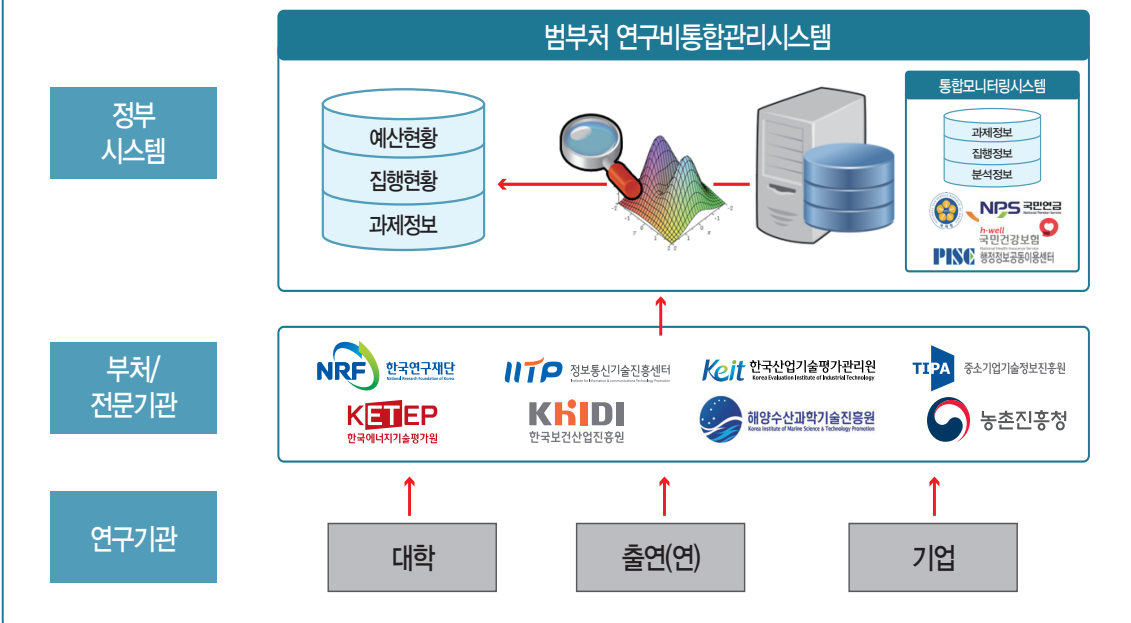
| 연구비통합관리시스템 활용기능 고도화 |

- 미래부가 추진하고 있는 연구비집행 통합모니터링시스템*(17년 구축 완료)과 연계·구축하여 통합시스템 활용기능을 고도화
 - * 각 부처 연구비관리시스템과 국세청, 관세청 등 대외기관 정보망과 연계하여 연구비 집행정보를 수집·분석하여 연구비 부당집행 등을 사전에 탐지·예방하는 시스템
 - 올해 주요 4개 부처(미래부, 교육부, 산업부, 중기청)를 대상으로 통합모니터링시스템을 우선 구축
 - '18년 말에는 새로운 통합시스템과 국세청 등 대외기관 정보망과 연계를 완료하여 각 부처의 이중집행, 참여과제 초과(3책5공) 등을 사전에 예방하는 체계를 구축할 계획
- 정책적 활용도가 높은 반면, 현재로서는 수집 분석이 곤란한 정부R&D 연구비 집행 통계도 분석하여 제공
 - 미래부는 연구기관(연구자)별 정부R&D 수행규모, 참여 연구원의 인건비 등 주요 통계를 실시간 분석하여 각 부처와 공유·활용할 계획
- 각 부처 및 연구기관이 편리하고, 효율적으로 사용할 수 있는 이용 환경을 제공
 - 통합홈페이지 (가칭) GAIA*(www.gaia.go.kr)를 새롭게 구축하여 사용 요령 등을 종합적으로 안내하고, 통합콜센터를 운영하여 적용 초기에 애로요인을 실시간으로 해결해 나간다는 방침
 - * GAIA(Government-Assisted Integrated R&D Administration System)

개선 전(AS-IS)



개선 후(TO-BE)



산업부, 한-캐나다 국제공동기술개발을 통해 4차 산업혁명 시대 공동 대응 시작!

- 2017년도 한-캐나다 국제공동기술개발사업 공고(6.26~9.8)

- 「한-캐나다 과학기술혁신 협력 협정」 이후 양국간 최초의 산업기술협력

- 산업부는 국내기업의 기술경쟁력 향상과 해외 시장진출 확대를 위하여 선진 기술을 보유하고 있는 캐나다 기업과 기술협력을 지원하는 한-캐나다 양자공동 연구개발(R&D) 프로그램을 개시

| 2017년 한국-캐나다 국제공동기술개발사업 개요 |

◆ (사업내용) 캐나다 기업과의 국제공동기술개발 지원을 통한 국내 기업의 해외시장 진출 및 첨단 기술 확보

* 한국 정부는 한국 수행기관에, 해외 정부는 해외 수행기관에 자금지원

◆ (지원분야) 사물인터넷, 첨단제조, 첨단소재, 친환경 에너지, 헬스케어

◆ (지원규모) 과제당 3억원/년, 3년 이내 지원 (총 정부출연금 7억원 이내)

- 한국과 캐나다는 '16년 12월 '한-캐나다 과학기술혁신 협력 협정*'을 체결하여 양국간 과학, 기술, 혁신 분야의 협력을 확대하기로 합의

* '14.3월 한-캐나다 정담회담시 양국의 과학기술 협력의 제도적 기반을 마련하기로 합의하고, '16.12월 '한-캐나다 과학기술혁신 협력 협정'에 서명

