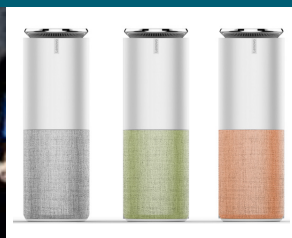
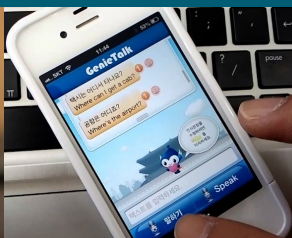


융합연구리뷰

Convergence Research Review

말하는대로 통역에서 비서까지,
음성인식 기술
—
융합연구의 철학 -
과학예술융합 프로젝트 '사이언스월드'



C o n v e r g e n c e R e s e a r c h R e v i e w

Contents

융합연구리뷰 | Convergence Research Review

2017 June vol.3 no.6

- 01 편집자 주
- 04 말하는대로 통역에서 비서까지,
음성인식 기술
- 33 융합연구의 철학-과학예술융합 프로젝트
'사이언스월드'



발행일 2017년 06월 07일

발행인 하성도

편집인 안주명 김보림

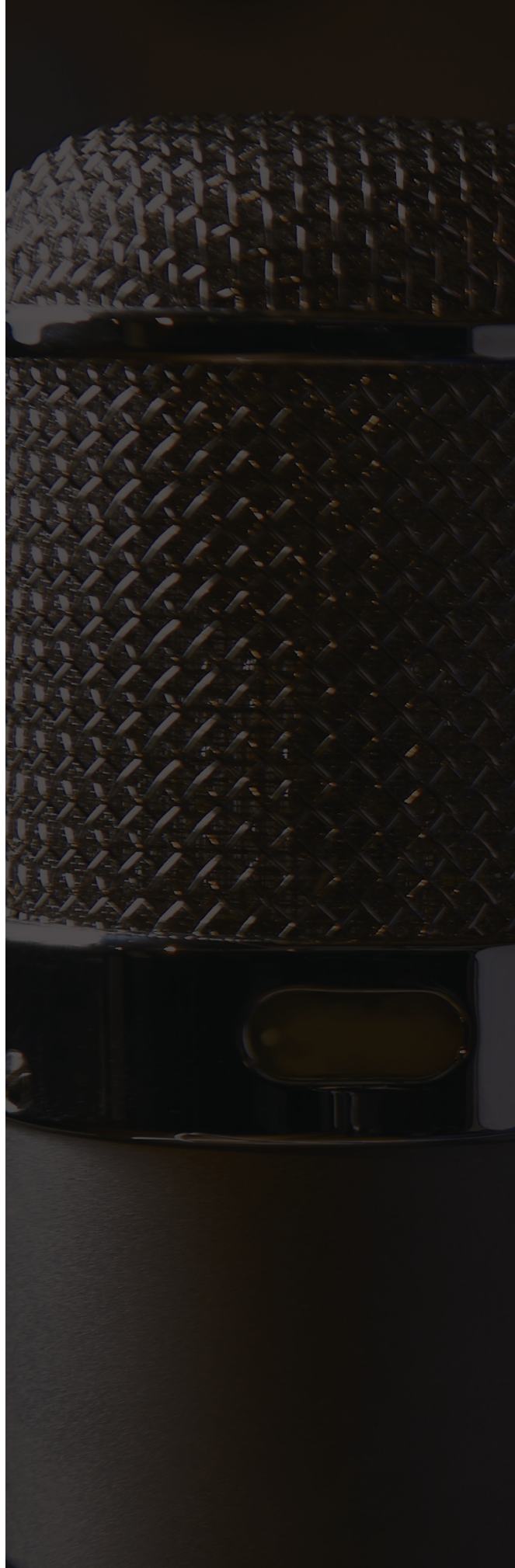
발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4984 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 승일미디어그룹 주식회사 Tel. 070-7416-4124

디자인 지봉열 이숙현 유정아



[편집자주]

| 말하는대로 통역에서 비서까지, 음성인식 기술

올해 초 미국 라스베이거스에서 열린 세계 최대 가전쇼 'CES2017'에서 '숨은 주인공'이라고 일컬을 만큼 관람객들의 가장 큰 이목을 끈 제품은 음성인식 기술을 적용한 가전제품이라고 할 수 있다. 즉, CES에 참가하지도 않은 아마존의 인공지능 음성비서 '알렉사'는 자동차부터 조명까지 다양한 제품에 탑재되어 CES를 장악한 것이다. 이처럼 음성인식 기술은 미래 사회의 핵심 인터페이스 수단으로써, 인공지능과 결합하여 실시간 음성 통역부터 음성 비서까지 다양한 분야에서 활용될 것으로 기대된다.

우리나라에서는 2012년 애플 시리(Siri)의 등장으로 음성인식 기술이 주목받기 시작했다. 이후 국내 통신사뿐만 아니라 포털, 인터넷쇼핑업체 등 다양한 IT업체들이 앞 다퉈 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 그 결과 지난해 음성인식 인공지능(AI)의 스마트폰 및 스마트홈 서비스가 본격화되었다. 그 일환으로 지난 4월 한국전자통신연구원(ETRI)에서는 9개 언어를 음성 인식해 문자로 변환하는 기술을 개발하였다. 이 기술은 국내 기업체로의 기술 이전뿐만 아니라, 내년 평창 동계올림픽에서 자동통역 서비스에 적용할 예정으로 큰 관심을 받고 있다.

이에 본 호 1부에서는 ETRI 음성지능연구그룹의 김상훈 프로젝트 리더를 통해 음성인식 기술에 대해 살펴보고, 최근 우리 생활에 빠르게 스며들고 있는 음성인식 기술의 최신 동향 및 향후 전망에 대해 알아보려고 한다.

| 융합연구의 철학-과학예술융합 프로젝트 '사이언스윌드'

최근 애플워치, 포켓몬 고, 시각장애인용 닷 워치 등이 인간 중심의 과학과 인문학의 결합, 사용자 중심의 과학기술 등으로 일컬어지며 주목을 받고 있다. 이렇듯 과학과 기술 이외의 다른 분야가 결합한 융합연구는 더 이상 우리 사회에서 낯선 개념은 아니다. 과거 과학의 융합연구가 일반적으로 과학 분야 간 협업 정도로 여겨졌다면 이제는 예술, 인문학 등 여러 영역으로 융합의 범위가 확대되고 있다. 최근 국립과천과학관에서 개최한 과학예술 융합 '사이아트' 전시나 과학적 현상을 기반으로 한 SF 소설 등이 그 예라고 할 수 있다.

그러나 전문가들에게 다분야간 균형있는 융합은 아직 먼 나라 이야기인 듯하다. 과학과 예술, 과학과 인문학의 융합에 대해 아직까지는 미흡하다는 대답이 지배적일 것이기 때문이다. 아마도 이는 융합연구 방법론이나, 적절한 인프라 부재 및 인식 등의 이유가 있을 것으로 생각된다.

지난 융합연구리뷰 5월호에서 융합학문의 대표적인 사례로 환경공학을 소개하며, '환경융합공학'에서의 연구 방법론과 그 사례에 대해 살펴보았다. 최근 좀 더 다양한 시각에서의 환경융합공학의 방법론을 시도한 프로젝트가 UNIST 조재원 교수를 중심으로 수행되고 있다. 바로 '사이언스윌드' 프로젝트이다. 이 프로젝트는 단순히 과학과 예술, 인문학의 합침이 아니라 '과학예술인문학'이란 새로운 전공을 창시하고 융합연구의 새로운 길을 닦고 있어, 본 호 2부에서 세계가 주목하고 있는 '과학예술융합연구'에 대해 살펴보고자 한다.

융합연구리뷰

Convergence Research Review 2017 June vol.3 no.6

<http://crpc.kist.re.kr>

01

말하는대로
통역에서 비서까지,
음성인식 기술

한국전자통신연구원
김상훈 박사
(ksh@etri.re.kr)



01 서론

1.1 연구배경

음성인식 기술은 자연스러운 인간의 말을 기계가 알아듣는 기술로써, 스마트폰의 대중화에 따라 미래 인간중심의 핵심 인터페이스 수단으로 주목받고 있다. 이런 가운데 음성인식 기술을 기반으로 자연어처리, 대화식처리를 부가하여 인간의 말을 이해하고 대화할 수 있는 능력으로 서비스가 발전하고 있으며, 향후 의료, 교육, 문화, 자동차/조선, 국방, IoT, 로봇 등 다양한 분야에서 새로운 융합서비스를 창출할 것으로 예상하고 있다 <그림 1>.

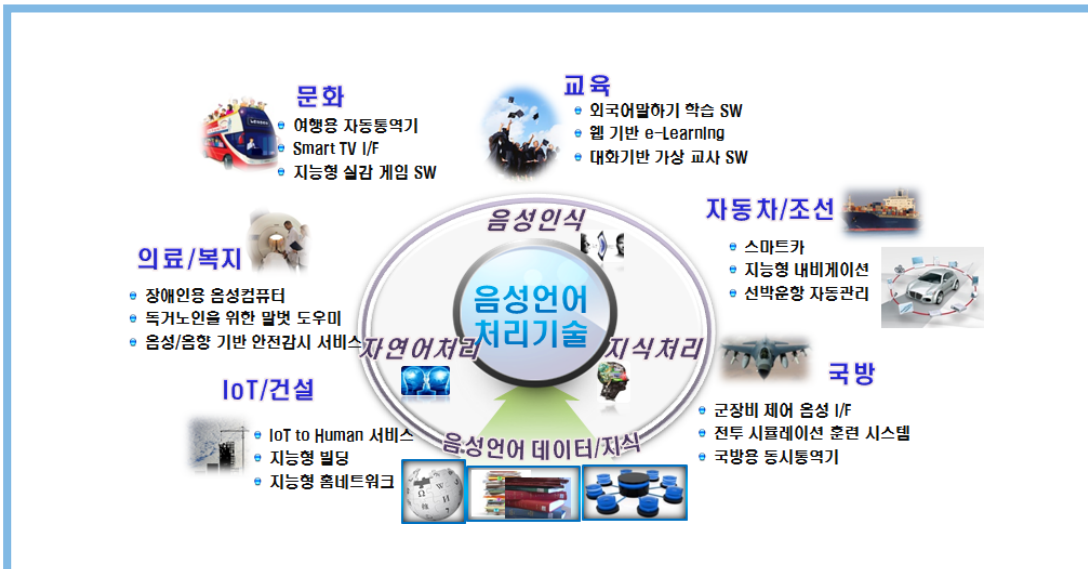


그림 1. 음성인식 기반 융합서비스 분야

국내에서는 한국어에 대한 성능우위를 바탕으로 한국전자통신연구원(이하 ETRI), 네이버, KT, SKT 등이 국내 기술을 주도하고 있고, 한국어 중심 음성인식, 자동통번역, 대화처리 기술에 대해 일부 상용화 사례가 나오고 있다. 그러나 최근 인공지능 SW에 공격적으로 투자를 하고 있는 구글, 아마존, 페이스북, 애플, IBM

등 해외 글로벌 기업에 음성인식 기술이 종속될 위기 상황을 맞이하고 있고, 국내 여건상 한국어 위주의 기술 개발에 치중할 수밖에 없는 현실에서 다국어 음성인식 기술의 글로벌 산업경쟁력 확보는 더더욱 어려워지고 있다. 최근 국내 글로벌 업체(예: 삼성전자, LG전자, 현대자동차 등)에서는 수출용 자동차, 스마트폰, 가전제품 등에 다국어 음성인식 기술이 필요한 상황이지만, 다국어를 지원하는 국내 음성인식 기술이 존재하지 않아 세계시장에서 거의 독점적 위치에 있는 미국 뉘앙스 사를 비롯 해외업체에 국내외 시장을 내어주고 있는 실정이다.

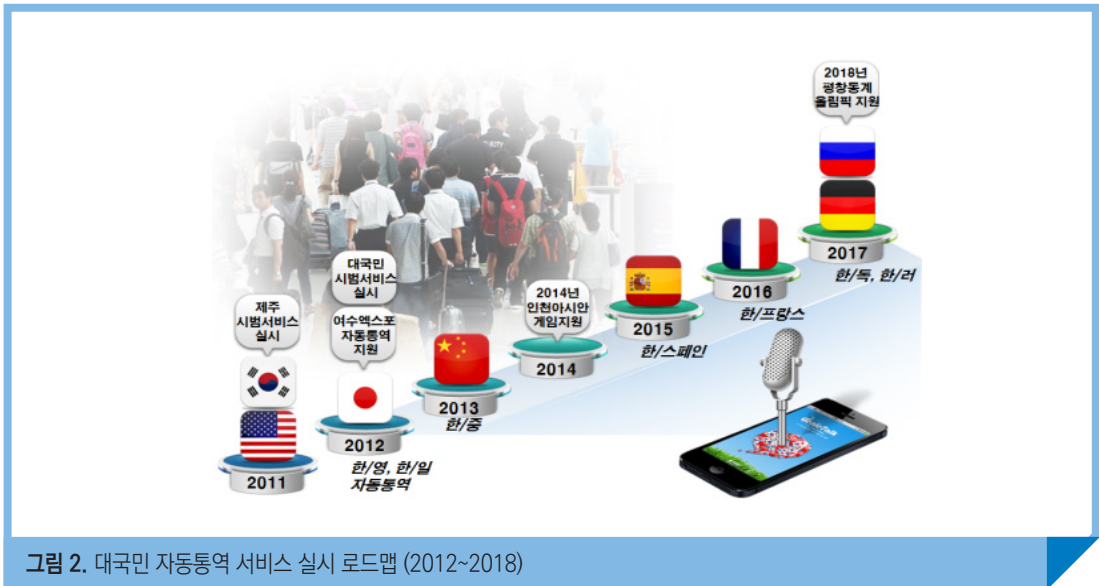


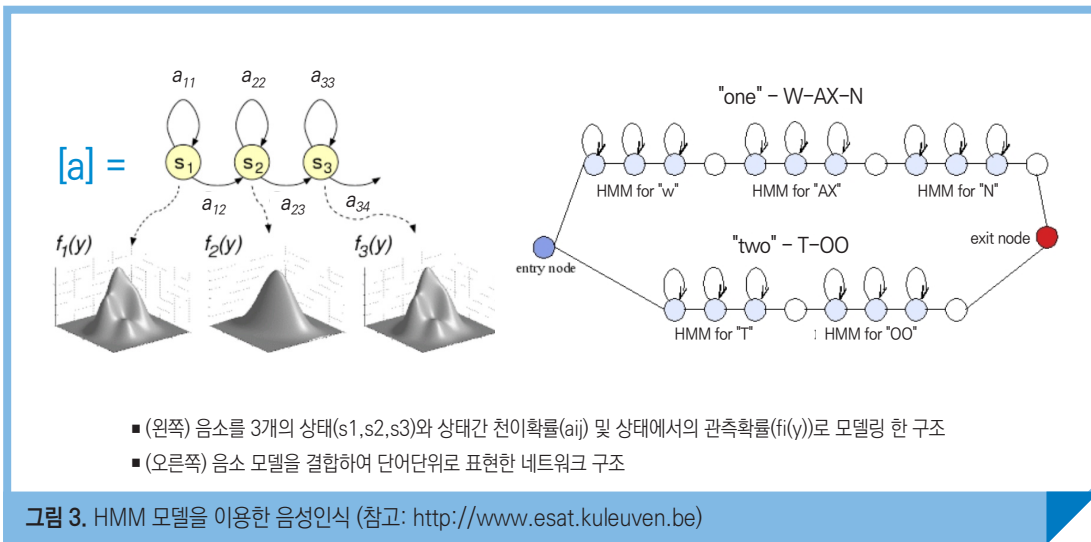
그림 2. 대국민 자동통역 서비스 실시 로드맵 (2012-2018)

이에 따라 국가기반 연구를 수행하고 있는 ETRI는 국가경쟁력 확보를 위해 음성인식 원천기술 확보와 글로벌 진출을 위한 다국어 음성인식 기술의 개발을 2012년에 착수하였다. 이러한 활동의 일환으로 아시아권 언어, 유럽어, 아랍어 등으로 확대하기 위해 학제간 협력을 통한 인력 양성 및 산학연 생태계 구축을 추진해 왔다. 또한 사용자 데이터 수집을 통한 선순환 기술상상 체계 부재를 극복하기 위해 지니톡(GenieTalk) 자동통역 대국민 시범서비스를 실시하여 대용량 다국어 실사용자 로그데이터 수집 및 엔진개선의 선순환 구조의 기반을 구축하는데 노력해 왔다. 참고로, 자동통역 대국민 시범서비스는 국민 삶의 질 향상이란 국가적 미션 수행을 위해 국가 글로벌 SW 경쟁력 강화, 2018 평창동계올림픽에 언어소통을 위한 자동통역서비스 지원, 외국어 소외 계층을 위한 외국어 격차(Language divide) 해소를 목적으로 실시된 바 있다 <그림 2>.

1.2 음성인식 기술발전

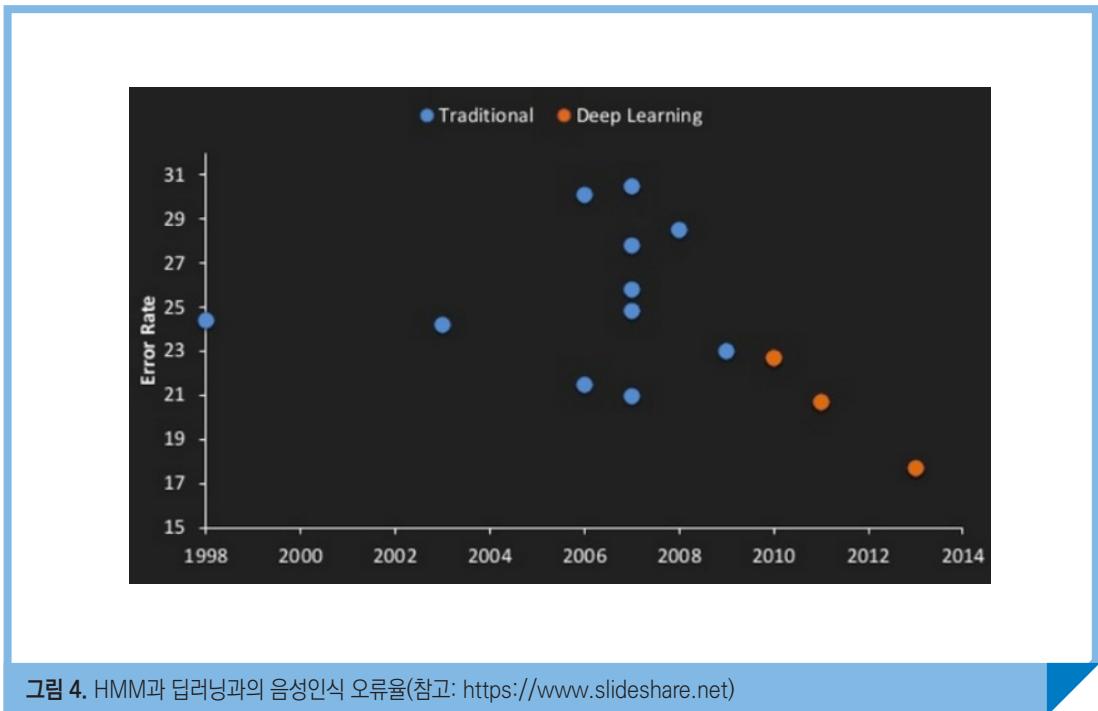
음성인식은 사람의 입으로부터 나온 음성신호를 분석하여 자동으로 문자열로 변환해주는 기술로, 산업계나 학계에서는 간단하게 ASR(Automatic Speech Recognition) 또는 STT(Speech-to-Text)라고 부른다. 음성인식 기술은 과거 숫자음 인식, 수백단어급 명령어 인식에서 대어휘 연속어 인식을 거쳐 최근에는 자유 발화 스타일의 자연어 음성인식의 단계로 발전하고 있다. 음성인식 기술의 실용화 확산에 가장 큰 걸림돌은 화자 및 발성스타일에 따른 인식률의 차이, 배경잡음에 따른 인식률 저하, 인식대상 어휘의 제한으로 인한 인식오류 발생으로 볼 수 있다. 이 문제들을 해결하기 위해 빅데이터를 이용하여 다양한 화자, 다양한 환경을 학습하고, 어휘 탐색 공간을 무제한으로 늘리는 음성인식 방법론이 연구의 주류를 형성하고 있다.

즉, 1970년대 DTW(Dynamic Time Warping)라는 단순 패턴비교 방식에서, 1980~90년대에는 컴퓨팅 성능의 발전으로 그림 3과 같이 통계학습이 가능한 HMM(Hidden Markov Model) 기반 음성인식으로 발전하였고, 2000년대 후반에 인터넷 및 모바일을 통한 데이터의 폭증, CPU 처리속도의 고속화, 메모리 크기의 증가, GPU 기반 병렬처리 등의 개발환경이 갖추어짐에 따라 딥러닝(Deep Learning)의 적용이 가능하게 되었다고 볼 수 있다.



이에 따라 2000년대 후반까지 대부분의 음성인식은 확률통계 방식인 GMM(Gaussian Mixture Model) 기반의 HMM(Hidden Markov Model) 방식을 적용하고 있었으나 최근에는 인간의 신경망을 모방한 딥러닝이 GMM을 대체하여 20여년 동안 정체된 음성인식 기술의 성능을 획기적으로 개선한 바 있다 <그림 4>.

신경회로망을 음성인식에 적용하고자 하는 시도는 1990년대 초반에 다층신경망(Multi Layer Neural Network)의 학습방식인 오류역전파(Error Back-propagation) 알고리즘이 알려지면서 이 분야에 많은 연구가 진행되었으나 신경회로망이 다층으로 될수록 local minimaⁱ⁾에 빠지는 학습 문제가 있어 음성인식과 같은 복잡한 문제를 해결하는 데에는 여전히 부족한 기술로 여겨졌고, 2000년대 초반까지는 거의 잊혀진 연구 주제로 되어 왔다. 그러나 2000년대 중반 캐나다 토론토대 제프리 힌튼(Geoffrey Hinton) 교수가 새로운 딥러닝 학습방식을 세상에 내놓으면서 음성인식 방법론의 전환점을 맞이하게 되었다 <그림 5>.



i) 신경회로망에서 오류역전파 학습을 할 때 오류가 최소가 되는 전역 최소치(global minima)가 아닌 국소적으로 오류가 낮은 값으로 수렴하는 현상

이후 2014년 가트너는 주목할 만한 기술 분야 중 하나로 딥러닝을 꼽았고, 2017년에는 전세계 컴퓨터의 약 10%는 데이터 처리가 아닌 딥러닝 기반의 학습을 하고 있을 것이며, 딥러닝 알고리즘을 활용하는 음성인식 애플리케이션은 2배로 늘어날 것이라고 예측하였다. 구글은 안드로이드 OS 4.1인 Jelly Bean의 음성검색 서비스에 딥러닝을 적용하였고¹⁾, 마이크로소프트도의 음성인식 서비스인 Bing 음성검색에 딥러닝을 적용하였다²⁾. 국내에서는 ETRI, 네이버가 음성인식서비스에 딥러닝을 적용하였다.

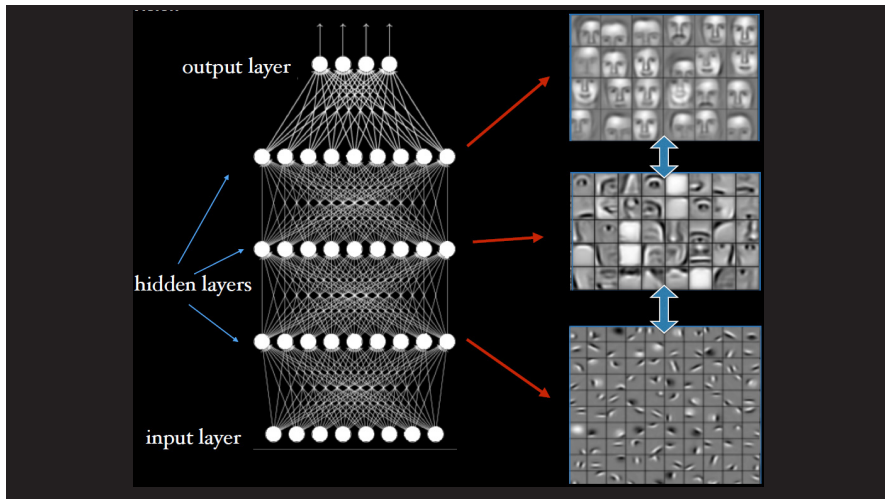


그림 5. 딥러닝 기반 다층 신경회로망 구조 (참고: <https://www.slideshare.net>)

1.3 음성인식 원리

음성인식시스템은 크게 오프라인 처리모듈과 온라인 처리모듈로 나눌 수 있다 <그림 6>. 오프라인 처리모듈은 음성언어 데이터로부터 음성인식 모델을 생성하는 학습단계이며, 온라인 처리모듈은 사용자가 발성한 음성을 인식하는 탐색(또는 디코딩) 단계이다. 음향모델은 그 나라의 음소별 발음에 따른 음향적 특성을 통계적 또는 패턴분류화해서 수천개~수만여개의 모델로 대표화한 것이고, 언어모델은 그 나라의 문법체계를 수천만~수억 단어의 텍스트 데이터로부터 통계적으로 모델링한 것이다. 오프라인 처리모듈을 학습과정이라고 하고, 온라인 처리모듈을 일반적으로 음성인식과정 또는 인식엔진이라고 한다.

