

“텔로스(TELOS) 전공 트랙제’에서의
뇌공학 융합트랙 개설 기획”

팀명: AIng

목 차

I . 서론.....	1
1. 탐사배경	
2. 탐사주제 및 목표	
3. 팀원 역할분담	
4. 탐사일정표	
II . 본론	
1. 국내 기관 탐사.....	6
1) 카이스트 바이오 및 뇌공학과	
① 이상완교수님	
② 정재승교수님	
2) 와이브레인 이기원 대표님	
3) 이화여자대학교 휴먼기계바이오공학부 이정록 교수님	
2. 해외 기관 탐사.....	13
1) Stevens Hall for Neuroimaging 김호성 교수님	
2) Oben	
3) University of Southern California(USC)	
4) SIEMENS	
5) MIT 행정실	
6) Harvard University	
3. 결과물.....	38
1)뇌공학 융합트랙 설립제안서	
2)뇌공학 융합 트랙 홍보물 제작	
III . 결론.....	44
IV . 참고문헌.....	46

I. 서론

1. 탐사배경

본 팀의 구성원들은 모두 뇌인지과학과에 재학 중이다. 2017학년도 1학기에 같은 수업을 수강하게 되었는데 수업이 끝난 후 졸업 후의 진로방향에 대해 의견을 나누다가 모두 인공지능 분야로 진출을 희망한다는 사실을 알게 되었다. 그 뒤로 구체적인 진로방향을 잡기 위해 뇌인지과학과 졸업생으로서 뇌공학 분야를 연구할 수 있을 것인지, 할 수 있다면 어느 기업이나 연구소에서 일할 수 있는지 지속적으로 조사하고 고민해왔다.

처음에는 단순히 진로에 대한 고민으로 뇌인지과학과 학생으로서 인공지능 기술 연구에 종사할 수 있는지 자문을 구하기 위해 국내의 인공지능 기술 연구소나 기업에 대해 알아보았다. 그러나 거듭해서 자료조사를 하다 보니 국내에서 뇌공학 기술 분야에 대해 조사하는 것에는 한계가 있었다.

먼저, 국내에는 뇌공학을 연구하는 연구소들이 굉장히 적었다. 현재까지 국내의 뇌공학 분야 주요 연구 동향에 대한 분석보고서를 참고하여 그 이유를 추측해 볼 수 있었다. 보고서의 분석결과에 따르면, 뇌공학 분야 논문은 양적인 측면에서는 매년 10%의 평균적인 성장세를 보였지만 전체 논문에서 차지하는 비율은 상대적으로 감소하여, 타 분야에 비해 연구가 활성화되지 않은 것으로 나타났다. [1]

또한, 뇌인지과학과 뇌공학을 접목 시키는 연구의 수가 적다는 점도 문제였다. 인공신경망 기술은 인간의 두뇌 정보처리 방식을 모방해 기계를 학습시키기 때문에 뇌인지과학과 공학 기술 융합의 결과물이라고 볼 수 있다. 이를 활용한 딥러닝이 등장하면서 뇌공학 기술이 눈에 띄게 성장했다. 이처럼 뇌인지과학과 공학의 융합을 통해 기술의 발전을 이룰 수 있음에도 불구하고 국내 뇌공학 연구는 매우 국소적이고, 세부적이며, 기술적인 부분에 대한 연구 위주로 진행되었다. 국내에서는 ‘SVM(Support Vector Machine)*,’과 ‘Artificial Intelligence’등과 같은 응용연구가 활성화되었지만 ‘인공 신경망’ 기술 관련 연구는 상대적으로 적은 편이었다. [2]

무엇보다, 현재 뇌인지과학전공 학생들과 2018학년도에 입학한 자유전공생들 중 뇌인지과학과로 진입을 희망하는 학생들을 대상으로 설문조사를 실시한 결과, 52명의 학생들이 뇌과학과 공학을 접목시키는 연구에 관심을 갖고 있었다. 그러나 뇌과학과 공학의 융합에 관심을 갖고있는 대다수의 학생들이 뇌인지과학과 공학 분야를 복수 전공하거나 부전공을 하는 데에 부담을 느끼고 있었다. 또한 37명의 학생들은 뇌공학에 관심은 있었지만 어떤 분야가 있는지, 어떤 분야로 진출해야 하는지 결정하지 못하였다. 이런 조사결과를 보고, 팀원들은 이화여자대학교의 특색있는 제도인 ‘텔로스(TELOS) 전공 트랙제’를 떠올렸다. 복수전공이나 부전공보다 한층 완화된 현재의 전공 교육 과정인 ‘텔로스(TELOS) 전공 트랙제’는 수요맞춤형 교육과정을 통해 학생들의 자기주도적 학습과 창의적 진로탐색을 돕는 제도이다. 이러한 뇌과학과 공학을 같이 배우는 뇌공학 융합트랙을 신설한다면 뇌인지과학과 재학생 뿐만 아니라 2019년에 뇌인지과학과로 진입할 자유전공생들의 부담을 덜고, 진로선택에 큰 도움이 될 것이라고 생각했다.

주제 선정 후 발전가능성 방안 모색을 위한 장소를 조사한 결과, 팀원들은 현재 인공지능 기술 분야의 선두주자인 미국이 최적의 장소라고 판단했다. 미국은 연구 집중도와 논문

의 영향력이 세계 평균보다 월등히 높으며,[3] 국내보다 인공지능 기술 연구소와 관련기업의 수가 압도적으로 많아 인공지능 기술 연구 및 활용이 활발하게 진행되고 있기 때문이다. 따라서 본 팀은 “‘텔로스(TELOS) 전공 트랙제’에서의 뇌공학 융합트랙 개설 기획”을 주제로 탐사를 기획하게 되었다.

*데이터를 분류하는 알고리즘의 종류

2. 탐사주제 및 목표

(1) 탐사주제: ‘텔로스(TELOS) 전공 트랙제’에서의 뇌공학 융합트랙 개설 기획

(2) 탐사목표:

1) 공학과 뇌인지 과학의 상호작용 탐색

① 뇌인지 과학 → 공학

인공지능의 딥 러닝은 인간의 두뇌를 모델로 하는 인공 신경망(ANN)을 기반으로 한다. 인간 뇌에서 일어나는 뉴런의 작용들에 대한 뇌과학의 연구 자료를 기반으로 인공지능도 인간과 유사하게 정형화된 데이터를 입력받지 않고 스스로 필요한 데이터를 수집 · 분석하여 특정 업무를 처리하도록 한다. 실제로 미국의 스타트업 기업인 ‘Persado’는 뇌과학이 밝혀낸 뇌의 시각정보 처리과정에서 영감을 얻었으며, ‘Cortica’는 뇌의 의사소통, 언어정보 처리과정에서 영감을 얻었다.

② 공학 → 뇌인지과학

뇌지도 작성은 엄청난 시간과 인력이 필요한 일이다. 연구자가 혼자서 전자현미경으로 찍은 신경세포 사진을 보고 어디가 연결되었는지 찾는 방식이면 신경세포 몇 백 개에 대한 뇌지도도 만드는 데 10년 이상 걸릴 것이다. 세바스찬 승 연구진은 대안으로 ‘아이와이어’란 온라인 게임을 만들었다. 인공지능은 학습을 통해 스스로 신경세포 연결망을 구분해낸다. 그 결과는 아이와이어 게임에 1차 자료로 전달된다. 전 세계 수십만 명이 아이와이어에 접속해 국숫발처럼 이어진 신경세포에 색칠을 하며 생쥐의 망막 신경세포 연결망을 작성하고 있다. 게임에 참여한 사람들은 인공지능이 구분한 신경세포 연결망에서 잘못된 부분을 바로잡는 일도 한다. 인공지능은 다시 그 결과를 보고 자신의 능력을 업그레이드하면서 보다 정확한 데이터를 형성하게 된다. [5]

⇒ 이처럼 공학과 뇌인지과학의 관계는 일방통행식 관계가 아니다. 또한 미국에서는 뇌인지과학과 공학 기술의 융합을 연구에서 그치지 않고 다양한 산업에까지 도입하고 있다. 따라서 본 팀은 미국 탐사를 통해 뇌인지 과학과 공학의 관계를 보다 자세히 알아보고 이를 뇌공학 융합트랙에 반영한다면 긍정적인 효과가 발생할 것이라고 생각한다.

2) 국내와 미국의 뇌공학 활용 및 교육현장 탐색

① 국내 대학방문 - 뇌공학 관련 기술의 연구현황 및 교육적 측면 파악

현재 국내의 뇌공학 의 연구, 개발수준은 미국에 비해 30%나 뒤쳐진 상황이다. 따라

서 미국을 탐사하기 이전에 국내 대학을 방문하여 국내 인공지능 관련 연구의 진행 정도를 파악하고, 더 나아가 인재 육성에 가장 기본적인 교육적 측면에서의 지원현황을 파악할 것이다. 이를 바탕으로, 국내 인공지능의 연구, 개발의 한계를 파악하고 원인을 분석해 볼 것이다. [6]

② 국내 기업조사 - 뇌공학의 활용사례 탐색

국내에서 뇌공학 기술을 활용하여 창업한 기업들을 조사하여 인공지능을 어떠한 분야에서 이용하는지 파악한다. 이를 바탕으로, 국내에서 인공지능 기술 활용의 방향성을 논의해 보고자 한다. [6]

③ 미국 대학 방문 - 뇌공학 관련 기술의 연구현황 및 교육적 측면 지원 파악

미국은 현재 세계 뇌공학 관련 연구 기술의 개발을 선도하고 있다. 따라서 미국 대학에서의 뇌공학 분야의 연구현황과 뇌공학 인재 양성 방법을 세밀히 조사하고 국내와 비교하여 국내 뇌공학 기술의 연구, 개발의 발전 방안과 교육적 측면에서의 지원방안을 모색하고자 한다.

④ 미국 기업방문 - 뇌공학 기술의 활용사례 탐색

미국의 뇌공학 관련 스타트업을 방문하여 뇌공학 기술을 활용한 가장 최근의 사례와 창업 과정을 탐색한다. 미국에는 구글, IBM등 인공지능 개발, 활용에 앞장서는 기업이 타국에 비해 압도적으로 많다. 또한, 뇌공학 기술을 활용해 창업을 하는 기업도 많다. 2016년 뇌공학 분야 스타트업에 대한 전세계 투자거래의 62%가 미국 스타트업을 대상으로 진행되었다.[7]미국의 창업사례를 탐색함으로써 국내의 뇌공학 기술을 활용한 창업을 장려할 수 있는 방안을 고안하고자 한다.

3. 팀원 역할 분담

본 팀은 해외 탐사를 보다 효율적으로 기획하기 위해 각자의 강점에 맞추어서 역할을 세부적으로 나누어 맡아 진행하였다. 그 역할 분담은 다음과 같다.

이름	국내	해외
배소현 (팀장)	팀원 섭외 주도, 탐사기관 및 인물 조사, 뇌공학 관련 기본지식 조사, 일정 조율, 이정록 교수님 인터뷰 진행, 이상완 교수님 인터뷰 준비, 정재승 교수님 인터뷰 진행	인터뷰 내용 취합 및 정리, 현지 세부일정 조율
강주희	팀원 섭외 주도, 탐사기관 및 인물 조사, 국내 기관 및 인물과 contact, 인터뷰 내용 정리, 활동 사진 촬영, 이상완 교수님 인터뷰 준비, 국내 지리조사, 이정록 교수님 인터뷰 진행, 정재승 교수님 인터뷰 진행	탐사 사진 촬영, 인터뷰 내용 녹음,
박윤주	탐사 배경 정리 및 구체화, 공동 이메일 계정 개설, 외국 대학 정보조사, 해외 기관 및 인물과 contact, 정재승 교수님 인터뷰 진행, 이상완 교수님 인터뷰 준비, 와	해외 인터뷰 주도 및 통역, 지리조사, 컨택 메일 작성

	이브레인 서면 인터뷰 진행	
이수현	팀명 아이디어 제공, 탐사 배경 정리, 뇌공학 관련 스타트업 조사, 숙소와 항공편 조사 및 예약, 교통편 조사, 비자 발급 안내, 탐사 목표 구체화, 예산 책정, 인공지능 관련 스타트업 조사, 이상완 교수님 인터뷰 진행, 정재승 교수님 인터뷰 진행	교통편 예약, 회계 담당, 세부 일정 조율

4. 탐사일정표

1) 개요

기간	2018.6.26.(화)~2018.7.7.(토) 총 10박 12일 *한국 시간 기준
탐사국 (도시)	미국(Los Angeles, New York) * LA: Los Angeles , NY: New York
여정	인천-미국 서부(California State)-미국 동부(New York State)-인천
항공편	①국제선- [인천-미국 서부(California State)/미국 동부(New York State)-인천] ②국내선- [LA→NY]

2) 세부 일정표

일자	지역	장소	활동내용
제1일 6/26 (화)	ICN→LA	인천 국제공항	출국
	LA	로스엔젤레스 국제 공항	미국 서부(California State) LA도착 및 숙소 A로 이동
	LA	숙소 A	숙소 체크인 및 기관방문 준비
제2일 6/27 (수)	LA	Stevens Neuroimaging Lab	기관① 방문 및 인터뷰
	LA	숙소 A	인터뷰 내용 정리 및 다음 기관 방문 준비
제3일 6/28 (목)	LA	Oben	기관② 방문 및 인터뷰
	LA	숙소 A	인터뷰 내용 정리 및 다음 기관 방문 준비
제 4일 6/29 (금)	LA	USC	기관③ 방문 및 인터뷰
	LA	숙소 A	숙소 체크인 및 기관 방문 준비

제 5일 6/30 (토)	LA	카페A	기관 방문 및 인터뷰 정리
	LA	숙소 A	인터뷰 내용 정리 및 다음 기관 방문 준비
제 6일 7/1 (일)	LA	카페B	기관 방문 및 인터뷰 정리
	LA	숙소 A	인터뷰 내용 정리 및 다음 기관 방문 준비
제7일 7/2 (월)	LAX→JFK	로스앤젤레스 국제공항	도시 이동(LA→NY)
	NY	존에프케네디 국제공항	NY도착 및 숙소로 이동
	NY	숙소 B	숙소 체크인 및 기관 방문 준비
제 8일 7/3 (화)	NY	Siemens	기관④ 방문 및 인터뷰
	NY	NeuroLunch Seminar	기관⑤ 방문 및 인터뷰
	NY	숙소 B	인터뷰 내용 정리 및 다음 기관 방문 준비
제 9일 7/4 (수)	NY	카페 C	기관 방문 및 인터뷰 정리
	NY	숙소 B	인터뷰 내용 정리 및 다음 기관 방문 준비
제 10일 7/5 (목)	Boston	Harvard	기관⑥ 방문 및 인터뷰
	Boston	Massachusetts Institute of Technology	기관⑦ 방문 및 인터뷰
	NY	숙소 B	인터뷰 내용 정리 및 다음 기관 방문 준비
제 11일 7/6 (금)	JFK→ICN	존에프케네디 국제공항	귀국
제 12일 7/7 (토)	ICN	인천 국제공항	귀국

II. 본론

1. 국내 기관탐사

1) 카이스트 바이오 및 뇌공학과

선정이유: 카이스트는 학부과정에서 뇌인지과학과 공학 모두를 다루는 유일한 대학으로, 체계적인 커리큘럼을 가지고 학생들을 지도하고 있다. 따라서, 카이스트 바이오 및 뇌공학과와 담당 교수님들과 인터뷰를 나눠보는 것은 교내 뇌 공학 트랙 개선을 위한 조언을 얻기에 가장 필수적인 단계라는 생각이 들었다. 또한, 석박사통합과정에서 진행하고 있는 뇌공학프로그램에서 요구하는 인재상에 대해 알아보고, 실제로 진행하고 있는 연구들, 국내 뇌공학의 현황과 전망을 알아보는 것은 뇌 공학 트랙이 학생들에게 실질적인 도움을 줄 수 있는 방향으로 기획하는 데 있어서 큰 도움이 될 것이다.

(1) 학부 교육과정

카이스트 바이오 및 뇌공학과에서는 학과의 학생들이 바이오 및 뇌공학의 전문성을 갖춘 인재로 발전할 수 있도록 체계적인 커리큘럼을 제공하고 있다. 저학년 과정을 통해 생물학의 기본 과목과 공학의 기초과목을 습득한 뒤, 고학년 과정에서 심화전공을 선택하도록 권장하고 있다. 학과의 전공필수 교과목은 바이오 및 뇌공학의 기초지식을 전달하는 “Bioengineering Fundamentals”과 생물학에 대한 이해를 돕기 위한 “Molecular & Cellular Biology”이 제공되며 “Bioengineering Laboratory I” 과 “Bioengineering Laboratory II” 실습과목을 통해 바이오 및 뇌공학의 연구분야를 다양하게 접할 수 있는 기회를 제공한다. 기본지식 습득을 마친 고학년 학부생들에게 심도 있는 전공과목을 제공하기 위하여 “바이오 정보/생물학”, “바이오 전자”, “바이오 나노”, “바이오 이미징”, 및 “뇌인지공학”에 대한 전공선택 과목을 제공하고 있다.