- 양국 전담기관*간 양해각서(MOU) 체결('17.6.23.) 등을 통해 올해 하반기부터 한-캐나다 공동 연구개발(R&D) 프로그램을 본격 시작

* (한)한국산업기술진흥원(KIAT)-(캐)국립연구위원회(NRC, National Research Council)

• 캐나다는 기초혁신 역량이 뛰어난 국가*로 바이오, 에너지 등의 분야에서 선진기술을 보유하고 있어 정보기술(IT)과 제조업이 강한 한국과의 기술협력을 통해 시너지 효과를 발휘할 것으로 기대

* 기술인프라 세계 13위(IMD, '15)이며, 기초과학분야 경쟁력 세계 6위(네이처 인덱스, '16)

- 양국은 각국의 정책적 육성 분야와 민간의 협력 희망 수요를 반영해 협력 시너지가 기대되는 중점 협력분야(①사물인터넷, ②첨단제조, ③첨단소재, ④친환경 에너지, ⑤헬스케어)를 선정

- 상기 중점 협력분야는 4차 산업혁명 시대 핵심 기술분야인 만큼, 향후 공동 연구개발을 통해 신기술 확보, 양국 기업의 세계적인 기술역량 강화 등 상생의 성과를 거둘 것으로 전망

• 2017년 하반기 한-캐나다 국제공동 연구개발(R&D) 사업의 주관기관은 반드시 기업이어야 하며, 과제당 최대 7억 원 규모로, 3년간 지원

- 학·연은 컨소시엄 내 참여기관으로 참가 가능

- 이번 사업에 참여를 희망하는 기관은 오는 9월 8일까지 한국 기관은 한국산업기술진흥원에, 캐나다 기관은 캐나다 전담기관(NRC)에 사업계획서를 동시에 제출 필요

- 접수된 사업계획서는 양국 전담기관이 각각 평가 후, 양국 평가결과를 바탕으로 전담기관간 협의를 통해 지원 대상과제를 확정

* 자세한 내용은 산업통상자원부 공고 제2017-346호 또는 과제접수시스템(www.pms.re.kr) 참고

| 한-캐나다 양자공동펀딩형 R&D 추진 절차 |

절차	일정	비고
사업계획서 접수	~9.8	(한국) www.pms.re.kr (상대국) NRC 담당자
↓		
사업계획서 평가	10월	양국 공통 접수된 과제만 평가(전담기관간 과제 정보 공유) 양국 전담기관 각자 평가 실시
↓		
지원대상과제 및 사업자확정	11월	양국 평가 결과에 따라 점담기관 간 협의를 통해 지원우선순위 확정
↓		
협약체결 및 사업수행	12월	양국 전담기관과 주관기관간 각각 협약체결 및 자금지원

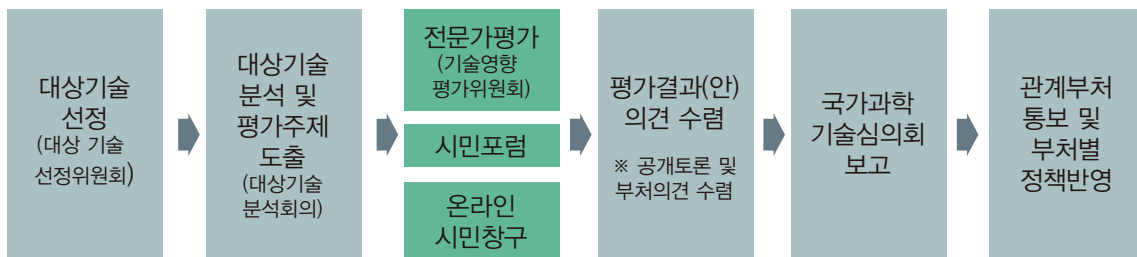
미래부, 2017년 기술영향평가를 위한 시민포럼 참여자 모집 완료

- 생명연장의 열쇠 「바이오 인공장기」, 시민 참여로 기술영향평가 실시

- 미래부는 2017년도 기술영향평가* 대상기술로 「바이오 인공장기」 기술을 선정
 - ※ (바이오 인공장기) 인간의 손상된 세포, 조직 및 장기를 대체하는 기술
 - 최근 고령화로 「바이오 인공장기」에 대한 관심이 높아지고 관련 기술 발전이 가속화
 - 「바이오 인공장기」 기술에 대한 경제·사회·문화·윤리 등에 미치는 영향을 사전에 평가할 필요성 대두
 - 매년 기술적·경제적·사회적 파급효과가 큰 미래 신기술을 선정
 - 사회 전반에 미치는 영향을 사전에 평가하고, 대응 방안을 마련하기 위해 기술영향평가*를 실시
 - * 과학기술기본법 제14조 및 동법 시행령 제23조
- ① 대상기술 선정
 - 후보기술 pool* 도출 → 대상기술선정위원회에서 후보기술 도출 → 관계부처 선호도 조사 → 최종 선정
 - * 국가 주요기술, 기술예측조사, 국내외 유망기술, 관계부처 및 국립연구소 등 추천
 - ② 기술영향평가위원회 평가
 - 전문가 시각에서 기술의 영향·파급효과 분석 및 정책적 고려사항 도출
 - ▲ 과학기술, 사회과학, 언론, 산업계 등 다양한 분야 전문가로 구성
 - ③ 시민포럼 평가
 - 일반시민의 입장에서 기술에 대한 느낌과 생각을 표현하고 아이디어 및 권고사항 등 제시
 - ▲ 성별, 연령, 직업, 학력, 거주지 등을 균형있게 배분하고, 토론참여 및 평가서 작성을 위한 성실성 등을 감안하여 선발(전문가 및 관련업계 종사자는 제외)
 - ④ 온라인 시민창구(<http://www.k2base.re.kr>) 운영
 - 시공간의 제약없이 누구나 기술영향평가 자료 열람 및 의견제출

