

## 생체 공학의 교육 및 연구 동향 (미국)

南 文 鉉

建國大學校 工科大學 電氣工學科  
副教授(工博)

### I. 머리말

생체공학은 생명과학 및 보건학 분야에서 연구와 실제에 과학과 공학의 원리와 기법을 응용하는 학문으로서 최근 수년간 국내외적으로 괄목할 만한 성장을 보이고 있다. 필자는 12년 전에 본지(7권 4호 1970. 12)에 생체공학의 현황에 대한 고찰을 발표하였는데 당시 는 초창기라 이에 종사하는 사람도 드물고 활동도 미약하였으나 10여년이 지난 지금에는 세계적 추세에 맞추어 국내의 대학에도 이 분야의 강좌와 전공 인구가 늘고 전문학회도 활발히 움직이고, 많은 기업이 이 분야에 진출하고 있으며 한편으로는 정책적인 배려로 전략적인 연구 과제가 수행되고 있는 것은 반가운 일이 아닐 수 없다. 생체공학에 대한 필요는 새로운 기술발전과 의로수가 상승에도 있겠지만 생물학과 의학 등의 생명과학의 발전을 도모하는 측면도 중요한 요인이 되어 왔다. 1971년 미국의 국립공학원(NAE)은 생체공학을 제통해석과 계산기 시뮬레이션 수단을 이용하는 기초연구, 의료용의 새로운 디바이스와 기기의 개발 및 환자진료에 직결되는 서어비스 분야로 구분하였는데 Plonsey교수는 이들 각각 분야를 생체공학(bioengineering), 의용공학(medical engineering) 및 임상공학(clinical engineering)이라 하고 이들을 통합하여 생체의용공학(biomedical engineering)이라 할 것을 제안한 바 있는데 지금은 보통 생체공학이라 하여 통용하고 있다.

최근에는 재활공학(rehabilitation engineering)이 새로운 연구개발 분야로 이에 추가되고 있다. 생체공학에 대한 최근의 교육과 연구 동향도 다변화 되어 가고 있는데 종래의 대학원 과정이나 전문연구소의 영역에서 낮추어져서 학부에서도 정착되어 가고 있는 추세이다. 필자는 문교부의 IBRD 해외파견 교수로 1980년 8월에서 부터 1년반 동안 버어클리 캘리포니아 대학교

(University of California, Berkeley; UCB)의 전기공학 및 전산학과(EECS)에서 연구할 기회를 얻어 그곳의 생체공학 교육과 연구 활동을 가까이서 접하게 되었고, 필자의 연구와 관련된 몇 개 연구실을 순방할 기회를 가졌다.

본문에서는 미국에 머무르는 동안 접하고 느낀 점을 앞으로 국내의 생체공학 교육과 연구계획에 도움이 될까 하여 소개하고 아울러 생체공학의 사이버네틱스적인 측면의 연구 동향을 필자의 연구 분야와 관련시켜 단편적으로 소개하고자 한다.

### II. 교육 및 연구 프로그램

버어클리의 생체공학(bioengineering)교육 프로그램은 공과대학에서 주관하며, 학부에 2가지 과정과 대학원의 공동 프로그램으로 구성되어 있다. 학부과정에는 각 학과의 공학사(B. S.) 학위과정과 대학공동프로그램(공학과 자연과학분야를 포괄적으로 다루는 engineering science) 가운데 bioengineering science 과정이 있는데(공학사), 후자는 학문적인 면에 중점을 두며 졸업생은 공학이나 이학계의 대학원이나 의과계 진학을 목표로 한다. 대학원 과정은 각 학과-토목, 전기전산, 산업공학 및 OR, 재료과학 및 광산공학, 기계, 원자력-에서 상급학위 과정에 개설한다. 그 밖에 화학공학(화학대학), 생체물리 및 의용물리(문리과대학), 생체의학 및 환경보건학(보건 대학원) 등에 있으면 샌프란시스코 분교(University of California, Sanfrancisco : UCSF)의 의과대학과는 연구 및 세미나에 대한 공동 프로그램이 있다. 생체공학 프로그램은 개설된 지 20년이 되며 이 분야에서는 미국내외에 선도적인 역할을 해오고 있다. 이곳의 자유로운 학풍에 힘입어서인지 전문분야 상호간에 협조가 잘 이루어 지는 편이며 교육 프로그램도 융통성이 있게 되어 있어

생체공학 전공학생은 학부 졸업 후에 다방면(의학이나 생명과학 포함)에 진출할 수 있으며 전통적인 공학분야에도 적응할 수 있도록 되어 있다.

교육 및 훈련의 방향은 생체공학의 전체인야를 포괄적으로 지향하며 다음 3가지로 요약할 수 있다.