▼ 분야별 교과목

기초수학	생물학	뇌인지과학
응용미분방정식 선형대수학개론 확률 및 통계	해부학 및 생리학 생물 물리학 분자/세포생물학* 시스템생명공학기술 바이오공학실험(I)*	뇌신경과학 개론 계산 신경과학 인지 신경과학 뉴로 이미징 바이오공학실험(II)*
바이오나노	바이오전자	바이오정보
생체역학/ 운동역학 바이오유체 바이오나노공학 생체모사시스템 바이오공학실험(III)*	바이오계측이론 바이오신호처리 바이오 시스템 모델링 의료영상기술 바이오공학실험(III)*	바이오데이터구조 바이오정보처리 바이오통계 및 학습이론 바이오데이터 공학 v 바이오인포매틱스 바이오공학실험(II)*

(2) 카이스트 뇌인지공학 프로그램

일찍이 해외 우수 대학들은 뇌인지공학의 필요성을 깨닫고 뇌인지공학을 집중적으로 교육하고

	1학기	2학기
기초선택 (1/2학년)	응용미분방정식, 선형대수개론, 확률및통계 바이오공학의 이해	
전공기초 (2학년)	바이오공학개론* 인체생리학 생물물리학	분자/세포생물학* 바이오 계측 이론 바이오 데이터구조
전공심화 (3학년)	바이오공학실험 1* 시스템생명공학기술 바이오 신호처리 바이오정보처리 뇌신경과학 개론 생체역학	바이오공학실험 2* 바이오 시스템 모델링 바이오유체 바이오통계 및 학습이론 운동역학
전공심화 (4학년)	바이오공학 프로젝트 계산 신경과학 바이오데이터 공학 바이오나노공학 생체모사시스템	바이오정보 공학 인지신경과학 뉴로이미징 의료영상 기술 졸업연구 (3학점)*

연구하는 프로그램을 최근 10년 동안 설치하고 운영해 왔으나, 우리나라에서는 이 분야에 대한 체계적인 연구와 교육을 위한 프로그램이 턱없이 부족한 실정이었다. 그래서 대한민국에서도 뇌인지공학 분야의 발전을 위한 프로그램을 설립해야 한다는 요구가 끊임없이 있어왔으며 이러한 요구를 기반으로 카이스트에 뇌인지공학 프로그램이 만들어졌다.

본 프로그램은 뇌인지공학 연구를 세계적으로 선도하고, 관련분야를 이끌 미래의 학문적 리더를 양성하며, 기술 이전과 창업 등 다양한 방식으로 우리 사회에 뇌인지분야의 공학적 응용을 통해 우리 사회의 ‘삶의 질’을 높이는데 기여하고자 한다. 또한, 기초신경과학과 인지과학에서부터 정신의학, 신경학 등 임상적 응용과 뇌 공학, 인지공학 등 공학적 응용까지, 뇌신경생물로 국한된 기존연구의 한계를 뛰어넘어, 학문적으로 폭넓은 영향을 미칠 것이라 예상한다.

(3) KAIST 바이오 및 뇌공학과 정재승 교수님 인터뷰



일시: 2018.06.07(목)

장소: 이화여자대학교스타벅스

인터뷰 내용

① 현재 국내 및 해외에서의 뇌 공학 연구에 대한 관심과 앞으로의 전망에 대해 뇌 공학 분야 전문가 이신 교수님의 의견을 들어보고 싶습니다.

=> 2013년 버락 오바마 미국 대통령은 뇌 속 신경세포들의 모든 연결을 규명해 인간의 인지

사고과정을 이해하려는 프로젝트인 'The BRAIN Initiative'에 10년 동안 3 조원 이상을 지원하기로 발표한 바 있습니다. 스위스 로잔공대를 중심으로 한 유럽연합(EU)도 최근 뇌의 구조와 기능을 모사한 대뇌 모델을 이용해 뇌활동을 컴퓨터 안에서 재현하겠다는 '인간 뇌 프로젝트' (Human Brain Project)에 10년간 2조원 가까이 지원하기로 하고 연구를 진행해 왔습니다.

지각에서부터 학습과 기억, 감정, 주의집중, 의사결정, 운동, 그리고 의식에 이르기까지 인지사고과정을 탐구하고, 이를 바탕으로 인간의 '삶의 질'을 높이기 위해 공학적, 임상적 응용을 탐색하는 분야가 바로 뇌인지 공학입니다. 단순히 인간의 인지사고과정에 대한 이해를 넘어, 이를 공학적으로 응용하는 학문이라는 점에서 뇌인지 공학은 21세기의 가장 주목할 만한 학문 분야라고 확신합니다.

② 저희 학과에는 교수님처럼 뇌과학과 공학을 융합 할 수 있는 연구를 하고 싶어하는 학생이 많습니다. 교수님께서도 주로 정신질환의 컴퓨터 모델링, BCI, 뇌기반 인공지능과 관련한 연구를 하시는 것으로 알고 있습니다. 대학 졸업 후 교수님처럼 뇌과학과 공학을 아우르는 연구를 하기 위해서 학부과정에서 어떤 경험을 하는 것이 좋을지 궁금합니다.

=> 어떤 분야를 연구할 때 중요한 것은 어떠한 질문에 답을 하는 것이고 그 질문에 답을 하려면, 한 분야만 아는 것으로는 부족하다. 융합적인 사람들(다양한 분야를 접해보고 공부해본 사람들)은 자신의 분야에서 벗어나는 것을 두려워하지 않고 질문에 대한 본질을 찾기 위해 애쓴다. 즉 두 학문을 융합한다는 것은 두 분야를 인위적으로 합쳐보려는 것이 아니라, 어떤 문제에 대한 답을 찾아가는 과정에서 다양한 학문을 만나게 되고 이를 피하지 않고 효과적으로 다룰 수 있다는 것이다. 이러한 사람이 되기 위해 학부과정에서 중요한 것은 다양한 분야의 기초지식을 탄탄히 익히고 여러 분야에 노출이 되어 보는 것이다. 뇌인지과학과 학생들은 상대적으로 수학이나 공학분야를 접할 기회가 적을 것이라는 점을 감안할 때, 다른 과 수학 전공이나 컴퓨터 프로그래밍 수업을 들어보는 것은 추후 큰 도움이 될 것이다.

③ 복수전공을 하지 않고 타과의 전공 과목들을 2~3개 정도만 들어보는 것도 그 분야를 이해하는 데 도움이 된다고 할 수 있나요?

=> 학부과정에서 배운 내용들은 나중에 연구를 할 때 실질적으로는 하나도 쓰이지 않는다. 즉, 지식자체가 중요한 것이 아니라 태도를 변화시키는 것이 중요하다. 학부 과정에서 수학과목을 접하지 않으면 나중에 수학을 접하고 다뤄야 하는 상황이 생기면 겁이 나는데, 이는 연구를 하는데 있어서 지양해야 하는 태도이다.

또한, 각 분야의 최고의 강의들이 온라인을 통해 제공되고 있다. (ex. K-MOOC) 이를 활용하는 것도 공부에 큰 도움이 될 것이다.

④ 뇌공학이라는 학문은 대부분 대학원 과정에서 다루는 경우가 많습니다. 반면 카이스트 바이오 및 뇌공학과는 학부과정에서 뇌공학을 다루고 있는데, 카이스트처럼 학부과정에서 뇌공학을 공부하는 것에는 어떤 이점이 있는 지 알고 싶습니다.

=> 학문에 벽을 없애기 위해 학부 과정에서 전 분야를 두루 가르치는 것이 주된 목표 중 하나라고 할 수 있다. 우리 과 출신 학생(카이스트 바이오 및 뇌공학과)이 대학원에 오게 되면, 분야 불문 가장 중요한 쟁점에 대해 고민 해 보라고 할 수 있다. 하지만, 다른 학교나 학과에서 오는 학생들의 경우, 예를 들면 생명과학과에서 온 학생들에게는 생물과 관련된 주제에 대해서만 내줘야 한다. 즉, 연구 범위가 확연히 달라진다.

(4) KAIST 바이오 및 뇌공학과 이상완 교수님



일시: 2017.08.24(목)

장소: 카이스트 정문술 빌딩

인터뷰 내용

① 현재 연구실에서 뇌 기반 인공지능을 연구하고 계시는데, 뇌과학과 인공지능의 융합을 생각 하시게 된 계기에 대해 듣고 싶습니다.

=> 원래는 제어 쪽에 관심이 있었는데, 전통적인 제어 쪽 연구는 이미 수학적으로 많이 발전이 되어서 인공지능을 기반으로 한 좀더 스마트한 제어 기능에 관심을 가지게 되었다. 그러면서 대학원에서 인공지능을 자연스럽게 접하기 되었는데, 그 당시 다루던 시스템들이 모두 사람과 인터랙션 하는 것들, 예를 들면 장애인이 생활할 수 있는 스마트홈, 로봇 에이전트, 핸드 제스처로 움직이는 디바이스 등 명령에 따라 시나리오를 세우고 필요한 에이전트들이 다양한 역할을 대신해주는 것이었다. 이런 여러가지 인공지능 모델들을 디자인하는 데 사람의 행동 데이터가 필요한데, 같은 행동을 하더라도 다른 의도와 생각을 가지고 했을 수 있기 때문에 짧은 시간의 관측으로는 설명이 불가능 하다. 그래서 뇌의 작용으로 어떠한 행동이 발현된다는 것을 연구하는 것이 매우 중요하다는 것을 느끼게 되었고, 뇌 데이터에 관심을 가지게 되었다.

② 세계적 흐름 속에서 국내 인공지능 연구의 입지는 어느정도 인가요?

=> AI 연구는 국내에서도 많이 이루어지고 있다. 그러나 뇌 과학 기반 인공지능 연구, 뇌 데이터를 기반으로 강화학습 알고리즘을 만드는 연구는 아직 거의 없다. 외국에서도 UCLA, 프린스턴, 칼텍, 버클리, 토론토, 미스콘시와 유럽 몇몇에서만 연구되고 있다. 국내는 아예 없으며, AI와 뇌를 섞어서 연구하는 시도는 이제 막 시작 단계에 있다.

③ 진로를 인공지능 쪽으로 해 나가려면 학부생 때 어떤 노력을 하는 것이 중요하다고 생각 하시나요?

=> 뇌 과학 기초에 대한 공부를 충분히 하는 것이 가장 중요하다. 또한 인공지능은 학문이기 보다는 공학 수학을 기반으로 하여 공학적 필요를 만족시키는 응용학문이라고 생각한다. 따라서 인공지능에 대해 뭔가를 배우려고 하기보다는 응용수학의 기초 과목들인 확률통계, 선형대수와 같은 기초적인 지식들을 잘 공부해두는 것이 중요하다.

2) 와이브레인 이기원 대표님 (서면 인터뷰 진행)

① 와이브레인은 현재 우울증 환자 치료를 위한 기기를 개발하는 것으로 알고 있습니다. 이는 뇌과학과 공학의 융합으로 만들어진 결과라고 생각합니다. 그러나 현재 기업내에는 뇌과학과 공학 중 한 분야만을 전공하신 분들이 대다수 일 것이라고 생각되는데 일을 진행하는데 있어서 어려움은 없는지 궁금합니다.

=> 말씀대로 한 분야를 전공한 분들이 대다수이고 그래서 의사소통이 어려운 것이 사실입니다. 다만 누군가는 조금 더 전공의 벽을 넘어 소통하는 역량이 있고 이런 분들이 리더의 역할을 잘 해주고 계신 것 같습니다.

회사에서는 이런 어려움을 극복하기 위해

ㄱ) 의료기기 개발에 관련된 의사결정에서 많은 사람들의 의견을 종합하여 합리적인 의사 결정을 할 수 있는 체계를 구축하는 것이 중요한 과제 중의 하나이고, (GMP 등 의료기기 인증이 기본적으로 이런 절차에 대한 인증입니다)

ㄴ) 사람들에게 큰 도움이 되는 일이기 때문에 목표 지향적인 회사가 되려고 노력하고 있습니다.

(목표 지향적이라는건 예를 들면 어떤 기술을 개발하라고 특정 직원에게 업무가 주어진 상황에서도 '이 기술은 사람에게 적용하기는 위험하고 회사의 신뢰에 금이갈 수 있으니 중단하자'라고 누구나 절차를 넘어서 제안할 수 있고 결정에 참여할 수 있게 되는걸 말합니다.)

②저희 팀이 이번에 탐사를 준비하면서 알게 된 점 중 하나는 현재 뇌공학 분야에서는 주로 뇌과학 관련 지식을 제공해주는 전문가와 이를 활용하는 공학자가 각자의 일을 하고, 그 지식을 공유하는 방식으로 일이 진행되고 있는데, 와이브레인도 이러한 방식으로 운영되고 있는지 궁금합니다. 만약 다른 방식으로 진행된다면 설명 부탁드립니다.

=> 다른 방식으로 진행되는 것 같습니다. 뇌과학 분야의 전문가는 공학 분야의 어떤 기술을 활용할 수 있는지 아주 정확히 알지는 못하기 때문에 정확한 가이드라인을 줄 수 없다고 생각합니다. 공학자도 현재에 그리고 가까운 미래에 어떤 일들이 가능한지 뇌과학자에게 충분히 가이드라인을 주고 서로 학습함으로써 완전히 다른 길이 열리기도 합니다. 저희 회사는 기본적으로 생물학, 뇌과학, 소재, 전자, 컴퓨터공학, 외부 병원 의사선생님들이 협업하는 구조로 되어 있고 위에서 설명 드린 것과 같이 의사소통 절차를 만들어 서로 학습하고 합리적인 의사 결정을 하고자 노력합니다. 뇌 공학 분야가 기본적으로 복잡한 학문이므로 '상호의존성'이 있고 의료에 가까이 있기 때문에 더더욱 '상호의존성'과 '보수성'이 있습니다. 그래서 위에서 말씀드린 합리적인 의사결정 체계가 필요하고 매우 비효율적입니다. 그런데 아이러니하게도 빠르게 '목표 지향'을 하기 위해서 빠르게 판단을 하고 절차를 넘어서서 개입을 하는 것도 반드시 필요합니다. 이상하지만 반드시 공존해야 하는 성질들인데 기존 학교 체계에서 이런 게 존재하기는 어려울 것 같습니다.

학계에서 학술적인 이해관계만으로 비슷한 접근을 하는 경우 '분야 각각의 또는 참여자 개개인 모두의 학술적 진보'가 있어야만 협업이 진행된다고 봅니다. 그래서 새로운 것을 위한 새로운 것 때문에 약간은 산으로 가는 연구도 많이 보아왔습니다. 다만 제 생각엔 학교는 꼭 새

로운 것을 만들어낼 필요 없이 어떻게 만들 수 있는지 방법론을 가르치는 것이 역할이기도 하므로 긍정적인 면도 크다고 봅니다. 저희는 상용 기술 분야이므로 어떤 한 분야의 진보가 없거나 희생이 발생하는 경우에도 다른 보상 (예를 들면 의료분야의 공익성에 의한 동기부여 또는 급여 등 경제적인 보상)을 통해서 어느 정도는 실용적인 협력의 추진이 가능하다는 것이 약간은 다르지 않나 생각합니다.

③ 국내에서 뇌공학 관련 기업들의 미래 전망에 대해 어떻게 생각하시나요?

=> 머지 않은 미래에 의미 있는 시장이 형성될 것으로 기대되는 것이 긍정적입니다. 다만 냉정하게 보아 건강과 관련된 시장이므로 1위와 기타 기업의 격차는 클 것 같고 그때까지 중장기적으로 성과를 만들어낼 수 있는 소수의 기업들만 살아남을 것 같습니다. 한번 큰 시장이 만들어진 이후에는 오히려 기회가 많이 있을 것으로 생각됩니다.

④ 뇌공학 트랙을 기획할 때, 뇌공학 관련 기업에서 원하는 인재상을 참고하여 개설하고자 합니다. 현재 뇌공학 기업을 이끌어가는 분으로서, 앞으로 와이브레인에 어떤 지식과 소양을 갖춘 인재가 입사하였으면 좋을 것 같으신가요? (학부과정에서 꼭 들었으면 하는 수업이나 해보았으면 하는 활동이 있으신가요?)