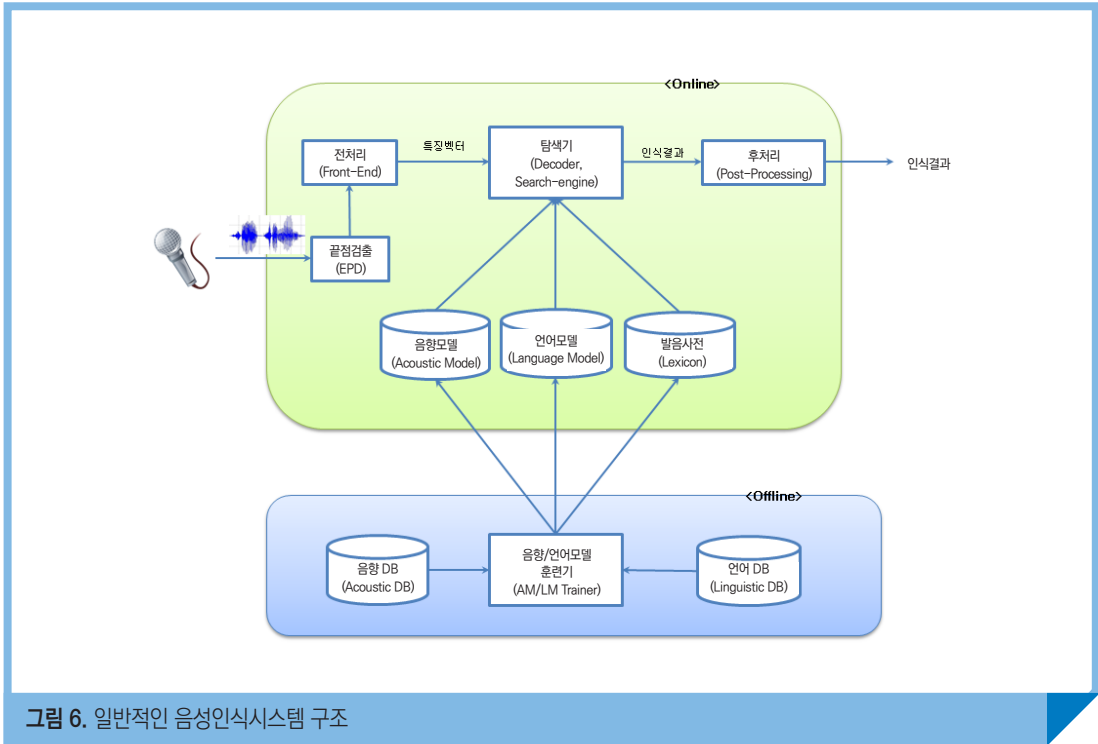


그림 6. 일반적인 음성인식시스템 구조

오프라인 처리모듈은 음성인식용 모델 생성과정으로 세부적으로는 음향(발음)모델링, 언어(문법)모델링 및 발음사전 구축과정으로 구성된다. 음향모델링은 주파수 분석을 통한 음운환경별 발음의 특성을 모델링하는 과정이며, 언어모델링은 그 나라 언어 특유의 문장단위 구문구조를 통계적으로 모델링하는 과정이다 <그림 7>. 그리고 텍스트를 소리 나는 대로 변환하는 발음규칙 구현 과정이 필요하며, 발음규칙은 언어에 종속적인 부분으로 다국어 음성인식 기술 개발 시 가장 큰 걸림돌이 된다. 현재 실사용서비스에 적용되는 음성인식용 모델생성은 대부분 확률통계 방식인 HMM 기반이며 확률통계 모델을 만들기 위해서는 많은 양의 언어(음향, 텍스트) 데이터가 필요하다. 음성인식 성능과 데이터베이스의 크기 사이에는 비례적인 상관관계가 있으며, 또한 음성언어 데이터의 품질에 따라 성능이 달라진다.

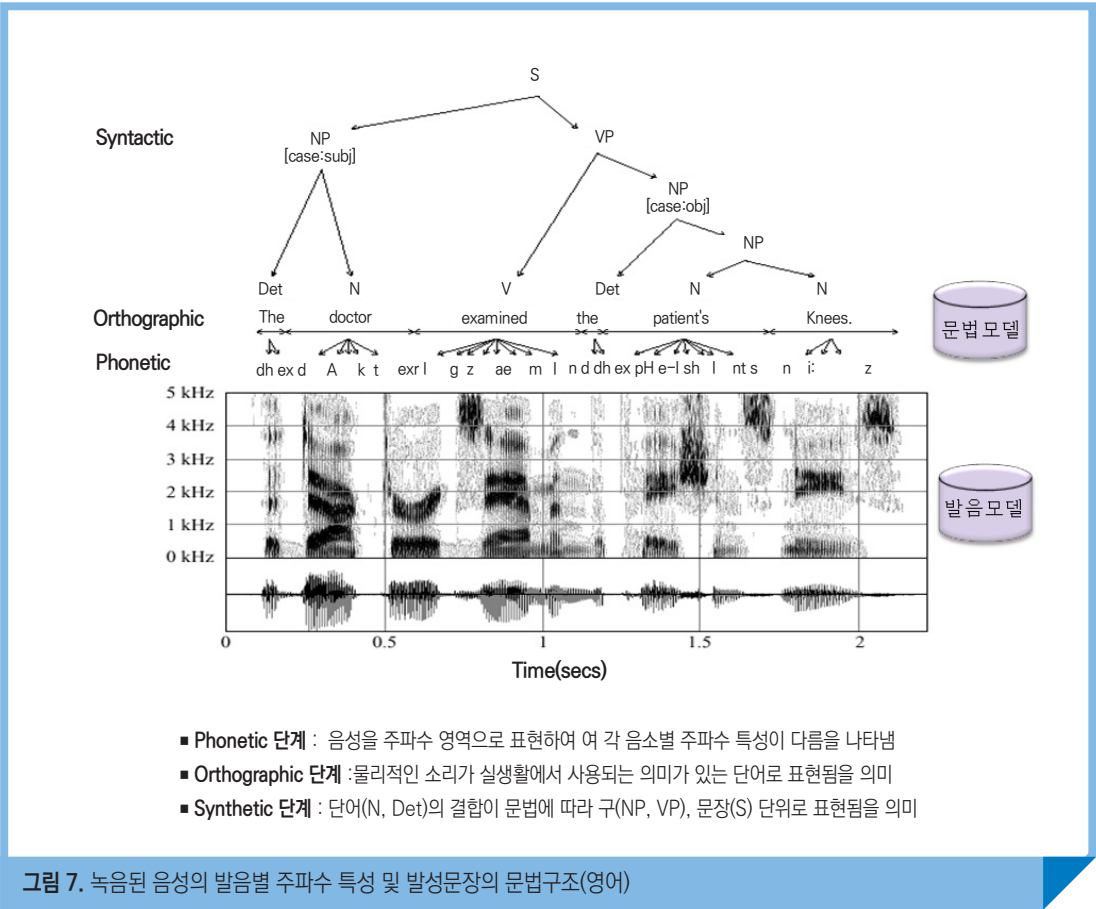


그림 7. 녹음된 음성의 발음별 주파수 특성 및 발성문장의 문법구조(영어)

온라인 처리모듈은 음성끝점검출(EPD: End Point Detection), 전처리(Preprocessing), 탐색(Decoding 또는 Search), 후처리(Postprocessing) 기술로 나눌 수 있다. 음성인식엔진은 연속적으로 입력되는 음성발화에 대해 음성끝점검출을 수행하여 음성의 시작점과 끝나는 지점을 찾고, 전처리 모듈에서는 음성신호로부터 주파수 분석을 수행하여 음향적인 특징을 반영한 특징벡터(Feature Vector)들을 추출하고, 잡음처리를 위한 신호처리 과정이 수행된다. 디코딩 단계에서는 학습단계 결과인 음향모델(AM: Acoustic Model), 언어모델(LM: Language Model), 발음사전(Pronunciation Dictionary)을 이용하여 입력된 특징벡터를 모델과 비교, 스코어링을 통해 단어를 최종 결정하게 된다. 한국어의 경우, 인식 단위로 의사형태소를 사용하기 때문에 후처리 모듈에서 인식결과를 어절단위로 재구성하는 과정이 필요하고, 일반적으로 숫자나 영문으로 변환해주는 과정을 후처리라고 한다.

02 음성인식 최신동향

2.1 빅데이터 기반 음성인식

빅데이터 음성언어 데이터를 활용한 음성인식 시도는 세계적으로 구글이 주도하고, MS, IBM, 중국의 바이두 등 글로벌 기업이 서로 경쟁적으로 연구결과물을 발표하는 등 주도권을 잡기 위한 양상을 보이고 있다. 구글은 음성검색서비스를 기반으로 방대한 규모의 음성데이터 및 텍스트 데이터를 축적하고 있으며, 매일 누적되는 음성데이터의 양은 한 사람이 5~10년 동안 말하는 양에 해당하며, 텍스트 데이터의 양은 음성 데이터를 넘어서고 있다고 한다. 그동안 알고리즘의 한계 및 소규모 데이터로 인해 성능 개선을 이루지 못했던 것이 빅데이터 확보만으로도 성능 개선을 이루었다는데 큰 의미가 있다. 한 가지 주목할 만한 점은 방대한 크기로 인해 음성데이터에 대한 정확한 전사데이터가 제공되지 않고 텍스트 데이터에 대한 정확한 철자나 문장단위 정보가 제공되지 않는다는 것이다. 이에 미전사 데이터 문제를 해결하기 위해서는 비교사 (unsupervised) 훈련 방법ⁱⁱ⁾ 시도되고 있다. 초기 모델은 적은 분량의 전사데이터를 가진 음성데이터를 이용하여 교사훈련을 통해 생성하고, 초기 모델을 이용하여 방대한 양의 미전사 데이터를 자동 전사하면서 다양한 신뢰도 척도를 이용하여 신뢰도를 계산한 후 높은 신뢰도를 가진 데이터를 훈련에 반영하는 방법을 이용하고 있다. 구글은 음성인식 엔진에 사용되는 모든 음향모델을 이 과정을 통해 정기적으로 재학습하고 있으며 지속적인 성능 개선을 보이고 있다.

구글의 경우, 수집한 텍스트 코퍼스로부터 2,300억개의 단어를 추출하고 이를 기반으로 n-gram 기반의 언어모델을 효과적으로 구축하는 방법론을 개발하였다. 초기의 언어모델은 100만개의 고빈도 단어를 선택하고 이를 기반으로 1,500만개의 3-gram과, 127억개의 5-gram을 구성하였다. 이렇게 구축된 언어모델은 음성인식 첫 단계에서 3-gram을 적용하여 인식하고, 첫 단계 인식과정에서 얻은 후보들을 대상으로

ii) 주어진 학습데이터가 어느 카테고리에 속하는지 정답을 알려주지 않고 학습하는 방식

iii) N-gram 확률분포가 특정 고빈도 단어에 왜곡되지 않도록 자연스러운 확률분포를 갖도록 확률값을 조정하는 과정

5-gram으로 정밀하게 재계산(Rescoring)하므로써 성능을 높이는 방법을 채택하였다^{5),6)}. 결국 언어모델의 방법은 대상 어휘의 선정과 확장 가능한 n-gram의 구성 및 미출현 n-gram에 대한 스무딩(Smoothing) 기법ⁱⁱⁱ⁾에 따라 성능이 좌우됨을 알 수 있다.

2.2 딥러닝 기반 음성인식

최근 들어 음성인식에 딥러닝의 대표적 방식인 DNN(Deep Neural Network)의 도입으로 인식성능을 대폭 개선하는 효과를 보이고 있다. DNN과 HMM을 결합하는 방법은 HMM의 각 상태(state)확률 분포를 모델링하는데 사용되던 GMM을 DNN으로 대체하는 것으로, 음성특징벡터로부터 상태확률을 계산하는데 DNN을 적용하는 것이다. DNN의 입력은 10여개 프레임의 음성특징 벡터가 되고, 출력은 HMM에서 단위로 사용하는 모든 트라이폰(Triphone)^{iv)}의 각 상태확률이 된다. 10여개 프레임으로부터 얻은 특징벡터 열을 입력하여 학습된 DNN의 layer별 모델 파라미터에 따라 최종 출력에서 트라이폰의 상태확률 값을 얻을 수 있고, 이를 이용하여 등록된 어휘 단위의 인식결과를 탐색하게 된다. 그림 8은 DNN을 이용하여 특징벡터로부터 트라이폰 각 상태확률을 학습하는 과정을 나타낸다.

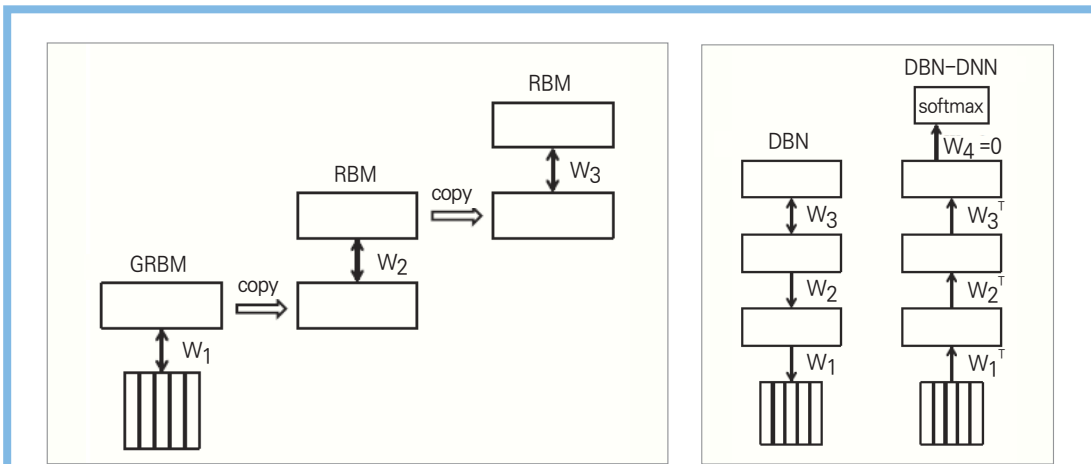


그림 8. 음향모델 구성을 위한 pre-train 딥러닝 과정

RBM(Restricted Boltzmann Machine)으로 layer를 구성하고, layer별로 음성특징을 입력하여 학습을 수행하고, 학습된 layer를 모아 DBN(Deep Belief Network)을 학습하는 것을 pre-train이라고 한다. DBN-DNN 모델에 최종 트라이폰 상태별 전사정보를 주고 오류역전파 알고리즘을 이용하여 학습하면 최종 DNN 모델을 얻게 된다. DNN-HMM은 기존의 GMM-HMM에서 성능 향상을 위해 적용했던 다양한 특징 정규화 및 변별학습을 layer 학습을 통해 표현할 수 있는 장점을 가지며, 기존에 해결하지 못했던 문제들을 layer 학습에서 처리할 수 있다. 구글에서는 음성검색 서비스에 DNN을 적용하여 개선된 음성인식 성능을 얻을 수 있었다. 즉, 기존의 GMM-HMM 방법으로 약 6,000 시간의 음성데이터를 학습에 적용한 경우 16%의 음성인식 오류율을 보인 반면, DNN-HMM 기술을 적용한 경우 동일 학습데이터로 12.3%의 오류율을 보여 개선된 성능을 얻을 수 있었다. 최근에는 고정길이 입력의 단점을 없애고 시계열 데이터에 대한 학습이 가능한 순환신경망(RNN:Recurrent Neural Network)이 음성인식, 자동번역 등에 채택되어 또 한번 괄목할 만한 개선된 성능이 보고되고 있으며 RNN에 기반한 더 정교한 딥러닝 네트워크 구조 및 다양한 학습 알고리즘이 제안될 것으로 기대된다.

2.3 다국어 음성인식

다국어 음성인식 엔진을 개발하기 위해 시도되고 있는 Babel 프로젝트^{v)}의 경우 26개 언어에 대한 각 100시간씩의 음성 데이터 및 해당 전사 데이터를 제공하는 것을 목표로 하고 있다⁷⁾. 즉 기존의 방법으로는 수개월에서 1년 정도의 시간이 필요한 것을 수일 내로 처리할 수 있는 방법론 개발이 목표이다. 언어별 100시간 데이터를 기반으로 특정 언어나 또는 비슷한 음성학적 특성을 가지는 언어의 기 훈련된 음향모델을 이용하여 새로운 언어에 대한 음향모델을 빠르게 구축하는 것을 목적으로 한다. 또한 언어모델을 위한 방대한 양의 텍스트 데이터 확보가 어려우므로 가용할 수 있는 데이터를 기반으로 의미전달을 효과적으로 하는데에 집중하고 있다. 제한된 리소스로 음성인식 엔진을 개발하는 연구그룹에서는 음향 및 언어 모델링 뿐만 아니라 음소단위 결정 및 발음사전 생성까지도 자동으로 수행하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 비교사 학습 방법을 활용한 모델링 기술 개발에 노력하고 있다. 또한 크라우드 소싱 플랫폼을 이용하여 협업을 통해

iv) 한 음소(phone)의 발음은 주변 음소에 따라 영향을 받는데, 트라이폰은 좌측 음소와 우측 음소의 영향을 고려했기 때문에 3개의 연속된 음소라는 의미에서 tri-phone이라고 함

v) 구글에서 수행한 프로젝트로 70여개 언어에 대한 실시간 자동통역 전화서비스 구현을 목표로 함

새로운 언어에 대한 발음사전을 공동 개발하는 시도도 이루어지고 있다⁸⁾. 구글과 같은 방대한 데이터 확보가 어려운 경우 이 방법들은 특정 도메인을 위한 초기 음성인식 엔진 개발에 매우 효과적이고 서비스에 따라 점진적으로 재학습하는 전략으로 성능 개선을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

03 ETRI 음성인식

3.1 지니톡 음성인식

ETRI의 지니톡에 채용된 음성인식 엔진은 HMM기반의 음향모델과 n-gram기반의 언어모델, 그리고 디코더(decoder)^{vi)}는 wFST(weighted Finite State Transducer) 방식으로 개발되었다. 한국어 음향모델의 훈련에는 수천 시간 분량의 음성데이터가 사용되었다. 여기에 잡음 환경에서 강인하게 동작할 수 있도록 SNR(Signal-to-Noise Ratio) 5~15 dB의 실제 환경 잡음을 무작위로 섞어 훈련하였다. 음성신호는 10ms 마다 프레임을 이동하며 20ms 단위로 특징추출을 실시하였고, 특징벡터의 경우, 음성의 주파수 특성을 청각적인 요소를 반영하여 멜 스케일로 조정된 MFCC(Mel scaled Frequency Cepstral Coefficient)계수 53 차를 사용하였으며 통계적 특성이 비슷한 triphone은 서로 통합(triphone-tying) 후 GMM 개수는 32개까지 늘렸다. 특기할 만한 것은 자동통역을 위한 음성인식 엔진은 스마트폰에서의 대화체 음성인식이 주를 이룬다는 점에서 음향모델 훈련에 사용한 음성데이터 중 61%를 스마트폰 채널의 대화체 데이터로 구성하여 최대한 사용환경을 일치시키도록 하였다는 점이다.

영어, 일본어, 중국어 음향모델도 훈련에 사용한 데이터의 구성을 제외하고는 동일한 방식을 채택하였다. 지니톡 언어모델은 대화체 자동통역에 초점을 맞추어 여행/일상 관련 대화 텍스트를 중심으로 구성하였다.

vi) 음성인식시스템에 음성이 입력되면 음향/언어모델을 이용하여 최적의 인식후보를 빠르게 찾는 모듈

이를 위해 크게 세 가지 방법을 동원해 언어모델용 데이터를 수집하였다. 첫 번째로는 다양성을 최대한 확보하고 자연성을 확보할 수 있도록 대규모 인원을 동원하여 문장을 발화하거나 작성하도록 해 이를 DB화 하였다. 이렇게 수집된 데이터는 한국어의 경우 약 50만 문장에 달한다. 이는 여행/일상 상황을 가정하고 외국인 간에 통역사를 통해 대화하거나, 같은 언어 사용자끼리 외국인과 대화하는 것으로 역할을 설정해 대화하거나, 또는 혼자서 외국인과 대화하는 시나리오를 작성하도록 해 수집한 것이다. 이 중 일부는 번역을 통해 다른 언어 음성인식 엔진의 언어모델링에도 사용하였다.

두 번째 방법으로는 여행, 일상 생활, 비즈니스, 항공, 호텔, 교통, 의료, 미용, 레스토랑, 스포츠 등 다양한 분야의 회화 예문에 대해 한국어의 경우 약 180만 문장을 수집하였다. 마지막으로 드라마/영화 자막, 블로그, 일반 도서 등에서 약 540만 한국어 대화체 문장을 수집하였다. 지니톡의 경우, 4년여 기간 동안 연인원 6,000명 이상을 동원하여 다양한 문장을 수집하였다는 점과 여행/일상 대화 텍스트가 언어모델의 중심을 이룬다는 점에서 다른 음성인식시스템과 큰 차별성을 지닌다. 영어, 일본어, 중국어의 경우도 텍스트의 구성을 제외하고는 동일한 방법으로 구축한 후 이렇게 수집된 말뭉치를 이용하여 back-off 기반의 3-gram 언어모델을 구성하였다. 통상 음성인식엔진은 테스트 환경 및 평가 문장의 구성에 따라 성능에서 많은 편차를 보인다. 현재 서비스 중인 지니톡 음성인식엔진은 사무실, 대로변, 골목, 식당 등에서 각 2,000발화씩의 대화체 여행/일상 영역 테스트 문장에 대해 평가를 실시한 결과, 평균적으로 8개 언어에 대해 90% 이상의 단어인식률을 보인다.

3.2 사용자 로그데이터 반영

2012년 ETRI는 사용자 로그데이터의 중요성을 인지하고 사용자 로그데이터를 자체적으로 확보할 수 있는 방안을 수립하였고, 이에 지니톡이라는 자동통역 대국민서비스를 실시하여 음성, 텍스트 등 수천만건의 사용자 로그데이터를 확보하여 연구에 활용할 수 있었다 <그림 9>.