- 기술영향평가는 전문가 관점의 「기술영향평가위원회」와 시민 관점의 「시민포럼」을 동시에 운영하여 상호 보완적으로 실시
 - 「기술영향평가위원회」는 기술·인문·사회 분야 전문가들이 경제·사회·문화 등 각 부문에 가져올 영향을 평가
 - 「시민포럼」은 일반시민의 입장에서 아이디어 및 권고사항을 제시
 - 7월부터 9월까지 총 4회에 걸쳐 「바이오 인공지능」 기술이 국민에게 미칠 수 있는 파급효과에 대해 심도 있게 논의
 - 6.26.(월)부터 11.3.(금)까지 일반 국민들도 자유롭게 의견을 제시할 수 있는 ‘온라인 참여 창구’도 운영
 - * KISTEP K2Base 홈페이지 접속(<http://www.k2base.re.kr>) → 미래사회와 기술 → 기술영향평가 → 온라인 시민참여 → 공지사항 및 자료실 열람 → 의견 작성 게시판
 - 기술에 관심있는 사람이라면 누구나 온라인 참여 창구에 수시로 제공되는 기술 관련 정보를 확인하고 의견 제시 가능

| 평가체계 |



- 11월 경에는 산·학·연 전문가 외에도 시민단체 및 일반 국민들이 기술영향평가 결과에 대하여 자유롭게 의견을 제시할 수 있도록 대국민 공개토론회를 개최할 계획

한원석(정책실, 과학기술연합대학원대학교 석사과정, g16501@kist.re.kr)

I. TePRISM :

초경량 · 형상변형 가능한 연료전지 기술 개발

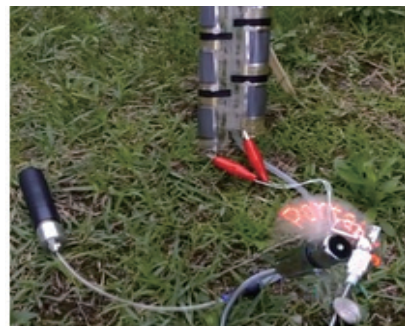
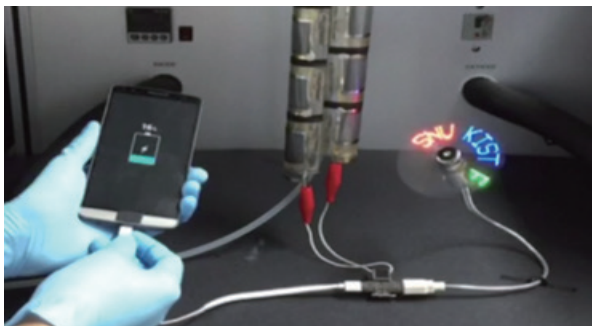
※ TePRISM은 TePRI + PRISM의 준말로 KIST의 주요 연구 · 경영성과에 대하여 소개하는 코너입니다.

초경량 · 플렉서블 연료전지 기술 개발로 차세대 드론 에너지원 개발 기여

기존 리튬이온배터리를 대체하는 가볍고 휘어지는 연료전지 구현

- KIST 연료전지연구센터 유성종박사팀과 서울대학교 멀티스케일 에너지시스템연구단은 초경량 · 플렉서블 연료전지 스택(Stack)* 개발에 성공
 - * 여러 개의 연료전지를 직렬로 배열하여 전압을 높이는 연료전지의 구조.
- 최근 웨어러블 전자기기**와 같은 휴대용 전자기기에 대한 관심 증가로 형상 변화에도 고성능을 유지하는 플렉서블 전원 연구가 전 세계적으로 활발
 - ** 차세대 미래 전자기기 기술로 착용가능한 의류, 악세서리등을 전자기기로 만든 형태.
- 대부분 기기에 사용되는 리튬이온배터리는 소형화에 따른 에너지 저장량 확보에 한계가 존재하므로 근본적인 대체 에너지원 개발이 필요한 상황
- 연구팀은 플라스틱 필름에 열을 가하여 가공하는 기술을 이용하여 지금까지 보고된 최고 성능의 플렉서블 연료전지 스택 제작과 시연에 성공
 - 폴리카보네이트 필름으로 두께 0.992mm, 무게 2.23g, g당 0.228W의 전력을 내는 초경량, 최대 효율의 유연한 연료전지 제작 및 굽힘 내구성 확인
 - 연구진은 최종적으로 10개를 원통형 직렬로 연결한 스택을 구성하여 스마트폰 충전, LED 팬의 동작 가능성을 확인함으로써 상용화 근접성 제시

| 유연성을 활용한 원통형 연료전지 스택 및 이의 실제 작동 사진 |



전 세계 연료전지 분야의 미래를 선도할 수 있는 초석 마련

- 연구팀은 연료전지 스택 시연 성공으로 드론 체공시간 확대가능성 및 환경친화적 미래 에너지원 활용가능성 제시
 - 체공시간에 많은 한계를 지닌 기존 드론에 본 초경량 · 유연한 연료전지 스택을 적용할 경우, 기존 배터리 무게 기준 체공시간 3배 이상 증가 기대
 - 여타 에너지 저장기기에 비해 친환경성 뿐만 아니라 에너지 저장량에서도 장점을 보이고 있어 신기후체제에 대응할 수 있는 에너지원으로서 기여 가능