=> KAIST 뇌공학 전공에서는 소재공학, 전자공학, 컴퓨터공학 등의 다양한 과목을 이수하게 한다고 합니다.

그런데 기업을 운영해보니 이 정도 수준보다는 더 높은 수준의 다학제적 사고가 필요한 분야라는 생각이 듭니다. 뇌공학은 뇌인지과학, 소재공학, 전자공학, 컴퓨터공학 학부 졸업 후 대학원 전문 과정으로 개설하거나 학부 수준에서는 복수전공에 준하는 수준을 권장하는 것이 좋을 것 같습니다.

⑤ 앞서 말씀해주신 내용을 바탕으로 학부과정에서 뇌공학을 어떻게 접근해야 하고 무엇을 중점적으로 학습해야 할지 조언해 주실 수 있으신가요?

=> 앞서 말씀드린 것을 조금 다르게 표현하자면 뇌'공학'을 위해서는 최소 1가지 기초 공학분야의 전문성이 필요하다는 생각입니다.

실용적 뇌공학을 위해 필요한 뇌인지과학, 소재공학, 전자공학, 컴퓨터공학 등의 학부 전공자를 대상으로 복수전공 프로그램 중심으로 운영하는 경우 졸업생들의 경쟁력이 매우 커질 것 같습니다.

3) 이화여자대학교 휴먼기계바이오공학부 이정록 교수님

선정이유:

이화여자대학교 휴먼기계바이오공학과는 학과 내에 트랙제도가 도입 되어있으며, 생명과학과 공학을 모두 다루는 학과라는 점에서 뇌 공학 트랙과 유사한 점이 많다. 따라서 휴먼기계바이오공학과 교수님과 인터뷰를 해본다면, 뇌 공학 트랙 도입과 관련한 다양한 조언을 얻을 수

있을 것이라 생각했다.



일시: 2018.05.02(수)

장소: 이화여자대학교 아산공학관

인터뷰 내용

① 휴먼기계바이오공학부는 학과내에 트랙제도가 도입되어 있는 거의 유일한 학과인데, 이러한 방식으로 커리큘럼을 형성하신 특별한 이유가 있으신가요?

=> 공학을 기반으로 의료분야, 기계(로봇)분야, 데이터 분야 등 개개인이 보다 관심있는 분야에 초점을 두어 학습할 수 있도록 하기 위해 각 트랙별로 서로 다른 커리큘럼을 이수하게 되는 방식을 선택하게 되었습니다.

② 뇌 공학 트랙을 이화여자대학교 내에 도입하면 학생들에게 도움이 될 것 같으신가요?

=> 뇌과학과 공학은 밀접한 관련이 있는 만큼 학생들이 두 분야 모두를 학습할 수 있다면 좋을 수밖에 없습니다. 하지만 두 분야 모두 양이 방대하기 때문에 학부과정에서 두 분야를 모두 공부하는 것은 힘들 수 있습니다. 이를 트랙제도를 통해 접하게 한다면 학생들이 다소 적은 부담으로 두 분야 모두를 공부해 볼 수 있는 기회를 가질 수 있다는 점에서 큰 의미가 있다고 생각합니다.

③ 뇌 공학 트랙 도입을 위해 미국 탐사를 기획하게 되었는데, 어떤 부분에 초점을 맞추어 탐사하는 것이 좋을까요?

=> 뇌 공학관련 학과가 있는 대학 및 대학원을 탐사하여 커리큘럼고 각종 프로그램들에 대해 보고 온다면 교내에 트랙을 도입할 때 도움이 될 것이라 생각합니다.

2. 해외 기관탐사

1) Stevens Hall for Neuroimaging(Laboratory of Neuro Imaging)

- 김호성 교수님

<기관소개>

이 연구실은 뇌질환에 대한 이해를 증진시키기 위하여 설립되었으며, 뇌의 신경망을 찾아 뇌의 기능과 구조의 종합적인 지도를 작성하는 것에 대한 과학적인 접근을 발전시키는 것이 하나의 목표이다. 세부적으로는, 알츠하이머 병, 정상적인 발달, 발달 장애, 광학적 내부 신호, 정신분열증 등 크게 4가지의 분야로 나누어 연구를 진행하고 있다. 본 팀은 이 연구실에 속한 여러 교수님들 중 한 분인 김호성 교수님의 연구분야에 주목하였다.

김호성 교수님의 연구분야는 machine learning, deep learning을 임상신경과학에 적용하거나, machine learning을 급성, 만성 뇌졸중 환자들에게 적용하여 질병의 진행을 예측하는 것, 뇌영상을 프로세스하고 통계적으로 분석하는 것, 신경 발달, 뇌영상 화질 조정이다. machine learning은 현재 가장 화제가 되는 인공지능 기술의 기반이라고도 할 수 있는 공학의 대표적인 혁신이라고 할 수 있다. 이러한 공학 기술을 통해 뇌과학적인 질병을 모니터링하고 더 나아가 예측에까지 이용하는 것은 뇌과학과 공학을 융합한 연구자의 가장 대표적인, 가장 적합한 사례라고 할 수 있다.

<활동내용>

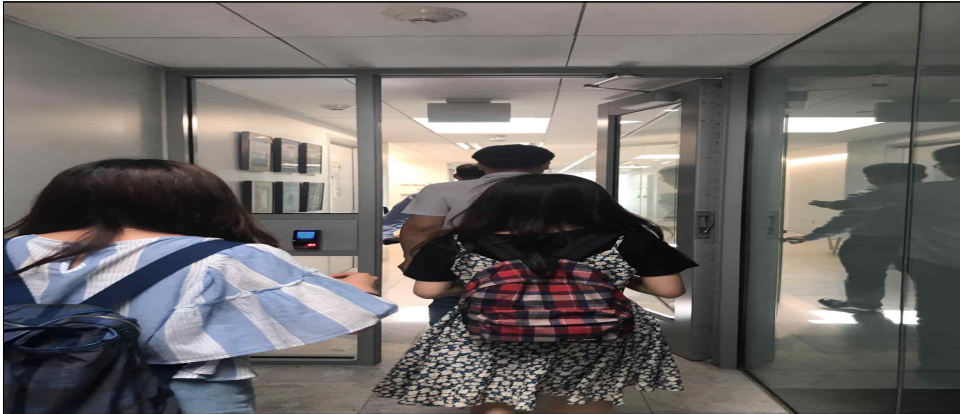
(1) 연구실 투어

① 연구실 소개

Stevens Hall for Neuroimaging은 하나의 건물 전체가 neuroscience 관련 연구를 진행하는 거대한 규모의 연구소로, 다양한 분야의 연구자들이 유기적으로 상호작용하며 연구를 진행하고 있다. 수많은 슈퍼컴퓨터를 보유하고 있으며 이를 관리하는 IT 전문가들도 항상 상주하고 있을 만큼 규모와 전문성에 있어서 미국을 대표하는 연구소라고 할 수 있다. LONI는 원래 이미지 데이터를 사용하여 뇌 구조와 기능 간의 관계를 이해하는 것을 목표로 대뇌 신진 대사를 연구 하기 위해 설립되었으며 작업은 3차원 재구성 및 시각화로 진행되었다고 한다. 이것은 살아있는 동물에서 발견되는 것과 같은 기하학적 구성에서 기능적 해부학 연구를 가능하게 해준다. 이러한 재구성이 더욱 정교 해지면 computational atlases에 대한 적용도 가능해진다고 말씀해주셨다. 표준화 된 3D 좌표계에서 상세한 해부학적 표현을 기반으로 하는 뇌의 지도 제작이 LONI가 현재 초점을 맞추고 있는 것으로, 이 연구소는 인간뿐만 아니라 modalities에 걸쳐 데이터를 비교하는 문제를 해결하며, human 데이터에 대한 work를 늘리고 있다고 한다. 작업은 해부학적 및 기능적 데이터 세트 뿐만 아니라 결과의 통신을 허용하는 정교한 시각화를 구성하는 geometry 통계적 조작에 중점을 둔다.

뇌 구조와 기능에 대한 연구는 뇌 모델을 생성, 분석, 시각화 및 상호 작용을 위해 다양한 도구가 필요하다. 이 연구소는 대형 슈퍼 컴퓨터 50개 이상, 100 테라 바이트 이상의 데이터 보관 시스템을 갖추고 있다. 또한 LONI Scientific Visualization Group은 최고 품질

의 비디오 및 오디오를 출력 할 수 있는 최첨 단 제작 스튜디오를 보유하고 있다. 습식 실험실에는 전산 신경 절개를 위한 최첨단 처리 장비와 기능적 이미징을 위한 광학 카메라 세트도 장착되어 있었다.



연구실을 견학하는 모습

② 다양한 background의 전문가들이 제작한 뇌 영상을 함께 보고 분석 할 수 있는 회의실



Axon 이미지를 관찰하는 모습

회의실의 모습

회의실에는 거대한 스크린이 있어서, mri로 찍은 데이터와 blood의 흐름을 직접적으로 찍을 수 있는 기법을 이용한 사진들을 실시간으로 보면서 회의를 진행할 수 있다. 실제 이미지에서는 색깔이 보이지 않고 명암의 차이만 나타나지만 연구소 내 프로그래머들과 visual imaging 관련 전문가들이 각 영역과 흐름을 색깔로 나타내고 있다.

③ “한 사람이 논문 전체를 쓸 수 있는 시대는 지났다.”

교수님께서서는 요즘은 좋은 논문을 쓰기 위해서는 다양한 전공을 가진 전문가들이 함께 협력하여 하나의 논문을 완성시켜야 한다고 말씀해주시며 교수님과 함께 연구를 하고 계신 교수님들을 소개해주셨다.

· Yonggang Shi 교수님

→ 저의 연구는 첨단 이미지 분석 알고리즘의 개발과 인간의 뇌 구조와 기능을 연구하는 데 초점을 맞추고 있습니다.

· Sarah W.Bottjer

→ 저의 연구 주제는 learning&memory와 systems neuroscience입니다. 특히, cortex와 basal ganglia를 횡단하는 신경회로에 의해 일어나는 다양한 형태의 procedural learning에 초점을 맞추고 있습니다.

· Jeannie Chen

→ 저의 연구는 regulatory steps in phototransduction과 defective signaling이 어떻게 간상세포와 원추세포의 죽음으로 이어지는지 연구합니다. 우리는 또한 간상세포와 원추세포로부터의 input 또는 lack 신호가 발달 및 질병 중 망막 회로에 어떻게 영향을 미치는지에 관심을 가지고 있습니다.

(2) 김호성 교수님과의 인터뷰

Q. 학부 때는 어떤 전공을 전공하셨나요?

A. 저는 기계공학과 출신이에요. 졸업하기직전까지도 이쪽 분야로 올지는 생각도 못했어요. 그때가 IMF시기여서 취업을 하기도 힘들었고 공부도 좀더 하고 싶었는데, 마침 의용생체공학과가 생기기 시작했어요. 그 때 biomedical을 처음 접하게 되었어요. 내가 하고 있는 기계적 방법론이 biomedical에도 사용될 수 있을까, programming을 통해 imaging 기술을 향상시킬 수 있을까라는 궁금증에서 이 분야를 선택하게 되었어요. 선배들이 학과 설명회 때 mri 영상을 3D로 변환하여 보여줬던것이 제 이목을 크게 끌었던거 같아요.

그때 당시 biomedical 분야는 매우 broad해서 심장쪽을 다루는 사람도 있었고, virtual reality 환경에서 환자들이 어떻게 극복하는지 연구하는 사람도 있었고, brain imaging을 다루는 팀도 있었어요. 저는 brain imaging을 선택한 후 연구에 흥미를 느끼고 박사과정을 neuroimaging으로 선택하여, 학부 시절 전공이었던 기계적 방법론을 적용해보기도 하고, brain자체에 대한 연구도 깊이있게 했던 것 같아요. 질병이 생기면 환자들이 많은 고생을 하는데, brain imaging을 통해 병을 빨리 진단 할 수 있도록 하는것이 굉장히 의미있고 보람있다고 느껴졌어요.

Q. 학부과정에서 기계공학 전공 후, 대학원에 가서 neuroscience를 처음 접하셨는데, 공부를 하는 데 어려움은 없으셨는지, 어떠한 방식으로 공부를 하셨는지 궁금합니다.

A. 제 지도교수님이 neurosurgery를 전공하신 분이셨어요. 그 분을 통해 많이 배웠어요. 그리고 석사 과정에 해부학 관련 수업들이 개설되어있어서 그걸 통해서 기본적인 베이스를 쌓을 수 있었던거 같아요. 그러나 혼자 공부하는 습관이 굉장히 중요한것 같아요. 혼자 공부하는 습관을 기르지 않으면 어느순간 한계에 부딪히는거 같아요. Article 하나를 읽는데도 시간이 너무 오래걸리게 되고.. 처음에는 수업을 들으며 기초를 다지는게 중요하지만 그 이후에는 스스로 생각해보고, 고민해보고, 논문도 많이 읽어보는 것이 중요해요. 사실상 그러한 방식을

배우고 몸에 익히는게 박사과정에서 가장 중요한 부분이라고 할 수 도 있는 것 같아요.
처음에는 article을 지도교수님이 골라주시고 어떤 연구를 해보자 라고 조언해주지만, 박사과정을 진행할수록 스스로 연구해보고 싶은 분야가 생기고, 다음에 무엇을 해야 할 지가 보이게 되요.

Q. 뇌 연구에 머신러닝과 딥러닝을 접목시키신 계기가 궁금합니다.

A. 저희 연구소에 소속된 대부분의 사람들은 brain mri를 다루고 있었어요. 나는 어떻게 저 사람들과 다른 방식으로 연구를 해볼 수 있을까라고 고민 하다가 제가 관심을 가지고 있던 딥러닝과 머신러닝을 접목해보기 시작했어요. 현재는 딥러닝을 더 많이 사용하고 있는데, brain mri를 어떤식으로 좀더 clinical 하게 분석할 수 있을지를 연구 하고 있어요. 또한 우리 학과 안에는 의사들도 상주하면서 의견을 나누는데, 딥러닝을 이용하여 분석한 데이터들이 진료에 큰 도움이 된다고 합니다.

Q. 저희 학과에는 교수님처럼 뇌과학과 공학을 융합 할 수 있는 연구를 하고 싶어하는 학생이 많습니다. 대학 졸업 후 교수님처럼 뇌과학과 공학을 아우르는 연구를 하기 위해서 학부과정에서 어떤 경험을 하는 것이 좋을지 궁금합니다.

A. 연구를 할 때 학부과정에서 배운 지식을 그대로 사용하는 경우는 드물어요. 그러나 학부과정때 공학만 배운 학생, 생물만 배운 학생, 둘을 모두 배운 학생들은 큰 차이가 있을 것이라고 생각해요. 저같은 경우에도 기계공학을 전공했기때문에 머신러닝과 딥러닝을 접하는데 부담이 없었고, 그랬기때문에 다룰 수 있는 연구분야도 넓어지고 다른 사람과 다른 방식으로 연구를 진행할 수 있었던 것 같아요. 뇌인지과학과 학생들은 학부과정에서 보통 생물학적 접근에 의한 수업들을 많이 듣게 되텐데, 이와 더불어 수학이나, 프로그래밍 수업, 통계학 수업들을 들어보든지, 스스로 찾아서 공부해보면 연구를 하든 다른 분야로 진출을 하든 큰 도움이 될 것이라고 생각해요.

Q. 뇌공학 트랙을 이화여자대학교 내에 도입하면 학생들에게 도움이 될 것 같으신가요?

A. 당연히 큰 도움이 될것이라고 생각합니다. 컴퓨터적 background를 가진 사람들은 mri를 분석하거나, 프로그래밍 할 수 있지만 영상이 무슨 의미를 가지는지는 알지 못합니다. Neuroscience background를 가진 사람들은 영상을 분석할 수 있고, 가설을 세우고 brain functional network, 병의 진단 등을 할 수 는 있지만, 스스로 프로그래밍을 하지 못하기 때문에 항상 프로그래머의 도움을 필요로 하게 됩니다. 뇌공학 트랙을 통해 학부과정에서 컴퓨터적 사고력을 길러 두고, 기본적인 컴퓨터 언어와 통계를 공부해 둔다면 논문을 쓸 때도 더욱 큰 영향력을 발휘할 수 있을 것이고, 진출 할 수 있는 분야의 폭도 훨씬 넓어 질 것이라 생각합니다.