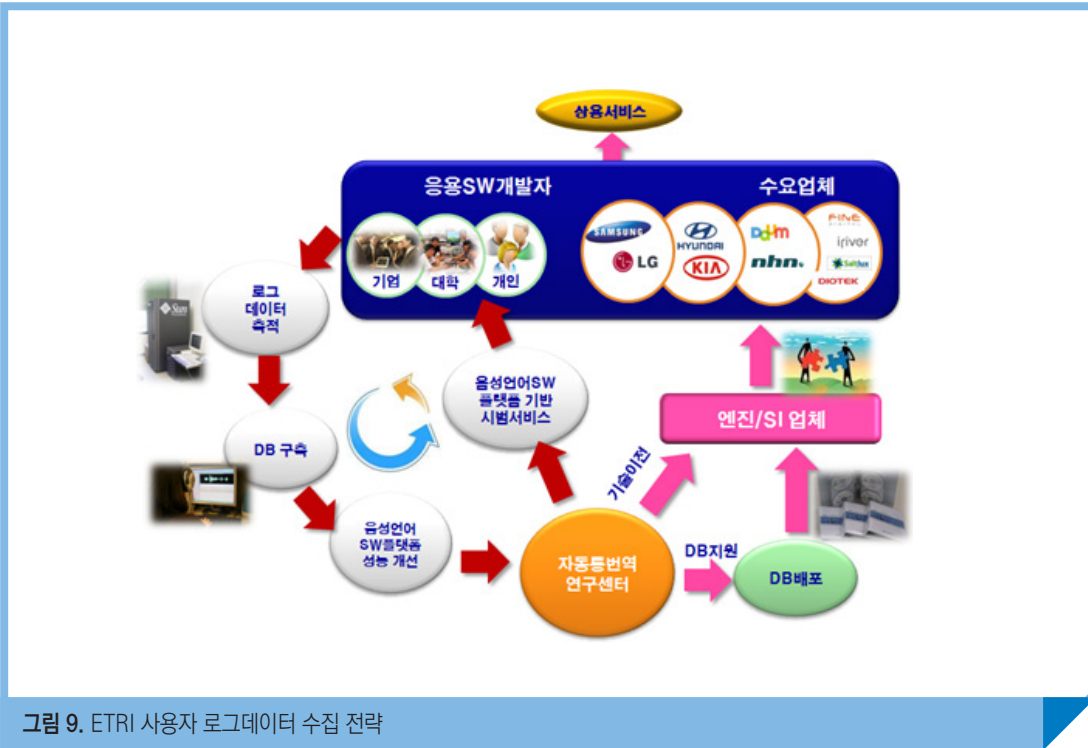


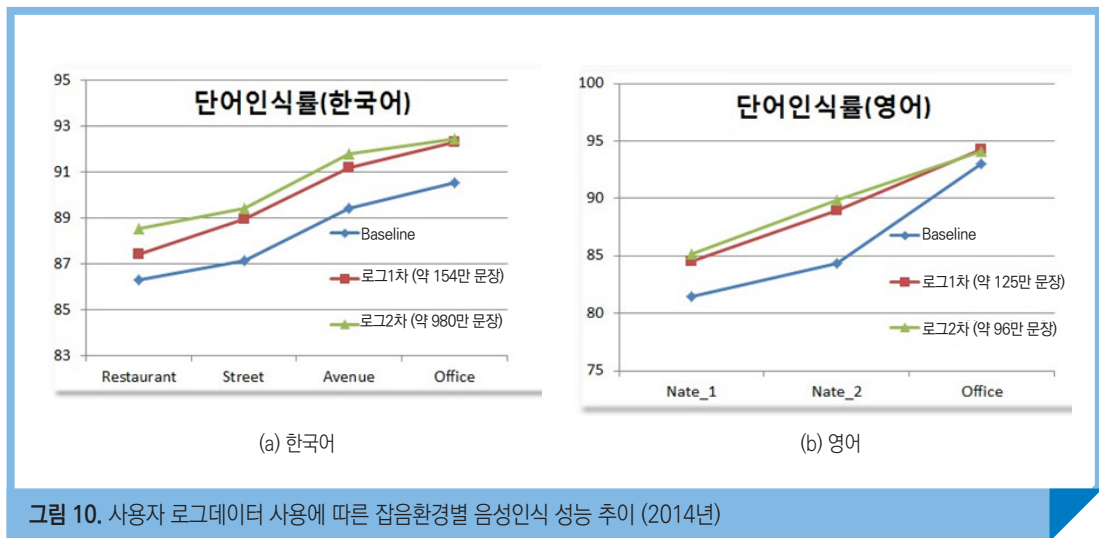
그림 9. ETRI 사용자 로그데이터 수집 전략

사용자 로그데이터는 수동으로 정제를 수행하였고, 다음과 같은 품질기준을 설정하여 이러한 현상이 발생하였을 때는 음성전사에서 제외하였다.

- 가. 음성 파일에서 클리핑^{가)}이 일어났을 때
- 나. 피크 값을 넘어서지는 않지만 특정 레벨에서 파형이 잘릴 때
- 다. 음성 파일 내에 사람의 발성이 존재하지 않을 때
- 라. 웃음소리, 노래, 장난 등으로 구성되었을 때
- 마. 두 명 이상의 목소리가 중첩되었을 때
- 바. 음성 전 구간에 걸쳐 음절을 또박또박 끊어서 발성하였을 때
- 사. 한국어가 아닌 외국어 음성일 때
- 아. 한국인이 아닌 외국인의 한국어 발성이라고 의심될 때
- 자. 음성 파형에서 음성의 확인이 어려운 너무 작은 소리의 음성일 때

- 차. 앞 뒤 묵음 구간이 전혀 확보되지 않거나 발성이 중간에서 잘릴 때
- 카. 불명확한 발성이 존재할 때
- 타. 너무 심한 주저 발성이 나타날 때

다음은 지니톡 사용자 로그데이터를 정제하여 음성인식엔진에 반영했을 때 한국어의 경우, 식당, 거리, 대로변, 사무실 등 환경별 성능개선 추이를 보여주고 있고, 영어의 경우, 발성스타일(Nate_1: 보통 발화속도, Nate_2: 빠른 발화속도) 및 사무실 환경에서의 성능개선 추이를 보여주고 있다 <그림 10>. 전반적으로 사용자 로그데이터를 누적 반영할 경우 다양한 기기환경, 주변 소음환경, 사용자 발성패턴 등 실환경 서비스시에 체감성능을 개선하는 효과가 큰 것으로 결과가 나왔다. 이는 당초 사용자 로그데이터가 성능에 기여하는 바를 잘 설명해주는 결과로, 정제된 텍스트를 통해 다양한 표현을 학습할 수 있고, 주변 상황에 존재하는 다양한 환경적 특성이 음향모델에 자연스럽게 반영되기 때문이다. 앞으로 실제 상용서비스시 성능적으로 차별화하기 위해 사용자 로그데이터의 중요성은 점점 커질 것으로 예상된다.



vii) 음성이 한계 크기 이상으로 입력될 경우, 음성신호에 왜곡을 주는 현상

한편, 사용자 로그데이터를 정제하기 위해 상당한 비용과 노력이 수반되기 때문에 이를 자동화하는 기술 개발이 필요할 것으로 보인다. 최근에는 응용서비스를 통해 자동 수집되는 사용자 로그데이터를 활용하여 인식기의 성능을 높이는 기법들이 적용되고 있다. 이 경우에는 음성데이터가 녹음된 환경에 대한 정보가 제공되지 않을 수 있으며, 비교사 군집화(unsupervised clustering)^{vii)} 알고리즘을 통해 환경별 음향모델을 구축할 수 있다⁸⁾. 다양한 환경에 강인한 성능을 내기 위해 학습용 음성데이터에 부과된 녹음 환경 레이블링 정보를 사용하여 다수 개의 잡음환경별로 음향모델을 각각 학습하고, 음성인식 단계에서 이들 중 입력신호와 가장 가까운 모델을 자동 선택하여 인식 성능을 높이는 방식이 매우 효과적인 것으로 알려졌다 <그림 11>.

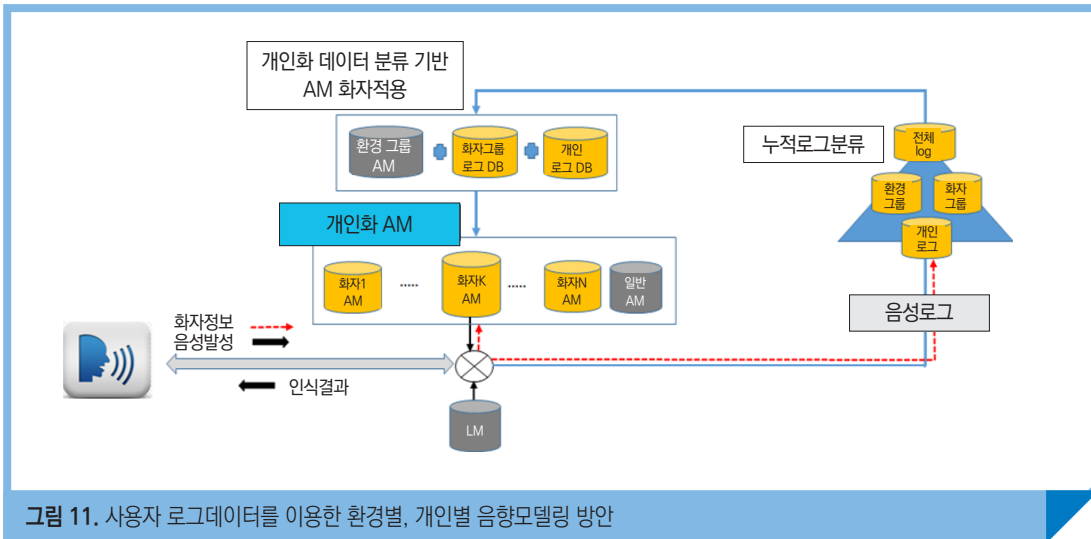


그림 11. 사용자 로그데이터를 이용한 환경별, 개인별 음향모델링 방안

3.3 다국어 확장

음성인식 기술의 발전에 따라 인식성능이 크게 개선되고 상용서비스들이 나오기 시작하면서, 점차 한국어 외 타 언어의 확장에 대한 필요성이 대두되고 있다⁹⁾. 다국어 확장을 위해서는 신규 언어에 대한 음향모델 구축용 음성데이터, 언어모델 구축을 위한 텍스트 데이터, 발음사전 생성기, 형태소 분석기 및 언어별 발음 특성에 맞는 특징 추출기 등이 필요하고, 이러한 자원들을 음성인식기에 반영하기 위한 다양한 도구들을 필요로 한다.

vii) 학습데이터가 어떤 군집화에 속해 있는지 정답이 미리 주어지지 않았을 때 데이터의 특성만으로 자동 군집화를 할 수 있는 학습방식

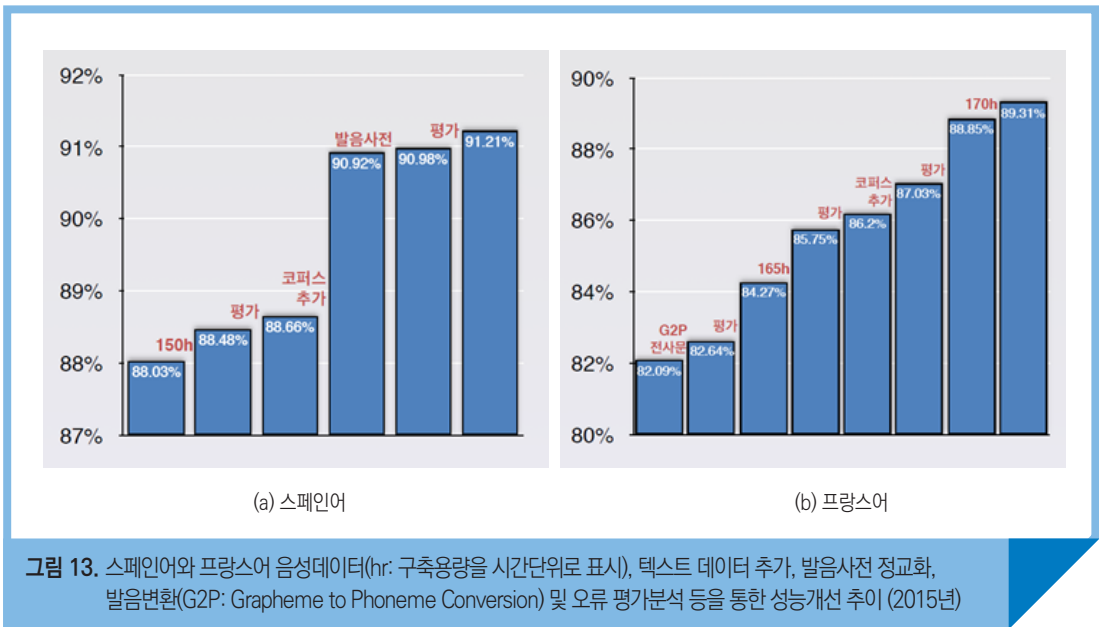
또한 새로운 언어에 대한 음성인식 시스템을 저비용, 고속 및 고성능으로 구축하는 것까지 포함해야 한다.

음성인식 성능 개선을 위해서는 대용량의 데이터 수집 및 발음사전 보강이 필수적이다. 최근 스마트폰과 인터넷 환경에서 음성인식 서비스가 널리 사용되어짐에 따라, 음성인식기 개발에 필요한 음성언어 자원들을 온라인 상에서 다수의 사용자들을 통해 직접 수집하는 방식이 많이 시도되고 있다. 이를 위해 클라우드 소싱 플랫폼에서 대용량의 다국어 음성데이터(예: 중국어, 일본어, 프랑스어, 스페인어, 독일어, 러시아어 등)를 구축할 수 있으며 클라우드 소싱 기법을 도입함으로써 화자 및 녹음 환경에서의 다양성을 확보하여 강인한 음성인식기가 개발될 수 있다. 또한 발음사전을 규칙적으로 생성하기 어렵고 정제된 발음사전을 확보하기 어려운 언어인 영어, 러시아어, 독일어, 프랑스어, 중국어, 일본어를 대상으로 평균 각 10만 엔트리에 대해 발음을 언어 전문가에 의해 수작업으로 기술하였다. 이를 통해 발음사전의 정확성을 확보하는 동시에 다국어로 외연을 확대할 수 있는 좋은 방안이 될 수 있다. <그림 12>는 한국어 문장을 대상으로 영어, 중국어, 일본어 문장으로 수동 번역한 결과이며, 각 언어별 음성인식 언어모델용으로 활용된다. 특히 영어 문장데이터는 클라우드 소싱 플랫폼을 이용하여 유럽어 언어로 번역하는데 활용이 된다.

대화번호	문장번호	종분류	소분류	대화주제	한국어	영어	일본어	중국어
2017	1	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	911입니다. 무슨 일이시죠?	911. What's your emergency?	911です。 どうされましたか。	是911。 有什么事吗?
2017	2	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	자동차 사고가 났어요.	There's been a car accident.	車の事故が起きました。	出了交通事故。
2017	3	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	사고의 정황이 어떻게 됩니까?	How did it happen?	どうして事故になりましたか。	事故的情况怎样呢?
2017	4	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	뒤에서 운전하던 승용차 주인이 졸음운전을 해서 제 차를 들이받았습니다.	The driver of the car behind me dozed off while driving, so his car hit my car.	後方の乗用車を運転していた人が居眠り運転をして、私の車をぶつけました。	在后面开车的车主因打盹驾驶撞了我的车。
2017	5	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	알겠습니다. 진정하시고 사고 현장의 정확한 위치를 알려주세요好吗?	OK. Please calm down, and tell me the location of the accident.	わかりました。 落ち着いて、事故現場の正確な位置を教えてください。	好的。 请冷静，可以告诉一下准确的事故现场的位置吗?
2017	6	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	여기는 @뉴욕@@ 고속도로 16번 중간지점입니다.	This is at the mid-point of 16, @New York@@ expressway.	ここは@ニューヨーク@@高速道路16番の中間地点です。	这里是@纽约@@十六号高速公路中间地点。
2017	7	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	다친 사람이 있습니까?	Did anybody get hurt?	怪我をした人がいますか。	有受伤的人吗?
2017	8	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	승용차 주인의 출혈이 조금 심합니다.	The driver of the sedan is bleeding.	乗用車を運転していた人の出血が少し酷いです。	轿车主流血流得有点厉害。
2017	9	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	10분 내로 앰بول런스와 견인차를 보내드리겠습니다. 잠시만 기다려 주세요.	I will send an ambulance and tow truck within 10 minutes. Please wait a moment.	10分以内に救急車と牽引車を送ります。 少々お待ちください。	在十分钟以内会派救护车和牵引车的。 请稍等。
2017	10	Emergency	Miscellaneous	Car Accident	빨리 좀 와주세요.	Please hurry.	ちょっと早く来てください。	请快一点。

그림 12. 언어모델링용 영어, 일본어, 중국어 텍스트 데이터 구축 사례

프랑스어 및 스페인어의 경우, 수집된 데이터들은 기본적으로 낭독체 중심의 데이터이며 음성데이터 양을 확대하고자 채널이 두 가지 이상 존재하는 데이터에 대해서는 같은 발화에 대해 PC와 스마트폰 채널의 음성 데이터를 모두 활용하여 훈련하였다. 또 잡음에 대한 강인성을 높이기 위해 다양한 환경으로부터 수집된 잡음을 음성데이터에 섞어 사용하였다. 최종적으로 스페인어, 불어 데이터 반영 및 발음변환 규칙 알고리즘 개선을 통해 그림 13과 같은 성능개선 추이를 보인다.



독일어는 발음이 규칙적이긴 하나 예외발음이 많아 23만 엔트리(발음사전에서 표제어를 의미)에 대해 발음사전을 별도로 구축하였다. 이 때 발음사전에 없는 단어들에 대해서는 발음변환 규칙을 적용하였다. 러시아어의 경우 단어의 악센트를 기준으로 발음이 규칙적으로 변화하는 특징을 보인다. 이러한 점을 반영하여 발음변환기를 구현하였으며 또한 러시아어를 표기할 때는 단어의 악센트를 거의 표시하지 않는 점을 감안하여 100만 여개의 러시아어 악센트 사전을 별도로 구축하였다 <그림 14>.

언어	변환 방식	사전 엔트리수 (개)	발음변환 성능 (%)	비고
한국어	규칙	-	99%	-
영어	사전	20만	99%	-
일본어	규칙	-	99%	Open source 활용
중국어	사전	80만	95%	-
스페인어	규칙	-	97%	개선 중
프랑스어	사전	57만	98%	개선 중
독일어	사전	22만	98%	개발 중
러시아어	규칙	-	86%	개발 중

그림 14. 8개국 언어별 자동 발음변환 기술의 성능

한국어의 경우, 음성인식 과정의 효율을 위해 단어가 아닌 형태소 단위의 어휘를 선정하게 되는데, 이 경우 어휘 선정의 문제와 함께 형태소 단위의 분할도 성능에 영향을 끼치게 된다. 방대한 양의 텍스트 데이터를 자동 형태소 분할하는 경우 텍스트 자체의 오류와 분할 오류 등이 더해져 의미 없는 어휘가 생성되는 경우가 자주 발생한다. 따라서 한국어의 경우는 형태소 분할, 어휘 선정 및 n-gram의 확장 구성에 대한 고려가 이루어져야 언어모델의 성능을 개선할 수 있다.

04 대표적 응용분야

4.1 다국어 자동통역

세계화의 가속화로 국가간 인적, 물적 교류가 폭발적으로 증가하면서 외국어로 된 정보와 지식이 홍수처럼 쏟아지는 시대에 외국어 소통능력이 필수적으로 되고 있다. 이에 따라 사회적으로는 사람들 간에 외국어 실력차이로 인한 정보격차 불평등을 해소하고, 산업적으로는 외국인과의 소통을 원활히 하여 여행/관광, 비즈니스 등이 활발히 이루어질 수 있도록 자동통역 기술의 확보가 국가 브랜드 제고 및 글로벌 경쟁력을 위해 매우 중요해지고 있다. 자동통역 기술의 중요성은 글로벌 기업들의 미래 예측에서도 강조되고 있다. 지난 2011년 제 41차 다보스포럼에서 구글의 에릭슈미트 회장은 “자동통역은 인류사에 진정한 혁명”이라고 말하며, 2012년 다국어 자동통역서비스 본격 실시를 발표하였다. IBM은 5년 내 상용화 기술 중 자동통역을 파급효과가 가장 큰 기술로, 또 국내 KISTEP는 2012년에 10대 미래 유망기술로 선정한 바 있고, 일본 총무성은 2020년 일본 내 자동통번역 시장만 10조원으로 성장할 것으로 예측하고 있다.



그림 15. 자동통역시스템 구조 및 기술적 특성

자동통역은 서로 다른 언어를 사용하는 사람 간에 의사소통을 가능하게 하는 대표적 고난이도 융복합 기술이다 <그림 15>. 1980년대 후반부터 자동통역 기술개발이 시작되었고 본격적으로는 컴퓨터의 급속한 발전과 함께 1990년대부터이다. 자동통역은 크게 3가지 핵심기술로 구성되는데 음성인식, 자동번역, 음성합성 기술이다. 음성인식의 경우, 초기에는 제한된 영역에서 적용이 되는 수준이었으나 현재는 거의 무제한에 가까운 대어휘 연속음성인식이 적용되고 있다. 자동번역은 통계(SMT: Statistical Machine Translation) 기반 방식에서 최근 딥러닝을 적용한 NMT(Neural Machine Translation) 자동번역 기술¹⁰⁾이 주류를 이루고 있고, 번역성능도 실용화에 가까운 수준으로 발전하고 있다. 음성합성은 1990년대 초 규칙기반 합성에서 2000년대부터 대용량 음성데이터 기반 음편조합 방식 기술이 주도하여 거의 원음에 가까운 고품질 합성음을 생성해내고 있고^{11),12)}, 최근에는 합성분야에서도 딥러닝을 적용한 방식이 도입되고 있다. 미국 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)는 영어, 중국어, 아랍어 대상 자동통역 실용화를 목표로 IBM, SRI, BBN에 많은 예산을 투입하여 지속적으로 지원하고 있다. IBM은 여행, 긴급의료진단, 군의 자기방어, 보안상황을 대상으로 MASTOR(Multilingual Automatic Speech-to-Speech Translator)라는 영어-중국어 자동통역기를 개발한 바 있고, SRI는 영어 및 아랍어간 통역이 가능한 'IraqComm'이라는 자동통역기를 개발하여 이라크에 파병된 미군을 대상으로 실제 적용한 바 있다.

미국 모바일 테크놀러지는 CMU 대학의 20여 년간 연구경험을 바탕으로 휴대형 자동통역기가 대중화되지 않았던 시기인 2009년 10월에 지비고(Jibbig)를 출시하였다¹³⁾. 지비고의 경우, 여행, 의료분야에서 약 4만 단어까지 음성인식이 가능하며, 번역기술로는 통계기반 자동번역 방식을 채택하고 있다. 초기에는 영어-스페인어 번역만을 지원하였으나 이후 일본어, 중국어, 이라크어, 타갈로그어, 독일어, 프랑스어, 한국어 등의 다국어 번역도 지원하고 있다.

최근에는 구글의 경우, 한국어를 포함한 59개 국어 이상의 다국어에 대한 자동통번역 서비스 실시하였고, Google translator API를 이용하여 채팅 자동번역, 문자인식(OCR: Optical Character Recognition) 자동번역 등의 다양한 스마트폰 앱 서비스 제공하고 있다. MS는 화상통화서비스를 주력으로 하는 Skype를 인수하였으며, 2015년 영어와 스페인어, 이탈리아어, 중국어 실시간 화상 자동통역서비스를 시작하였다¹⁴⁾. 일본 NTT 도코모는 일본 국가연구소인 NICT와 함께 2020년 동경올림픽을 목표로 본격 개발에 착수한 바 있으며, 일본 총무성에서 글로벌 커뮤니케이션 계획을 수립하여 2015~2019년 총 100억엔 예산을 투입할 예정이다.

국내 ETRI는 2012년 한국어와 영어간 의사소통이 가능한 자동통역 앱 지니톡을 내놓았다(그림 16). 공개 1주일 만에 100만 다운로드를 기록하였고, 실시간 네이버 검색 1위를 하는 등 장안의 화제가 된 적 있다. 2013년에 한국어와 일본어, 한국어와 중국어로 언어를 확장해 현재 총 4개 언어에 대해 자동통역이 가능하다. 여행, 일상분야에서 수만~수십만 단어를 인식할 수 있고, 음성인식률 90%, 통역률은 80%에 달할 정도로 구글, 지비고, 보이스트라 등 외국기술 대비 더 정확한 통역률을 자랑한다. 지니톡은 2012년 출시 후 현재까지 다운로드가 약 200만건에 달하며 이중 3~40만건은 해외에서 다운로드 됐다. 최근에는 네이버에서 한-중, 영, 일 3개국 자동통역 앱인 '파파고'를 출시한 바 있다.

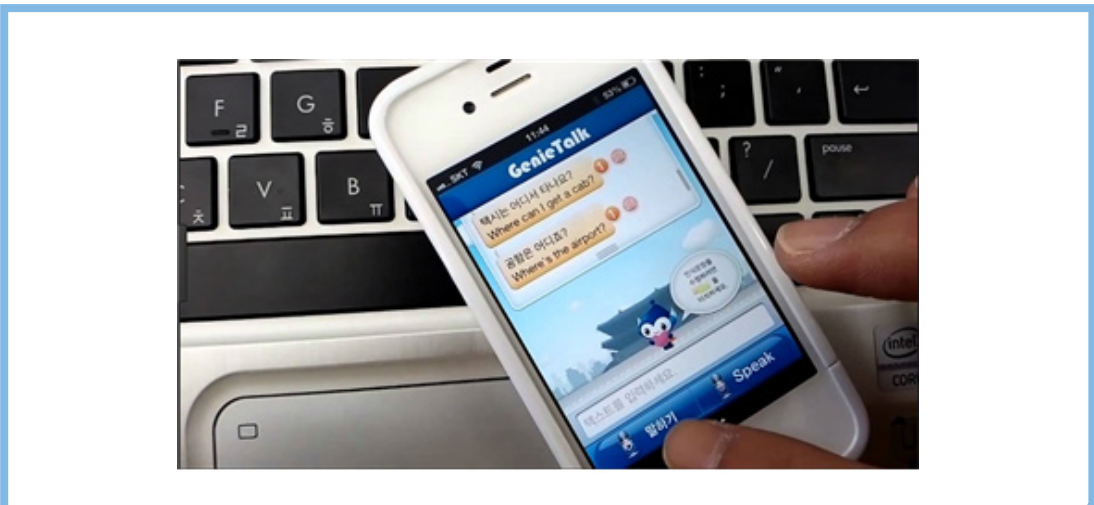


그림 16. 스마트폰 앱 지니톡 실행 화면 (2015년)

2014년 9월에는 해외에서 로밍서비스로 인한 데이터 요금 부담을 해소하고 또 통신이 잘 안되는 지역에서도 통역이 가능하도록 단말탑재형 자동통역 기술도 내놓았다. 그리고 자동통역 사용성을 편리하게 하도록 각자 소유의 스마트폰에 대고 말을 하면 블루투스 통신을 통해 상대편 스마트폰으로 통역결과가 직접 전달되어 양방향 통역이 되는 기술도 발표했다. 특히 최근 이슈가 되고 있는 스마트워치, 블루투스 헤드셋 등 웨어러블 디바이스에 적용 가능하여 핸즈프리 형태로 통역이 되는 길을 열어 줌으로써 자동통역서비스가 대중화되는 전환점이 될 것으로 기대된다. 본 기술을 응용하면 스마트폰 없이 귀에 꽂는 간편한 이어폰으로도 세계 각국 사람들과 불편함 없이 소통할 수 있는 자동통역서비스도 멀지 않다. 한편, 한글과컴퓨터는 2018 평




창동계올림픽 자동통번역 SW 공식공급사로 선정되어 주요 유럽어, 아랍어를 포함하여 총 8개국 자동통역 서비스 실시를 계획하고 있다.