II. 신규 보고서 :

제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제²⁾

개요

최근 다양한 분야에서 제4차 산업혁명의 기술 및 사업모델이 등장하며 새로운 산업혁명이 시작된 것인지, 우리에게 기회인지 위협인지 등을 둘러싼 논의가 활발한 추세

- (해외 동향) 디지털 전환, 데이터 기반 혁신, 사이버물리시스템 등의 움직임에 주목하면서 그로 인한 기회와 자국의 상황 및 강점을 고려하여 국가전략을 추진 중
 - OECD, 세계경제포럼 등의 국제기구에서는 디지털 기술이 디지털 전환, 데이터 기반 혁신, 사이버물리시스템 등을 통해 산업과 사회에 혁명적인 변화를 가져올 것이라고 전망
 - 미국, 독일 등의 해외 각국은 디지털 기술을 활용한 산업 및 사회 혁신을 추구함에 있어서 자국의 강점을 부각시키고 현안 해결을 지향
 - ※ (미국) 정부는 '첨단제조파트너십(AMP)'을 추진하여 제조업을 부활시키고자 하며, GE 등은 산업인터넷 모델을 확산시키기 위해 '산업인터넷컨소시엄(IIC)' 설립
 - ※ (독일) '인더스트리 4.0 (Industrie 4.0)'의 추진을 통해 제조와 디지털 기술의 통합을 지향하고, 최근 '플랫폼 인더스트리 4.0(Plattform Industrie 4.0)'이라는 체제 구축
- (한국적 의미) 4차인가 3차인가의 개념적인 차수 논쟁보다는 기술·산업적 동인과 사회적 관심을 동력으로 활용하여 국가전략을 설계하는 실용적인 접근이 필요
 - 최근의 기술·산업적 혁신이 새로운 산업혁명이 아니라 현재 진행 중인 3차 산업혁명 또는 디지털 혁명의 연장이라는 견해가 존재
 - 한국경제는 전환점이 필요하므로 최근 진행되는 기술·산업의 혁명적인 변화에 대해 기회라는 인식 하에 이를 적극적으로 활용할 수 있는 국가전략을 설계하는 것이 바람직
- (국가전략의 방향성) 제4차 산업혁명을 이론(theory)보다는 전략(strategy)으로 이해하고, 우리의 현안을 해결하는 '한국형 4차 산업혁명 전략'을 찾는 것을 목표로 설정
 - 현재 제4차 산업혁명과 관련된 국내의 논의는 자동화로 인한 일자리 감소 등 부정적 관점이나 교육, 복지 등 장기적인 고민이 필요하여 단기에 해결되기 어려운 이슈에 편중
 - 산업경쟁력 제고, 일자리 창출 등 현재 우리가 직면하고 있는 문제를 제4차 산업혁명을 통해 해결하기 위한 국가적인 목표를 설정하고, 추진전략을 수립하는 것이 시급
 - ※ 한국경제는 지난 반세기 동안 하드웨어, 인프라 등 요소 경쟁력과 기존 시스템 응용역량을 기반으로 성장해왔으나 이와 같은 공식이 더 이상 유효하지 않은 상황
- 이 글에서는 한국형 제4차 산업혁명 전략을 수립하기 위해 국가 차원에서 논의되어야 할 주요 의제를 제기하여 국내에서 진행되고 있는 논의와 작업에 시사점을 제공하고자 함

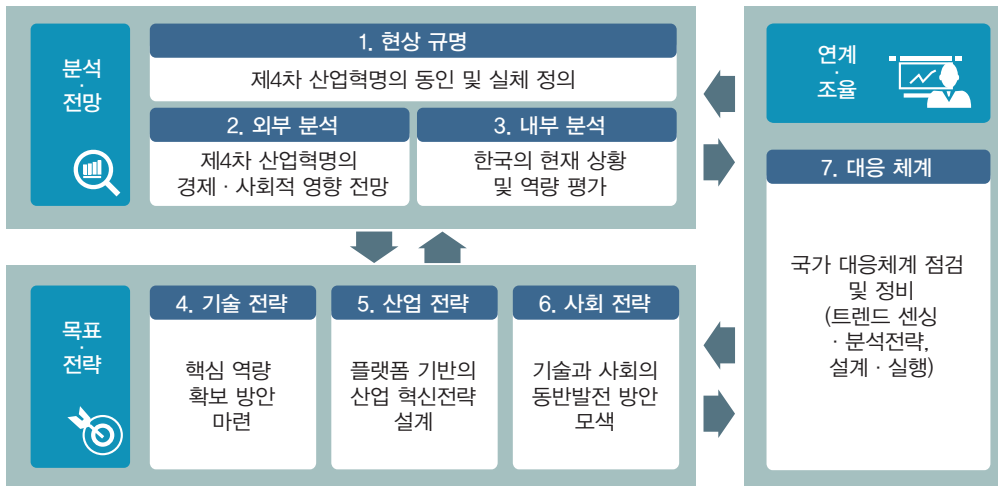
2) STEPI 발간보고서인 '제4차 산업혁명의 도전과 국가전략의 주요 의제(2017.6.30./제215호, 저자: 최병삼 외 2인)'을 요약·정리한 내용임