인터뷰 후 김호성교수님과 사진촬영

<분석>

① 학부생들이 크게 오해하고 있는 점 중 하나는 학부과정때 배운 지식을 석사, 박사과정때 그대로 사용할 것이라는 것이다. 그러다 보니 컴퓨터 공학과 뇌과학을 정말로 접목 시킬 수 있을지에 대한 의문이 생기고, 뇌공학, 인공지능이 멀게만 느껴지는 것이다. 학부때 배운 지식으로 곧바로 실용적인 뇌공학 연구, 인공지능 연구를 할 수 있는 것은 아니다. 그러나 다양한 학문에 대한 기반을 튼튼히 해놓는 것은 이후 어떠한 연구를 할 때도 두려움 없이 직면할 수 있는 힘을 길러 준다. 따라서 뇌인지과학과 학생들이 생물학적 기반 뇌과학과 더불어 기본적인 수학, 물리학, 화학적 지식을 익히는 것은 이후 더 폭넓은 연구를 하는데 있어서 큰 도움이 될 것이라 생각된다.

② 다른 사람이 쓴 논문을 읽는 것이 무슨 도움이 될까 라는 의문을 가져본 학생들이 분명 많이 있을 것이다. 본 팀원 또한 이런 의문을 가졌기 때문에 어떠한 방식으로 논문을 읽고 어떠한 태도로 논문을 읽어야 할 지 많은 어려움을 겪었다. 김호성 교수님과의 인터뷰, 대학원생과의 대화를 통해 많은 논문을 읽어보는 것은 현재 뇌공학의 연구동향에 대해 이해하는데도 큰 힘이 될 뿐만 아니라 어떠한 method를 사용하는것이 유용한지, 어떠한 통계적 형태로 결과를 산출 하는 것이 더 사람들의 이목을 끌고 이해도를 높일 수 있을 지에 대해 이해하는 데 큰 도움이 된다는 것을 알 수 있었다. 또한, 주어진 수업만 듣는 것을 넘어서 학부생 때부터 논문 읽는 것을 습관화하고, 어려운 article을 읽어보는 연습을 하는 것은 스스로 학습하는 힘을 길러주며 이후 어렵고 새로운 지식을 직면했을 때 이에 대처할 수 있는 힘을 길러주는 가장 좋은 훈련방법이라고 할 수 있다. 뇌공학 트랙에 뇌공학 관련 논문을 읽고 이에 대해 분석 및 발표 할 수 있는 기회를 제공하는 것은 학생들에게 큰 도움이 될 것이라 생각된다.

2) obEN

방문일시: 2018년 6월 28일, 1:30 PM

담당자: Lisa Wang, Jeff Hare, Shawn Gong, Dustin

위치:

<기업소개>

‘obEN’은 로스앤젤레스 패서디나에 위치한 personal AI를 제작하는 스타트업 기업이다. 세부적으로는 유명인 등의 소비자를 대상으로 가상현실 환경에서의 아바타를 제공하는 기업이다. 사진 한 장과 음성 녹음으로 디지털 세계에서 ‘나’를 입체적으로 재현하여 성격을 부여한다. 이 ‘Customized Virtual Identity’는 노래, 대화, 소셜 활동 참여 등의 다양한 동작을 수행할 수 있으며, 사용될 때마다 ‘obEN’ 네트워크에 끊임없이 추가되는 최신 정보를 재학습하여 다양한 시청각적, 언어적 자극에 적응한다.

‘obEN’은 이러한 ‘personal AI’를 이용한 어플을 출시할 예정이다. 이미 국내의 최대 엔터테인먼트 회사인 SM 엔터테인먼트와 계약을 맺었다고 한다. SM엔터테인먼트의 소속 가수의 personal AI를 제작하여 가수의 팬들에게 제공할 예정이라고 한다. 이미 중국, 한국, 일본에 마케팅을 시작하였다. 방문하여 보니 직원들 대부분이 중국, 일본계 미국인들로 이루어지고 아시아 문화에 대한 이해를 높이려는 시도를 볼 수 있었다.

<활동내용>

‘obEN’은 ‘idealab’이라는 사무공간에 자리잡고 있었다. ‘idealab’은 ‘business incubator’라고 말할 수 있다. 여러 IT관련 스타트업 기업뿐만 아니라 중견기업 등 여러 기업들이 입주하여 있다. ‘idealab’에서는 다양한 아이디어를 가진 여러 기업들에게 그 아이디어를 발전시키고 이익을 창출 시키기 위한 공간을 제공한다. idealab의 가장 큰 장점이자 특징은 입주한 기업들의 모든 행정적인 부분, 예컨대 회계, 재무관리, 사무기기 구입 등의 부분을 idealab에서 지원해 주고 있다는 점이었다. 따라서 입주한 기업들은 자신들이 가지고 있는 아이디어를 개발하는 데에만 집중하면 된다는 Dustin 씨의 설명이 있었다. 실제로 방문하여 보니 흥미로운 공간 구조를 이루고 있었다. 우선 각자의 공간이 있지만 벽이 없어 직원들 간의 의견 교환이 더 원활하게 이루어지고 있었다. 실제로 한 프로그래머 분께서는 프로그래머간의 물리적인 벽이 없어지니 심리적으로도 의견교환에 더 부담이 없어진다는 의견을 주셨다. 또한, 여러 기업이 입주해 있었는데 각 기업의 공간이 명확하게 구분되어 있지 않다는 것도 하나의 특징으로 꼽을 수 있겠다. obEN에서 근무하고 있는 Dustin씨는 기업간의 벽이 없기 때문에 기업간에 의견 교환도 자유롭게 이루어질 수 있고 서로 도움을 줄 때가 많다고 소개해주셨다. 또한 결국 이러한 idealab에 모인 기업들의 공통점은 모두 사람들의 삶을 어떻게 하면 더 편리하게 만들어 줄 수 있을까라는 문제에 대해 고민하고 답을 내려는 것이라는 설명도 덧붙여 주셨다.

obEN은 다섯 개의 팀으로 이루어져 있었다. 첫 번째로 speech 팀이다. Speech 팀은 personal AI의 말하는 기능을 프로그래밍 하는 부서이다. personal AI는 사용자의 목소리를 기반으로 하여 다양한 언어를 말할 수도 있고, 그 언어로 노래도 할 수 있다. 그러한 기능들을 설계하는 부서이다. 두 번째로 Computer Vision 팀이다. personal AI는 사용자가 자신

을 찍은 사진 몇 장이면 만들어진다. 이렇게 간단한 절차가 가능하게끔 지원하는 팀이라고 할 수 있다. 세 번째로 Art 팀은 어플리케이션 UI의 디자인을 관리하는 팀이다. 네 번째로 Marketing팀은 만들어진 어플리케이션의 홍보를 통하여 경제적인 이익을 창출할 수 있도록 지원하는 부서이다. 다섯 번째로 Product팀은 personal AI와 같은 새롭고 창의적인 아이디어를 개발하고 발전시키는 부서라고 할 수 있다. 다수의 프로그래머들이 이 부서에 속한다.

본 팀은 6월 28일 obEN에 방문하여 Marketing Manager인 Lisa Wang 씨를 비롯하여 인턴으로 근무하고 있는 Dustin, 그리고 obEN의 Product Manager이자 엔지니어로 근무하고 있는 Jeff와 Shawn씨를 만나 인터뷰를 하였다. 또한 obEN이 출시를 앞두고 있는 새로운 어플리케이션 PAIO를 체험하여 보고, obEN이 개발한 personal avatar를 어떻게 제작하는지 직접 체험해 볼 수 있었다.

먼저 Lisa Wang씨는 obEN이 무엇을 하는 기업인지, 어떤 기술을 기반으로 성장하였는지 소개를 해주었다. 현대인과 데이터는 불가분의 관계이다. 모든 활동을 할 때마다 우리는 인터넷이라는 가상세계의 엄청난 양의 정보를 남긴다. obEN의 아바타는 이러한 막대한 양의 정보를 기반으로 탄생한다. Lisa씨가 보여준 아바타는 사용자의 몇 마디의 어절을 말하는 극소량의 정보만으로도 사용자가 직접 노래를 부르는 아바타를 만들어 낼 수 있다. personal AI의 강점은 모든 언어에 대해서 작동한다는 것이다. 중국어,일본어, 한국어 등 어떤 언어를 말해도 그 사람의 목소리 데이터를 잡아 낼 수 있다. 그렇게 탄생한 personal AI는 사용자처럼 말하고, 행동하고, 사용자보다 더 많은 언어로 말할 수 있다. 이러한 personal AI와 건강 관련 데이터를 공유할 수도 있고, 쇼핑관련 데이터를 공유할 수도 있다. 결론적으로, 사용자가 직접해야 할 일을 personal AI가 대신 할 수 있는 것이다. Lisa씨가 실제로 보여준 예시를 들자면, obEN의 CEO인 Nikil씨는 투자자들과의 미팅이 너무나 많고, 세계 여러 곳에 투자자가 있기 때문에 시차로 인하여 일정을 잡기 어렵다고 한다. 그래서 personal AI를 제작하여 본인 대신 회의에 내보내서 업무를 처리하게 한다고 한다.

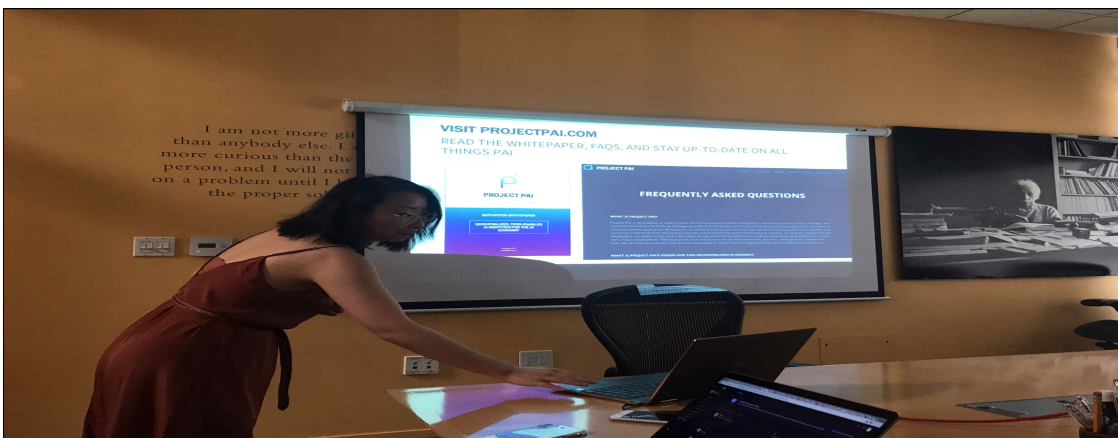
여기서 주목할 만한 점은 이렇게 회의를 대신 참가시킬 만한 정도로 obEN의 기술력이 뛰어나다는 것이다. personal AI는 단순히 얼굴과 같은 외형이 아니라 목소리, 대화 등 다양한 기능을 수행한다. 이러한 것들을 가능하게 하는 것은 Machine learning, 자연어 처리 과정 등 AI기술을 기반으로 한다. 이렇게 다양한 전문기술이 공존할 수 있는 이유는 obEN의 직원의 70프로가 박사, 석사, 과학자로 이루어져 있기 때문이다. 학부 과정 졸업생이 대부분인 다른 기업들과는 달리 obEN은 전문적인 지식을 갖춘 연구자들의 비율이 절반을 훌쩍 넘는다. Lisa씨는 오벤의 이런 기술을 가능케 하기 위해서는 R&D가 굉장히 중요하기 때문에 석박사와 같이 전문적인 지식을 갖춘 사람을 선호한다고 말씀하셨다.

Lisa씨의 전반적인 소개 다음으로는 3D 아바타를 만드는 과정을 체험할 수 있었다. 보안 상 사진촬영은 할 수 없었다. 3D 아바타를 만드는 과정은 단계적으로 이루어졌다. 먼저 빛이 차단된 방에 들어가면 정면과 측면에 카메라가 배열되어 있다. 정면과 측면에 카메라를 통해 얼굴 전체의 모습을 스캔한 다음, 기쁜 표정, 화난 표정, 우울한 표정, 입을 좌우로 당기는 표정 등 다양한 표정을 짓게 한 뒤 사진을 촬영한다. 이러한 사진 데이터를 바탕으로 각각의 축에 대입하여 3D 아바타가 탄생하게 된다. 이렇게 만들어진 아바타는 실제와 매우 유사했다. 정면 뿐만 아니라 측면 촬영데이터까지 합쳐진 데이터라서 매우 세밀하게 표현되었다.



[그림] obEN에서 제작한 3D아바타

3D 아바타 제작 과정을 체험한 후에는 Product Manager인 Jeff씨와 Shawn씨와 함께 새로 출시될 예정인 어플리케이션인 PAIYO를 체험 할 수 있었다. 전 단계에서 체험한 3D 아바타 제작과는 달리 PAIYO는 간단하게 자기 자신을 찍은 사진 한 장이면 완성이 되었다. 완성된 아바타에 원하는 옷을 입혀 볼 수 있어 쇼핑 관련 활동에 유용해 보였고, 증강 현실로 아바타를 다룰 수도 있었다. 또한 간단한 문장 하나를 읽으면 거기에 실린 목소리의 데이터를 이용해서 노래에 맞출 수도 있었다. 그리고 그 노래에 맞추어 아바타가 춤을 추는 모습도 볼 수 있었다. 이러한 아바타의 모습을 동영상으로 저장하여 친구들과 공유할 수 있는 기능도 갖추고 있었다. Jeff와 Shawn씨는 Product Manager이자 공학을 전공한 엔지니어로 어플리케이션의 보완해야 할 점이나 소비자의 요구를 파악하여 엔지니어 팀과 함께 어플리케이션의 그것을 반영하는 역할을 하고 있다고 한다.



[그림] Lisa Wang 씨가 설명하는 모습 [그림] Lisa Wang 씨가 설명하는 모습



[그림] 출시될 예정인 PAIYO에 관한 설명



[그림] PAIYO의 아바타를 증강현실에 적용한 모습

<분석>

본 팀은 obEN과의 인터뷰 후 원래 목표했던대로 뇌공학에 대한 이해를 한 층더 높일 수 있었다. obEN은 Machine Learning, 자연어 처리 기술 등 뇌과학과 밀접한 관계를 맺고 있는 컴퓨터 과학 기술을 기반으로 아이디어를 발전 시켜왔다. 본 팀은 이러한 기술을 기반으로 개발된 어플리케이션과 obEN의 독자적인 기술을 체험함으로써 뇌공학의 현주소와 어떤 기술이 어떻게 응용되는지 파악할 수 있었다. 뇌가 정보를 처리하는 방식을 닮아있는 Machine Learning은 끊임 없이 갱신되는 사용자의 얼굴, 목소리 데이터를 처리하는 데에 응용되고 있었다. 이렇게 개발된 아바타는 사용자를 대신하여 여러 가지 일을 처리하여 사람들

에게 편리함을 제공해준다.

또한, 직원의 70프로 이상이 박사과정, 석사과정 이수자, 과학자로 이루어질 정도로 R&D를 중시하고 있는 오벤에서 깨달은 것은 탄탄한 전문지식의 중요성이다. 그러나 전문지식을 쌓기 위해서는 학부에서 기본적인 지식을 완벽히 쌓는 것이 중요하다. 본 팀은 이를 바탕으로 학부 과정에서 뇌공학 트랙의 필요성을 한 번 더 실감하게 되었다. 뇌공학 트랙을 통해 학생들이 학부과정부터 기본지식을 쌓을 수 있다면 대학원 과정에서 obEN과 같은 세계적인 기업이 요구하는 수준의 전문지식을 쌓는 데에 훨씬 수월할 것이고, 그렇게 된다면 이화의 학생들이 뇌공학 분야에서 다른 학생들보다 더 먼저, 우수한 실력으로 활약할 것으로 기대된다.

obEM에서는 학생들이 공학 전공에 대한 관심이 있고 그에 대한 전문지식이나 학위가 있는 것을 선호한다고 하였고, 학부 과정에서 뿐만 아니라 대학원 과정까지 공학에 대한 기초지식 뿐만 아니라 뇌과학에 대한 지식까지 갖춘 학생이라면 어떤 기업에서든 선호할 것이라고 생각한다고 하였다. 따라서 이화여자대학교에서 뇌공학 트랙을 개설하여 공학 기초 과목과 더불어 뇌과학의 기초가 되는 일반생물학, 신경생물학 등을 학생들에게 함께 수강하도록 한다면 뇌공학 분야로 진출하였을 때에 경쟁력을 갖춘 인재가 탄생할 수 있다고 생각한다.