이와 같이 세계 주요 선진국가들은 자동통역 기술 선점을 위해 치열한 경쟁을 하고 있어 아마 21세기가 지나가기 전에 지구상의 모든 언어들까지 모두 통역될 수 있기를 기대해 볼 수도 있겠다.

4.2 인공지능비서

음성인식 인공지능비서는 인간의 말을 인식하고 의미를 이해하며 상황에 맞는 응답을 제공하는 대표적 인간-컴퓨터 상호작용 서비스로 원거리에서 음성대화가 가능한 음성인식이 핵심기술이 된다. 국외의 경우 애플 시리 이후, 구글 나우, MS 코타나 등 스마트폰 기반의 음성인식 인공지능비서가 경쟁적으로 출시되었다. 특히 아마존 에코, 구글 홈은 거치형 개인비서 형태로 서비스 되고 있으며, 아마존 에코가 가장 많이 이용 중이다 <그림 17>.

그림 17. 국외 주요 인공지능비서 제품 현황

제품·서비스명	주요특징
 <p>(아마존 에코, 2014년 출시)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 음성인식 플랫폼 알렉사 탑재 2. 높은 음성인식률 및 우수한 자연어 처리 3. 아마존 전자상거래와의 연계 서비스 가능 4. 2016년 말 기준 전세계 약 500만대 이상 판매
 <p>(구글 구글홈, 2016년 출시)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 구글 어시스턴스 탑재 2. 홈 오토메이션이 주요 기능 3. 다양한 스마트 기기와 연동 목표
 <p>(레노보, 스마트 어시스턴트, 2017년 출시예정)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. CES 2017에서 선보였으며 5월 출시 예정 2. 아마존 알렉사 탑재 3. 아마존 에코와 형태·기능이 비슷하나 저렴한 가격과 오디오 성능이 강점



다수의 기업들이 아마존의 지능형 가상 비서 알렉사를 다양한 기기와 연동하고 있고, LG전자는 스마트 냉장고와 허브로봇에, 화웨이는 스마트폰 메이트9에, GE는 C바이 램프에, 삼성은 로봇청소기에 연결하면서 사물인터넷/스마트홈의 플랫폼으로 자리매김하고 있다 <그림 18>.

그림 18. CES 2017에서 선보인 알렉사 탑재 주요 제품

				
LG전자	화웨이	레노보	포드	삼성전자
스마트냉장고	메이트9	스마트 어시스턴트	인포테인먼트 시스템	로봇청소기 (파워봇 VR7000)

국내의 경우, SKT, KT 등 이동통신사 중심으로 스피커형 음성인식 비서 제품을 출시하기 시작했으나, 서비스 이력이 짧고 국내시장만을 목표로 함으로써 선진국에 비해 사용자 데이터 축적이 미흡한 상태이므로 서비스 완성도나 성능 측면에서 열세이다. SKT는 딥러닝을 적용한 인공지능 스피커 누구(NUGU)를 출시한 이후 4개월 만에 누적 판매량 4만 대를 돌파하였으며, 아마존 에코, 구글홈과 같이 음악 스트리밍, 검색, 스마트 홈 기기 제어 등의 기능을 수행한다. KT는 세계 최초로 IPTV와 인공지능의 융합의 홈 비서 기능을 수행할 수 있는 기가지니(GigaGenie)를 출시하여, IPTV 가입자 기반으로 시장 확대를 모색하고 있다. 삼성전자는 인공지능 플랫폼 기업인 VIV를 인수하여 자사의 인공지능 생태계를 강화하면서 자체 개발한 인공지능 개인비서 빅스비 서비스를 스마트폰 갤럭시 S8에 탑재한 바 있다. LG전자는 전략 스마트폰 G6 및 신규 스마트 워치에 구글의 인공지능 비서인 어시스턴트를 탑재하고 있으며, 네이버는 사물인식, 감정·상황·공간·의도 파악, 음성·동작 인식 등 기술의 집합체인 대화형 인공지능 플랫폼 아미카를 공개하였으며, 스피커형 인공지능 개인비서도 2017년도 하반기에 출시할 계획이라고 밝혔다. 이와 같이 국내업체는 관련 제품 및 서비스의 늦은 출시로 시장 초기 단계이며, 후발 주자로서 음성인식·AI 기술 등이 융합된 플랫폼(엔진) 등 독자 개발, 경쟁적 제품·서비스 출시·준비 등 퍼스트무버로 전환하기 위한 적극적 노력을 하고 있다 <그림 19>.

그림 19. 국내 주요 인공지능비서 제품 현황

제품·서비스명	주요특징
 <p>(SKT 누구, 2016년 출시)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2017년 1월 기준 약 4만대 판매 2. 한국어만 지원 3. SKT 자체 개발 AI 엔진을 기반으로 음악 재생, 날씨, 뉴스, 음식 주문 등을 제공 4. SK브로드밴드 UHD셋톱박스, T맵 서비스 연동 5. IBM 왓슨과 결합 고려중
 <p>(KT 기가지니, 2017년 출시)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 셋톱박스, 스피커, 전화, 카메라가 하나로 융합 2. IPTV에 인공지능을 결합해 TV 및 음악 감상·일정 관리·교통 안내·사물인터넷 기기 제어 등 음성 비서 기능을 제공

아마존 알렉사를 비롯한 현재 음성인식 개인비서에 활용되는 기술은 원천기술 난이도가 매우 높은 기술이 아니므로 국내 기술과의 격차가 크지 않으나, 음성 전처리기술은 원천기술과 더불어 H/W 제작, SW 최적화 등이 함께 융합되어야 하는 분야이므로 완성도 측면에서 국내 기술이 미흡한 면이 있다. 아마존 알렉사의 경쟁력은 원천기술의 차별화 측면보다는 시장 및 생태계를 선점함으로써 꾸준한 데이터 확보 및 이를 통한 음성대화인터페이스 기술의 성능향상 등의 선순환 구조 확보에 있다고 볼 수 있다. 해외의 경우, 핵심기술은 구글(구글홈), 아마존(알렉사), 애플(시리), MS(코타나) 등이 유사하나, 아마존이 기존의 스마트폰 중심의 음성인식 개인비서 서비스를 탈피하여 스피커 형태의 IoT용 서비스를 시작함으로써 생태계를 선점하고 있다.

1. 말인식대로 표현에서 비서까지 영역인식 기술

2. 인공지능의 철학 - 과학·예술·융합 프로젝트 사이언스펠라

05 음성인식 시장전망

음성인식 세계시장 규모(TrendForce, 2017)는 2016년 26억불에서 2021년 약 160억불로, CAGR(연평균증가율) 43.6%로 고속 성장할 것으로 예상되고 있다. 음성인식 기반 대화 인터페이스는 차량용, 외국어 교육용 등의 응용 분야에서 융합서비스 분야의 시장이 창출되고 있다. 스마트폰의 음성인식 서비스인 애플 시리, 삼성 S-보이스 등을 시작으로 비서 기능을 수행하는 스마트 홈 스피커 등의 개인비서 제품 및 서비스가 고성장 할 것으로 전망된다. 인공지능 개인비서는 Forbes지에서 2017년도 Top 17 Tech Trends, Business Insider의 11 Tech Trends로 선정된 바 있고, 제품·서비스의 가치 증대를 위해 스마트폰에서 자동차, 가전 등으로 적용이 확대됨에 따라 관련 시장이 커지고 있다. 가상비서 내장형 스피커 시장(Gartner, 2016)은 2015년 3.6억불에서 2020년 21억불로 성장할 것으로 예측하고 있으며, 지능형 가상비서 시장(Tractica, 2016)은 2021년 158억불로 고속 성장할 것으로 예측하고 있다 <그림 20>. 자동통번역의 경우, 응용분야가 국방, 의료, 법률 등 특수목적에서 이제는 기업 및 일상생활까지 확산추세에 있으며 관련 시장도 크게 성장할 것으로 전망되고 있다.

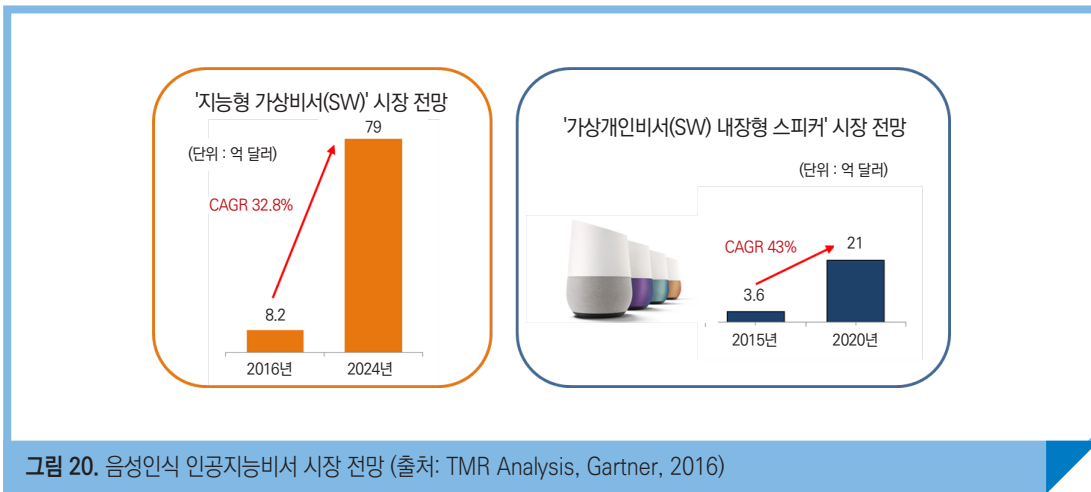


그림 20. 음성인식 인공지능비서 시장 전망 (출처: TMR Analysis, Gartner, 2016)

06 맺음말

인공지능 확산에 따른 음성인식 기술의 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 최근에는 글로벌 기업들이 음성인식 상용서비스를 통해 대용량 사용자 로그데이터 확보에 집중하고 있으며, 축적된 로그데이터를 기반으로 딥러닝 학습기술에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 자동통역 분야도 구글, MS, IBM, NTT 등 글로벌 기업 위주로 다국어 음성인식 및 자동통역 기술 확보 경쟁이 치열하다. 특히 일본은 2020년 언어장벽 없는 도쿄올림픽을 위해 자동통역 서비스를 IT 대표기술로 선정, 한국에 뒤져왔던 일본 IT기술의 부활을 꾀하고 있다.

이와 같이 음성인식 기술이 인공지능 비서, 자동통역 서비스 등 다양한 융합서비스로 확산되는 가운데, 여전히 현재의 음성인식 기술은 단순 명령, 단답형 대화, 고정된 시나리오 기반으로 대화 흐름 및 문맥이 고려되지 않은 제한된 대화로만 정보서비스를 제공하고 있고, 비교적 정확한 발성이 요구되는 서비스 위주 상용화가 가능한 수준이다. 자연스러운 대화체 음성인식의 경우, 지능정보기술의 핵심 인터페이스로 주목받고 있으나 대화체 음성에서 빈번하게 나타나는 부정확한 문형 및 발음에 대해서는 낮은 인식률을 보이고 있으며, 대화체 음성의 특성을 반영하는 모델링 기법이나 사용자 발성특성을 반영하는 기법 등에 대한 연구는 아직 세계적으로는 활성화되지 않은 상태이다.

이에 따라 향후 음성인식 기술은 자유대화 상황에서의 비정형 발성특성을 반영하기 위해 기존 음성인식에서 활용하지 못하던 음성변이 특성, 운율/리듬 등 인간이 인지하는 음소 이외의 특징을 딥러닝을 통해 모델링할 수 있어야 한다. 또한 개별 사용자의 발성특성을 기반으로 사용자 적응형 대화 음성인식 기술 개발이 필요해 보인다. 자유발화로 대화상황 및 문맥에 맞는 양방향 소통 대화가 가능한 수준이 되기 위해서는 사용자 상황 및 대화 문맥 인지를 통해 사용자 및 시스템 주도의 자연스러운 대화가 가능한 자유발화형 대화 방법이 제공되어야 하며, 사용자의 정보서비스 대화 및 일상 주제 대화를 분류하고 정보서비스와 일상 주제의 상황을 공유하여 대화 문맥에 맞는 대화를 제공할 수 있어야 한다.



현재 음성인식 기반 인공지능 비서의 경우, 이미 기업체 중심으로 상용 제품이 출시되고 있으므로, 서비스 완성도 제고 및 생태계 확산을 위해 공통 활용이 가능한 대규모 대화 텍스트 데이터 구축이 필수적으로 요구된다. 대화형 음성인식 기술을 다양한 산업분야로 확산하기 위해서는 특정 분야(예: 금융, 가전AS, 홈쇼핑 등)의 대화지식을 자동/반자동 구축할 수 있는 대화처리 원천기술 및 플랫폼 개발이 시급하다. 또한 현재 선진국 제품에 비해 열세인 원거리 음성인식 기술의 완성도 제고를 위해 관련 SW 및 HW 전문 기관의 협력에 의한 기술 및 제품 개발이 필요할 것으로 보인다.

우리나라가 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해서는 다국어 음성인식 기술의 확보가 중요하나, 현재 국내 수준은 국외 기술수준에 비하여 절대적으로 열세이다. 정부 주도의 R&D 지원을 통해 한국어, 영어 등 몇몇 다국어를 기반으로 하는 음성언어 분야의 기술경쟁력을 확보하고 있지만, 단기 성과 위주의 과제 지원으로 선도적 글로벌 원천기술 확보를 위한 중장기 전략이 미흡한 수준이다. 딥러닝 기술이 도입되어 음성인식 성능이 과거에 비해 상당한 수준으로 개선되었지만 아직도 제한발화 단문 수준에 머물고 있으며, 자동통역, 인공지능비서 등 앞으로 요구되는 자유발화 음성인식 기술은 전 세계적으로도 완성도가 낮은 초기단계이므로 지금이라도 중장기 연구개발 전략 수립을 통한 글로벌 기술경쟁력 확보가 매우 중요하다. 국내에서는 한, 중, 일, 영 중심의 음성언어 자원 구축이 연구소 및 일부 기업에서 노동 집약적으로 진행되고 있으나 유럽어, 동남아어, 남미, 아랍, 인도 등 다국어 음성인식 기술을 확보하기 위해서는 외국어 데이터 구축, 데이터 자동정제 원천기술 개발 및 대학과 협업을 통한 외국어 전문인력 양성 등 연구인프라 구축을 지속적으로 추진해야 할 것으로 보인다.

저자 김상훈

Sang Hun Kim

학력 Univ. of Tokyo 정보통신 박사
KAIST 전기전자 석사
연세대학교 전기 학사

경력 現) 한국전자통신연구원 책임연구원
前) Univ. of San Diego 방문연구원

참고문헌

1. Google Research Blog, "Speech Recognition and Deep Learning," Aug. 2012. <http://googleresearch.blogspot.kr>.
2. Bing blogs, "Bing Makes Voice Recognition on Windows Phone More Accurate and Twice as Fast," June 2013. <http://www.bing.com>.
3. K. Shinoda and K. Iso, "Efficient Reduction of Gaussian Components Using MDL Criterion for HMM-Based Speech Recognition," In Proc. ICASSP, 2002, pp. 869–872.
4. H. Y. Cho, S. H. Kim, "A New Distance Measure for a Variable-Sized Acoustic Model Based on MDL Technique," ETRI Journal, Vol. 32, No. 5, pp. 795–800, 2010.
5. C. Chelba, J. Schalkwyk, T. Brants, V. Ha, B. Harb, W. Neveitt, C. Parada, P. Xu, "Query Language Modeling for Voice Search," In Proc. of IEEE Workshop on Spoken Language Technology 2010, pp. 115–120.
6. C. Chelba, T. Brants, W. Neveitt, P. Xu, "Study on Interaction between Entropy Pruning and Kneser–Ney Smoothing," In Proc. of INTERSPEECH 2010, pp. 2422–2425.
7. P. Fung, T. Schultz, "Multilingual Spoken Language Processing," IEEE Signal Processing Magazine, pp. 89–97, May, 2008.
8. T. Hughes et al, "Building transcribed speech corpora quickly and cheaply for many languages," In Proc. of INTERSPEECH 2010, pp. 1914–1917.
9. F. Beaufays, V. Vanhoucke, B. Strope, "Unsupervised Discovery and Training of Maximally Dissimilar Cluster Models," In Proc. of INTERSPEECH. 2010, pp.66–69.
10. A. Waibel and C. Fügen, "Spoken Language Translation," IEEE Signal Process. Mag., May 2008, pp. 70–79.
11. B. Pfister and H. Romsdorfer, "Mixed-lingual text analysis for Polyglot TTS synthesis", in Proc. of Eurospeech, Geneva, Switzerland, 2003.



12. Alan W Black and Kevin A. Lenzo, "Multilingual Text-to-Speech Synthesis", In Proc. of ICASSP 2004.
13. TechCrunch, "Facebook Acquires Mobile Technologies, Developer of Speech Translation App Jibbigo," Aug. 12th, 2013. <http://techcrunch.com>.
14. The Official Microsoft Blog, "Microsoft demos breakthrough in real-time translated conversations," May 27th, 2014. <http://blogs.technet.com>.

02

융합연구의 철학-
과학예술융합 프로젝트
‘사이언스월드’

UNIST 도시환경공학부
조재원 교수
(jaeweoncho@unist.ac.kr)



■ 사회는 소통으로 구성된다

기술, 인프라, 사람으로 구성된 것이 아니다. 이것은 사회학자 니클라스 루만이 그의 대표적인 책들 (Ecological Communication, Social Systems 등)에서 강조한 핵심적인 주장이다. 사회가 바뀌려면 소통이 있어야 하며, 사회문제를 해결하려고 해도 역시 소통이 필요하다. 그럼 소통(communication)은 무엇인가? 소통은 루만에 의하면 정보를 가지고 이를 말함으로써 전달하고 받아들이는 사람이 이해하는 과정이라고 하였다. 그럼 정보는 무엇인가? 정보(information)는 그 단어 안에 'form'이 들어가 있다. 우리가 살고 있는 사회의 특정 장소, 특정 시간에 일어난 사건(event)의 형태(form)를 우리는 정보라고 한다. 내가 경험한 사건을 다른 사람에게 전달하면 이를 받아들이는 사람은 이해하게 된다. 그럼 또 이해(understand)란 무엇인가? 만약 내가 경험한 사건을, 즉, 정보를 다른 두 사람에게 전달하였다고 하면, 그 정보를 받아들이는 두 사람이 똑같이 이해하지는 않는다. 이해는 그런 것이다. 사람마다 가지고 있는 각기 다른 이해 창구를 통해 다르게 받아들인다. 이를 우리는 매개체(medium)이라고 한다. 방송매개도 있지만 우리 모두는 각자의 매개체를 가지고 있다. 그런데 영어의 소통이라는 단어 communication에는 없는 뜻이 한글 '소통'에는 있는데, 바로 '소(疏)'이다. '통(通)'은 통한다는 뜻을 가지지만, '소(疏)'는 소외시킨다는 뜻을 가진다. 우리가 다른 사람으로부터 받아들이는 정보를 있는 그대로 혹은 모든 사람들이 동일하게 받아들이는 것이 아니라, 가지치기를 하고 선택하여 받아들이는 행위가 소통이다. 이 말은 선택하여 택할 수 없는 대화, 일방적으로 전달하는 정보는 소통으로 이어질 수 없다는 의미이다. 한글 소통에는 이미 이러한 의미가 담겨져 있으며, 영어의 communication 글자에는 그런 뜻은 없지만 루만은 이를 강조하였다. 소통은 분명 선택이 가능해야 한다는 전제를 가진다.

■ 과학자는 소통하는가? 과학은 소통하는 학문인가?

과학예술융합 프로젝트 '사이언스월드(Science Walden)' 미팅에서 자연미술가협회(YATOO)의 고승현 작가는 과학은 현상에 대해 끊임없이 그리고 철저하게 특정한 법칙을 찾아가는 것이라고 말했다. 이것이 과학이라면 과학은 이미 정해져 있고 그곳에 존재하는 법칙을 찾아가는 학문인 것이다. 예를 들면 뉴턴의 법칙이 그러하다. 뉴턴의 1~3법칙은 이미 자연과 우주 속에서 존재하고 있는 법칙을 찾아내어 이름을 붙인 것이다. 즉, 절대적인 진리(necessity)의 개념이다. Necessity는 칸트의 12가지 개념 중 하나이기도 하다. 과학은 그럼 과연 절대적 법칙 개념만 추구하는가라는 의문이 생긴다. 과학은 절대적 법칙 개념을 포함하기는 하지만 절대적이 아닌 우연의 개념도 포함한다고 믿는다. 즉, 칸트의 12개념 중 하나인 contingency 개념이 그

것이다. 자연에서 일어나는 일(사건)들은 상황에 따른 확률과 다른 패턴을 가지고 발생할 수 있다는 것이다. 물론 여기서, 그 확률과 패턴에도 법칙이 있다고 할 수 있고 또 실제로 그런 연구를 하는 과학자도 있을 수 있다. 하지만 절대적 법칙과는 다른 개념임에는 틀림이 없다. 아인슈타인은 뉴턴의 법칙에는 예외가 있을 수 없다고 믿었기 때문에, 시간과 공간에 따라 사건과 현상이 다르게 일어나는 것을 받아들일 수 없었다. 급기야 시간과 공간을 다른 차원으로 변환시켜 해석을 하였으며 그것이 바로 상대성 원리이다. 뉴턴법칙을 신봉한 그는 뉴턴법칙으로 설명할 수 없는 물리현상은 없다고 믿었다. 뉴턴과 아인슈타인의 물리학에서는 적어도 소통은 없는 것이다. 고승현작가의 말처럼 이미 확고하게 정해진 법칙을 찾기 위한 노력만 할 수 있을 뿐 선택을 가진 소통이 있을 수 없다. 다소 극단적인 해석이기는 하지만 그들(천재들)의 과학은 그런 면이 없지 않다. 뉴턴과 아인슈타인이 믿었던 물리학, 과학에는 contingency 개념은 있을 수 없다. 가변적 선택 가능성을 가질 수 있는 소통이 그 학문의 울타리에서는 있을 수 없다. 그런데 재밌게도 아인슈타인은 이와는 다르게 과학을 정의했는데, 그의 책 'Evolution of Physics'에서 "Science is the state of minds filled with concepts and ideas freely invented"라고 하였다. 뉴턴의 신봉자로 절대적 과학법칙만을 고집했던 그가 아이러니하게도 과학은 자유롭게 만들어진 개념과 아이디어로 차 있는 마음의 상태라고 정의한 것이다. 절대적 법칙이 과학이 아니라, 인간 마음의 상태가 과학이라는 것이다. 이는 모순처럼 보인다. 아인슈타인의 진의를 가늠하기 쉽지 않지만 절대적 법칙 이외의 과학도 그가 인정한 것이 아닌가 조심스럽게 생각해 본다. 절대적 법칙이라고 하더라도 이를 받아들이고 이해하는 것은 결국 과학자인 인간인 셈이다. 여기서 다시 '이해'라는 말이 사용될 수밖에 없다. 위에서 말했듯이 '이해'는 소통의 과정인 선택과 소외를 의미한다. 이는 모든 사람이 같을 수 없으므로, 과학은 결국 사람마다 다른 결과로 귀결될 수밖에 없다. 자연현상을 관찰하고 지식(concept)으로 가는 긴 여정에서 과학자는 반드시 과학자(인간)의 마음작용인 '이해'를 거칠 수밖에 없기 때문이다. 즉, science of contingency이다. 정리하면 과학은 어느 선까지는 소통이 불가능할 수도 있고 어느 선을 넘어서는 소통이 가능할 수도 있는 듯하다.

■ 과학이 만약 융합을 한다면 어떻게 할 수 있을까?