국가전략 수립을 위한 주요 의제

제4차 산업혁명에 대응한 국가전략 수립을 위해 현상 규명, 내·외부 분석, 기술·산업·사회 전략, 대응 체계 등 7대 의제를 제시

- 제4차 산업혁명의 한국형 전략을 찾아내기 위해서는 “개념 → 문제 → 전략”의 일회적 접근이 아닌, 전략을 탐색해 나가며 지속적인 수정을 거치는 반복적 과정이 필요

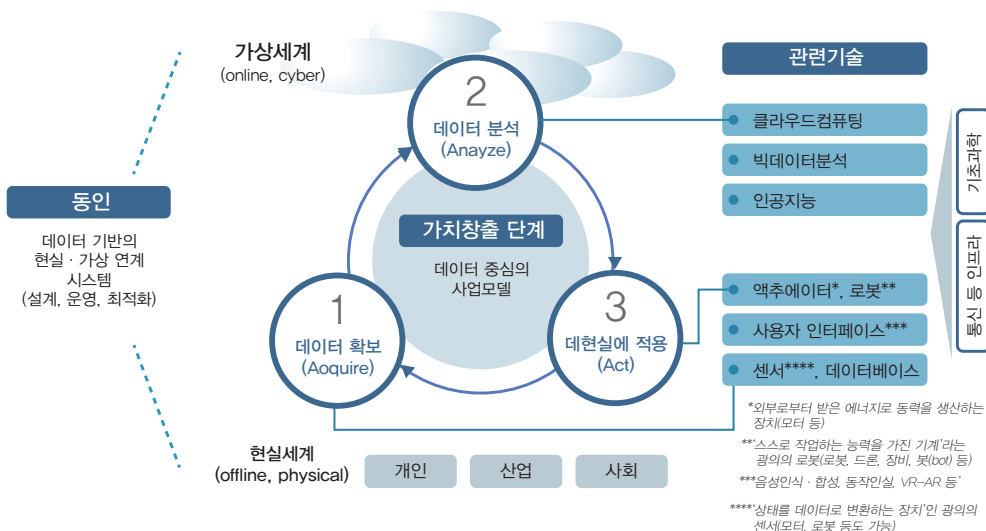
| 국가 제4차 산업혁명 전략의 체계 및 7대 의제 |



① (제4차 산업혁명의 동인 및 실체 정의) 알파고 쇼크 이후 인공지능 등 일부 ICT 기술에 관심이 집중되어 있으나, 제4차 산업혁명의 전개 양상은 보다 광범위하고 복합적

- 제4차 산업혁명의 동인을 몇몇 ICT 기술로 한정할 경우 공유경제, 산업인터넷 등의 중요한 변화를 놓치거나 하드웨어, 데이터, 사업모델 등의 사업기회 탐색이 제한됨
- 제4차 산업혁명은 ‘데이터 기반의 현실·가상 연계 시스템’에 의해 구현되며(동인), 데이터 확보, 분석, 적용의 3단계로 가치를 창출(실체)하는 것으로 정의
- 제4차 산업혁명의 개념 정의와 국가전략 간 일관성이 확보될 수 있도록 기술·산업 트렌드를 지속적으로 모니터링하고 사회적인 공감대를 형성하는 것이 중요

| 제4차 산업혁명의 동인, 가치창출 단계 및 관련 기술 |



*외부로부터 받은 에너지로 동력을 생산하는 장치(모터 등)
 **스스로 작업하는 능력을 가진 기계라는 광의의 로봇(로봇, 드론, 장바, 풋(ball) 등)
 ***음성인식·합성, 동작인식, VR-AR 등
 ****상태를 데이터로 변환하는 장치인 광의의 센서(모터, 로봇 등도 가능)

② (제4차 산업혁명의 경제·사회적 영향 전망) 제4차 산업혁명의 영향에 대한 종합적·입체적 전망이 부족하고, 고용 감소라는 부분에 논의가 치중되어 있는 경향

- 인공지능, 로봇에 의한 자동화가 고용에 미치는 영향에 대한 기존 연구들은 직업의 몇 %가 대체 될 것이라는 심리적 불안감을 증진시키는 성격이 대부분

※ 제4차 산업혁명 관련 신기술·신산업이 국내 산업과 경제에 미치는 영향에 대한 구체적인 논의가 부족

- 디지털 기술을 활용한 업그레이드, 신시장 창출 등의 기회 요인과 인공지능, 로봇 등 신기술로 인한 피해가 클 것으로 예상되는 '고 위험군' 산업을 파악하는 작업이 시급

- 인공지능, 로봇 등의 신기술이 고용에 미치는 직접 효과와 신기술이 산업에 영향을 주고 산업이 다시 고용에 영향을 주는 간접 효과를 모두 고려해야 함

③ (한국의 현재 상황 및 강점·약점 평가) 세계 각국은 자국의 강점을 살리는 방향으로 제4차 산업혁명의 전략을 수립 중이나, 우리나라의 경우 강점을 활용하는 전략에 대해서는 논의 부족

- 미국의 경우 인공지능 등의 소프트웨어 플랫폼의 역량, 독일의 경우 제조시스템 역량, 일본의 경우 로봇, 센서 등 기기나 부품 관련한 역량을 적극적으로 활용하고 있음