[그림] obEN 관계자들과 함께 찍은 사진

3) University of Southern California(USC)

<기관소개>

USC Neuroscience Graduate Program은 대학원 과정이긴 하지만 학부생들을 위한 연구 프로그램도 운영하고 있다. 2017년도에 설립되어, 9-10주간 학부생들이 연구실에서 연구를 할 수 있는 프로그램이다. 신경과학은 본래 여러학문이 융합된 학문이기 때문에 학부생 연구프로그램도 전공에 상관없이 다양한 전공의 학생들을 모집하고 있다. 학부생들은 이러한 프로그램을 통해 자신들의 관심분야를 더 깊이 탐구할 수 있고, 교수진과 대학원생과 더 좋은 네트워크를 형성할 수 있게 된다. 연구실 역시 다양한 분야를 연구하고 있는데, 본 팀이 탐사한 연구분야는 computational neuroscience and neural engineering이었다.

이러한 대학원 과정뿐만이 아니라 학부과정에서도 Computational Neuroscience 학사과정을 제공하고 있다. 신경계의 구조와 기능을 이해하는데에 수학적, 컴퓨터과학적인 방법을 적용하는 것에 관심이 있는 학생들은 이러한 학사과정을 통해 뇌공학을 접할 수 있다.

<활동내용>

(1) USC Neuroscience Graduate Program

① Undergraduate Program 커리큘럼

우선 USC Undergraduate Program은 기초물리, 화학, 생물, 통계, 심리학등 다 방면의 과목을 전공기초로 지정하여 융합을 위한 기반을 다지도록 했다. 전공기초뿐만 아니라 computational과 관련된 C프로그래밍, 시스템 디자인 프로그래밍, 자바프로그래밍, 파이썬, 매트랩 등 실제 자연과학 연구에서 꼭필요한, 실질적으로 유용한 컴퓨터 관련 기초지식을 습득할 수 있는 강의를 수강할 수 있도록 하였다.

그 다음 과정으로 이러한 기초지식을 응용할 수 있는 Biomedical Computer Simulation Methods, Introduction to Artificial Intelligence, Introduction to Robotics 등 고급응용과목을 통해 배웠던 지식을 활용할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 본 팀은 뇌인지과학과의 학생들도 이렇게 기초과학부터 고급응용과목까지 차근차근 이수 할 수 있다면 실제로 졸업 후에 학생들에게 도움이 될 것이라는 생각을 하였다.

② Graduate Program 연구 목표와 분야

Graduate Program의 경우 학부과정과는 달리 연구에 초점을 맞추는 프로그램이다. 이 곳에 소속된 학자들은 생명과학적인 데이터 중에서도 가장 중요한 뇌의 감각, 운동, 인지 기능에 대해 설명할 수 있는 컴퓨터기반의, 수학적 모델을 만드는 것을 목표로 하고 있다. 이러한 모델링은 신경과학연구의 많은 부분을 포함한다. 예를 들어, 생리학적으로 정교한 이온채널의 모델, 시냅스 전달, 가지돌기 통합, 시각 자극의 단계별 모델, 감각-운동 조정, 기억, 언어, 심지어 파킨슨 병의 모델링까지 가능하다.

또한 USC Graduate Program의 주 연구 분야가 뇌공학 기술의 꽃이라고 할 수 있는 Brain Computer Interface이며, 뇌가 문제해결하는 능력을 모방하여 어려운 기술적 문제를 푸는 것을 돕는 연구를 한다는 것이었다. 최근 USC의 뇌공학자들이 뇌의 신경 조직과 전자회로간의 소통할 수 있는 인터페이스를 개발 한 것으로 혁신적인 성과를 내기도 했다. 이러

한 기술을 통해 신경망을 닮은 모델링을 할 수 있게 되었고, 이는 신경과학 연구에 있어서 필수인 데이터베이스의 설계, 시각화, 시뮬레이션을 가능케하는 혁신적인 기술이라고 여겨진다. 본 팀은 이렇게 컴퓨터공학적 방법을 뇌과학에 접목시킨 것이야말로 뇌공학의 가장 바람직한, 대표적인 예시라고 생각했다.



감진규 박사님과 인터뷰 후 찍은 사진

(2) Computational Neuroscience 학사과정

USC Neuroscience 학부의 경우 입학 후 학생들이 공통된 전공 필수 과목을 이수한 후, 3개의 분야(Neuroscience, Computational Neuroscience, Arts in Neuroscience) 중 세부 전공을 선택하여 특정 분야에 대한 전문성을 높이고자 한다. 세 분야 중 본팀은 뇌과학과 관련이 깊은 Computational Neuroscience 전공에 대해 탐사하였다.

Computational neuroscience 전공은 수학적·컴퓨터적 방법론을 기반으로 신경계의 구조와 기능을 이해하는 것과 졸업 후 학부생들이 neuroscience를 여러 학문 분야와 관련지어 연구할 수 있도록 보다 진보적이고 체계적인 커리큘럼을 제공한다.

① 전공 필수 과목

- General Biology: Cell Biology and Physiology, or Advanced General Biology
- Neurobiology
- General Chemistry for the Environment and Life, or General Chemistry
- Calculus
- Physics for the Life Sciences, or Fundamentals
- Introduction to Psychology

- Statistics
- Systems Neuroscience
- Introduction to Cognitive Neuroscience

→ computational neuroscience 과정은 neuroscience의 다학제간 연구를 목표로 하는 만큼 학생들이 생물학, 물리학, 화학, 통계학, 미분적분학, 심리학, 인지과학의 기초에 대해 전반적으로 학습하도록 이수체계를 갖추고 있다. 학부 졸업생 다수는 이러한 이수체계가 연구 분야의 폭과 진출분야의 다양성을 넓히는데 큰 도움이 되었다고 평가했으며, neuroscience를 다양한 방향에서 이해할 수 있는 토대를 마련해 주었다고 한다.

② Computational area

- Introduction to C Programming
- Introduction to Java Programming
- Introduction to Python
- Introduction to MATLAB

→ introductory courses에서는 C언어, 자바, 파이썬 중 최소 하나의 컴퓨터 언어를 익히고, 함수나 데이터를 그림으로 그리는 기능 및 프로그래밍을 통한 알고리즘 구현의 기본이 되는 MATLAB을 이수한다.

- Biomedical Computer Simulation Methods

: 생물학 지식을 바탕으로 한 모델링 및 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 생물학 시스템의 동적 특성을 이해하고 시스템생물학의 새로운 패러다임을 제시한다.

- Control and Communication in the Nervous System

: 의사소통, 언어/말과 관련된 뇌의 해부학적 구조와 생리학적 작용에 대해 학습한다.

- Introduction to Artificial Intelligence

: 인공지능의 핵심기술에 대한 내용들을 살펴보는 수업으로, 우선 지능의 요소들을 살펴보고 그것들이 기계에 구현되기 위해 필요한 소프트웨어 기법을 배운다. 아울러, 지능형시스템을 개발해보는 프로젝트를 수행한다.

- Introduction to Robotics

- Neural Network Models of Social and Cognitive Processes

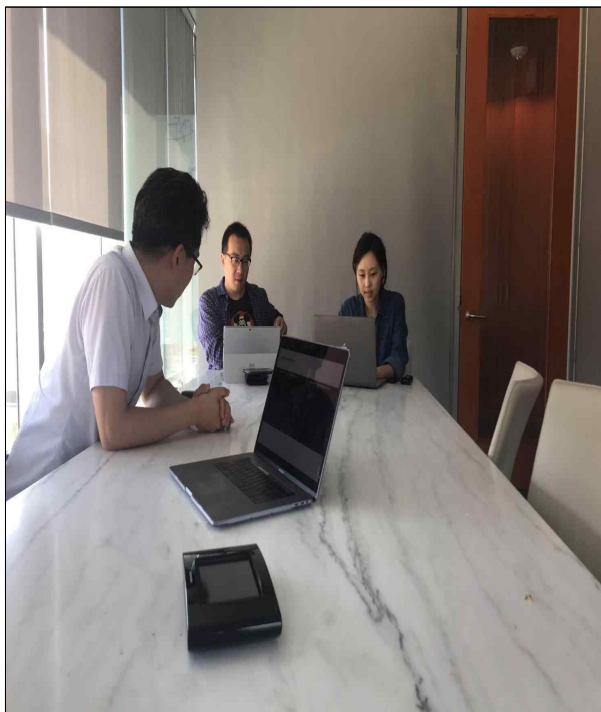
: 인간의 인지사고과정을 바탕으로 기계나 로봇, 제품, 서비스 등을 설계하고 디자인하는 과정을 가르치는 과목으로 인간의 인식, 학습, 기억, 감정, 의사결정 등의 사고과정을 학습한 후, 이를 바탕으로 한 설계 과정을 학습한다.

(3) 대학원생 랩미팅 청강

첫째날 탐사를 담당해 주신 김호성 교수님께서서는 본 팀원 모두가 대학원 진학에 관심을 가지고 있다는 것을 알게 되신 후 교수님께서 지도하시는 대학원생들과의 랩미팅을 청강할 수 있는 기회를 주셨다. 평소 대학원생들이 연구에 어떻게 참여하는지, 뇌과학 연구에 딥러닝과 머신러닝을 어떻게 활용하는지, 통계적 분석은 어떻게 하는지, 기존의 논문은 어떻게 참고해야 하는지에 대한 궁금증이 있었는데, 이번 탐사를 통해 이를 직접 보고 배울 수 있었다.

현재 교수님과 교수님의 지도학생들이 연구하고 있는 큰 분야는 baby brain으로 baby brain의 발달과정과 태아시절 brain에 문제가 생긴 경우에 mri 상에서 병변이 보일 경우 그 병변을 딥러닝과 머신러닝을 통해 찾는 것을 목표로 하고 있다. 교수님께서 딥러닝과 머신러닝을 연구에 활용하는 방식에 대해 설명해 주셨다. 단순히 mri를 이용해서는 병변을 찾을 수 없고 수많은 값들을 새로운 space에 mapping하여 값들의 분포를 통해 건강한 tissue와 병변이 있는 tissue를 나눌 수 있게 되는데, 이를 위해 딥러닝과 머신러닝이 필요하다. Training data를 넣으면서 어떤 데이터는 건강하고 어떤 데이터는 병변이 있다고 알려주면서 three layer method를 사용하면 future space에 분포를 나타낼 수 있게 된다.

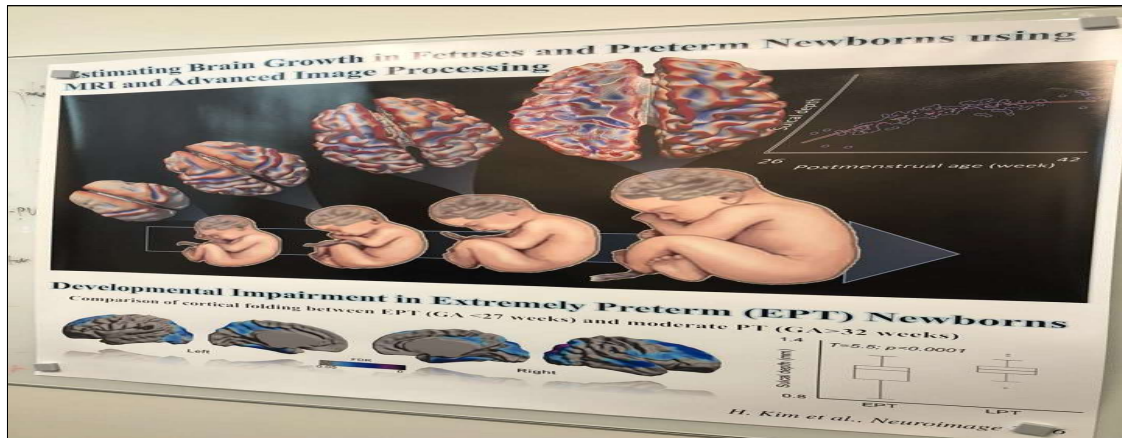
딥러닝과 머신러닝의 차이점을 간단하게 설명해 주자면, 머신러닝의 경우 주어진 소재를 인간이 먼저 처리한다. Training data를 컴퓨터가 인식할 수 있는 형태로 처리 과정을 거친다. 그 후 컴퓨터가 데이터에 포함된 특정한 성질을 분석하는 과정을 거친다. 이러한 방식으로 축적한 데이터를 바탕으로 이미지의 특징을 종합해 원하는 결과를 이끌어 내는 것이 머신러닝이다. 반면 딥러닝의 경우 인간이 training data를 처리하는 과정이 생략된다. Original 데이터를 그대로 주고 딥러닝 알고리즘이 CNN을 이용하여 스스로 분석후 원하는 결과를 이끌어 낸다.



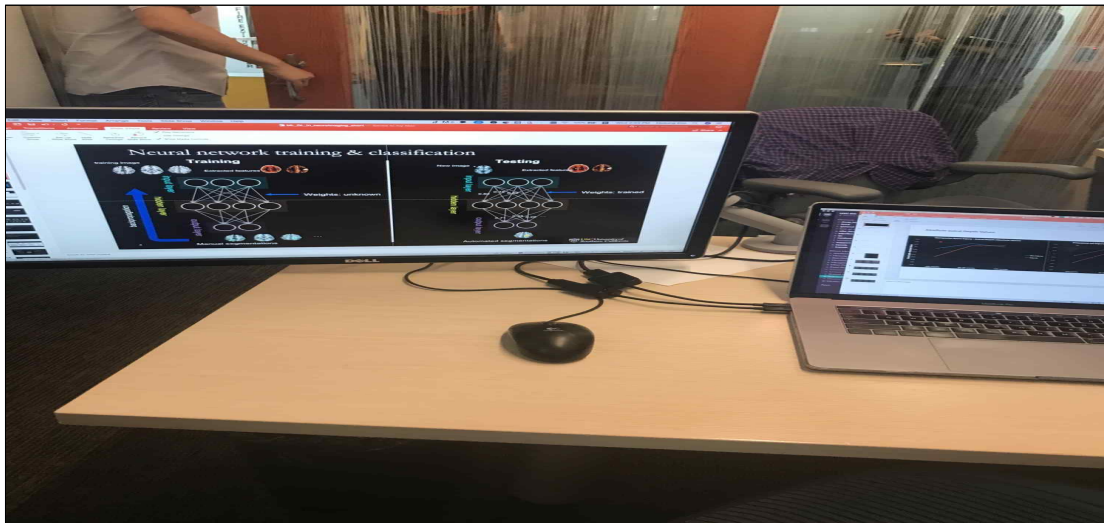
김호성 교수님과 대학원생들의 랩미팅 모습



대학원생 랩미팅을 청강하는 모습



연구주제인 baby brain의 발달 과정



머신러닝과 딥러닝을 이용한 연구 과정

<분석>

① USC Neuroscience 학부의 경우 모든 학생들이 전공기초로 일반 생물학, 일반 물리학, 일반 화학, 미분적분학, 통계학, 심리학, 인지과학을 이수하도록 하고 있다. 그 이유는, 신경과학은 본래 여러학문이 융합된 학문이기 때문에 뇌 영역만을 공부하는 것은 부적합하다고 생각하기 때문이라고 한다. 따라서, 학생들이 수학 과학 기초에 대해 전반적으로 이해하고 공부할 수 있도록 독려할 필요가 반드시 필요하다고 생각한다.

② USC에서 제공하는 Graduate Program은 연구에 초점을 맞춘 프로그램인데, 뇌의 감각, 운동, 인지 기능에 대해 설명할 수 있는 컴퓨터기반의, 수학적 모델을 만드는 것을 목표로 하고 있다. 이는 뇌과학적 연구에도 컴퓨터적, 수학적 방식들이 유용하게 사용되며, 많은 연구소에서 초점을 맞추는 연구분야이기도 하다. 따라서 뇌공학 트랙을 통해 학생들이 프로그래밍과 기초적인 수학적지식을 배울 수 있는 기반을 마련하는 것은 이후 대학원 진학에 큰 도움이 될

것으로 전망된다.

③ 국내에서는 학부생들이 뇌공학을 배우는데는 어려움이 있다는 편견이 존재한다. 그런 미국의 유명 대학들은 학부과정에서 이미 뇌공학을 배우고 있으며 neuroscience학과에서도 컴퓨터와 통계를 필수적으로 배우도록 하고 있다. 뇌공학 트랙을 통해 c언어, 자바, 파이썬 중 적어도 하나의 프로그래밍 언어를 익히게 하고, 통계적 기초를 쌓아 머신러닝, 딥러닝에 대해 학생들이 접할 수 있게 하는 것과 인공지능 수업과 Neural Network Models of Social and Cognitive Processes 수업을 통해 학생들이 인간의 인지사고과정을 바탕으로 기계나 로봇을 설계하는 과정을 배울 수 있도록 한다면, 학생들이 뇌공학을 이해하고 진로선택을 하는데 있어서 큰 도움이 될 것 같다.