과학이 융합을 고려한다면 절대법칙을 다루는 과학이나, 인간의 마음에 기초한 과학이나의 관점에 따라 상황이 달라진다. 전자라면 과학은 융합이 사실상 어려워진다. 다만, 과학의 결과를 다른 분야에서 받아 나름의 영역에서 표현한다면 가능할 수도 있다. 즉, 일방향 융합(만약 이것도 융합이라는 전제하에서)인 셈이다. 과학연구 결과를 예술, 문학, 건축 등으로 표현하는 것이 대표적인 예가 될 수 있다. 이 경우, 예술, 건축

등에서 새로운 아이디어가 만들어 진다고 하여도 그것이 역으로 과학으로 흘러들어가 절대법칙을 바꿀 수는 없다. 후자, 즉, 과학은 절대적 개념을 포함하는 개념과 아이디어들을 담고 있는 인간 마음의 상태라고 본다면, 융합의 가능성은 활짝 열리게 된다.

그럼, 융합이 무엇인지 알아보는 것이 필요해진다. 말뜻 그대로 녹여서 합친다는 뜻을 가진다. 영어로는 fusion 혹은 convergence라고 해석되기도 한다. 합쳐져서 어떤 지점으로 수렴되어져 간다는 뜻을 포함한다. 한국연구재단에서는 과학연구분류로서 나름의 정의를 하였는데, 융합연구란 사회문제, 과학기술 문제를 해결하기 위해 두가지 이상의 학문 전공분야를 이용하여 시도하는 영역이다. 필자가 참석한 융합기획 관련 자문회의에서 한 참석자는 융합은 각 전공분야의 전문가들이 각자의 가진 프레임을 깰 때 이루어진다고 하였다. 이러한 것들을 참고하여 융합을 나름대로 설명해 보면, 여러 다른 분야의 사람들이 모여 각자가 가진 지식의 프레임을 허물고, 허무는 것에 그치지 않고 다른 전공분야의 사람들의 역시 허물어진 프레임과 소통하여 새로운 프레임을 만드는 것이라 할 수 있다. 새롭게 만들어진 프레임은 각자 애초에 가졌었던 프레임의 합침이 아니라는 것은 자명하며 새롭고도 유연한 프레임이 되는 것이다. 융합의 프레임이 처음의 서로 달랐었던 프레임보다 무조건 문제해결 능력이 높은 것은 아닐 것이다. 여기서 중요한 것은 융합하기 이전의 프레임과는 다른 것이라는 점이다. 남한강 물과 북한강 물이 합쳐져서 한강 물이 된 이후에는 한강 물에서 남한강 물방울과 북한강 물방울을 구별하는 것은 불가능해 지는 것과 같다. 과학이 만약 아인슈타인이 정의한 대로 인간 마음의 상태라면 융합의 가능성은 무궁무진해 진다. 과학자와 과학자가 만나도 융합은 일어나며, 과학자와 공학자, 과학자와 예술가, 과학자와 문화가, 과학자와 인문학자가 만나도 쌍방향 융합은 얼마든지 일어날 수 있다. 그럼에도 불구하고 과학이 예술로, 과학이 문학과 인문학으로 흘러간 예는 어렵지 않게 발견하지만 그 반대의 방향으로 흘러간 혹은 양방향으로 흘러 균형을 이룬 융합의 예는 찾기 쉽지 않은 것이 사실이다.

■ 사이언스월드 프로젝트

사이언스월드는 환경공학 학문방법론에 기반하면서 여러 시각에서의 환경주의(environmentalism)를 도시공동체를 중심으로 실현하기 위해 출발한 프로젝트이다. 여기서의 환경은 니콜라스 루만의 사회시스템 이론에서 이야기하는 환경, 즉 시스템을 둘러싼 환경을 의미한다. 우리가 늘상 논하는 '자연환경'이 아닌 사회 시스템을 둘러싸고 있는 조건이나 요소 등이다. 사회시스템 내에서 구성원들은 원활한 소통을 통하여 행복

한 사회로 진화할 수 있다. 그러한 환경으로 둘러싸인 사회 시스템 속 행위를 공학적으로 만들어내는 학문이 바로 환경공학인 것이다. 사회시스템과 환경의 경계를 유연하게 공간적, 시간적으로 규정해야하며 여기서 만들어지는 행위들은 소통의 다른 모습이다. 이를 통해 사회가 환경을 배경으로 진화해 나감을 의미한다. 환경공학은 환경에 가해지는 공학이 아니라 사회시스템 내에서 특정한 소통과 행위가 일어나게 하는 공학을 의미한다. 그러므로, 환경공학은 사회시스템의 진화에 기여한다.

이러한 진화를 통해 사회가 구성원들을 충분히 행복하게 하지 못한다면 사회는 구성원들을 지켜낼 수 없다. 다른 사회 시스템에서 만들어진 기술, 인프라, 법, 정책 등을 가져와야 하는데 이 경우 구성원들은 낯선 것들을 만나 적응하면서 순응해야 한다. 우리 사회는 일제강점기 그리고 그 이후 서양의 과학기술 사회를 받아들여 적응해야만 했다.

사이언스월든은 우리 사회가 진정한 의미의 기술적, 사회적 진화를 동시에 모색하는 최초의 시도일 수도 있다. 외부의 기술과 철학이 아닌 이미 우리 사회가 가지고 있는 것들로부터 우리 자신의 노력과 소통으로 새로운 사회를 만들어 가기 위한 프로젝트라고 할 수 있다. 사이언스월든은 소통의 매체(medium)로 사람의 똥을 선택하였다. 이 선택에는 배경이 있다. 먼저, 사람의 똥은 수세식변기를 통해 하수처리장으로 보내져 처리되어야 하고 처리된 이후에는 하천, 바다로 방류되어 오염원이 된다. 우리들은 물로 내려버리면 잊어버리고 단지 그 처리비용만 부담한다. 둘째, 똥은 현재 이미 개발되어 있는 환경공학 기술을 이용하여 어렵지 않게 에너지로 변환시킬 수 있다. 셋째, 에너지를 만들고 난 이후의 똥은 양질의 퇴비가 되어 도시농업에 이용될 수 있다. 넷째, 환경오염을 줄이고 물을 아끼는 등 비용을 절감하고 동시에 에너지를 만들 수 있게 되기 때문에 이러한 가치를 화폐로 변환시켜 유통하는 경제시스템을 만들 수 있고, 지역의 마을식당, 마을버스, 마을 난방 등의 사회적 기업으로 확장시킬 수 있다. 다섯째, 도시속 마을 공동체내의 주민들이 이러한 변화에 참여한다면 모든 주민의 똥이 에너지가 되고 그 에너지가 마을에서 공동으로 활용되며 그 에너지 가치가 화폐로 유통되는 것은 우리 사회가 아직 경험해 보지 못했던 새로운 소통이 된다. 이것이 똥분위화폐(feces standard money (FSM)) 개념이다. 똥분위화폐는 새로운 소통의 아이콘이며 새로운 가치에 대한 인정이다. 수세식화장실이 아닌 사이언스월든 화장실을 선택함으로써 생긴 소통이 우리 사회의 새로운 시스템이 가능하게 만들어 준 것이다. 이러한 우리 사회 시스템은 또한 새로운 환경과 만나게 될 것이다. 새로운 환경은 지금까지와는 다른 환경공학 분야를 새롭게 만들어 낼 것이다.

■ **똥본위화폐(feces standard money (FSM))**

똥본위화폐는 2016년 1월 1일 Edge에 발표되었다(edge.org/response-detail/26660). 우리 사회의 가치를 노동과 자본에서 찾지 않고 인간자체에서 찾는 새로운 패러다임의 전환이기도 하다. 인간은 누구나 똥을 누다. 사회적 가치의 기준을 금(gold) 등과 같이 인간과 동떨어진 것에 두지 않고 인간과 연계시킴으로써 모든 가치를 인간본연으로 되돌려 놓게 된다. 누구나 똥을 누으로써 우리 사회가 필요로 하는 에너지를 제공하기 때문에 일정한 가치를 가지는 화폐(즉, 똥본위화폐)를 받을 충분한 자격이 생기는 것이다. 인간은 누구나 자기의 정당한 몫이 있다는 기본소득 철학에도 닿아있다. 일자리가 부족하여 일하고 싶어도 일할 수 없는 사람들에게 "일하지 않는 자 먹지도 말라" 라고 하는 것은 너무나 가혹한 논리이다. 똥본위화폐가 사회속에서 통용된다면 일정한 돈을 가지게 됨으로써 그 돈이 가져다 주는 자유를 가질 수 있고 이러한 자유에 기반하여 능동적이고도 창의적인 경제활동이 가능해질 수 있다. 2016년 한 해 사이언스월드 연구팀에 의해 연구된 결과에 의하면, 한 사람이 누는 똥(200~800그램)은 현재 화폐가치로 약 500원 정도의 가치가 있다. 물론 이 가치가 적다고 할 수 있지만, 전 국민이 사이언스월드 화장실을 선택한다면 1년에 약 9조의 가치가 만들어진다. 환경공학기술이 좀더 개발되고, 물과 에너지 가격이 지금보다 상승하고, 똥본위화폐와 연관된 사회적 기업활동이 활성화된다면 500원의 가치는 분명 상승할 것이다. 사이언스월드는 5년 후 약 3,600원으로 가치상승의 목표를 가지고 있다. 똥본위화폐가 사회 속으로 들어가 시스템으로 작동하기 위해서는 많은 어려움이 있을 것이다. 일반시민들의 똥에 대한 인식이 그 대표적인 어려움의 예이며 저유가 시대환경 등도 해당된다. 이것이야말로 환경공학이 담당하게 될 몫이라고 생각하며 이것이야말로 앞에서 논의한 소통에 기반한 환경공학의 진정한 연구 영역이라고 믿는다.

똥본위화폐는 무엇인가?

똥에 가치를 부여하여 탄생한 화폐 : 민간본인의 가치와 사회경제적 가치가 포함되어 똥의 가치만큼 화폐로 지급. 실속에서 자연스럽게 경제적 동력이 만들어 지고, 위험중 사회복지 시스템과 환경중 지원 대안 기본소득 시스템으로 적용 가능합니다.

'사이언스월드' 프로젝트: 똥본위화폐란?

똥본위화폐를 우리 사회에서 실현하기 위해서는 환경공학자와 과학자의 힘만으로는 불가능하다. 시민의 인식, 사회의 여러 가치 등을 연구하여야 하며, 사회학, 인류학 등의 도움도 필요하다. 이를 위해 사이언스월드에서는 예술가, 인문학자, 경제학자와 함께 융합연구를 수행하고 있다. 융합에 대해서는 앞에서 설명한 바와 같이 공동의 노력과 양보, 그리고 생각의 전환 없이는 어렵다. 만남이 중요하지만 무조건 많이 만나다고 융합이 되는 것은 아니다. 전공언어의 융합, 학문체계의 융합, 생각 프레임의 융합이 자연스럽게 이루어지게 하는 장소가 필요하다고 판단하였다. 이를 위하여 영국에서 활동 중인 큐레이터 한스울리히 옴리스트가 소개한 In-Betweenness 공간개념을 이용하였다. 사람과 사람사이의 공간, 전공과 전공사이의 공간, 시대와 다른 시대 사이의 시공간 모두 In-Betweenness 개념이라고 할 수 있다. 사이언스월드 프로젝트에 참여하는 공학자, 과학자, 예술가, 인문학자들이 모여 이런 공간을 만드는데 뜻을 모았다. In-Betweenness 공간을 만들면 그 공간에서 우리가 전혀 예상하지 못했던 무언가가 생겨날 것이라고 믿었기 때문이다. 지구 예너지의 근원인 태양의 힘을 잘 이해하는 꿀벌의 집, 6대륙 세상 모든 사람들에게 우리의 뜻을 전달한다는 의미로 6각형 건축물을 짓도록 계획하고 이를 기반으로 하여 사이언스월드 참여 예술가인 YATOO 고승현작가가 스케치하였다. 이 공간의 이름은 사월당(思越堂)이라고 지었다. 지금은 보이지 않는 세상(越)을 꿈꾸고 연

1 말과 글로 이루어진 세상에서 비서까지 다양한 직업 기술

2 2017년 6월의 융합 연구 | 과학 예술 융합 프로젝트 사이언스월드

구(思)하는 실험실(堂)이라는 뜻을 가진다. 사월당은 디자인, 실험장치의 배치, 연구원들의 모임공간 설정 등 처음부터 연구원들과 상의하며 만들어진 공간이다. 전문 건축가에게 우리가 만나고 고민할 공간을 맡긴 것이 아니라 우리의 공간을 우리의 머리에서 상상하여 만들어 가는 경험은 소중한 기억이다. 2016년 5월 25일 공식적으로 오픈한 융합연구공간 사월당은 12월 25일까지 연구자들 뿐만 아니라 일반 시민, 학생들의 공간이 되어 주었다. 약 3,000여명의 방문객이 다녀갔다. 사이언스월든 연구자들은 약속을 따로 잡을 필요없이 사월당에서 만남을 가질 수 있었고 유니스트 학생들은 이 공간의 의미를 깊이 있게 따지지 않고 원래 그 공간에 존재했던 양 받아들이는 모습을 보였다. 수요영화제를 통해 학생들은 자치적으로 과학영화, 환경영화를 상영하면서 시간을 함께 하기도 하였다. 학생들이 랩 세미나를 개최하기도 하였고, 학교 축제기간에는 학생들과 연구원들이 리서치 이벤트를 개최하기도 하였으며 예술관련 수업의 결과물을 전시하기도 하였다. 유니스트 식구들은 이 공간을 그렇게 일상생활 속으로 받아들였다.

사월당이 2016년 유니스트에서 나름 뜨거운 사랑을 받은 이후 어려움을 겪기도 하였다. 유니스트 학생들을 포함, 심지어 사이언스월든 연구자들마저도 사월당이라는 융합공간은 늘 언제나 거기 있는 그다지 흥미롭지 않은 공간으로 여기게 되었다. 특히 가을 깊어지고 한해가 마무리 되어 갈 때쯤에는 사월당을 찾는 방문객이 급격하게 줄어들고 있었다. 이유는 여러 가지이겠지만, 한 번 다녀간 학생들은 “볼 것이 없어서”, 연구자들은 “연구의 새로운 성과에 대한 부담감 때문에”, 일반시민들은 “언제라도 유니스트에 가면 있는 공간이어서” 등 다양한 이유로 사월당은 잊혀져 가는 공간이 되어갔다. 처음 기획되었던 In-Betweenness 개념의 공간은 어느덧 Forgotten Place가 되어가고 있었다. 사이언스월든에서는 이런 상황을 충분히 분석하고 고려하였으며, 2016년 12월 25일 공식적으로 문을 닫게 되었다. 사월당이라는 과학예술융합 공간은 절반의 성공과 절반의 아쉬움을 남겼다.

■ 과학예술 융합공간 "사월당"이 남긴 기억들

과학연구, 공학실험이라면 논문이라는 기록을 통해 남고, 예술은 작품을 통해 남게 되겠지만 융합연구는 어떤 기록으로 남아 사회에 기여할지 아직 그 뚜렷한 방법론이 정립되지 않았다. 기록으로 남겨지지 않은 시간은 사람들의 기억에 남아있기는 하겠지만 말이다.

사월당에서 이루어진 시간들 역시 기록으로 남겨지기 힘들었지만 다큐멘터리나 음악 등의 시도를 하였다. 사이언스월든은 동영상, 사진들을 편집하여 2시간 분량의 다큐멘터리가 만들어진 것이 그것이다. 이 다큐멘

터리는 일반인에게 유튜브, 페이스북과 같은 SNS에 공개되었지만 연구자들이 만족할 만큼의 조회수가 나오지 않았다. 또 사월당이라는 공간 속에서의 시간은 음악이라는 언어로 남겨졌다. 사월당을 방문한 사람들 각자가 사월당에서 체험하고 토론하고 느낀 것을 악보에 남겼다. 이를 유니스트 학생동아리 '포슬레이브'가 합치고, 작곡, 편곡하여 "사이언스월든 사월당"이라는 곡으로 남겼다.

논문, 책, 다큐멘터리, 음악으로도 표현되지 못한 2016년 사월당에서의 경험들은 모든 이들의 기억 속에 남겨졌다. 이 기억은 때론 시간 속으로 사라지기도 하겠지만 언젠가 우리가 예상하지 못했던 모습으로 다시 살아나 우리 사회속에서 제2의 역할을 통해 새로운 기여를 할 것으로 믿는다. 메타포(은유)는 그 고리역할을 할 것이다. 의도적인 혹은 계획된 메타포도 사이언스월든 프로젝트에는 분명 있지만 우연의 메타포도 많은 곳에 이미 자리를 잡기 시작했다고 믿는다. 우리 사회의 문제들, 그리고, 아픔 속에는 사이언스월든의 생각, 철학, 그리고 메타포가 자리잡아 미래에 그 역할이 요구될 때, 사월당에서 경험하고 토론했던 기억이 살아나 역할을 할 것으로 기대한다. 융합연구결과는 이렇듯 논문, 특허 등 기록으로 남겨진 정량적인 기준으로는 도저히 평가하기 힘든 면이 분명 있다. 이를 우리는 정성적인 실체라고 한다.

사월당에서의 아쉬움으로 남았던 꿈들은 2017년부터 시작되는 2단계 사이언스월든으로 기획된 새로운 융합연구공간에서 실현될 것으로 희망하고 있다. 지난 1년 간 사람들은 사월당을 방문하여 여러가지 분리되어 있는 연구, 전시 요소들을 둘러보고 일부 체험함으로써 새로운 세상을 그려보았다. 새롭게 기획하는 공간에서는 사람들이 실제로 살면서 삶의 행동이 사이언스월든의 연구와 자연스럽게 연결된다. 아침에 일어나 화장실에서 볼 일을 보는 일상의 행동이 엄청난 의미를 가지게 되도록 실제로 공간을 디자인하고 있다. 변기에서의 똥, 오줌은 진공수거 관을 통해 바이오센서의 에너지 만드는 반응조로 운반된다. 반응조에서 생산된 메탄가스는 보일러의 연료로 활용되어 난방연료 역할을 하게 되고 아침식사를 조리하는 연료로써 사용되고 커피물을 끓이기도 할 것이다. 남은 메탄은 전기를 생산하기 위한 발전설비를 가동하게 되든지 혹은 가스통 속에 압축되어 마을버스 연료로 사용될 것이다. 즉, 아침에 사이언스월든 변기를 선택한 행위는 수세식화장실을 이용한 행동과 비교하여 많은 의미와 가치를 만들어 낼 수 있다. 그 의미와 가치는 사용자에게 똥본위 화폐로 돌아오게 된다. 똥본위화폐를 이용하여 밥을 사 먹을 수 있고, 따뜻한 겨울밤을 가능하게 했던 난방비를 지불할 수도 있고, 마을버스를 이용할 수도 있다. 또한 이러한 생활과 연결된 사회적 기업을 운영하는 자금으로 활용할 수도 있다. 이것이 사이언스월든의 새로운 In-Betweenness 공간 "똥본위화폐 생활형 연구

실"이다. 지금까지 세상 어디에서도 체험하지 못했던 생활을 이곳에서는 할 수 있으며 이를 통해 우리 사회의 미래를 새롭게 꿈꿔볼 수 있을 것이다. 즉, 사월당의 진화된 공간이 "똥본위화폐 생활형 연구실"인 것이다. 똥본위화폐 생활형연구실은 2017년 10월경 완성되어 연구자를 포함, 일반시민에게도 공개된다. 이 곳에서의 체험, 연구는 또한 기록으로 남겨지고 융합활동의 여러 형태로 우리사회의 기억 속으로 다시 들어가게 될 것이다. 생활형연구실의 이름은, 똥의 가치를 살리고, 자연을 살리고, 그 곳에서 사는 사람을 살리고, 공동체를 살린다는 뜻에서의 "살림당"을 포함하여 여러 이름들이 고려되고 있다.

■ 융합연구대상으로서의 사월당

앞에서 이미 설명한 것과 같이 사월당은 과학자, 공학자, 예술가, 인문학자들이 별도의 약속으로 만나는 것이 아니라 자연스럽게 만날 수 있는 장소가 되었고 연구공간 속 생활공간, 생활공간 속 연구공간으로서 운영되었다. 사월당은 융합연구를 위해 마련된 In-Betweenness 공간이다. 하지만 사월당 자체도 융합연구의 대상임을 강조하고 싶다. 유니스트 뿐만 아니라 국내 대부분의 과학자, 공학자들은 다소 차이는 있으나 자신의 분리된 연구공간을 가지고 있다. 사이언스월든 참여 연구자들도 자기만의 실험실, 연구실을 가지고 있다. 공동의 연구공간에서 연구하는 것에 국내 연구자들은 의외로 익숙치 않다. 사월당은 철저한 공용 연구공간이다. 그리고 연구진이 아닌 일반인들이 언제든지 들어올 수 있는 공간이다. 이러한 공간에서 연구를 하는 것 자체가 새로운 경험이었다. 사월당이라는 융합연구공간을 만들어 어떤 성과가 나오는지도 중요하지만 사월당이 사이언스월든 연구자들에게 어떤 영향을 주는지, 연구자들이 이런 공동 연구공간을 어떻게 받아들이고 적용하는지 자체가 연구결과이기도 하였다. 사월당은 융합연구공간이기도 했지만 융합연구대상이기도 하였다.

■ 융합의 철학들: 사이언스월든 융합연구의 몇가지 철학적 출발점

사이언스월든 융합연구는 사회적 필요성, 소통이라는 사회구성방법론, 과학융합의 길, 융합공간의 과정을 밟아 왔음을 이야기하였다. 이러한 과정의 배경에는 사이언스월든 융합연구의 몇가지 철학적 출발점을 가진다는 것을 밝혀두고 싶다. 사이언스월든 프로젝트 융합 철학의 근간은 프래그머티즘(pragmatism; 실용주의)에 있다. 실용주의는 윌리엄 제임스의 그것에서 아이디어를 구하였다. 즉, 이미 존재하는 개념은 새롭게 만들어진 개념에 의해서 완성(completion)된다는 것이다. 시간(time) 개념의 예를 들어 설명하면, 오래 전부터 인류는 시간의 개념이 있었다. 이후 시계(clock)라는 개념이 만들어졌다. 시간이 시계라는 개념에 의해 어떤 측면에서 완성될 수 있다는 것이다. 오래전 부터 유전(heredity)이라는 개념이 있어왔지만 DNA라는

개념이 만들어져 유전이라는 개념이 완성될 수 있었다. 사이언스월든은 실용주의 철학에 기반하는데, 오래 전 부터 우리는 돈이라는 개념을 가지고 있었고 이용하여 왔다. 2016년 한국에서 새롭게 제안된 동본위화폐라는 새로운 개념으로 돈의 개념이 완성되기를 기대하는 것이다. 복지(welfare)라는 개념도 이미 존재하고 있다. 여기에 동본위화폐 복지라는 새로운 개념이 합쳐져 사회복지가 완성될 수 있다고 가설하는 것이다. 에너지는 동본위화폐 에너지로, 평등은 동본위화폐 평등으로 완성될 수 있는 것이다.

두번째로 사이언스월든이 가지는 융합철학은 B.F. Skinner의 행동주의(behaviorism)이다. 스키너의 행동주의 이상향을 그린 소설 '월든 2'는 사이언스월든의 모티프가 되기도 하였다. 스키너의 행동주의는 환경, 행동, 보상, 강화의 순환으로 특징지어질 수 있다. 특정한 자극에 반응하는 동물과 유사하게(동일하게가 아니라 유사하게), 인간도 환경과 상황에 반응하여 행동을 하는데 이 행동이 보상을 받으면, 다음 번 비슷한 환경과 상황이 오면 보상을 받았을 때의 경험이 그 당시의 행동을 다시 행하도록 한다는 것이다. 이를 특정 환경, 상황에 따라 생기는 행동의 강화(reinforcement)라고 한다. 스키너는 이 점에 주목하였다. 바람직한 행동이 계속해서 강화될 수 있도록 환경과 상황을 설계할 수만 있다면 우리 사회를 좋은 방향으로 바꿀 수 있다고 믿었다. 인간의 마음, 의지, 자유 등에 호소하고 이를 교육함으로써 인간의 행동이 바뀌는 것이 아니라 환경과 상황에 의해서 훨씬 효과적으로 행동이 바람직한 방향으로 만들어 질 수 있다는 생각이다. 사이언스월든이 스키너의 이러한 행동주의를 모두 받아들이는 것은 물론 아니다. 다만 우리 사회를 좀더 행복하게 만들고 근대사회가 안고 있는 문제들을 해결하기 위해서는 스키너의 행동주의에 기반한 사회 환경, 상황 등을 재해석하고 이를 새로이 설계하는 필요성에는 어느 정도 공감한다. 교육 문제가 있을 때 학생들을 끊임없이 가르침으로써 해결하는 것이 아니라 학생들이 행복하게 공부하고 자신들의 미래를 스스로 고민할 수 있는 사회의 교육환경을 만드는 것이 해결의 기본이라는 것이다.