- 한국의 경우 요소 기술을 조합하여 시스템을 만들고(시스템 설계 역량) 기업 내외부의 다양한 참여자로 생태계를 구성하고 플랫폼을 주도하는 역량(플랫폼 역량)은 상대적으로 부족

※ 그러나 기술, 인력, 시장 등 가치사슬 전반에 걸쳐 시스템을 설계·구축·최적화 할 수 있는 강점들을 다수 보유

- 기회의 창을 포착하기 위해 기술·산업 패러다임의 변화를 지속적으로 조망

※ 최근 산업의 가치사슬이 분화되며 기기, 부품 등 한국 기업이 상대적으로 강점을 보이거나 향후 강점을 확보할 수 있는 영역의 중요성이 증대

④ (핵심 역량 확보방안 마련) 제4차 산업혁명 시대에 요구되는 인공지능, 플랫폼 등 핵심역량의 중요성에 대한 인식과 대응이 미흡

- 인공지능, 빅데이터 분석, 클라우드 컴퓨팅 등은 글로벌 기업의 과점 상태이므로 향후 이들에게 의존하게 될 가능성이 상존

- 산업별, 분야별로 핵심 부품, 기기, 네트워크, 인공지능 등 요소 기술의 확보 가능성을 지속적으로 점검하고 민간의 니즈가 및 개발 리스크가 큰 기술은 정부 주도 개발

⑤ (산업별 혁신 및 포지셔닝 전략 설계) 글로벌 산업은 디지털화와 플랫폼화를 통해 급격하게 재편되고 있으나 국내 산업의 대응은 미흡한 실태

- 한국의 대표산업들은 ICT, 금융 등을 제외한 대부분의 산업에서 디지털 활용이 낮은 수준

- 현재 엔비디아, 인텔 등의 프로세서가 구글, GE 등의 인공지능·클라우드와 결합해 새로운 산업 플랫폼으로 등장하며 산업 지형이 급변할 전망이나 국내 기업의 대응은 아직 미흡

- 장비·프로세스 등 효율화 대상에서 데이터를 수집하고, 빅데이터, 인공지능 등으로 분석하여 개선을 이루는 데이터 기반의 현실·가상 연계 시스템 구축

- 플랫폼 주도권을 확보하기 위해서는 플랫폼을 만들고(알고리즘 개발), 마케팅하고(퀴즈쇼 등 이벤트 마케팅), 생태계를 조성하는(오픈소스 라이브러리 공개) 등 다각적인 전략이 필요

⑥ (기술과 사회의 동반발전 방안 추진) 제4차 산업혁명으로 인해 야기되는 사회적 혼란에 대한 대응책 마련과 제4차 산업혁명을 활용해 해결할 수 있는 사회 문제에 대한 논의 부족

- 제4차 산업혁명을 촉진하기 위한 법·제도를 마련하고 갈등관계를 해소하며, 제4차 산업혁명을 사회문제 해결의 동인으로 활용하는 방안 모색
- 인공지능 등의 기술은 산업을 변화시키며 사회 시스템 전반에 큰 충격을 줄 것으로 보여지므로 다양한 사회적 이슈를 해결하기 위해 기존 사회시스템 혁신 필요
- 소비자의 불안을 해소하기 위한 품질 규제, 인증체제를 조기에 정비하고 신규 산업과 기존 산업이 공정한 경쟁을 통해 선택받을 수 있는 시장 메커니즘을 확립
- 고령화, 인력부족, 안전관리, 재난재해, 환경오염, 기후변화, 자원고갈, 보건의료, 도시화, 식품 안전, 사이버보안 등 국가가 직면한 문제들을 신기술을 통해 해결하는 방안 모색

⑦ (국가 대응체계 점검 및 정비) 트렌드 센싱 및 분석의 시의성·객관성, 전략 설계 및 실행의 체계성·일관성이 부족하고, 외부환경 변화에 대한 대응이 분절적

- (트렌드 센싱) 정보 소스의 범위, 수집 정보의 종류·내용에 차등을 두어 여러 계층의 센싱 시스템을 구축하고 주기적으로 운영
- (트렌드 분석) 기술 및 산업의 발전 경로, 잠재력과 한계에 대해 균형을 유지할 수 있도록 전문가 규모와 범위에 차등을 두어 여러 계층의 분석 시스템을 구축하고 공유·토론의 장 확대
- (전략 설계) 제4차 산업혁명에 대응하는 국가 차원의 비전을 민간과 공동으로 수립하여 공유하고 전략과 추진과제가 이와 연계되도록 지속적으로 점검
- (전략 실행) 정부와 민간의 역할, 부처별 영역을 명확히 구분하되 상호 논의와 협력을 유도