4) SIEMENS

방문 일시: 2018년 7월 3일 (화)

담당자: Jin Jin

<기관 소개>

SIEMENS는 독일 베를린과 뮌헨에 본사를 둔 세계적인 전기전자기업 지멘스는 발전, 송/변전, 스마트 그리드 솔루션, 전력 에너지의 효율적인 어플리케이션에 이르기까지 전력화 가치 체인 전반과 더불어 메디칼 영상과 임상 진단 분야의 글로벌 선도기업이다. 전 세계 200여 국가에서 372,000여 명의 직원이 근무하는 지멘스는 전력화, 자동화, 디지털화 영역에 핵심 역량을 집중하고 있다. 에너지 효율을 높이고 자원을 아끼는 친환경 기술의 선도주자인 SIEMENS는 해상 풍력 터빈 분야에서 전 세계 1위이며, 복합화력발전 터빈 분야에서 시장을 선도하고 있다.

또한 발전소에서 발생된 전력을 공장이나 일반 가정 등에 수송하는 송전을 비롯해 도시 인프라, 자동화 및 산업용 소프트웨어 영역에서도 시장을 선도하고 있다. 컴퓨터 단층촬영, 자기공명영상시스템과 같은 의료 영상 기기, 연구실용 진단 장비, 클리닉 IT 분야에서도 업계 리더이다. SIEMENS는 독일, 미국 뿐만 아니라 한국에도 진출하였다. 1950년대 한국에 진출한 SIEMENS는 선진 기술과 글로벌 경험을 바탕으로 한국 기업과의 상생을 위한 다양한 사업 협력과 적극적인 투자, 개발 활동에 앞장서고 있으며 지난 수 년간 두 자릿수 이상의 성장세를 지속적으로 기록하는 등 괄목할 만한 성과를 보이고 있다. 아울러 SIEMENS는 우수한 인재 양성을 위해 한국 내 여러 대학들과 다양한 산학협력 관계를 맺고 있다.

<활동 내용>

본 팀은 SIEMENS 미국 지사에 소속되어 있는 MRI 엔지니어 Jin Jin씨를 만나 Neuroimaging 데이터 처리에 대한 이야기를 나누었다. Jin Jin씨는 현재 미국 내 한 Neuroimaging 연구소에서 뇌영상 데이터의 해상도를 높이거나 뇌영상 분석에 필요한 틀을 제작하는 등 전반적인 영상처리 및 관리 기술을 지원하고 있다. Jin Jin씨는 SIEMENS의 기술 중 가장 혁신적인 기술이라고 할 수 있는 MAGNETOM Skyra의 원리와 어떻게 활용되고 있는지에 대해 소개해 주셨다.

MRI의 원리를 알기에 앞서 MRI 시스템을 이루는 대표적인 구성요소를 소개해주셨다. 먼저 MRI기기의 제일 바깥쪽에 배열되어 있는 자석이다. 우리가 흔히 아는 자석과는 달리 MRI에 사용되는 자석은 특별한 자석이다. MRI에 사용되는 자석은 매우 낮은 온도에서 초전도(저항이 0) 성질을 띤다. 초전도체로 된 폐회로에 한 번 전류를 흘려주면 저항에 의한 손실이 발생하지 않기 때문에 전원이 끊어진 후에도 계속 전류가 일정하게 흘러 안정된 자장을 형성하게 된다. MRI기기의 제일 바깥 쪽에 위치한 자석 밑에 위치한 것이 Gradient coil이다. 이미지를 만들기 위해서는 gradient 코일의 특성 중에 선형적인 특성이 있어야 하는데 이는 두 코일에 반대방향으로 전류를 흘려 줌으로서 사인파에서 선형적인 영역을 만들어 낼 수 있다. 이러한 선형적인 영역은 X,Y,Z 축 세 개로 나누어져 각기 다른 신호를 측정하고 다시 합쳐져 하나의 Voxel을 이루게 된다. Gradient coil의 안쪽에 있는 것이 RF coil이다. RF coil은 RF pulse를 받기도 하고 RF pulse를 내보내기도 한다. 마지막으로, MRI기기의 밖에서 몸에서 발생한 RF 신호를 받는 Q-body coil이 있다. RF AMP로부터 신호를 받아, 사람 혹은 코일에 RF 신호를 쏘아주는 역할을 한다. Q-body coil의 역할은 변환과 수신을 동시에 할 수 있는데, 이것만으로는 신호의 강도가 약한 이미지를 얻게 되어서 잡음이 존재하여 영상이 뚜렷하지 않다. 이를 보완하기 위해 위와 같은 여러 가지 수신 코일들을 사용해서 신호의 강도가 높은 이미지를 구현하고 있다.

이렇게 자석과 코일을 통해 영상 데이터를 얻은 다음 이 정보를 다시 합치는 것이 RF 시스템이다. RF 시스템은 다양한 기기로 구성되어 있다. 먼저 얻어진 영상 정보를 처리하는 Host computer가 있다. Host Computer에서 파라미터를 조절하고 start 스캔을 누르면 signal generator과 modulator를 거쳐 RF pulse가 발생하고 이를 증폭해 주는 장비를 통해 Body Coil (송신 코일)에서 그 신호를 송신한다. 이 과정을 일정하게 진행하다가 멈추면 되돌아오는 신호를 RF Coil에서 수신하고, 이 신호를 다시 조정, 변형한 다음 재구조화를 해서 Host Computer로 보낸 다음 특정 프로그램을 사용하여 처리하면 우리가 흔히 아는 brain 이미지를 얻을 수 있다.

먼저 MRI의 전반적인 원리부터 소개하자면, MRI는 x-ray 방사선처럼 강한 에너지를 사용하지 않고 RF pulse 정도의 일정한 에너지를 가했다가 멈추었을 때 되돌아오는 신호를 포착하여 컴퓨터를 통해 영상화 한다. 인체를 구성하는 물질의 자기적 성질을 측정하여 컴퓨터를 통하여 재구성, 영상화 하는 기술이라고 할 수 있다. 인간에게 RF신호를 쏘아주게 되면 에너지 준위에 해당하는 수소원자핵들이 에너지가 높은 상태로 변한다. 그러다가 신호를 멈추면 수소 원자들의 에너지 상태가 낮아지면서 아날로그 생체신호가 생성된다. 이 신호를 디지털 신호로 변환하고, 이를 바탕으로 x축과 y축으로 이미징하여 가상의 공간에 매칭시킨다. 이것을 low data라고 한다. 그 후 푸리에 변환을 통해 Image space로 옮겨 우리가 아는 MRI 이미지를 얻게 된다.

MAGNETOM Skyra는 MRI에 사용되는 기기이다. 70cm라는 큰 크기를 자랑하고 현재 전세계에 단 4대가 보급되었다고 한다. MAGNETOM Skyra는 MR 측정을 더 편리하고 쉽게 만들어준다. 70cm라는 큰 크기의 기기는 각기 다른 신체치수, 모양, 조건을 가진 환자를 더 많이 수용할 수 있게 해준다. 이전까지는 몇몇 환자는 자신의 신체 사이즈로 인해 MRI스캔을 포기해야하는 경우가 있었다. 그러나 MAGNETOM Skyra를 이용한다면 그러한 환자들도 얼마든지 MRI스캔을 이용할 수 있다.

또한, 더 짧고 강력해진 자석 덕분에 환자는 더 편리한 방법으로 더 정확하고 세밀한 이미지를 얻을 수 있다. MAGNETOM Skyra는 강력한 초고밀도 전자장을 발생시키기 때문에 더 높은 공간해상도와 시간해상도를 제공할 수 있다. 또한 204개의 코일들은 그 어떤 MRI기 기 보다도 더 높은 신호를 전달할 수 있다. 이렇게 코일의 수가 많아지면 몸의 정보를 다양한 각도에서 측정할 수 있기 때문에 정밀성이 높아진다.

MAGENTOM Skyra의 진짜 강점은 정확성이다. 기존 MRI의 경우 한 번 촬영할 때마다 잡음이 섞인 데이터가 나오기 때문에 정확한 이미지를 얻기 위해서는 여러 번 재촬영해야 하기 때문에 시간이 오래 걸린다는 단점이 있었다. 그러나 MAGNETOM Skyra의 경우 기존 MRI보다 코일의 개수도 많고, 128개나 되는 RF 채널이 존재하기 때문에 SNR(Signal to Noise Ratio)이 평균 20프로나 높다. SNR이란 신호 대 잡음비로 SNR수치가 높아질수록 더 정확하고 선명한 데이터가 나옴을 의미한다. 따라서 MAGNETOM Skyra로 한 번 촬영하면 기존 MRI보다 더 정확한 데이터를 얻을 수 있고, 재촬영 해야 하는 횟수도 줄어들게 되는 것이다.

Jin Jin 씨는 이러한 최첨단 장비로 측정된 뇌영상 데이터의 해상도를 높이고 더 높은 수준의 MRI데이터를 얻기 위한 기술을 고안하고 있다. Jin Jin씨의 작업덕분에 연구소 내의 연구자들은 보다 더 나은 뇌영상 데이터를 얻을 수 있고, 이는 결국 다른 연구소와는 차별화된, 한 층 더 발전된 연구를 할 수 있는 기반이 되는 것이다. 이러한 작업은 결국 뇌과학 지식에 대한 이해와 MRI의 원리의 이해에 필요한 공학적 지식 모두를 갖추어야 가능한 작업임을 방문 후 깨닫게 되었다.



[그림] SIEMENS Jin Jin씨와 함께 촬영한 사진

<분석>

본 팀은 Jin Jin씨와의 만남을 통해 뇌공학도가 갖추어야 하는 덕목에 대한 이해를

한 층 더 높일 수 있었다. 뇌영상 데이터만을 보고 해석하는 능력 뿐만이 아니라 뇌영상 데이터와 그 뇌영상 장비를 조작할 수 있는 능력까지 갖춘 인재야 말로 현재 뇌공학 분야에서 가장 필요한 인재라고 생각한다. 또한, Jin Jin 씨와의 만남은 본 팀이 처음에 목표했던 공학과 뇌과학의 상호작용에 대한 이해와 완전히 부합하는 것이라고 할 수 있다. 공학과 뇌인지과학의 관계는 일방통행식 관계가 아니다. 인공지능의 딥 러닝은 인간의 두뇌를 모델로 하는 인공 신경망(ANN)을 기반으로 하는 등 뇌과학이 공학에 도움을 주기도 하고, Jin Jin씨와 같은 공학자가 자신의 공학적 지식을 사용하여 뇌영상 데이터의 품질을 향상시키고 그 결과로 뇌과학자들이 더 나은 자료를 제공받아 질적으로 더 좋은 연구를 할 수 있는 등 공학이 뇌과학의 연구에 도움이 되기도 한다. 본 팀이 미국에서 확인하고자 하는 뇌과학과 공학의 상호작용이란 바로 이런 것이라 할 수 있다. 이번 인터뷰를 통해 본 팀은 뇌과학과 공학의 상호작용을 직접 볼 수 있었고, 본 팀의 뇌공학에 대한 이해도가 더 심화된 계기가 되었다. 이러한 이해를 바탕으로 이화여자대학교의 뇌공학 트랙은 어떤 것을 목표로 할지 어떤 방향으로 나아가야 할지에 대한 밑그림을 그릴 수 있었다.

II. 본론

5) Mit 행정실

<기관 소개>

① 학교 소개

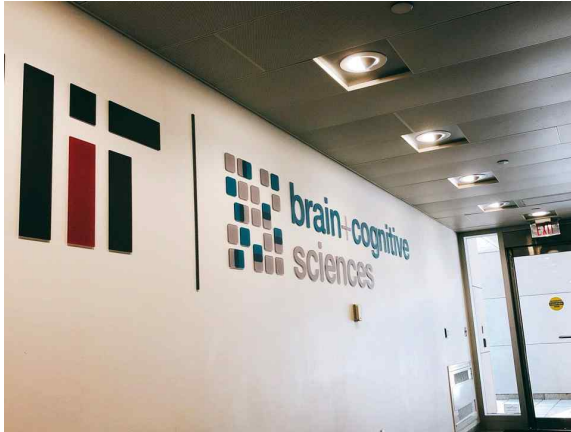
매사추세츠 공과대학교는 미국 매사추세츠(Massachusetts) 주 케임브리지(Cambridge)에 있는 사립대학이다. 공과대학교라는 이름을 가지고 있지만 실제로는 경영학과 인문학 분야도 가르치는 종합대학교다. 'MIT'라는 약칭으로 더 많이 알려져 있다. 또 매사추세츠 공과대학교는 개교 이후 2011년까지 노벨상 수상자를 76명이나 배출한 세계적인 명문 학교이기도 하다. 특히 공학과 물리학, 기술 분야에서 독보적인 명성을 가지고 있다.

② MIT Department of Brain and Cognitive Sciences 행정실 소개

MIT Department of Brain and Cognitive Sciences 는 인간의 마음을 역으로 engineering하는 것을 목표로 한다. 인간의 뇌의 메커니즘은 여러 단계를 거친다. 뇌의 메커니즘은 분자에서 시냅스, 뉴런, 회로, 알고리즘 그리고 인간 행동의 인식 사이의 연결 고리등등 여러 요소로 이루어져있다.

뇌 인지 과학과는 인지과학, 시스템 신경과학, 세포신경 과학, 그리고 분자 신경 과학등등의 교차점이다. 연구 이니셔티브를 통해 비전, 오디오션, 음성, 움직임, 주의력, 학습 및 기억력과 같은 인간의 인지기능을 깊이 이해하는 연구를 중점적으로 하고 있다.

학부 학생들은 학부와 대학원 프로그램등을 통해 세계적으로 유명한 교수진의 교육을 받고 최첨단 장비를 이용할 수 있으며 최신 연구에 참여할 수 있는 기회를 얻을 수 있다.



[그림] MIT Department of Brain and Cognitive Sciences

<활동 내용>

Department of Brain and Cognitive Sciences는 학문과 실질적인 연구가 결합된 커리큘럼을 따른다. 학부는 세 단계의 교과과정을 따른다. 첫번째 단계는 컴퓨터 과학과 프로그래밍, 신경 계산, 확률과 통계를 포함한 광범위한 과목의 기초 과정으로 시작된다. 두번째와 세번째 단계는 특정 분야에 대하여 깊은 탐구를 할 수 있게 되어 있다. 세포 신경 생물학, 정신 언어학, 유전 공학과 같은 분야의 강좌 개설을 통해 더 깊은 탐구를 할 수 있게 해준다. 자세한 과정은 아래에 나와있다.

첫번째 단계에서는 아래와 같은 교과를 배운다. 이 단계에서는 아래 모든 과목을 필수적으로 이수하여야한다.

Introduction to Computer Science and Programming

Introduction to Psychological Science

Introduction to Neuroscience

Introduction to Neural Computation

Statistics for Brain and Cognitive Sciences

두번째, 세번째 단계부터는 학생의 개인의 선호에 따른 분야를 집중적으로 들을 수 있다. 총 네가지로 나누어져 있는데, 이는 아래와 같다.

1. Cellular/Molecular Neuroscience:

뉴런의 생물학을 다루며, 암호기, 송신기, 그리고 정보의 처리기로서 이러한 세포들의 특별한 특성을 강조한다. 부서 연구자들은 현대 분자와 세포 생물학의 기술을 신경 발달, 구조 그리고 기능의 문제들에 적용하고, 결과적으로 신경계와 그 상호작용에 대한 근본적인 원리를 얻게 된다. 이 연구들은 부분적으로 신경과 정신 질환의 치료를 위한 기본이 됨으로써 임상적 의미를 내포하고 있다. 연구 분야는 주로 신경 형태학과 연결, 단순한 신경 회로에서의 활동의 세포와 분자 기반, 신경 화학 그리고 세포 생리등을 다룬다.

2. Cognitive Science

인간의 실험은 언어, 추리, 기억 그리고 시각적 정보와 같은 복잡한 지능적인 과정을 이해하기 위해 공식적이고 계산적인 분석과 결합된다. 인지 과학의 분야는 문장과 단어 처리, 언어 습득, 실어증을 포함하는 정신 언어학을 포함한다. 또한 다른 연구는 정상적인 인간 감각을 뒷받침하는 뇌의 메커니즘을 이해하기 위한 시도로 신경 장애 환자들의 기능적 뇌 영상을 포함한다.

3. Systems Neuroscience

시스템 신경 과학 분야에서 부서의 연구원들은 계산에서부터 전기 생리학, 생물 물리학에 이르기까지 다양한 새로운 접근법을 사용한다. 주요 관심사는 감각 자극을 신경 메시지로 변환하고 암호화하는 것을 과학적 목적으로 이해하는 시각 및 운동 시스템이다. 또한 주요 관심사는 신경 생물학적 조절인데, 과학적 목표는 뇌 회로에 대한 보상적이거나 스트레스가 많은 환경의 영향을 이해하는 것이다.