세번째, 사이언스월든이 가지는 철학은 유학적 수양론이다. 우리가 사이언스월든이라는 프로젝트를 선택하여 수행하는 가장 중요한 이유는 이 프로젝트에 참여하는 우리 자신을 수양하는 것이다. 우리 자신을 수양함으로써 자연스럽게 그리고 보다 효율적으로 우리 사회를 행복하게 만들 수 있다. 유학에서는 프로젝트를 사업이라고 하는데 사업을 통해 우리 자신이 완성되어 가는 것이다. 유학의 4서(논어, 맹자, 대학, 중용)를 보면 무엇을 정의하지 않는다. 이것이 유학이 분석철학과 크게 다르게 수양론이라고 불리는 증거인데 유학에서는 많은 예들을 그저 계속 말해준다. 이런 많은 경험들을 통해 자연스럽게 진리에 다가가고 우리 자신을

수양해 갈 수 있다는 방법론이다. 과학예술인문학 융합연구에 시사하는 바가 크다. 즉, 융합은 무엇인가? 융합연구는 무엇인가? 융합연구의 목적, 목표, 방법론은 무엇인가 정의하고 연구를 시작하는 것이 아니라 연구와 프로젝트를 통해 이를 우리의 몸과 마음으로 체득해 가는 것이다. 유학이 현대사회의 과학 가치 실현에 주는 교훈이 아닌가 생각한다. 사이언스월드에서는 특히 대학의 격물치지(格物致知), 중용(中庸)의 중용사상에 주목하였다. 왜냐하면 격물치지와 중용은 유학의 대표적인 가르침이기도 하지만 과학과도 적지않게 맥락이 닿아있기 때문이다. 격물치지는 사물(事物)을 지극하게 만나면 앎에 이른다는 대학의 사상이다. 사(事)는 인간의 일을 말하여, 물(物)은 자연의 일을 얘기한다. 인간사라는 말도 있지 않은가. 격물치지의 물(物)은 사물(事物)의 준 말인 것이다. 자연과학 분야의 과학자 뿐만아니라 일반인들도 자연의 원리는 과학이라고 받아들이지만 인간의 일은 과학이라는 것에 쉽게 동의할 하지 못할 수도 있다. 그렇다면 역으로 자연의 일은 늘 과학인가라는 의문을 가질 수도 있다. 이러한 생각들의 배경에는 인간의 일과 자연의 일은 다를 수 있다는 전제가 있다. 하지만 대학에서는 인간의 일이든 자연의 일이든 크게 다르지 않다고 한다. 일어나는 일들의 겉모습만 얼핏 보면 다른 듯 보이지만 지극하게 깊이 알게되면 다르지 않다는 것이 격물치지이다. 격물치지와 비슷한 주장을 한 서양철학자가 있는데 바로 임마누엘 칸트이다. 칸트도 인간의 이성, 자연의 원리, 그리고 이를 연결하는 고리로 판단(judgment)을 언급하였다. 이렇듯, 융합연구를 함에 있어 격물치지 사상은 가장 도움이 되는 출발점이라고 판단한다. 영화 명량에서도 이와 유사한 장면이 나온다. 명량해전 승리 후 이순신장군은 아들과의 대화에서, 아들이 어떻게 회오리가 목숨을 구할 줄 알았느냐는 얘기에, 천행이었다고 한다. 즉, 하늘의 뜻이었다고 답한다. 아들이 회오리의 도움과 백성들의 도움 중 어떤 것이 천행이었냐고 다시 묻자, 이순신 장군은 어떤 것이었겠냐고 오히려 반문한다. 그 시점에 회오리가 발생하는 것을 예측한 것은 자연의 일이고, 그 순간 백성들이 나서 이순신 장군을 구한 것은 인간의 일인 것이다. 어떤 것이 과연 하늘의 뜻이었겠는가?

중용은 중화용(中和庸)의 준말이라고 한다. 용(庸)은 일상, 즉 평범한 하루의 일들을 의미한다. 중(中)은 비어있다는 뜻이다. 화(和)는 조화로움을 의미한다. 이를 풀어서 해석하면, 우리가 늘상 하는 일상생활 속 생각은 우리의 마음이 비어있을 때 가능하며 일단 생각을 하게 되면 이는 일상과 조화롭게 만나게 된다. 그리고, 조화로움 속에서 생긴 생각은 다시 비워지게 된다. 비워져야만 또다른 생각이 생겨날 수 있다. 우리의 마음이 일상 속에서 텅 빈 상태로 비워질 수 없으면 생각자체가 생겨나기 힘들다는 것이다. 이것이 중용의 가르침이다. 중용의 사상은 하이데거가 그의 'What is called thinking'이라는 책에서 설명한 니체의 thinking에

대한 설명과 놀랍게도 일치한다. 즉, 일상 속에서 우리의 마음을 비우는 것이 정말 어려우며 비우지 못하면 생각 자체를 할 수 없다고 주장하였다. 마음을 자유롭게 비울 수 있는 사람, 즉, 생각을 할 수 있는 사람을 니체는 짜라투스트라(초인)이라고 했다. 융합연구에 있어 과학자는 과학자대로, 예술가는 예술가대로, 인문학자들은 인문학자대로 자기의 전공분야를 강조하면서 이것이 융합의 출발이라고 믿는다면 격물치지와 중용의 가르침을 새겨볼 필요가 있다고 믿는다. 격물치지를 통해 어떤 학문분야이든 기본적인 방법론과 원리가 다르지 않음을 알아야 한다. 중용을 통해 새로운 생각, 앎, 지식을 위해서는 비우려는 마음이 우리를 진정한 앎으로 인도한다는 것을 알아야 한다.

■ 동분위화폐는 왜 융합연구인가

동분위화폐는 자연 순환고리를 파악하지 않으면, 즉, 이를 지극히 알지 못하면 만들어낼 수 없는 과학예술 그리고 과학인문학적 개념이다. 인간의 입장에서 보면 소중한 음식이 입으로 들어가 더럽고 백해무익한 똥이 되어 배출되는 것이라고 볼 수도 있다. 자연에서 보면 이 또한 순환고리의 하나일뿐이다. 똥은 일반적인 음식에 비해서 질소, 인의 비율이 높다. 일반적으로 단백질의 비율도 음식에 비해 높다. 즉, 똥은 자연의 여러 식물이 자라는데 필요한 질소와 인을 공급해 주는 소중한 자원이 되는 것이다. 음식에 비해 훨씬 농축된 질소와 인을 제공해 줄 수 있다. 더군다나 앞에서 설명한 것과 같이 똥을 이용하여 바이오에너지를 만들고 나면 남은 부분은 질소, 인 측면에서도 보면 똥보다 오히려 더 농축된 귀중한 자원이다. 바이오소화과정을 거치고 남은 부분은 질소, 인 등의 비율이 높지만 똥에 비해 냄새가 덜 나는 장점도 생긴다. 이를 흙으로 돌려보내는 것을 퇴비화(composting) 과정이라고 한다. 똥의 미생물 소화과정은 산소를 꺼려하는 혐기성 미생물이 담당한다면 퇴비화 과정은 산소를 필요로 하는 호기성 미생물이 담당한다. 질소와 인, 그리고, 탄소의 자연 속 순환일 뿐이다. 동분위화폐는 격물치지인 것이다. 물(物)을 지극히 알아 활용한 것이다. 동분위화폐의 사(事)는 무엇인가? 우리의 삶 속에서 화장실을 다시금 생각해 보는 것이다.

지금 별 문제없이 사용하고 있는 수세식화장실을 굳이 다시 끄집어내어 똥을 생각하는 것이 못마땅한 사람들도 많을 것이다. 4대강의 부영양화, 녹조문제는 이제 우리의 일상이 된 듯하다. 여러가지 대책들이 학자들 사이에 제시되기도 한다. 한가지 우리가 간과하는 것은 우리 하천의 이러한 문제가 발생한 데에는 여러가지 이유들이 있지만 우리의 똥, 오줌 또한 큰 이유 중 하나이다. 수세식화장실로 배출되는 똥, 오줌은 하수처리장으로 들어가 처리되기는 하지만 완전하게 분해가 되지 않는다. 배출수 수질기준에 맞게 처리된 하수처

리장 최종 처리수에는 여전히 질소와 인이 포함되어 이는 고스란히 하천으로 흘러들어간다. 앞에서 설명한 우리의 땅, 농사에는 질소와 인이 필요한 반면 우리의 하천에서는 질소와 인이 문제가 된다. 농사에서 귀중한 질소, 인을 굳이 물로 씻어내 버리고 별도의 비용을 들여 처리하고 그럼에도 처리되지 못한 부분이 자연을 오염시키게 하는가 하는 의문을 가질 수 있다. 인간의 일과 자연의 일이 분명 하나의 진리로 설명될 수 있다. 즉, 똥에 대한 격물치지이다. 똥을 격물치지하면 너무나 자연스럽게 수세식화장실이 아닌 화장실을 생각하게 되고 버려지지 않은 똥을 이용하여 무엇을 할지 고민하게 된다. 그 고민의 결과, 똥분위화폐가 만들어진다.

그럼 이러한 수궁만으로 사람들이 수세식화장실을 포기하고 똥분위화폐를 가능하게 하는 화장실을 이용하는데 쉽게 참여하는가? 이는 결코 아니다. 사람들의 인식은 그렇게 쉽게 변하지 않는다. 수궁하고 동의하는 것과 실제로 그렇게 변하는 것은 다르다. 수세식화장실은 습관이상의 문화, 문명이기도 하기 때문이다. 하지만 수세식화장실의 극복은 분명 필요하다는 인식을 불러 일으키고 이것에 대한 동의를 얻는 것에 융합연구가 기여할 수 있다면 연구가치와 필요성은 높다.

수세식화장실 문화를 자의적 선택으로 포기하고 새로운 화장실 문화로 우리들이 가기위해 똥분위화폐가 필요하다. 수세식화장실을 사용하지 않고 바이오에너지를 만드는데 필요한 똥을 제공하기 위한 화장실을 이용하면 지금과 같이 화장실 이용비용(물, 하수처리 비용, 환경분담금 등)을 지불하는 것이 아니라 오히려 똥분위화폐라는 돈으로 보상 받는다면 우리들은 이 선택이 행동으로써 강화되는 경험을 하게 된다. 지금까지 환경문제를 비용으로 생각하고 환경윤리를 이용하여 해결하려고 했다면 똥분위화폐는 행동주의에 기반하여 우리들의 선택과 행동을 변화시키는 적극적인 다른 방향의 노력이다.

■ 사이언스월드 과학예술융합 연구방법

앞에서 언급되었듯이 융합연구의 정의가 있기는 하지만 융합연구방법과 융합연구결과를 평가하는 것은 쉬운일이 아니다. 다른 과학분야간의 융합, 다른 인문학간의 융합 등에도 어려움이 있지만 과학과 예술의 융합을 택한 사이언스월드 프로젝트는 반드시 토의해야할 것이 있다. 과학자가 이해하는 예술이 무엇이냐는 것과 과학자가 예술가와 함께 융합연구를 하면서 이용할 수 있는 연구방법은 무엇일까 하는 것이다.

과학에서 바라본 예술

과학은 앞 부분에서 설명한 바와 같이 융합에 대한 가능성을 얼마든지 가질 수 있다. 뉴턴의 과학을 극복하는 마음을 가질 수 있다면 더욱 그렇다. 과학자가 바라보는 예술은 그 출발이 과학과 크게 다르지 않다. 과학과 예술 모두 자연(인간을 포함하는 큰 범주의 자연)을 관찰하는 것으로부터 연구와 작업을 시작한다. 과학자, 예술가 모두 사람이다. 관찰은 과학자, 예술가 모두 감각으로 한다. 과학자라고 하여 자연현상의 관찰을 감각의 도움없이 바로 이성으로 할 수는 없다. 감각으로 자연을 관찰하면 관찰자에게 무언가 생긴다. 이를 우리는 직관(intuition)이라고 한다. 관찰하여 생각의 과정없이 바로 생긴 그 무엇을 말한다. 칸트는 순수 이성비판에서 이러한 감각적 관찰결과인 직관도 앎(knowledge)의 하나로 분류하였다. 직관은 관찰자의 과거 경험과 연결되어 생기기도 하고, 그렇지 않게 처음 생기는 것일 수 있다. 경험과 연결되어 생기는 직관적인 떠오름은 이미지(image; 像)이고 처음으로 생기는 것은 센세이션(sensation)이다. 우리가 일상생활에서 어떤 사람의 이미지를 얘기하고 어떤 경우에는 센세이션하다라고 표현하는 것을 예를 들면 쉽게 이해할 수 있다. 직관의 결과를 우리는 분석한다. 왜 분석하나하면, 직관의 결과는 이해 만큼 쉽지 않고 복잡하기 때문이다. 잘게 나누어(즉, 分) 작은 단위로 만들면 복잡하지 않고 이해할 수 있는 그 무엇을 발견할 수 있기 때문이다(칸트의 순수이성비판). 직관의 결과를 모두, 꼭 분석해야하는지에 대한 생각은 다를 수 있다. 칸트와 뉴턴의 이러한 분석방법론에 대해 괴테는 반감을 가진듯 하다. 분석하여 다시 합쳐진 것과 분석전의 것은 다르다는 생각을 하였다.

이 글에서는 분석방법을 받아들이기로 한다. 분석되어진 후 결과를 우리는 요소 혹은 매니폴드(manifold)라고 한다. 이 요소들은 상대적으로 간단하다. 과학과 예술에 공히 해당된다고 판단한다. 어느날 맛있는 요리를 먹었다고 하면, 우선 미각을 통해 맛이라는 그 무엇이 우리에게 전달된다. 직관이다. 우리는 이 맛이 어떻게 생겼을까 분석하게 된다는 것이다. 첫 맛은 쓴맛이었는데 이는 어떤 요소일거야, 단맛도 있었는데 이는 어떤 물질일거야, 끝맛은 독특한 향과 함께 왔는데 이는 어떤 것일까? 등등 다양한 분석을 한다. 처음 보는 사람을 만나 몇 번 대화를 한 이후에는 첫인상이 생기고 우리는 그 사람을 분석한다. 꽃을 관찰하고 현미경으로 미생물을 관찰할 때도 마찬가지이다.

분석하여 생긴 조각 조각의 요소들은 상대적으로 간단하다고 하였는데 이를 바라보는 과학과 예술은 유사(similar)한가 다른가 하는 질문이 생긴다. 과학의 입장에서 바라본 분석이전의 과정은 유사하다고 하였

다. 이 또한 유사하다고 판단한다. 분석하여 생긴 조각(요소)들 각각에도 어떤 이미지(像)가 생긴다. 이전의 이미지(像)와는 비교가 안될 정도로 간단할 것이다. 이러한 분석 조각들의 이미지에는 원인결과의 법칙(causality) 혹은 그러한 이미지 상황이 발생한 배경과 영향(contingency), 관계(relation)가 있게 마련이다. 또한 분석조각들의 이미지에서 발견된 원인결과, 영향, 관계들 사이의 법칙, 영향, 관계들도 존재한다. 다시 복잡계가 형성되게 된다. 하지만 분석전의 이미지와 분석된 이후 이미지들이 합쳐져서 형성되는 복잡성은 차이가 있다. 분석전 이미지는 오리무중이라고 한다면 분석 후 합쳐진 이미지는 복잡하기는 하지만 무언가 알 것 같다는 것이다. 합쳐진 이미지를 이용하여 과학자는 생각이라는 과정을 거친다. 너무나 복잡한 이미지들의 합쳐진 형상을 정리정돈하여 깔끔한 이미지를 만들어 낸다. 이를 '생각한다'라고 한다. 이 과정에서 과학자는 과학연구의 마지막 단계인 '이해(understanding; 단어의 구성을 보면 아래에 서 있어야 이해할 수 있다)'를 하는데 '이해'를 통해 지식을 만든다. 즉, 하나의 앎(knowing)이 생긴 것이다. 분석 후 합쳐진 이미지를 생각하고 이해하는 과정을 과학자는 주로 이성(reason)을 이용한다. 즉, 원인결과, 영향, 관계를 철저히 생각하고 자신만의 판단기준을 가지고 때로는 선택하고 선택할 수 없는 부분은 떼어내어 버린다. 이 과정을 거쳐 비로소 개념화된 앎, 즉, 지식(knowledge)에 이른다; 개념화 과정은 칸트의 12가지 개념에 따르는 것 이외의 설명이 사실 어렵다고 밝혀둔다.

그럼 예술가는 생각과 이해의 과정을 어떻게 해내는가? 물론 과학이 바라본 예술가의 과정을 의미한다. 예술가는 당연히 생각하고 이해하여 과학자의 지식에 해당하는 작품을 만든다. 다만 과학자와 차이가 있는데 생각하고 이해하는 과정에서 과학자와는 달리 이성(reason)에 의존하기보다는 감성(sensibility)을 이용한다. 감성은 감각과는 다르다. 과학자의 입장에서 감성을 이해하기 쉽지 않다. 다만 감성은 감각을 넘어선 그 무엇이 있으며 이성적 능력을 일부 포함하는 인간만이 가지는 높은 경지의 능력이라고 생각한다. 예술가는 분석 이후 이 감성에 기대어 작업하고 작품을 만들어 낸다. 과학자와 마찬가지로 예술가도 생각하고 이해할 것이다. 이는 의심의 여지가 없다. 예술가도 생각하고 앎(knowledge)에 이른다. 하지만 예술가는 앎을 개념화(conceptualization)하지 않는다. 개념화된 앎, 즉, 지식을 만들어내지 않는다. 다만 예술가의 감성에 의해 만들어진 작품(works)이 있을 뿐이다.

정리하면, 과학측에서 살펴보면, 과학자와 예술가 공히 자연을 관찰하는 것으로 시작하여 직관하고 분석한다. 분석 후 합쳐진 이미지에 대해 과학자와 예술가는 다른 방법론을 이용한다.

여기서 한가지 의문이 생긴다. 분석 후 생긴 조각(요소) 자체로, 다시 합치지 않고, 과학자는 지식, 예술가는 작품을 만들 수 없는가? 가능하다. 이를 과학에서는 아이디어(idea)라고 하고 예술에서는 추상(abstract)이라고 한다. 둘다 무언가를 뽑아내어 새로운 무엇, 새로운 세상을 창조한다는 유사점을 가진다. 다만 여기서 조심해야할 것이 있다. 분석 후 만들어진 작은 조각 그 자체가 아니라 이 조각에서 생긴 이미지에서 생긴 법칙, 논리, 영향, 관계를 뽑아내어 아이디어를 만든다는 점이다. 그러므로 아이디어는 출발점이었던 관찰의 대상과는 직접적으로 연결되지 않는다. 이를 과학에서는 연역(deduction)이라고 한다. 예술에서도 이와 유사한 방법으로 관찰한 자연의 오브제(대상)를 분석하여 만들어진 조각들 속에서 전혀 다른 것을 뽑아낸다. 과학자의 아이디어가 때로는 어디서 그러한 것이 나왔는지 의아해 하는 경우가 많은데 분석 후 생긴 요소들 속에서 만들어졌기 때문에 관찰의 대상이 아닌 과학자의 이성, 상상력이 만들었기 때문이다. 예술가들의 추상화를 보면 도저히 이해할 수 없는 이유도 마찬가지이다.

이렇듯 과학과 예술의 유사성과 차이를 이해한다면 함께 연구할 수 있는 접점이 분명 있을 것이다. 유사성에서는 서로의 공통분모를 공유하고 차이가 나는 과정에서는 서로가 소통(통하는 부분과 받아들일 수 없는 부분을 선택하는 과정)을 통해 이해한다면 새로운 융합의 시스템이 만들어질 것으로 믿는다.

사이언스월든 과학예술융합 노력, 사례, 경험들

융합 프로젝트를 수행하면서 서로 만나 토론하고 연구를 진행하다보면 나타나는 경향이 있다. 자신의 연구분야가 지금 수행하는 융합연구와 부합된다고 강하게 믿는 그룹이 있고 자신의 연구는 아무래도 이번 융합연구와는 무관하다고 거리를 두는 그룹이 생긴다. 사이언스월든과 같이 융합연구프로젝트를 시작한 지 얼마 안 되는 입장에서 성급하게 평가하기 힘들고 그렇게 해서도 안된다. 다만, 초기단계이기는 하지만 이러한 두 생각은 융합연구를 수행하는데 어느 정도의 어려움을 준다는 점에서 비슷하다. 왜냐하면 두 그룹 모두 자신은 이번 융합연구를 함에 있어 생각과 연구방향 등을 바꿀 생각이 없다는 자세를 가지고 있기 때문이다. 우선 다른 연구분야 연구자들이 하는 이야기를 잘 듣지 않는다. 지금까지 해 오던 자신의 연구에 대한 가치, 연구방법론을 소개하는데 집중한다. 외부에서 보면 해당 융합연구프로젝트만의 특징을 찾기 힘들다. 사이언스월든 프로젝트의 과학 및 공학분야를 보면, 똥으로 에너지를 만드는 연구, 빗물을 받아 정화하는 연구, 하수를 재이용하는 연구, 생산된 바이오가스를 정제하는 연구 등은 모두 기존의 연구가 존재한다. 그 연구자체를 보면 융합프로젝트로 다시 재투자하여 연구해야 하는지 알기 힘들다. 예술분야도 그렇게 다르지 않다. 예



술작품 활동과 전시, 출판, 레지던시 프로그램 운영 등 예술가 그룹이 기존 해오던 활동에서 과학자를 만나 생겨나는 새로움이 아직은 뚜렷하게 보이지 않는다. 다만 과학연구결과가 예술로 표현되는 연구성과와 작품은 적게나마 시도되었다. 반면 예술에서 과학분야로 흘러들어가서 연구결과로 나타나는 것은 보이지 않고 과연 그것이 가능한지에 대한 고민을 하고 있는지는 의문이다. 이는 자칫 사이언스월드 프로젝트가 과학이 중심이고 예술이 보좌를 한다는 오해를 불러 일으킬 수 있다. 교육분야 연구, 도시계획 및 마을 공동체 분야도 상황은 비슷하다. 인재양성 프로그램, 도시재생사업 등 기존사업들에게 이미 여러 차례 비슷한 연구가 수행되어 왔다. 사이언스월드가 아니더라도 행해졌었던 그리고 행해질 수 있는 연구라면 국가가 왜 R&D사업으로 지원해야 하는지 의문점이 생긴다.

이러한 초기의 어려움에도 불구하고 프로젝트가 진행되면서 긍정적인 변화가 생기는데 이것은 프로젝트의 공동의 목표가 무엇인지에 대한 고민을 하기 시작한다는 것이다. 물론 모든 연구자가 그런 것은 아니지만, 목표에 대한 관심 그리고 본인들의 연구가 공동의 목표와 어떻게 연결될 수 있는지에 대한 관심을 가지기 시작한다는 것은 융합연구의 특징이라고 할 수 있다. 특정 공학분야, 과학분야의 대형 집단연구를 보면 각 연구진의 개별연구가 제안단계, 시작단계에서부터 공동의 연구목표와 크게 다르지 않다. 만약 개별 연구자의 연구목표가 집단프로젝트의 전체 연구목표와 달랐다면 애당초 참여할 수가 없었을 것이다. 그런데 융합연구에서는 프로젝트의 전체 공동의 목표에 공감하고 참여하여 그 목표에 개별 연구자 자신의 연구목표를 맞추어 가는 노력을 하는 셈이다. 앞에서 설명한 것과 같이 각자가 가진 연구프레임을 어느 정도 허물고 새로운 공동의 연구프레임을 함께 만드는 고민을 융합연구는 할 수 있는 것이다. 이것이 사이언스월드에서 프래그머티즘(실용주의) 연구철학을 가지고 있는 이유이다. 프로젝트를 제안할 때는 모호하지만 했던 연구목표가 연구가 진행되면서 구체적으로 만들어져 간다. 사이언스월드의 경우, 처음 제안서에는 "근대사회가 안고 있는 경제적 어려움, 소외, 소통부재를 해결하기 위한 도시공동체"가 연구목표였다면, 단계 평가후에는 "동본위화폐를 이용하여 새로운 사회 복지시스템과 대안적 기본소득 실현을 위한 순환경제가치의 창출"로 변하였다. 연구목표의 큰 맥락은 유지하면서 실현가능성을 높이기 위한 융합연구만의 노력 과정이라고 판단한다. 첫 제안에서는 없었던 "동본위화폐"라는 새로운 개념이 프로젝트 수행과정에서 실용주의 방법론으로 만들어지고 또 이를 이용하여 새로운 융합연구의 지평이 열리는 도미노 파급효과가 발생할 수 있다.