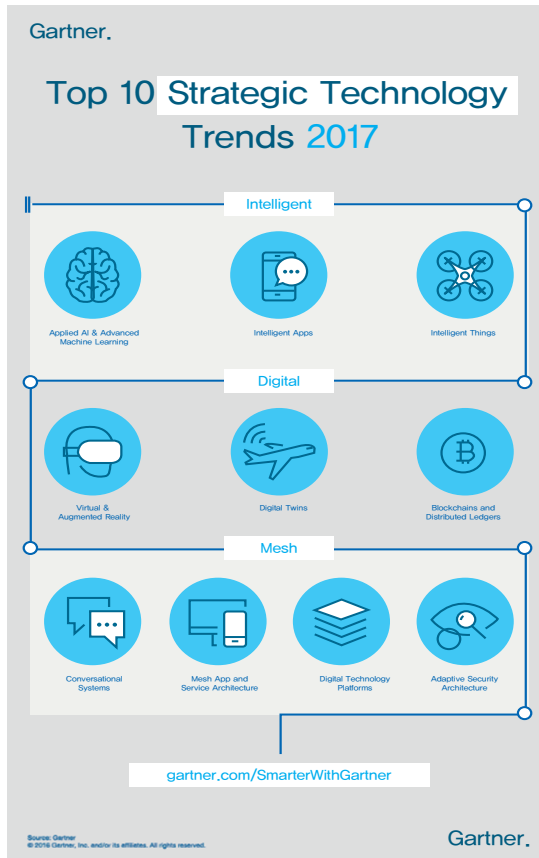
국가 전략 수립을 위한 제언

실행 가능한 국가전략을 수립하기 위해서는 기존 전략 및 정책과의 관계, 사회적 가치의 다양성, 경제주체간 역할 등에 유의

- 제4차 산업혁명이 제기하는 새로운 도전에 대응하되 1,2,3차 산업혁명 전략의 연속성도 종합적으로 고려하여 전략을 수립
 - 최근 데이터 및 시스템이 강조되고 있으나 하드웨어, 제조역량 등 전통적인 영역도 중요
- 교육, 복지 등과 같이 장기적이고 다양한 가치를 고려해야하는 문제를 산업적인 논리로만 결정하는 것은 지양해야 할 필요
- 단기에 전략과 집중 분야를 결정하고 자원을 투입하려는 정부주도 마인드 대신 민간이 자생적으로 산업 생태계를 키워나갈 수 있도록 환경을 조성하는 정부의 인내심이 필요
 - 기술산업 패러다임의 초기 단계에는 비전 공유와 제도 정비가 우선적으로 필요하고, 민간의 대응 상황을 관찰하여 미흡할 경우 한시적으로 요소 지원, 활동 촉진, 시장 조성을 추진
 - 현 시점에서는 각론에 대한 구체적인 해법 제시보다 제4차 산업혁명에 대응한 국가의 미래상과 비전은 무엇이고 전략에 어떤 내용을 담을 것인지에 대한 국가 차원의 공론화가 필요

III. TePRI Wiki :

가트너 선정, ‘2017년 10대 전략기술’



가트너는 가트너 심포지움/IT엑스포에서 2017년에 기업들이 주목해야 할 10대 전략 기술 트렌드를 집중 조명했다. 가트너에 따르면 ‘전략 기술 트렌드’란 이제 막 도입 단계를 벗어나 영향력과 용도가 확대되고 있는 엄청난 혁신 잠재력을 갖춘 기술 트렌드나, 향후 5년 내 전환점에 도달하게 될 높은 수준의 변동성을 지닌 빠르게 성장하는 기술 트렌드다.

I. 보편화된 인텔리전스 (Intelligence Everywhere)

① 인공 지능과 고급 머신 러닝

인공 지능과 고급 머신 러닝은 딥 러닝(deep learning), 신경망, 자연어 처리 등 다양한 기술 및 기법으로 이뤄진다. 이외에도 많은 첨단 기법들이 전통적인 규칙 기반 알고리즘을 넘어 이해, 학습, 예측 및 적응할 뿐 아니라 잠재적으로 스스로 가동되는 자율 시스템을 만들어낸다. 이것이 바로 스

마트 기기를 지능적으로 보이도록 만든다.

② 지능형 앱 (Intelligent App)

가상 개인 비서와 같은 지능형 앱은 실제 비서의 일부 기능들을 수행할 수 있어 이메일 우선순위 분류와 같은 일상적인 업무를 보다 쉽게 처리할 수 있도록 도와주며, 가장 중요한 콘텐츠 및 상호 작용을 선택해 사용자들의 업무 효율성을 높여 준다. 가상 고객 도우미(VCA: Virtual Customer Assistant)와 같은 지능형 앱은 영업 및 고객 서비스에서 보다 전문적으로 업무를 처리한다. 이와 같이 지능형 앱은 업무의 특성과 업무 공간 구조를 변화시킬 가능성을 지니고 있다.

③ 지능형 사물 (Intelligent Things)

지능형 사물은 융통성이 없는 프로그래밍 모델의 실행력을 넘어 응용 시와 머신 러닝을 통해 고급 기능을 수행하고, 주변 환경이나 사람들과 보다 자연스럽게 소통하는 물리적 사물이다. 가트너는 드론, 자율 주행차, 스마트 기기와 같은 지능형 사물이 점차 확산되면서 개별 지능형 사물에서 협업 지능형 사물 모델로 전환될 것이라고 전망했다.

II. 물리적 세계와 디지털 세계의 연결

④ 가상 현실 및 증강 현실

가상 현실(VR) 및 증강 현실(AR)과 같은 몰입형 기술들은 사람들 간, 또는 사람과 소프트웨어 시스템이 소통하는 방식을 바꾸고 있다. 데이비드 설리 부사장은 “개인 및 기업용 몰입형 콘텐츠와 애플리케이션 분야는 2021년까지 폭발적으로 성장할 전망이다. VR과 AR 기능은 디지털 메시와 결합되어 사용자에게 초개인화(hyperpersonalized) 앱이나 서비스 형태로 제공되는 정보의 흐름을 조정할 수 있는 역량을 갖춘 보다 원활한 디바이스 시스템을 구축하게 될 것이다. 몰입형 애플리케이션은 다양한 모바일, 웨어러블, 사물인터넷(IoT) 및 다수의 센서를 탑재한 환경의 통합으로 고립된 1인 경험을 뛰어넘는 경험을 제공할 것이

다. 방과 공간들은 사물을 통해 활성화되고, 메시지를 통한 연결은 몰입형 가상 세계와 함께 나타나고 사용될 것”이라고 말했다.