4. Computational Neuroscience

연산 신경 과학에서는 뇌와 인지 과학, 컴퓨터 과학과 인공 지능과 같은 연구를 중점적으로 다룬다. 그리고 생물학 및 전산 학습 센터-비전 및 운동 제어, 생물학 및 컴퓨터 학습을 포함한 영역에서 새로운 접근법을 제공한다. 계산 이론은 신경 생리학, 심리학, 그리고 다른 실험적 접근법의 틀 안에서 개발되고 시험된다. 시력과 운동 제어에 대한 연구에서, 보완적인 실험 작업은 기능적인 뇌 영상뿐만 아니라 단일 셀 및 다중 셀 신경 생리학적 기록도 포함한다. 지능적 행동의 중심으로 여겨지는 학습 영역에서, 부서의 연구원들은 시각, 운동 제어, 신경 회로, 그리고 언어의 이론을 개발하기 위해 노력하고 있다.

본 팀은 뇌공학과 관련된 Computational Neuroscience concentration 과정에 대하여 중점적으로 설명을 들었다.

필수과목은 아래와 같이 구성되어있는데 이 중 4과목 이상을 들어야한다.

Cellular and Synaptic Neurophysiology

: 신경전달 메커니즘을 주제로 공부한다. 이온 채널과 시냅스 전송의 특성을 생리적 기능과 연관시키고 시냅스와 세포 수준에서 기능적 신경 네트워크의 형성을 위한 조직적 원리를 논의하는 과목이다.

Computational Aspects of Biological Learning

: 뉴런과 시냅스에 대해서 컴퓨터를 이용한 접근법에 대하여 배우는 수업이다. 신경계에서 컴퓨터적 접근방법에 우선 순위를 논의하고, 대뇌 피질 뉴런의 무의식적인 학습 알고리즘에 대해서 학습한다. 또한 전반적인 생물학에 대하여 배운다.

Computational Cognitive Science

: 인지 과학에 대한 컴퓨터적 이론의 소개와 귀납적 학습, 추론의 원리 등에 초점을 맞춘다. 확률론적 모델, 알고리즘 등에 대하여 배운다.

Computational Psycholinguistics

: 상징적인 모델링 기법과 확률적 모델링 기법을 결합하여 인간과 기계의 자연 언어 처리에 대한 연산적 접근법에 대하여 배운다.

Cellular Neurophysiology and Computing

Systems Neuroscience Laboratory

:Systems Neuroscience Laboratory에서 직접 실습할 수 있는 프로그램이다.

선택과목은 뇌인지과학과 전공 수업은 아니지만 Computational Neuroscience를 깊이있게 이해하기 위하여 요구되는 기본적인 지식들을 배우는 과목이다, 이 중 4과목까지 인정된다.

Circuits and Electronics : 전기 회로

Signals and Systems :신호와 시스템

Differential Equations : 미분학

Linear Algebra : 선형대수학

Theory of Computation : 계산 이론

Introduction to Mathematical Logic and Set Theory : 수리 논리학과 집합론

Instrumentation and Measurement for Biological Systems : 생물학적 시스템의 측정법



[그림] Department of Brain and Cognitive Sciences 행정실에서 찍은 사진

<결론>

MIT의 Department of Brain and Cognitive Sciences에서는 단순히 수업듣는 것 외에도 실습하는 교과를 통하여 직접 교수님과 연구를 하는 과정도 한다. 후에 대학원 진학할 예정이 있는 학생들에게는 반드시 필요한 교과이다.

1학년 과정때 단순히 뇌인지과학뿐만 아니라 확률과 통계나 기본 컴퓨터 프로그래밍 수업등 뇌인지과학 분야를 연구하기 위한 기반이되는 학문들을 배운다. 1학년 과정때 이러한 다양한 분야들을 듣는 것은 뇌인지과학을 공부하기 위해서 꼭 필요한 것으로 보인다.

뇌인지과학과는 크게 4가지로 나뉘어져 뇌공학과의 관심있는 학생들은 이 부분을 집중적으로

공부할 수 있게끔 잘 되어 있다.

6) Harvard University

<기관 소개>

①학교 소개

1636년 설립된 하버드대학교는 미국에서 가장 오래된 대학이자 아이비리그에 속하는 미국 동부 지역 8개 명문 대학 가운데 하나다. 매사추세츠 주 케임브리지에 위치해 있으며 ‘역사와 교육의 도시’로 통하는 보스턴을 상징하는 대표 대학이다.

하버드는 미국 종합대학 학부 순위에서 언제나 3위권 안에 들었으며 해마다 세계 대학 학술 순위에서 1~2위를 차지한다. 미국은 물론 세계 최고의 교육 수준을 자랑하는 곳으로서 많은 인재들을 배출해낸 학교이기도 하다.

②Boston Children's Hospital

미국에서 가장 큰 소아과 의료 센터 중 하나로 아동 병원은 출생부터 21세까지의 환자에 다하여 광범위한 의료 서비스를 제공한다.

병원 의료진으로는 약 1,206명의 현역 의사 및 치과 의사와, 384명의 관련 과학 직원, 933명의 동료 및 입주자, 1,596명의 정규 간호사 약 9,000명이 있다.

2015년 미국 News & World Report에서 연속 26년간 이 병원을 소아과 부문 1 위로 선정되었다.

③Kiho Im, PhD

기능적 확산적 MRI를 아용한 뉴로 이미징 분석에 대한 연구를 한다. 최근 연구는 정상적인 뇌와 비정상인 뇌의 뉴로 이미징 특징을 분석하는 것이다.

<기관 탐사>

Boston Children's Hospital에서 연구원으로 계신 임기호 박사님과 인터뷰를 하였다.

Q. 하시고 계신 연구에 대하여 설명해 주실 수 있으신가요?

A. 뉴로 이미징을 통해서 발달 과정의 있는 태아(fetal)의 뇌를 분석하는 일을 합니다. 환경적인 문제 뿐만 아니라 유전적인 문제가 발달과정에서 일으키는 비정상적인 뇌의 구조를 보고 있습니다. 주로 뇌의 folding의 패턴에 대하여 관심을 가지고 있습니다. 뇌의 folding 패턴은 랜덤한 것이 아니고 주요한 패턴은 일관적으로 나타납니다. 또한 이러한 것은 뇌의 기능과도 많은 연관이 있습니다. 따라서 뇌의 문제가 생기면 뇌의 패턴들이 변하게 되는 경우가 많습니다. 많은 질병 case에서 뇌의 비정상적인 패턴이 나타나게 됩니다. 태어나기 전에 뇌의 패턴은 이미 형성됩니다. 태아 같은 경우 30주 정도쯤에는 굉장히 많은 folding이 있고 일정한 패턴을 보여줍니다. 또한 이 패턴은 이때 이후로 잘 변하지 않습니다.(local한 형태는 변합니다.) 따라서 30주쯤에 태아에 대하여 이러한 뇌의 패턴을 분석하는 일을 하고 있습니다. 박사과정 때는 성인 뇌와 태어난후의 뇌에 대한 연구를 많이 하였지만 이곳에 온 이후는 주로 태어에 대한 연구를 하고 있습니다. 그리고 이러한 패턴과 유전적인 요소와는 어떤 연관이 있는지 또

한 2,3세의 유아의 신경 세포 형성과 어떠한 관계가 있는지에 대하여 연구하고 있습니다.

Q. brain imaging에서 현재 어떠한 주제를 중점적으로 다루나요?

A. 주로 brain imaging 에서는 connectivity를 다루는 것을 중요한 이슈로 보고있습니다. 커넥톰이라고 해서 브레인의 connectivity에 대한 전체적인 정보가 정의인데 주로 structural and functional MRI를 통해서 이러한 connectivity를 연구합니다. 저같은 경우는 주로 structural connectivity를 이용해서 태아의 developmental disorder이 있는 경우 분석법을 연구합니다.

Q. 학부 과정에서는 무엇을 전공하셨나요?

A. 학부 때는 기계공학을 전공했습니다. 저희 때는 의공학과같은 것도 없었고... 저는 원래 기계공학을 좋아했었고 컴퓨터 코딩, 프로그램하는 것도 굉장히 좋아했습니다. 처음에는 로봇틱스에 관한 대학원에 들어가고 싶었습니다. 그래서 대학원때 공부를 하는데 뭔가 안 맞는다는 느낌을 받기도 하였고 그때 BT나 IT가 한참 인기를 끌었습니다. 여러가지 경로로 해볼 수 있는 다양한 학문의 융합이 인기였습니다. 그러한 고민을 많이 하다가 막상 정말 결정을 해야하는 시기가 오니 그동안 생각했던것이 너무 많아 생각이 오히려 단순해졌고 앞서 공부하던 선배들과 동기들의 추천으로 의공학과 대학원에 진학을 하게되었습니다. 원래는 메디컬 인포매틱스 팀에서 코딩하는 연구를 하다가 그 팀이 없어져서 처음에는 의지와는 상관없이 브레인 이미징하는 팀에 오게 되었습니다. 막상 가보니까 학문적인 흥미도 생기고 주어진 프로젝트 하나하나 해나가다보니까 연구를 계속 하게되고 이 길로 오게 되었습니다.

Q. 이 분야 관련해서 어떠한 일을 할 수 있나요?

A. 저 때 당시에는 취직할 곳은 많지 않았습니다. 전공한 분야를 살리지 않고 컴퓨터 프로그래밍 기술을 살려서 다른 대기업 취직을 하던가 박사과정으로 진학하는 방법밖에는 없었습니다. 지금은 삼성 의료기기 산업등에서 관련 전공자를 필요로 하는 것으로 알고 있습니다.

Q. 교수가 되기 위해서는 어떤 과정을 거치나요?

A. 박사가 된다고 바로 교수직을 하는 경우는 매우 드뭅니다. 보통 저처럼 박사후 과정을 거친뒤 지원을 하게 됩니다. 보통 해외직에서 공부하는 것을 더 높이 평가해줍니다. 저같은 경우는 다시 돌아올 생각으로 해외에 나오게되었지만 예기치않게 그 기간이 길어지게되어 여기에서 자리를 잡게 되었습니다. 만약 해외로 나가실 생각이 있으시다면 해외에서 계속 사는 것도 염두해 두어야 합니다.

Q. 실제로 교수가 되는 비율은 어느 정도 되나요?

A. 굉장히 공부를 열심히 하셔야합니다. 현재 한국에서는 교수 자리가 거의 없어서 보통 외국으로 많이 나가는 추세입니다. 저 같은 경우도 한국에서 다시 자리를 잡을 생각으로 나왔지만 한국에서 자리가 부족하기도 하고 지금 여기서 하는 연구가 마음에 들어서 계속 해외에서 연구직을 하고 있습니다.

Q. 실제 병원에서 임상적인 일도 하시나요?

A. 아니요. 저는 ph.D 이기 때문에 임상적인 것은 다루지 않고 병원 data를 활용해서 리서치 하는 일을 하고 있습니다. 임상적인 데이터를 활용해서 원하는 환자분같은 경우 그것을 분석 하는 일을 하기도 합니다. 주로 컴퓨터로 일을 합니다. 특정 질병을 분석하기 보다는 분석 방법에 대한 알고리즘을 개발하고 있습니다.

Q. 앞 인터뷰에서 김호성 교수님은 딥러닝을 이용하여 연구를 하시는데 박사님은 어떠한 방식으로 연구를 하십니까?

A. 딥러닝은 유행이고 많이들 하지만 저는 지금 당장은 하지 않고 생각만 하고 있습니다. fetal쪽은 아직 분석방법에 있어서 개발되지 않은 것들이 많습니다. 기존 분석틀이 적용되지 않는 것들이 대부분이고 MRI도 쓸수 있는 것들이 한정되어 있습니다. Fetal MRI 같은 경우 한국에서는 거의 연구가 되어지지 않고 미국에서도 드뭅니다. 그래서 아직까지는 표본을 얻는 것도 어렵고 MRI도 제한적이기 때문에 딥러닝을 할 만큼의 충분한 데이터를 얻기가 어렵습니다. 딥러닝 이전의 해결될 문제들이 많아서 딥러닝을 적극적으로 활용하지는 못하고 Image segment등 부분적으로 활용합니다.

Q. 하고 계신 연구의 표본은 병원에서 얻어진 데이터를 활용하시는 건가요?

A. 네, 여러 케이스들이 있는데 선천적 심장병때문에 뇌가 자라지 못하는 케이스들이 있고 뇌 기형 케이스같은 경우, 예를 들어 corpus callosum이라고 하는 대뇌 반구를 이어주는 무수히 많은 fiber들이 없는 태아의 경우도 있고 연구자들이 관찰할때에 태아 발달과정에서 문제가 생겨서 뇌의 주름들이 너무 쭈글쭈글한 케이스들도 있고 뇌가 비정상적으로 큰 태아들의 경우도 있습니다. 한편에 지카바이러스등으로 인한 케이스들도 엄청 다양합니다. 병원에서 얻어진 이러한 다양한 데이터들도 사용하기도 하고 연구 목적에 따라서 환자들을 따로 모집하여 이를 연구 데이터로 사용하기도 합니다.



3. 결과물

1) 뇌공학 융합트랙 설립 제안서 제작

<TELOS 트랙제에서의 뇌공학 융합트랙 설립 제안서>

1. 제안 배경

뇌과학과 공학이라는 분야가 결코 동떨어진 분야가 아니다. 공학과 뇌과학은 끊임 없는 상호작용을 하고 있다. 일례로, 알파고를 탄생시킨 'Deep Mind'의 CEO 데미스 하사비스는 Computer Science를 전공하였지만 본격적으로 인공지능 개발에 뛰어들기 전 뇌과학 연구로 박사학위를 받았다. 또한, 그는 2016년 당시 KAIST에서 있었던 강연에서 인공지능이 인간의 정신을 이해하는 데에 도움이 될 것이라고 밝힌 바 있다. 이처럼 공학 관련 연구에는 뇌과학이, 뇌과학의 연구에는 공학이 필요하다. 그러나 학부 과정의 학생들이 뇌인지과학과 공학을 모두 복수전공하기 위해서는 엄청난 양의 학점을 이수해야 하는데 이는 학생들에게 큰 부담이 된다. 그러한 환경에서는 학제간의 진정한 융합이 이루어 질 수 없다. 이러한 측면에서 뇌공학 융합트랙은 뇌과학과 공학의 복수전공의 부담을 줄임으로서 진정한 융합이 일어날 수 있게 효과적으로 보조해주는 제도라고 할 수 있다. 따라서 본 팀은 TELOS 전공 트랙제에서의 뇌공학 융합트랙 설립을 제안하고자 한다.

현재 국내에서 인공지능 연구를 선도하는 KAIST에서는 2002년에 이미 학부과정에서 뇌과학을 응용한 공학기술 개발을 위한 인재양성을 목표로 하는 '바이오 및 뇌공학'이 개설되어있고, 2015년에는 대학원 과정에 뇌인지공학 프로그램이 신설되었다. 이처럼 뇌과학과 인공지능의 기반이 되는 공학의 융합의 중요성이 대두되고 있으나 이화여자대학교 뇌인지과학과에는 '뇌-의학 융합트랙'과 '뇌-생명과학 융합트랙'만 개설되어있는 상황이고, '뇌-공학 융합트랙'은 뇌인지과학과가 설립되고 4년이 지난 상태이지만 개설되지 않고 있다.

실제로 탐사 전 사전조사결과와 탐사 결과를 종합하여 보면 현재 미국의 프린스턴 대학, MIT, CalTech 등 많은 대학에서 뇌과학과 인공지능을 융합하여 연구를 진행 중이며, 뉴욕대학교, 컬럼비아대학교, UC DAVIS 등 미국 대다수의 대학은 뇌공학과정이 학부과정에 있는 상황이다. 또한, 뇌공학 과정이 학부에 없더라도 다양한 트랙을 뇌과학을 공부하는 학부 과정 학생들에게 공학을 접할 수 있는 기회를 마련해주고 있었다. 예를 들어, MIT의 경우 학부과정에 뇌공학 학부는 없고, 뇌인지과학과만 존재하는 이화여자대학교와 유사한 상황이지만, 학부 과정 내에 8개의 트랙이 존재하여 학생들이 학부 과정과정부터 다양한 분야를 접할 수 있다. 그 중에는 뇌공학 트랙도 있는데, MIT에서 제공한 템플릿을 확인한 결과 학생들이 구체적으로 어떤 과목을 수강

해야 하는지, 트랙을 이수하면 어느 분야에 진출 할 수 있는지 기업의 명칭까지 구체적으로 명시되어 있었다. 이러한 상황을 보면 알 수 있듯이, 현재 세계적으로 뇌공학은 주목받는 분야이다. 뇌공학은 현재 인공지능과 더불어 세계적으로 투자를 많이 받는 분야 중 하나이다. 여러 통계자료에서 보면 미국 내 뇌공학 관련 스타트업은 해를 거듭 할수록 늘어나는 추세이고 미국뿐만 아니라 유럽 내에서도 뇌공학 관련 기업은 점점 늘어나고 있다. 이렇게 세계적으로 뇌공학 분야에 대한 인재수요가 증가하고 있는 상황이기 때문에 이화여자대학교도 이런 흐름에 대비해야하는 것은 당연한 것이라고 생각한다.