융합연구에는 인내와 배려가 필요하다. 예술가그룹과 과학자그룹은 만나 먼저 서로의 언어를 배워야 한다. 소통은 앞서 정보를 공유하고 토론하고 받아들일 건 받아들이고 버릴 것은 버려야 이루어진다. 즉, 언어를 알고 의미를 알아야 소통이 시작되는 것이다. 몇 번 만나 몇 가지 정보를 공유하고 친분이 생긴다고 융합연구가 가능해졌다고 쉽게 판단해 버리면 서로에게 상처만 남기는 오해가 생길 수 있다. 또한 서로의 능력에 대한 의문이 생길 수도 있다. 다른 분야의 연구자가 어떤 가치와 매력을 지니고 있는지 관찰할 수 있는 충분한 시간을 가져야 한다. 자주 만나 토론하는 것도 중요하지만 이야기를 나눈 후에 시간을 가지고 각자의 생각 속으로 다른 연구자의 생각과 가치가 들어갈 시간이 분명 필요한 듯 하다. 그리고 배려가 필요하다. 서로를 조금씩 알게 되면 보이기 시작하는 것이 약점과 한계이다. 여기서 이를 솔직하게 얘기하게 되면 오해가 생기고 이후 함께 연구하는 것이 힘들어진다. 누구나 약점과 한계가 있다. 상대방의 약점과 한계가 보이면 내 자신의 약점과 한계도 보여지고 있구나 생각하면 정확하다. 약점과 한계가 있기 때문에 서로가 필요한 것이며 완벽한 사람이라면 왜 굳이 집단협동 연구를 하겠는가? 사이언스월든에 파주타이포그래피학교(PaTI (파티))가 협력기관으로 연구에 참가하고 있다. 2016년 사월당이 문을 열고 파티의 조신철(부기)학생이 인턴 연구원으로 한 학기 동안 함께 하였다. 부기학생은 대안대학교 파티에서 디자인 전공 4학년 학생이었다. 부기학생은 인턴연구원을 시작하자마자 사월당내 설치운영되고 있는 모든 과학장치들의 원리와 관련 용어들을 사이언스월든 과학자, 대학원생들에게 묻고 공부하였다. 이를 통해 사이언스월든의 에너지가 만들어지는 과정을 일반인이나 초등학생, 중학생들도 이해할 수 있을 정도로 설명한 팜플렛을 완성할 수 있었다. 뿐만 아니라 사이언스월든의 워크숍, 전시 등의 포스터를 도맡아 제작하기도 하였다. 부기학생과 함께 하면서 연구과정을 통해 참여하는 우리가 성장한다는, 프로젝트(사업)가 우리자신의 완성과정이라는 경험을 하게 되었다. 이는 부기학생을 사이언스월든 유니스트의 연구자들이 가르치고 성장하게 했다는 뜻이 아니라 부기학생을 통해 유니스트의 연구원, 학생, 교수들이 값진 경험과 큰 배움을 얻었다는 의미이다.

난관은 반드시 나타난다. 어려움은 사소한 문제부터 큰 갈등 등으로 다양하게 나타나기 마련이다. 매일 매일 사월당의 쓰레기를 누군가는 버려야 하고, 화장실 똥도 치워야 하고, 공사하는 동안 누군가는 작업자들의 음료수도 챙겨야 했다. 사월당 지붕에서 비가 새면 누군가는 아침 일찍 나와 물을 닦고 양동으로 받아야 했다. 사월당을 방문하는 사람들에게 누군가는 설명하고 안내를 해 주어야 했다. 사이언스월든 제안서, 계획서 어느 부분에 이런 역할이 누구에게 있다고 명시되어 있었는가. 만약 모든 연구자들이 자신의 연구를 열심히 하는 것만이 사이언스월든에 기여하는 유일한 방법이라고 생각했다면 아마 지금의 사이언스월든은 존재

하지 못했을 것이다. 공동의 일을 자신의 일처럼 하는 연구자도 있고 아예 관여않는 연구자도 있다. 만약 모든 공동의 일에 모든 연구자들을 소환하여 함께 하려고 한다면 이는 새로운 갈등의 시작이 될 수도 있다. 하지만 분명한 것은 누군가의 희생이 있었기 때문에 다른 사람들이 그 결과를 함께 나눌 수 있다는 점이다. 지금까지 사이언스월드의 경험을 미루어보면, 공동의 일들을 자신의 일처럼 하는 연구자들은 프로젝트를 자기 수양의 과정으로 이해하고 있다고 믿는다. 이들은 한번도 자신의 배려와 희생이 희생이라고 애기한 적이 없었다. 논어에서 공자가 거듭 강조하는 학자의 모습인 것이다. 사이언스월드는 1단계, 2단계를 합쳐 7년간의 긴 여정을 가진 연구프로젝트이다. 모든 연구자들이 자신의 능력과 가치를 고려하여 어느 시점에는 전체를 배려하는 노력이 분명 있을 것이라고 믿는다. 사이언스월드의 가치와 연구목표는 상위권으로 분류된 영향력 있는 저널에 논문을 출간하는 것이 아니라 우리 사회의 어두운 면을 외면하지 않고 우리가 가진 능력으로 미래 세대를 위해 조금은 밝은 모습으로 바꾸는 것이기 때문이다.

■ 사이언스월드 융합연구 공간의 질적(質的) 확장

사이언스월드가 연구공간들을 만들면 그 공간들이 사이언스월드를 또 새롭게 만들어 갈 것이다. 2016년 사월당이 그랬다. 2016년 사월당을 빼고 어떻게 사이언스월드를 생각할 수 있겠는가. 사월당이라는 공간은 융합연구의 대상이라고도 앞서 말한 바 있다. 2017년 사이언스월드는 삶 속에서 연구가 이루어지는 In-Betweenness 공간을 마련할 계획이다. 이 공간은 향후 사이언스월드를 새롭게 특징지어 갈 것이다. 사이언스월드 프로젝트가 이루어 지는 공간도 작은 사회이다. 사회는 소통으로 이루어진다고 앞에서 언급하였는데, 융합연구공간이 왜 그렇게까지 중요한가? 각자의 연구실, 작업실에서 연구한 다음 약속을 정하여 회의실에 모여 이루어지는 소통과 사월당 혹은 2017년 생활형 연구실과 같은 융합연구공간에서 이루어지는 소통은 분명 차이가 있기 때문이다. 소통을 통해 우리 사회의 시스템이 만들어지고 유지되고 진화되어 가는데 공간은 그 소통이 일어나는 곳, 일종의 환경을 제공한다. 사이언스월드 연구자들이 각자의 가치기준과 계획에 따라 자신의 어디까지를 사이언스월드 소통 시스템으로 내어주는지는 각자 다를 것이며 이를 일일이 알 수도 없다. 하지만 분명 연구공동체 시스템은 끊임없이 변화하면서 만들어지고 있다. 여기에 때로는 시스템의 일부로, 때로는 환경으로써 작용하고 있는 것이 융합연구공간이다. 자갈밭, 모래밭, 풀밭, 혹은 잔디로 잘 관리되어 있는 축구전용구장에서의 축구경기가 어떻게 같을 수 있겠는가. 공을 주고 받는 패스의 질이 다를 것이다. 융합연구공간에서도 마찬가지다. 융합연구공간에서의 소통은 분명 그 질(質; quality)이 다를 것이며, 그 '질'은 많은 현실 속 가치들을 만들고 변화시켜 갈 능력을 의미한다. '질'은 지금까지는 존재하지 않았

던 실체(reality)를 만들어 낼 수 있는 능력을 의미한다. 감각되어지고 현실이 될 수 있는 실체, 우리 사회의 어두운 부분을 새롭게 비춰줄 수 있는 빛과 같은 실체가 나와야 그것을 우리는 질적 연구라고 할 수 있다. 임팩트 팩터(impact factor)가 높은 논문은 양적으로 평가받는 성과이지 질적 성과가 아니다. 우리가 손으로 만지고 눈으로 볼 수 있고 피부로 느낄 수 있는 새로운 것이 나올 때 질적 노력의 결과가 나오는 것이다. 이러한 질적 연구는 많은 시행착오 그리고 사회의 부정적 인식의 벽을 만나기 마련이다(negation 개념). 이는 질적 연구의 피할 수 없는 과정이다. 사회의 부정적 인식과 그것을 기반한 소통과정을 거쳐야만 하기 때문에 여러가지 제한(limitation 개념)이 있을 수밖에 없다. 즉, 질적 새로움이 나와 우리 사회의 변화를 이끌어 내려면, 실체, 부정, 제한의 과정을 거칠 수밖에 없다(칸트의 순수이성비판). 표준화된 획일적인 연구공간에서는 양적 성과가 새로운 융합연구공간에서는 질적 성과가 주로 나올 수밖에 없는 배경이 여기에 있다. 학위과정에서 연구실, 선배들의 연구분야를 이어받아 많은 논문 성과를 내고 인정받았음에도 사회에 나가서는 학위과정만큼 성과를 내지 못하고 늘 자신이 의존했었던 연구프레임에서 벗어나지 못하는 경우를 적지않게 알게 되는데 이는 양적 연구성과에 집중한 부작용임을 쉽게 알 수 있다.

2016년 12월 EBS 하나뿐인 지구라는 프로그램에서 3부작으로 '똥의 재발견'이라는 특집을 제작 방영하였다. 사이언스월드 연구가 일부 소개되었다. 이 방송을 보고 경주의 선덕여고 학생들이 사이언스월드와 연락을 해왔다. 약 80명의 선덕여고 학생들은 몇년 전부터 지도교사선생님의 도움을 받아 화장실 하나를 톱밥변기로 교체하고 하루 이용횟수를 정하여 자체적으로 운영해 왔다고 하였다. 일을 보고나면 톱밥을 뿌려 냄새가 나지 않고 청결하게 유지할 수 있었다고 한다. 어느 정도 변기가 차면 이를 학교 내 뒷밭옆에 마련된 퇴비함에 가져가 퇴비로 만들어 토마토 등의 농사에 활용하였다고 한다. 선덕여고를 방문하였을때 지도선생님과 학생들은 자랑스럽게 톱밥변기와 퇴비함을 보여주었다. 선덕여고는 신라왕조의 여러 유적들로 둘러싸여 있다. 그래서 학교건물내에는 화장실을 만들 수 없다고 한다. 선덕여고의 모든 화장실은 건물 밖에만 위치하였다. 이러한 불편함이 오히려 학생들이 친환경적인 톱밥변기를 시도할 수 있는 계기를 주었는지도 모른다. 학생들과 선생님들의 요청으로 이루어진 '똥본위화폐' 특강에서는 학자로서 좀처럼 경험하기 힘든 뜨거운 반응을 받을 수 있었다. 융합연구하는 특별한 즐거움과 혜택이 아닌가 한다. 특강, 그리고, 학생들과의 토론 과정에서 선덕여고 학생, 선생님과 함께 할 수 있는 기회가 있으면 좋겠다는 생각을 하게 되었다. 유니스트 캠퍼스 내 2017년 마련될 생활형 연구실과는 다른 방향의 융합연구공간이 선덕여고에 디자인될 수 있었으면 좋겠다는 생각을 하였다. 물을 사용하지 않는 변기, 똥을 에너지로 만드는 바이오 소화조, 바이오 에

너지를 이용한 난방용 보일러, 부엌 조리용 가스렌지 등의 모든 시설을 선덕여고에 설치 운영하는 것은 여러 가지 여건상 어려움이 있다. 우선 예산문제, 학생들의 안전문제도 있지만, 아무래도 학생들은 학업에 집중해야 하기 때문이다. 여기서 한가지 아이디어를 생각해 냈다. 학생들에게 이러한 시설들이 선덕여고에 실제로 설치되어 있는 것처럼 느낄 수 있는 가상의 세계를 만들어 낼 수 있고 이를 가상의 공간에서 사이언스월든에 참여하는 학생들에게 무언가 가치있고 재미있는 것으로 보상을 해 주는 것이다. 사이언스월든 연구 파트너인 '놀공(Nolgong)'과 함께 이를 구상 중에 있다. 융합연구공간은 실제 현실 속에만 존재하는 것이 아니고 상상 속 가상현실 속에서도 가능하다는 것을 선덕여고 학생들과 함께 증명해 보고자 한다.

2016년 11월 영국 Totnes도시, Dartington 마을에 있는 '현대미술과 자연 센터(CCANW)'의 초청을 받아 예술가들의 심포지엄(Feeding the Insatiable)에 참석하게 되었다. 100여명의 참석자들은 대부분 예술가, 시인, 철학자, 건축가 등이었고 공학자로서는 유일한듯 하였다. 3일간 진행된 심포지엄의 마지막 날 사이언스월든을 소개하였는데 반응은 의외로 뜨거웠다. 특히, 수세식 화장실을 극복한다는 문화적 시도와 '똥본위'라는 철학적 시도에 가장 큰 관심을 보였다. Totnes도시에는 지역화폐(LETS)가 일부 통용되고 있어 똥본위화폐가 언젠가는 연계가 될 수 있겠다는 희망도 가져 보았다. 또한 CCANW와 함께 여러 활동을 하고 있는 슈마허칼리지(Schumacher College)도 있다. '작은 것이 아름답다'라는 책으로 유명한 생태경제학자 슈마허의 사상을 이은 슈마허칼리지와 유럽 자연미술활동의 중심이 되고 있는 CCANW와 사이언스월든은 좋은 파트너가 될 수 있다고 생각한다. 국내 자연미술가협회(YATOO (야투))가 이미 CCANW와 활동을 해 오고 있어 이루어진 네트워크이다. 야투의 고승현 작가, 전원길 작가와 미래 한가지 꿈을 꾸어보았다. 파티(PaTI)의 안상수 날개(교장) 이재욱 스승(선생님)과도 얘기를 나눈 적이 있었다. 한국의 울산에서 출발하여 영국의 Totnes까지 대륙간 기차로 이동하면서 사이언스월든 과학예술 연구와 작품활동을 그 지역 사람들과 함께 하는 것이다. 중국에 내려서는 그 지역에 맞는 사이언스월든 세상이 열리고, 러시아, 헝거리, 체코, 프랑스 등을 거쳐 영국에 가는 과학예술 대여행이다. 이를 야투에서는 '노마딕'이라고 하였고, PaTI에서는 '길 위의 멋짓'이라고 한다. 이렇듯 융합연구의 공간은 세상 어떤 곳이라도 상관없다.

2017년 3월 미국 의회의 지원을 받는 자유아시아방송(Radio Free Asia (RFA))로부터 '똥본위화폐' 인터뷰 요청을 받았다. 자유아시아방송은 8개의 언어로 방송하는 라디오 방송인데 그 중 하나가 한국어이다. 한국어로 방송하는 RFA라디오의 주 청취자가 처음에는 미국 동포인줄 알았다. 하지만 이후 확인해 보니 의외

로 북한주민이었다. 약 5분 정도 진행된 인터뷰 방송을 북한 주민이 얼마나 청취했는지 알길은 없으나 어찌 되었건 북한에 '똥본위화폐'와 사이언스월든 프로젝트가 소개된 것이다. RFA 리포터의 마지막 질문은 '똥본위화폐'가 물, 에너지, 농업문제를 겪고 있는 북한에 도움이 되지 않겠냐는 것이었다. 고마운 질문이었고 또한 정말 그렇게 되었으면 하는 바램을 가져본다. 아직은 여러가지 정치여건상 어렵지만 언젠가 똥본위화폐 개념으로 사이언스월든의 융합연구가 북한에서도 시도될 수 있으면 좋겠다는 상상을 해본다.

■ 사이언스월든 융합연구 향후 세부 개별 프로젝트

사이언스월든은 '똥본위화폐' 개념이 Edge에 발표되면서 본격적인 추진동력을 얻을 수 있었다. 사이언스월든 프로젝트의 시작은 2012년 광주과학기술원 교수 3명이 참여하는 기관고유사업이었다. 원래 장기과제로 출발하였으나 학교측의 일방적인 결정으로 중단된 프로젝트였다. 그때 설치한 환경공학과 건물 지하의 오줌 저장탱크가 아직 운영되고 있다고 한다. 당시 인류학전공 인문학자 영입을 시도하였으나 거절당하면서 뜻을 이루지 못했었다. 사이언스월든은 2015년 다시 시작하게 되었다. 1단계 출발 후 융합연구의 구체적인 목표를 고민하던 중 '똥본위화폐' 개념을 프래그머티즘 방법론으로 제안하게 되었다. 이후 Edge에 2016년 1월 1일 발표되면서 전 세계에 알려지게 되었다. 똥본위화폐는 근본적인 사회변화를 시도한다. 환경공학, 사회학, 인류학, 경제학, 도시계획 등 모든 분야와 연계되면서 우리 사회의 근본적인 패러다임 전환, 인식변화, 경제의 새로운 가치질서, 복지시스템 및 기본소득의 경제적 동력 마련 등을 시도할 수 있는 모티브를 제공하기도 한다. 똥본위화폐는 또한 새로운 사조(思潮)를 이끌 수 있는 힘이 되기도 하며, 노동의 가치와 자본의 가치 속에서 인간본연의 가치를 재고하게 되는 계기를 줄 수 있을 것으로 기대한다. 똥본위화폐 개념을 통해 과학예술인문학이라는 새로운 학문영역이 논의될 수 있는 계기가 되길 기대한다.

사이언스월든의 첫번째 개념인 '똥본위화폐(FSM)'가 발표된 후 'Emptiness'라는 제목의 에세이가 역시 Edge에 2017년 1월 1일 발표되었다(<https://www.edge.org/response-detail/27135>). 앞에서 설명한 중용(中庸; the Doctrin of the Mean)의 가르침이다. 과학예술인문학의 다음 프로젝트로 '중용(中庸) 실천 프로젝트'를 택하였다. 우리 사회는 온통 진보와 보수의 이념으로 양분되어있다. 다른 나라도 크게 다른 것 같지 않다. 진보(progress)란 무엇에 대한 진보인지, 보수는 어떤 가치를 지키는 것인지 크게 고민하지 않고 그냥 우리는 진보, 보수로 나누곤 한다. 어떤 이는 경제성장으로 생긴 소득의 불균형을 해소하는 것을 진보라 하고, 어떤 이는 노동의 가치가 자본의 가치보다 앞서야 하는 것이 진보적 가치라고 한다. 어떤 이는 모든 가

치보다 경제성장만이 어려움에 처한 우리 사회를 구할 수 있는 보수의 가치라고 한다. 하지만 현대사회를 살아가고 있는 우리들의 실상은 어떠한가? 선거 때마다 뜨겁게 고민했었던 보수 혹은 진보의 가치가 선거 후 일상 속에서도 매순간 중요하게 다가오고 매순간 우리가 선택할 수 있는 문제인가? 사이언스월드에서는 이런 우리 사회에 근본적인 의문을 던지고, 정치, 경제, 사회시스템이 우리가 가진 가치 질서를 얼마나 충실하게 반영하고 있는지 검토한 후에 근본적인 변화를 모색할 수 있는 과학예술인문학의 두번째 개념인 '중용(中庸) 실천 프로젝트'를 제안하고 추진하고자 한다.

프로젝트의 다른 이름은 유동적 세금-복지 연계(Flexible Nexus between Tax and Welfare) 시스템 디자인이다. 소득에 따라 세금비율이 정해진다. 또한 법이 정하는 복지제도의 혜택을 받는다. 이는 경제활동과도 밀접하게 연관되어 있다. 만약 세금과 복지시스템이 법이 정한 기준이 아니라 각 개인 혹은 기업이 매 순간 선택하는 대로 정해져 부과되고 혜택을 받을 수 있다면 어떨까? 즉, 내가 매순간 선택한 판단과 행동이 나의 세금부과기준과 복지혜택의 정도가 정해진다는 아이디어이다. 대중교통 수단인 버스와 지하철을 많이 이용하는 사람은 자가용 승용차를 주로 이용하는 사람에 비해 국가의 대중교통 인프라 관련 세금을 많이 내고, 자가용 승용차를 많이 사용하는 사람은 국가 도로 인프라 건설 등과 관련된 세금을 많이 내는 것이다. 대중교통 관련 세금을 평생 많이 납부한 사람이 65세 이상이 되었을 때는 지하철과 같은 대중교통 이용혜택(즉, 복지)을 받을 수 있고 자가용을 주로 이용한 사람은 그 비율에 따라 대중교통 복지혜택을 적게 받게 되는 것이다. 태양광 혹은 원자력을 주로 이용하는 개인, 가정, 기업은 그 선택에 따라 정해지는 에너지 분야 세금을 부과하고 그러한 세금이 쓰여지는 방향도 선택할 수 있게 한다. 이러한 방법으로 식품, 보건의료, 농업, 교육분야 등도 세금과 복지시스템을 항목별로 개인별로 연계하여 운영하는 것이다. 국민들로부터 외면받는 정책, 시스템 들은 자연스럽게 축소되고 사라질 수 있다. 개인, 기업이 이번 달 내는 세금은 이번 달 이전 1년 동안의 개인, 기업의 항목별 선택과 판단, 행동에 따라 비율이 결정되고 이는 계속 누적된다. 1년 소득에 대해 개인별로 부과되는 세금의 총액은 지금과 크게 차이가 없게 설계하되, 항목별 쓰임새는 개인의 판단, 결정, 행동에 따라 형성되게 한다. 다만 내가 노인이 되었을 때 받고 싶은 복지의 종류에 따라 세금을 다르게 낼 수 있도록 선택권을 준다. 내가 노인이 되었을 때 어떤 복지를 받고 싶은지에 따라 다른 세금 옵션을 택할 수 있게 해 준다.

그런데 왜 이렇게 복잡한 세금과 복지시스템을 해야하는지에 대한 질문이 생긴다. 우선 우리는 지금 아무리 복잡한 시스템이라도 가능하게 하는 정보화 시대, 스마트 사회에 살고 있다는 점을 말해 두고 싶다. 또한 우리는 투표로 결정한 정부, 국회의원, 대통령에게 우리의 모든 가치 결정을 맡기기 때문이다. 투표 선택의 기준을 우리는 진보와 보수에서 찾지만 실제 선출된 정부, 국회의원, 대통령이 과연 그 가치와 부합되는지, 그리고, 선택된 이후에 그런 가치를 지켜나가는지는 확인하기 어렵기 때문이다. 국방, 안전 관련 세금과 필수적인 복지는 동일하게 적용하되, 다른 부분은 각 개인의 판단, 결정, 행동에 따라 다른 세금과 복지를 적용하는 것이 지금 우리 사회의 세금, 복지시스템보다 훨씬 간단하다는 생각을 할 수도 있다. 또한 나의 세금이 어떻게 나의 판단, 결정, 행동에 따라 부과되고 쓰이는지 알게 됨으로써 내가 우리 사회에서 어떤 존재인지 알게 되고 내가 현재 혹은 미래에 받게될 복지도 지금 내가 판단, 선택, 결정하여 행동하는 것들에 의해 정해진다는 것은 가장 합리적인 제도와 질서가 아닌가 한다. 이는 사회 질서가 정해지면 좀처럼 바뀌지 않고 이데올로기화 되어 우리의 가치를 오히려 지배하는 구조를 벗어나기 위해서는 우리 사회가 유동적인 질서를 가질 때 가능하다. 유동적인 것은 가변적이라 질서가 될 수 없다는 생각을 넘어서서 가장 인간적인 질서는 유동적이라는 믿음을 가진다. 가변적 이데올로기야말로 가장 진보적인 생각이며 자본의 가치, 노동의 가치 등과 같이 모호하지도 않고 한꺼번에 모든 것을 정해진 가치 속으로 몰아가게 하지 않는 유일한 질서라고 생각한다. 이것이야말로 상황에 맞는 새로운 가치가 만들어지려면 일단은 비워져야만 그것을 생각할 수 있다는 중용(中庸)의 가르침과 부합된다. 이를 통해 우리 시대가 겪고 있는 이데올로기 갈등, 가치의 갈등의 해결책을 찾을 수 있기를 기대한다.

■ 4차산업혁명과 융합기반 기술진화? (Revolution versus Evolution)

우리 사회는 이런 굵직한 일들이 일어날 때마다 흥역을 치르는듯 하다. 과거 게놈지도 때도 그랬다. 이를 모르면 왠지 학창시절 숙제를 하지 않은 일요일 밤의 불안감이 생긴다. 나름 자료들을 인터넷에서 찾아 공부해 보려고 해도 이를 이해하는 것이 녹록치 않다. 누군가에 물어보면 설명한 내용이 더 어렵다. 대충 아는 척하고는 넘어가는 편이 나올 때가 많다. 그런데 4차산업혁명이라는 단어의 혁명에 왠지 신경이 더 쓰인다. 증기기관 혁명, 전기혁명은 직접 겪지 못했지만 컴퓨터 혁명은 겪었다. 우리 아버지 세대의 많은 분들이 이 혁명에 적응하지 못하고 일자리를 떠난 경험이 있다. 즉, 혁명은 누군가 우리 사회에 가져다 준 것이기 때문에 우리는 강제로 적응해야 한다. 우리가 노력해서 만들어진, 혹은 원해서, 청해서 오는 것이 아닌 혁명이다. 적응하지 못하는 사람들은 도태될 수밖에 없다. 4차산업혁명은 앞의 3차례 산업혁명과는 다른 큰 특징이 있다.