⑤ 디지털 트윈 (Digital Twin)

물리적 사물이나 시스템의 동적 소프트웨어 모델인 디지털 트윈은 센서 데이터를 통해 현재 상태를 파악하고, 변화에 대응하며, 운영 개선 및 가치 향상을 제공한다. 디지털 트윈은 메타데이터(분류, 구성, 구조)를 포함해, 조건이나 상태(위치, 기온), 이벤트 데이터(시계열), 애널리틱스(알고리즘, 규칙)와 같은 복합적인 요소를 포함한다.

⑥ 블록체인과 분산 장부 (Distributed Ledgers)

블록체인은 비트코인 및 기타 토큰과 같은 가치 교환 거래가 블록 단위로 순차적으로 분류된 형태의 분산 장부이다. 각 블록은 기존 블록에 연결되고 P2P 네트워크를 통해 기록되며, 암호화 트러스트 및 인증 방식을 사용한다. 블록체인과 분산 장부 개념은 업계의 경영 모델을 변화시킬 수 있다는 가능성을 보여준다는 점에서 주목을 받고 있다. 현재 금융 서비스 업계와 관련하여 과장된 주장들이 있지만, 음원 유통, 신원 확인, 타이틀 등록 및 공급망 등에서 다양하게 활용될 수 있는 가능성이 있다.

III. 지능형 디지털 메시지를 구현하기 위한 플랫폼 및 서비스 메시지

⑦ 대화형 시스템 (Conversational System)

현재 대화형 인터페이스는 주로 스피커, 스마트폰, 태블릿, PC, 자동차 등에 탑재되는 챗봇(chatbot)과 음성 지원 기기에 중점을 두고 있다. 하지만, 디지털 메시지는 사람들이 애플리케이션과 정보에 접근하거나 사람, 소셜 커뮤니티, 정부 및 기업과 소통할 때 사용되는 확장된 디바이스를 포함한다. 디바이스 메시지는 전통적인 데스크톱 컴퓨터와 모바일 기기를 뛰어넘어 사람과 소통할 수 있는 광범위한 디바이스를 아우른다. 디바이스 메시지가 확장되면서 통신 모델이 확장되고, 보다 다양한 기기 간 협력적 소통이 등장하면서 새롭고 지속적이면서 편재된 디지털 경험을 위한 기반을 마련하게 될 것이다.

⑧ 메시 앱 및 서비스 아키텍처 (MASA)

메시 앱 및 서비스 아키텍처(MASA: Mesh App

and Service Architecture)에서 모바일 앱, 웹 앱, 데스크톱 앱, IoT 앱은 광범위한 백엔드 서비스 메시로 연결돼 사용자가 ‘애플리케이션’으로 인식하는 것을 만든다. 이 아키텍처는 서비스를 압축하고 조직의 경계 전반에서 API를 다양한 수준으로 노출시켜 서비스의 신속성 및 확장성에 대한 요구와 서비스의 조합(composition) 및 재사용 간의 균형을 유지한다. MASA는 사용자들이 데스크톱, 스마트폰, 자동차와 같은 디지털 메시에서 최적화된 솔루션을 보유할 수 있도록 하고, 이렇게 서로 다른 채널을 이동하는 동안에도 지속적인 경험을 제공한다.

⑨ 디지털 기술 플랫폼 (Digital Technology Platform)

디지털 기술 플랫폼은 디지털 비즈니스를 위한 기본적인 구성 요소를 제공하며, 디지털 비즈니스를 실현하기 위한 핵심 기술이다. 가트너는 디지털 비즈니스의 새로운 역량과 비즈니스 모델을 실현하기 위해 필수적인 5가지 핵심 요소로 정보 시스템, 고객 경험, 분석 및 인텔리전스, IoT, 비즈니스 생태계를 선정했다. 모든 기업은 5가지 디지털 기술 플랫폼 중 어느 정도는 보유하고 있을 것이다. 이 5가지 플랫폼은 디지털 비즈니스를 구축하는데 기본적인 구성 요소이며, 디지털 비즈니스를 실현하기 위해 갖춰야 할 핵심 기술이다.

⑩ 능동형 보안 아키텍처 (Adaptive Security Architecture)

지능형 디지털 메시와 관련 디지털 기술 플랫폼, 애플리케이션 아키텍처는 보안 측면에서 그 어느 때보다 복잡해지고 있다. 데이비드 셸리 부사장은 “기존의 보안 기술들은 IoT 플랫폼을 보호하기 위한 기준으로 활용돼야 한다. 특히 사용자 및 기업의 활동을 모니터링하는 것은 IoT 시나리오에 추가되어야 하는 중요한 기능이다. 하지만 IoT의 한계는 수많은 IT 보안 담당자들에게 새로운 영역으로 새로운 취약 지점 영역을 생성하고 있기 때문에 새로운 교정 툴과 프로세스를 필요로 하며 IoT 플랫폼 관련 프로젝트에서는 이를 반드시 고려해야 할 것”이라고 강조했다.

한원석(정책실, UST 석사과정, g16501@kist.re.kr)

*참고자료

IT DAILY (2016.10) 2017년에 주목해야 할 10대 전략 기술 트렌드