2. 제안 내용

1) 다양한 분야의 전공 필수 과목 지정

탐사를 진행하며 여러 분의 교수님과 인터뷰를 진행한 결과 깨닫게 된 것은 학부 과정에서 다양한 분야를 접하는 것이 중요하다는 것이다. 현재 국내 뇌공학 분야 최고 권위자라고 할 수 있는 카이스트 정재승 교수님께서서는 본인이 학부 과정 재학 시절 자신의 전공분야 뿐만 아니라 다른 전공 과목들까지 폭넓게 수강하셨다고 한다. 정재승 교수님께서서는 그런 학부 시절의 경험이 현재 자신이 연구하고 있는 Brain Computer Interface, 인공지능 분야를 연구하는 데에 큰 도움이 된다고 말씀하셨다. 또한, USC의 김호성 교수님의 경우에도 현재 machine learning, deep learning을 통해 뇌영상 데이터를 분석하는 프로그램을 개발하고 계시지만 학부 과정에서는 기계공학을 전공하셨다고 한다. 기계공학 뿐만 아니라 뇌과학과 컴퓨터 프로그래밍 등 다양한 분야를 접하셨기 때문에 현재 뇌공학이라는 분야를 연구하실 수 있는 것이다. 또한, 컬럼비아 대학교, 뉴욕 대학교, MIT, USC등 뇌공학을 학부과정에서 접할 수 있도록 해주는 대학의 커리큘럼을 분석한 결과 공통적인 교과목을 찾을 수 있었다. 본 팀은 이러한 조사 결과를 바탕으로 뇌공학 트랙에서 어떤 과목을 이수해야하는지 구체적인 교과목을 제시하고자 한다.

분야	교과목
공학 기초 (필수)	통계학
	미분적분학
	선형대수학
컴퓨터 공학 기초 (필수)	C프로그래밍/JAVA/Python중 택1
	MATLAB
	자료구조
	알고리즘
뇌인지과학 기초 (필수)	일반 생물학
	뇌인지과학기초
	뇌인지과학 주제탐구
	기능적 신경해부학
	신경생물학
고급 응용과목 (6과목이상 이수)	인공지능
	통계적 학습이론
	뇌신경공학
	프로그래밍 언어론
	데이터베이스
	디지털 논리 설계

	컴퓨터 응용해석
	의용신호처리
	생명과학데이터분석
	의학영상처리
	가상현실
	바이오포토닉스
	의용계측시스템 설계
	바비오데이터 전산기초 및 실습
	바이오 정보공학
	기계학습
	빅데이터 응용
	유전체와 맞춤의료
	바이오 의료데이터 고급분석
	바이오 빅데이터와 데이터 마이닝

2) 권장도서제

카이스트 정재승 교수님께서서는 뇌공학을 공부하기 위해서는 현재의 뇌공학 분야의 흐름, 추세 등에 대해 알 필요가 있다고 말씀하셨다. 그런 것들을 한 눈에 파악할 수 있는 가장 좋은 방법은 뇌공학 관련 서적을 읽고 스스로 정리하고 생각하는 것이라고 조언해주셨다. 본 팀은 이를 바탕으로 다음의 뇌공학 서적을 권장도서로 지정하여 학생들이 읽도록 하고자 한다.

도서명	저자
뇌를 바꾼 공학, 공학을 바꾼 뇌	임창환
지능의 탄생(RNA에서 인공지능까지)	이대열
커넥톰, 뇌의 지도	승현준
더 브레인(삶에서 뇌는 얼마나 중요한가?)	데이비드 이글먼
기억을 찾아서	에릭 캔들

3) 비교과 활동

물론 앞서 나열한 교과목도 중요하지만, 교과를 벗어나 다양한 활동을 하는 것은 배운 교과목을 활용할 수 있는 유용한 기회를 제공한다. 해외 대학원이나 해외대학 같은 경우 입학 시에 성적 뿐만이 아니라 어떤 비교과 활동을 해왔는지도 중요한 평가요소이다. 본 팀은 이러한 점을 고려하여 뇌공학 트랙 이수생들이 다음과 같은 비교과 활동을 이수하게 하여 뇌공학 분야에서 경쟁력을 갖춘 인재로 성장하도록 하고자 한다.

상세 내역	인증 기준
학회 활동	2학기 이상 활동
영어 성적	TOEFL 80점 이상
	TOEIC 700점 이상
	TEPS 550점 이상
대회 입상	국내 뇌공학 관련 공모전 입상
자격증	교내정보인증학점 3학점이상(두 개 자격증 인증기준 중 1개이상)
	프로그래밍 자격시험(컴퓨터 공학과 화웨이

	공동주관/60점이상)
뇌공학 전문가 특강 참여	특강 참여 인증사진 및 에세이 제출 2회
SW개발 포트폴리오 제작	SW포트폴리오 제작 및 제출

3. 기대효과

뇌공학 융합 트랙은 뇌인지과학과 학생들과 호크마교양대학 신입생들 중 뇌공학에 관심이 있는 학생들을 주대상자로 하고 있다. '뇌-공학 융합트랙'이 개설된다면 뇌과학과 공학의 지식을 갖춘 융합 인재를 양성 할 수 있을 것이며, 이화여자대학교가 10년 이내에 인공지능 분야 연구를 선도 할 수 있을 것으로 전망한다. 뇌공학은 현재 인공지능과 더불어 세계적으로 투자를 많이 받는 분야 중 하나이다. 앞서 말한 통계자료에서 미국 내 뇌공학 관련 스타트업은 해를 거듭 할수록 늘어나는 추세이고 미국 뿐만 아니라 유럽 내에서도 뇌공학 관련 기업은 점점 늘어나고 있다. 이렇게 세계적으로 뇌공학 분야에 대한 인재수요가 증가하고 있는 상황에서 이화여자대학교가 뇌공학 융합 트랙을 설립한다면 많은 학생들이 뇌공학 분야에 진출 할 수 있을 것이다.

2) 뇌공학 융합 트랙 홍보물 제작

뇌공학에 대한 갈증을 해소해 드립니다.

하계 글로벌 프론티어
Aing 팀

제안 배경

뇌과학과 공학이라는 분야가 결코 동떨어진 분야가 아니다. 공학과 뇌과학은 끊임 없는 상호작용을 하고 있다. 일례로, 알파고를 탄생시킨 'Deep Mind'의 CEO 데미스 하사비스는 Computer Science를 전공하였지만 본격적으로 인공지능 개발에 뛰어들기 전 뇌과학 연구로 박사학위를 받았다. 또한, 그는 2016년 당시 KAIST에서 있었던 강연에서 인공지능이 인간의 정신을 이해하는 데에 도움이 될 것이라고 밝힌 바 있다. 이처럼 공학 관련 연구에는 뇌과학이, 뇌과학의 연구에는 공학이 필요하다. 그러나 학부 과정의 학생들이 뇌인지과학과 공학을 모두 복수전공하기 위해서는 엄청난 양의 학점을 이수해야 하는데 이는 학생들에게 큰 부담이 된다. 그러한 환경에서는 학제간의 진정한 융합이 이루어질 수 없다. 이러한 측면에서 뇌공학 융합트랙은 뇌과학과 공학의 복수전공의 부담을 줄임으로서 진정한 융합이 일어날 수 있게 효과적으로 보조해주는 제도라고 할 수 있다. 따라서 본 팀은 TELOS 전공 트랙제에서의 뇌공학 융합트랙 설립을 제안하고자 한다.

제안 내용

- 1 다양한 분야의 전공 필수 과목 지정
- 2 권장 도서제
- 3 비교과 활동

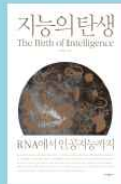
다양한 분야의 전공 필수 과목 지정

분야	교과목
공학 기초 (필수)	통계학
	미분적분학
	선형대수학
컴퓨터 공학 기초 (필수)	C/C++/Java/Python 중 택1
	MATLAB
	자료구조
뇌인지과학 기초 (필수)	알고리즘
	일반 생물학
	뇌인지과학기초
	뇌인지과학 주제연구
	기능적 신경해부학
고급 융통과목 (6과목이상 이수)	신경생물학
	인공지능
	통계적 학습이론
	뇌신경공학
	프로그래밍 언어론
	데이터베이스
	디지털 논리 설계
	컴퓨터 동시성
	의용신호처리
	생물과학 데이터분석
	의학영상처리
	가상현실
	바이오로보틱스
	의용계측시스템 설계
	바이오데이터 전산기초 및 실습
	바이오 정보공학
	기계학습
	빅데이터 응용
	유전체와 맞춤형의료
	바이오 의료데이터 고급분석
바이오 빅데이터와 데이터 마이닝	

권장 도서제



도서명	저자
뇌를 바꾼 공학, 공학을 바꾼 뇌	알랑한
지능의 탄생(RNA에서 인공지능까지)	이대열
커넥트, 뇌의 지도	송한준
더 브레인(삶에서 뇌는 얼마나 중요한가?)	데이비드 이글먼
기억을 찾아서	에릭 셸들



비교과 활동



상세 내역	인증 기준
학회 활동	2학기 이상 활동
영어 성적	TOEFL 80점 이상
	TOEIC 700점 이상
	TEPS 550점 이상
대회 입상	국내 뇌공학 관련 공모전 입상
자격증	고내정보인증학점 3학점 이상 (두 개 자격증 인증기준 중 1개 이상)
	프로그래밍 자격시험(컴퓨터 공학 과 화웨이 공동주관/60점 이상)
뇌공학 전문가 특강 참여	특강 참여 인증사진 및 어세이 제출 2회
SW개발 포트폴리오 제작	SW포트폴리오 제작 및 제출

기대 효과

뇌공학 융합 트랙은 뇌인지과학과 학생들과 호크마교양대학 신입생들 중 뇌공학에 관심이 있는 학생들을 주대상자로 하고 있다. '뇌-공학 융합트랙'이 개설된다면 뇌과학과 공학의 지식을 갖춘 융합 인재를 양성 할 수 있을 것이며, 이화여자대학교가 10년 이내에 인공지능 분야 연구를 선도 할 수 있을 것으로 전망한다. 뇌공학은 현재 인공지능과 더불어 세계적으로 투자를 많이 받는 분야 중 하나이다. 앞서 말한 통계자료에서 미국 내 뇌공학 관련 스타트업은 해를 거듭할수록 늘어나는 추세이고 미국 뿐만 아니라 유럽 내에서도 뇌공학 관련 기업은 점점 늘어나고 있다. 이렇게 세계적으로 뇌공학 분야에 대한 인재수요가 증가하고 있는 상황에서 이화여자대학교가 뇌공학 융합 트랙을 설립한다면 많은 학생들이 뇌공학 분야에 진출 할 수 있을 것이다.



Ⅲ. 결론

기관별 활동 내용 분석 및 느낀점

기관	활동 내용 분석 및 느낀점
Stevens Hall for Neuroimaging	- 뇌인지과학과 학생들 중 뇌 의학 분야에 관심이 많은 학생들이 가장 많다는 점을 고려할 때, 뇌의학과 뇌공학의 융합에 대한 탐사 내용은 가장 흥미로운 탐사 내용 중 하나였다. - 뇌과학과 공학을 모두 아우르는 인재가 되기 위해서 학부과정에서 어떤 경험을 하고 어떠한 방식으로 공부를 해야 하는지에 대한 실질적인 조언을 구할 수 있었다.
Oben	현재 세계적으로 뇌공학 분야는 얼마나 활용되고 있는지, 현재 뇌공학 분야의 흐름은 어떤 추세인지에 대해 Oben에서 진행하고 있는 3D 아바타 앱을 통해 직접 경험 해 볼 수 있었으며 그에 대한 기업의 대응은 어떤 방식으로 전개 될 것인지 탐사해 보았다. 또한 현재 뇌공학 기업입장에서는 뇌공학을 학부에서 접해본 학생과 그렇지 않은 학생들 중 어느 쪽을 선호하는지 등 구체적이고 실용적인 것을 위주로 탐사를 진행해 볼 수 있었다.
USC	- 이화여자대학교에는 뇌인지과학과 학부 과정과 대학원 과정이 모두 존재한다는 점을 고려할 때, 대학원과 연계하여 뇌공학 트랙을 개설한다면 학생들에게 더 큰 도움을 줄 수 있을 것이라 생각한다. - 신경과학 연구에 있어서 필수인 데이터베이스의 설계, 시각화, 시뮬레이션을 가능케 하는 컴퓨터 공학을 USC 학생들은 학부과정에서 그 기초를 배우고 있다는 점을 고려할 때, 뇌인과학과 학생들도 뇌공학 융합 트랙을 통해 기초적인 프로그래밍언어나 데이터베이스, 알고리즘 관련 수업을 이수하게 한다면 졸업 후 큰 도움이 될 것으로 전망된다.
SIEMENS	MRI는 공학분야와 뇌인지과학분야의 접점이라고 할 수 있다. 무엇보다, 뇌인지과학 연구에 있어서 가장 중요한 기구이자 혁신적인 연구 도구인 MRI의 원리와 그 MRI로 얻은 뇌영상의 분석이 어떻게 이루어지는지, 어떤 과정을 거쳐 발전되어 왔는지 배울 수 있는 좋은 기회였다. 뇌공학에 대한 이해는 물론, 이를 바탕으로 뇌공학 융합트랙에서는 어떤 과목을 이수하면 좋을지까지 생각해 볼 수 있는 기회가 되었다.
MIT BCS	MIT BCS가 제공하는 트랙 제도는 이화여자대학교 뇌인지과학과가 지향하는 ‘뇌 과학과 타 분야와의 융합’을 실현할 수 있는 가장 현실적이고 체계적인 방식이라고 생각한다. 또한 MIT는 뇌공학 트랙 제도를 이수한 후 졸업한 학부생들이 있었기 때문에, 뇌 공학 트랙이 학생들에게 실질적으로 도움이 되는 활동임에 대한 확신을 가질 수 있었다.

Harvard University	임기호 박사님과의 인터뷰를 통하여 뇌공학과와 한 분야인 neuroimaging기술에 대하여 배웠다. 현재 neuroimaging기술에서 연구하는 주제가 데이터가 많은 경우는 deep learning에 대하여도 따로 공부하여 데이터 분석하는 방법을 취할 수 있고, 데이터가 적은 경우는 따로 분석틀을 만드는 알고리즘적인 분석 방법이 중요하다는 것을 알게되었다. 이를 이용하여 뇌공학과에서 어떠한 방향으로 학부 과정때 공부하고 어떤 것에 중점을 두는 교과과정이 효율이 높을지 알게 되었다. 일단 뇌에 대한 연구는 대부분 MRI를 이용하여 이루어지기 때문에 MRI의 고해 상도를 얻을 수 있는 프로그래밍적인 접근이 중요하다. 그리고 뇌의 기능 위치와 관련하여 분석을 하기 때문에 해부학적인 기본 생물학의 전반을 다룰 필요가 있다. 그리고 데이터 수가 많은 경우 그 데이터들을 일일이 분석하기에는 어려우므로 deep learning을 이용한 기술이 필요하다.
--------------------	---

IV. 참고문헌

- [1]정명석, 박성현, 채병훈, 이주연, 2017, 「논문데이터 분석을 통한 인공지능 분야주요 연」김대원, 김범진, 2016, 「알파고와 이세돌 대국이 지적(知的) 업무로의 인공지능 도입에 구 동향 분석」, 디지털융복합연구, 『한국디지털정책학회』, vol.15, pp. 225-234.
- [2]대한 인식에 미친 영향 탐색」, 『사이버커뮤니케이션학보』, pp. 107-158.
- [3]김현우, 노경란, 안세정, 권오진, 2017, 「인공지능 분야의 기술융합맵 생성 및 국가 프로파일 분석」, 『한국전자통신학회 논문지』, 제12권, pp.139~145.
- [4]세바스찬 승, 「뇌과학서 출발한 인공지능, 이제 뇌과학의 지원군」
http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2015/03/27/2015032702005.html(접속일 2018.7.20.)
- [5]홍보영, 「국내 인공지능 성숙도 점수는?」, <http://www.kidd.co.kr/news/184552>(접속일 2018.7.20.)
- [6]「한국 정보화진흥원 A.I. 플러스 시리즈」