혁명인지 아닌지 아직 명확하지 않으며 혁명이라고 하더라도 어떤 산업의 모습으로 우리에게 닥쳐올지 모호한 면이 있다. 앞의 3차 산업혁명은 그 산업의 실체가 분명하여 적응하느냐 못하느냐가 관건이었다면, 4차 산업혁명은 아직은 정확하게 실체를 드러내 놓고 있지 않다는 것이다. 즉, 적응을 하려고 해도 무엇에 적응해야 할지 분명하지 않다는 점이다. 물론 여기에 반론을 가진 분들도 있을 수 있다. 그 분들이 보기에는 이미 뚜렷한 4차 산업혁명의 실체가 드러나고 있고 그 실체가 몰고올 미래에 한국은 준비가 되어 있지 않다고 평가할 수 있다. 하지만 기술혁명의 실체의 정의, 분야, 대응전략 등이 큰 마진과 함께 불확실성을 가지고 있다면 이를 과연 혁명으로 볼 수 있느냐는 것이다. 이런 배경에서 이러한 변화의 물결을 혁명으로 보지 않고 3차 산업혁명 이후 발생한 복잡다단한 기술들의 진화로 보는 것이 더 타당하지 않을까 생각해 본다.

혁명이면 어떻게 진화면 어떠냐? 아니다. 이는 매우 다르다. 혁명은 어쩔 도리없이 적응해야 한다. 하지만 진화의 과정이라면 우리가 가진 산업생태계를 통해 시스템 속에서 만들어 가는 것이다. 혁명과 진화과정 모두 도태되는 사람과 기업이 있을 수 있다. 하지만 혁명은 외부의 변화에 적응하지 못하는 도태가 있지만 진화과정에서의 도태는 시스템 내부의 문제라는 것이다. 3차 산업혁명 이후 컴퓨터, 디지털 혁명에 사회적으로 비용과 희생을 치르고 우리가 적응해 왔다면 지금은 이러한 디지털 산업이 다른 여러 산업분야와의 한국적 시스템 내부에서의 기능과 기술소통을 통해 진화할 수 있다는 것이다. 늘 기술선진국에서 제시한 목표를 수입하여 따라 잡아왔다면 지금은 한국적 기술진화과정을 기술시스템 내부 진화를 통해 완성해 갈 수 있는 기회라는 것이다. 디지털 혁명은 90년대 이후 태어난 디지털 세대일 것이다. 기술과 산업혁명에 적응해야만 생존할 수 있었던 이전 세대와는 달리 기술진화완성의 세대로 재탄생할 수 있도록 이전 세대의 지나친 간섭보다는 기술 소통과 디지털 세대의 능력이 발휘되도록 과학, 기술생태계가 좀더 형성되었으면 한다. 융합연구는 디지털 기술이 다양한 과학분야, 기술산업분야, 예술과 인문학 분야에 까지 기술 소통이 이루어질 수 있는 연구 생태계를 제공할 수 있다고 기대한다.

융합연구는 과학, 기술, 인문의 큐레이팅

세상에 줄어드는 데이터는 없다. 사람들은 새로운 것만 관심을 가지고 기억한다. 새로운 것을 끊임없이 갈구하는 인간의 욕구는 더 많은 데이터를 요구하고 또 생산해 낼 것이다. 빅데이터는 빠짐없이 분류되고 현대 사회의 진실이라는 이름으로 우리 앞에 나타나고 있다. 진실은 믿음과 함께 한다. 자유로운 믿음처럼 보이지만 때로는 아주 자주 믿음을 강요당하기도 하고 또 그럴 것이다. 그러한 믿음은 또 많은 새로운 데이터

를 양산해 낸다. 수많은 데이터를 분류하여 사회의 믿음을 만들어냄으로써 질적 가치가 있다고 포장될 것이다. 과학, 기술 분야 뿐만아니라 인문학 분야도 이러한 흐름에 버텨내지 못하고 있는듯 하다. 이러한 데이터 양산, 빅데이터 분류, 욕망형 진실, 사회적 믿음, 새로운 가치 그리고 또 다른 데이터의 탄생 등의 흐름은 디지털 시대의 표상이 되었다. 새로움 속에 질적 가치가 만들어지던 시대가 더 이상 아니며, 근대, 현대사회는 있는 것들 속에서 새로운 것이 나오는 프래그머티즘 융합이 어찌면 유일한 질적 탄생일지도 모른다. 즉, 예술가적 가치 큐레이팅(curating)이야 말로 현대 과학기술사회에서 필요한 기술일지도 모른다.

큐레이팅이란 이미 존재하는 가치, 믿음, 이미 우리 사회가 가지고 있는 과학, 인문학을 선택에 의해서 특정 배경과 환경을 가진 시간과 공간 속으로 가지고 와 배열하여 기존의 가치에 불꽃이 일게 만들어 폭발시키는 활동이다. 큐레이팅은 예술분야에서 출발하였지만 현대사회에서는 가장 과학적인 과학이 되어 가고 있다. 우리 주위에서 이러한 과학 큐레이팅 과학연구는 어렵지 않게 목격될 수 있다. 이과의 이(理)는 자연의 무늬, 문과의 문(文)은 인간이 만들어 가는 문양이라고 한 철학자 최진석교수(서강대 철학과 교수, 유니스트 세미나)의 가르침에 더해, 자연, 사회, 인간이 만나는 무늬를 선택하고 소통하면서 그리는 격물치지(格物致知)의 무늬만들기가 과학예술인문 큐레이팅이다. 이러한 과학예술인문 큐레이팅이 만들어가게 될 사회의 주역은 당연히 디지털세대이다. 그들이 산업혁명의 환상을 쫓지 않고 과학기술 진화의 흐름 방향으로 과학예술인문 큐레이팅을 통해 우리 사회의 새로운 가치를 만들어 낼 수 있기를 바란다. 진화는 다윈이 주장한 것처럼과는 달리 그렇게 느리게 진행되지 않기 때문이다.

■ 융합연구는 우리 사회의 여러 지도를 만드는 과정(Map of Community)

디지털 세대가 미래 우리 사회의 주역이지만 기성세대도 분명 해야할 일이 있다. 기성세대가 없다면 디지털 세대는 길을 잃게 될 것이다. 기성세대 때문에 디지털세대가 길을 잃은 일이 있었다면 불행한 일이 아닐 수 없다. 의도적인 혁명을 만드는 일이 그런 경우일 것이다. 기성세대의 역할은 다음 세대를 위해 지도(Map)을 만드는 일이다. 고속도로를 만들어 그 길 이외에는 갈 길을 차단한 후 통행료를 받는 것이 기성세대의 역할이 아니다. 지도를 만드는 일에 그쳐야 한다. 사이언스월드에 참여하는 PaTI 이재옥스승의 세미나에서 그가 파티 수업에서 학생들과 만들었던 청계천의 지도를 소개하였다. 우리가 일반적으로 알고 있는 지도가 아니다. 청계천에는 여러 개의 지도가 있을 수 있다. 물론 길 이름과 번호, 길에 있는 여러 가게들, 건물들이 표시된 지도가 있다. 청계천에 있는 카페들로만 표시된 지도도 있을 수 있다. 청계천에 사는 사람들

중 청계천의 오랜 역사와 전해져 내려오는 재밌는 이야기를 해주는 분들이 표시된 지도도 가능하겠다. 이렇듯 우리 사회의 지도도 다양하게 만들어 질 수 있다. 과학 지도, 기술 지도, 인문 지도, 농산물 지도, 스토리텔링 지도, 고민거리 지도, 추억의 지도 등등. 길을 잃은 세대가 기성세대에게 바라는 것은 목적지를 정한 후 어디를 가면 KTX를 탈 수 있고 어디를 가면 비행기를 탈 수 있다는 것을 알려주는 지도가 아니라, KTX를 타고, 비행기를 타고 가야하는 그 곳을 왜 가야하는 지를 알려주는 지도일 것이다. 물고기를 잡는 방법을 알려주면 한 호수의 물고기 씨가 마를 때까지 잡아버리게 될 수 있다. 화석연료를 에너지로 만드는 방법을 알려주면 인류는 모든 화석연료를 태워 지구온난화를 일으켜 지구멸망에 가게 될 수도 있다. 지금 필요한 것은 지도를 통해 목적지를 알려주는 것이 아니라 무수하게 많은 목적지 중가 어떤 의미가 있는지 알아가는 것이다. 그 목적지로 가는 길은 다소 돌아가는 한이 있더라도 우리 사회가 소통(즉, 택할 것은 택하고 그냥 두어야 할 것은 두는 행위)을 통해 찾는 것이다. 디지털 시대의 우리 기성세대가 해야할 일은 바로 여기에 있다. 지도를 만들면 그것으로 모든 일을 다 한 것이다. 누군가에게 그 지도 이용을 강요한다면 그것은 지도가 아니라 또 다른 고속도로이고 통행료 징수이다. 이를 기성세대는 경계하여야 한다.

Unrealized Roads는 국내 융합연구의 동력

큐레이터 한스울리히(Hans Ulrich Obrist)는 그의 책 'Ways of Curating'에서 누군가를 인터뷰할 때, "What are your unrealized roads?"로 시작한다고 한다. 아직 실현하지 못한 당신의 꿈은 무엇입니까? 이는 젊은 세대, 디지털 세대보다는 기성세대에게 묻고 싶은 질문이 아닌가 한다. 우리에게 아직 실현되지 못한, 그리고 여전히 실현하고 싶은 꿈(비전(vision))이 있는가? 아니 우리에게 아직 꿈이라는게 있는가? 사이언스월드는 우리가 이미 가지고 있고 또 잠재력이 충분하지만 실현되지 못한 우리 사회의 'Unrealized Roads (실현되지 못한 길, 비전)'을 우리의 관심사로 끌어들이는 작업을 과학예술 방법론으로 연구하고 있다. 연구 주제가 떨어지면 외국의 사례를 조사함으로써 연구를 이어가는 길보다는 우리도 과학연구, 공학기술 분야에서 이미 세계적인 궤도에 올라갔다는 자신감을 사이언스월드는 가지고 있다. 세계 몇위라는 순위를 정하는 순간 이미 그러한 연구, 기술 등이 세계 어딘가에 있다는 반증이기도 하다. 사이언스월드의 동분위화페 연구는 한국이 처음이고, 이러한 연구를 지원하는 것도 한국 미래부, 한국연구재단이 세계 처음이다. 즉, 세계 순위를 정할 수 없는, 세계 어떤 과학자, 예술가들도 봐보지 못한 길이다. Edge에 발표함으로써, 언론을 통해, 학술발표 등을 통해 세계가 주목하고 있다. 한국의 과학예술 융합연구가 사이언스월드 동분위화페를 통해 그 존재감을 알렸고 2017년부터 5년간 과학예술융합 연구, 과학예술인문학 분야를 개척해 낼 것으로 기대한다.

국내의 과학계에는 동본위화폐 외에도 무수히 많은 Unrealized Roads가 존재할 것이다. 이를 찾아내어 우리만이 할 수 있는 연구, 굳이 세계 순위를 정할 필요가 없는 융합연구가 국내에서 활성화되길 기대한다.

융합연구의 완성은 융합교육으로

사이언스월드든 2017년 2단계 5년간의 연구를 시작하면서 기대와 함께 걱정이 하나 있다. 과학예술 융합 학위과정의 정착이다. 많은 경우, 대형연구프로젝트의 종료와 함께 교육, 학위과정이 유명무실해 지기 때문이다. 유니스트 과학예술융합 학위과정은 2017년 2학기 신입생을 모집할 계획이다. 사이언스월드든에서는 학위과정 설명회를 가졌다. 이 자리에 참석한 약 15여명의 학부생들에게 사이언스월드든과 과학예술융합 학위 과정을 설명하고 비전과 함께 있는 그대로 현재 상황을 설명하였다. 우선 석사학위에는 '과학예술융합전공 석사/박사'로 표시된다고 하였다. 우리 사회에서는 이런 전공이 어떤 과정인지 어떤 특징이 있는지, 어떤 연구와 일을 할 수 있는 능력을 의미하는지 당연히 의문을 가질 것이다. 즉, 졸업 후 취업을 하는데 어려움이 있다는 것을 의미한다. 학생들은 정말 진지하게 설명회에서의 정보를 듣고 질문을 하였다. 설명회 발표는 약 30분이었지만 질의는 1시간 이상 진행되었고 공식적인 설명회 이후에도 학생들은 이 과정에 대해 개인적인 질문을 하기도 하였다. 설명회 이후 떠 오른 생각이 있었다. 학생들이 만약 과학예술융합 학위과정에 관심이 있다면 왜일까? 불확실한 미래에도 불구하고 학생들이 관심을 가지는데에는 분명 이유가 있을 것이다. 학생들은 분명 어려움이 있다는 것을 받아들이면서도 새로운 도전에 관심을 보이고 있는 것이다.

유니스트 과학예술융합 학위과정 학생들은 입학한 동기들과 함께 수행하는 공통 프로젝트를 매년 가지게 된다. 수업은 대부분 프로젝트 수행으로 진행될 것이며 학점도 프로젝트 수행으로 채워지게 될 것이다. 공학계, 과학계 전공이 아닌 예술, 인문학 전공학생들도 지원하여 입학할 수 있기 때문에 기본적으로 갖춰야 하는 과학, 공학지식을 공부할 수 있는 수업도 있겠지만 그 외는 모두 프로젝트 기반 수업으로 학위과정이 구성된다. 학위논문도 사이언스월드든 프로젝트 수행에 기반하게 될 것이다. 학생들은 이 과정에서 사이언스월드든 프로젝트에 참여하고 있는 협력기관(자연미술가협회, 파주타이포그래피, 아트센터나비, 놀공, UK 슈마허칼리지, CCANW) 등과도 함께 연구할 기회를 가질 것이다. 이를 통해 졸업했을 때 자연스럽게 진출하게 될 사회와 연결할 수 있는 네트워크를 가진다. 학생들은 과학도, 공학도가 아니며 예술가도 인문학자도 아니다. 자신들의 정체성을 자신들이 학위기간동안 찾아야 하며 그 노력 속에서 또 다른 가치들이 발견될 수 있길 간절히 희망한다. 이들이 울산에서 중국, 러시아, 체코, 독일, 파리를 거쳐 영국 Totnes까지 과학예술융합을 그

지역 사람들과 온 몸으로 해낼 주역들이다. 또한 세계 분쟁지역의 평화를 위해서도 노력할 것이다. 장차 통일에 기여하고 통일 이후의 조국의 미래를 만들어갈 주역이 될 것으로 확신한다.

융합전공으로 학생들이 입학하면 이 학생들은 이 과정에 자신들의 미래를 맡기는 것이다. 사이언스월드 프로젝트를 수행하고 협력기관들과 함께 여러 사회경험을 하게 되겠지만 학생들은 학위과정의 끝나면 '과학예술통합 석사/박사' 학위를 가지고 사회로 나가야 한다. 선배가 있는 것도 아니고 국내 다른 예가 있는 것도 아니다. 또한 세계적으로도 그 예를 찾기 쉽지 않고 없을 수도 있다. 사이언스월드 융합연구의 성공은 어떻게 보면 유니스트의 과학예술통합 학위과정의 성공과 직결되어 있다고 할 수 있고, 학위과정, 즉 융합교육이 만약 성공하여 정착할 수 있다면 국내 융합교육의 정착에 모범사례를 제공할 수 있을 것이다. 사이언스월드의 연구책임자만이 라도 사이언스월드 이후 다시 돌아갈 출구를 만들지 말고 과학예술통합에 모든 것을 걸어야 하는 이유가 여기에 있다. 과학예술통합 학위과정에 자신의 미래를 맡긴 학생들과 함께 할 때만이 가능성을 위한 돌파구를 찾을 수 있을 것이라 믿는다. 사이언스월드 프로젝트에 대한 정부의 지원이 끝나는 2022년 이후에도 유니스트의 과학예술통합 학위과정이 생존할 뿐만 아니라 한국 대학원교육의 새로운 지평으로 정착할 수 있길 기대한다.

■ 맺으면서

최근 환경공학의 위기 관련 이야기를 자주 듣게 된다. 20년 이상 계속 유망한 분야로 관심을 끌다 최근에는 학문분야 자체가 어려움을 겪고 있는 것으로 판단된다. 약 100여개의 대학에서 환경공학과가 있었다가 최근 20여개 안팎으로 줄어들었다고 한다. 또한 무학과로 입학해서 1년 정도 후에 학과를 택하는 경우, 환경공학과를 선택하는 학생들의 수가 급격하게 줄어들고 있다. 환경공학과 혹은 환경공학연계 학과에 입학하였다가 일정 기간이 지난 후 전과를 위해 신청하는 학생들의 수도 늘고 있다. 국가 R&D 예산분야에서도 기후변화, 미세먼지 등을 제외하면 환경분야는 지속적으로 감소추세에 있다. 이처럼 환경공학 분야와 연관된 통계는 하나같이 밝지 못하다.

환경오염, 보건위생 문제를 해결하기 위해 탄생한 환경공학은 토목공학, 화학, 화학공학, 미생물학 뿐만 아니라 사회학, 윤리학(철학), 정치학, 경제학 등의 전공을 기반으로 하여 그 역할을 수십년 동안 해 왔었다. 어떻게 보면 융합학문의 가장 대표적인 예의 하나가 환경공학이 아닌가 생각된다. 하지만 환경공학의 화려한 역사를 살펴보면 지극히 문제해결의 형태로 존재했었다는 것을 알 수 있다. 환경공학 연구진, 교수진을 보면 실제로 다양한 학부 전공자들이 모여 있다는 것을 알 수 있다. 특정문제가 사회적 이슈로 떠오르면 문제해결

에 필요한 전공지식을 전공한 연구자들이 환경공학을 담당하면서 환경공학 분야를 대표해 왔다. 상수도 사업, 하수처리, 하천오염, 지하수오염, 쓰레기(매립, 소각 등), 기후변화, 미세먼지 등으로 이어지는 환경문제는 다른 분야의 전공자들을 필요로 했다. 각기 다른 전공분야의 환경공학자들은 자기의 분야가 환경공학의 중심이라고 얘기하는 것은 어쩌면 당연한 주장이다. 환경공학을 학부에서 전공한 연구자들은 자신들이 환경공학의 중심이라고 얘기한다. 환경공학이 제 2의 도약을 하지 못하고 있는 배경에는 몇가지 발견되는 것이 있는데, 첫번째로, 환경공학과는 학문분야를 대표하는 필수과목(즉, 학문의 정체성을 나타내는 과목)을 가지고 있지 못하다. 대표적인 과목을 가지고 있는 것처럼 보이지만 실제로는 화학, 미생물, 토목, 기계분야의 필수과목과 상당부분 겹치는 것이 사실이다. 두번째는 학과의 이름인데, 사회학에서 얘기하는 환경은 우리 사회 시스템과 대비해서 사용되는 용어인데, 이는 환경공학의 환경과 다소 차이가 있다. 즉, 학문분야에 대한 정의자체가 명확하지 않다. 예를 들어 사회학적 관점에서 보면 하수처리분야는 사회의 시스템 자체를 연구하는 것이지 환경을 연구하는 것이 아니라는 것이다. 미세먼지이슈도 만약 국내 에너지 산업시스템과 연관된 시스템 공학이며, 중국유입을 다루어야 하는 국제관계이지 이러한 이슈, 사회시스템을 둘러싼 환경의 문제로 취급하면 문제의 핵심을 놓치는 판단을 할 수 있다. 환경공학의 정체성이 무엇인지 진지하게 돌아보아야 할 시점이라고 판단한다.

융합연구는 환경공학으로부터 교훈을 삼아야할 많은 것들이 있다. 사이언스월든과 같이 과학예술융합으로 현시대의 문제인식을 가지고 사회의 관심을 끌수는 있지만 과학분야, 예술분야, 인문학분야에서 조금씩 전공지식을 가져와 이에 만족하는데 그쳐, 제대로 정체성을 빠른 시간내에 갖지 못한다면 조만간 과학분야, 예술분야, 인문학분야 전공자들은 각 분야로 다시 돌아가고 융합이라는 껍데기만 남을 것이 자명하기 때문이다. 즉, 과학과 예술, 인문학의 합침이 아니라 '과학예술인문학'이라는 분야가 새롭게 탄생해야한다. '과학예술인문학'은 과학도 아니고 예술도 아니며 인문학도 아니라, 과학예술인문학이라는 새로운 전공이어야 한다. 남한강과 북한강이 합쳐져서 한강이 되었다면 그냥 한강이지 한강 물 속에서 남한강 출신, 북한강 출신 물방울을 가릴 수 없기 때문이다. 한강에 일단 합류하기는 했지만 큰 비닐 봉지 속에 있다가 다시 남한강으로 돌아가는 물들이 있다면 한강은 영원히 형성되지 않았을 것이다.

융합연구가 지금 기회를 얻은 것은 기존의 학문분야들이 해결하지 못하는 문제가 분명 있기 때문이다. 기회는 그렇게 오래 지속되지 않는다. 머뭇거리면서 근본적인 변화를 시도하지 않는다면 금방 사라질 기회



라는 것이다. 융합의 가장 큰 걸림돌은, 과학예술인문학 융합에서 과학이, 예술이, 혹은 인문학이 중심이
 어야 한다고 생각하는 것이며, 언젠가 적절한 시간에 다시 자신의 전공분야로 돌아가기 위해 융합의 In-
 Betweenness 속으로 들어가지 못하는 망설임이라고 생각한다. 가진 것이 많은 연구자 일수록 아마 더 망설
 여질 것이고 이는 충분히 이해되는 일이기도 하다. 그래서 지금껏 융합연구가 정착하지 못했을 것이다. 사이
 언스월드도 지금까지의 국내 여러 다른 융합연구와 비슷한 조직으로 비슷한 형식으로 출발하고 있다. 또 그
 령고 그런 비슷한 길을 가게 될지도 모르겠다. 다만 몇가지 다른 것이 있다면, 모두 동의하지 못하고 심지어
 사이언스월드 참여 연구자 모두가 동의하지 않을지는 모르지만, 사이언스월드에게는 세계가 주목하고 있는 '
 동분위화폐'가 있고 자신의 모든 것을 걸고 선택하려고 하는 과학예술융합 전공 학생들이 있고, 돌아갈 출구
 를 막고 모든 것을 건 연구책임자가 있다는 것이다.

저자 조재원

Jaeweon Cho

학력 미콜로라도대학교 환경공학 박사
 미콜로라도대학교 환경공학 석사
 연세대학교 토목공학 학사

경력 現) UNIST 도시환경공학부 교수
 現) 융합선도연구센터 "사이언스월드" 센터장
 前) 연세대학교 토목환경공학과 특임교수



$2C_2H_{11}$

C_8H_{11}

$2C_2H_{11}$

H.

H.

C_8H_{11}

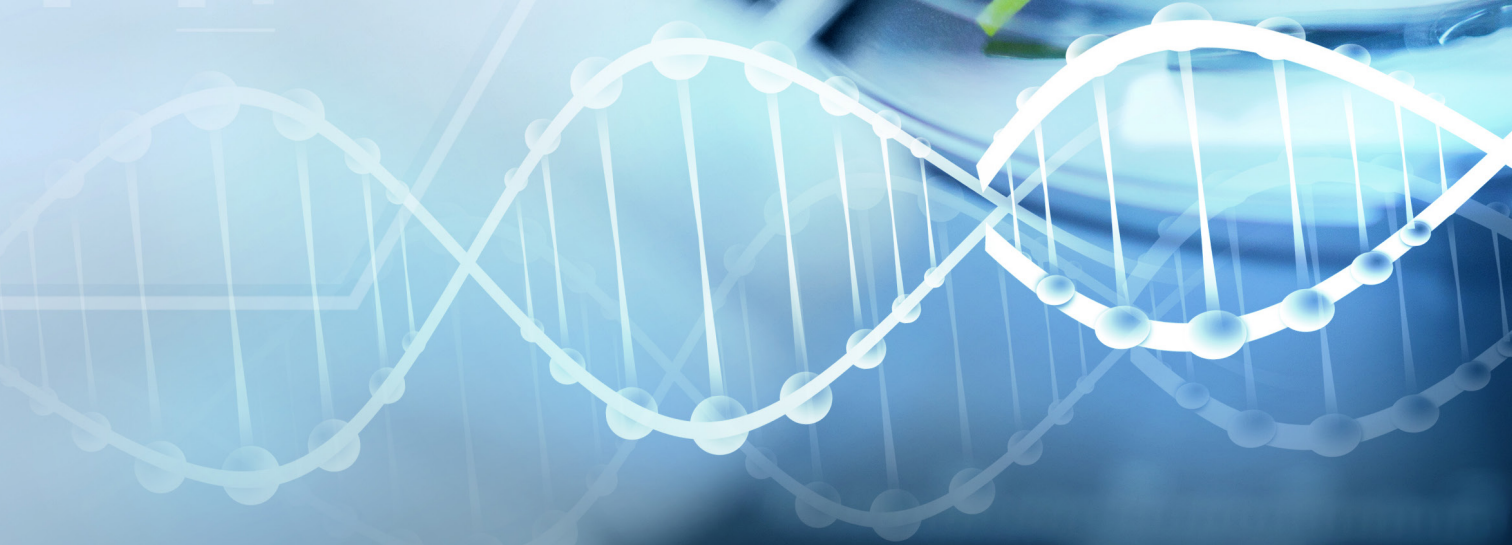
$4C$

$8C_3H_{11}$

H.

H.

H.





 **융합연구정책센터**
Convergence Research Policy Center

(02792) 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5 (TEL) 02-958-4984