1) 기초과학 분야-감각계와 기타 생물체의 기초연구로서 생물체의 전기, 기계 및 열적인 특성 결정: 생체기관의 기능, 생리학적 프로세스의 모델링: 성장 다이나믹스와 제어 시스템등

2) 환경과 생물학적 시스템의 경계분야-극도의 환경하에서 생명유지 시스템의 개념과 설계: 인간-기계의 상호작용 연구: 상해 예방 메카니즘과 예방 디바이스의 설계와 제작: 인간공학: 재활공학

3) 의료용 기구와 장비 및 유지 시스템-진단과 치료에 사용하는 장비, 제기 및 통신 프로세스의 설계 제작 및 운용: 외과용 기구, 모니터링 시스템: 보철 및 정형 디바이스: 의료 데이터의 계산기 처리

특히 임상공학 (clinical engineering)의 측면에서는 의사와 환자가 연관된 프로세스의 설계, 개발 및 유지 관리 등에 중점을 두고 연구실, 병원이나 교육기관에서 연구 위주의 일을 해낼 수 있도록 훈련시키며 이것은 샌프란시스코의 Pacific Medical Center와 공동으로 대학원생을 대상으로 개설되며 (표 1의 교과과정중 engineering 290 A) 폐기능, 핵의학, echocardiography, cardiac catheteration, 안과 및 심장외과 수술, 환자집중보호기를 다루는 연구실에서 데이터를 수집하고 해석하도록 한다.

협동 프로그램은 앞서 말한 Medical Pacific Center를 포함하여 교내에 관련학과와 연구소가 활발히 교류하고 있으며, 특수대학원 (특히 Optometry와 보건), Lawrence Berkeley Laboratory (LBL)와 이 연구소의 교내분소 (Donner와 Chemical Biodynamics Lab.), 여러 개의 상호전문 인접분야의 대학원 그룹 (공과의 교수가 학위심사의 위원이 되는) - 생체물리, 생체방사선학, 의용물리, 보건 및 의학: 신경생물학: 시각생리학-이 있다. 또한 UCSF의 의과대학과는 교육과 연구활동에 가장 밀접하며 협동 프로그램에 의해 대학원생은 임상분야에서 연구조교로서 연구 과제를 수행할 수 있으며 교내에서 이용하기 어려운 시설을 이용할 수 있다. UCSF의 교수 1인은 버어클리에 등록된 대학원생들을 UCSF의 교수들에게 짝지워 주는 조정교수로서 버어클리의 해당 학생 지도교수와 공동으로 연구를 지도 감독한다. 석사학위 과정에서는 6학점까지 UCSF에서 취득할 수 있으며 매학기 개설하는 생체공학 세미나는 양교에서 교대로 연다.

표 1은 생체공학 및 이에 관련된 정규 교과 과정으로서 과정번호 100~199는 학부의 상급반 (3, 4학년) 과목이며 200이상은 대학원 과정이다.

표 1에서 보면 개설되고 있는 교과목의 수는 전기공학 및 전산학과의 가장 많은데 이는 생체공학이 초기에 전기공학의 범주에서 시작되어 정착되었고, 새로운 기술의 성공적인 집적이라는 면에서 생체공학에 필요한 공학과목은 전기공학과 크게 다르지 않기 때문이다.

특이한 것은 생명과학 분야의 과목이 없는데 이는 교양과정이나 관련 과목의 수강으로 충족시킬 수 있기 때문이다. 최근 미국 대학내에 생체공학교육 과정을 학부에 개설한 학교를 대상으로 조사한 보고에 따르면 평균적으로 공학대 생명과학 과목의 비율은 8:2이며 이

표 1. 버어클리의 생체 공학 프로그램의 교과목

<i>Electrical Engineering and Computer Sciences</i>	
181	Dynamic networks in biology
182	Laboratory in biomechanical signals and transducers
183	Bioelectronic instrumentation
184	Introduction to ecological systems (alternate years)
185	Electrical hazards and safety
187	Signals and transducers in biology and medicine
188	Electronic signal processing in biology and medicine
189	Computer applications in biology and medicine
199	Independent study
281	Dynamic systems in biology
282	Biomedical instrumentation
286	Neurophysiology of the visual system
290-J	Image processing
299	Individual research
<i>Industrial Engineering and Operations Research</i>	
170	Human performance mechanisms
178	Industrial safety and health
199	Independent study
270	Engineering psychology
274	Manual control and manned systems design
299	Individual research
<i>Mechanical Engineering</i>	
210	Biological control systems (with laboratory)
213	Physiological fluid mechanics
216	Transport processes in biological systems
299	Individual research
<i>Nuclear Engineering</i>	
162	Radiation protection and control
199	Independent study
240	Biological effects of radiation and radiation safety
299	Individual research
<i>Other</i>	
Engineering 153,	Introduction to bioengineering
Engineering 290A,	Clinical aspects of bioengineering
Engineering 298-3,	Bioengineering seminar
Interdepartmental Studies 111,	Introduction to neurobiology
Interdepartmental Studies 201,	Cellular mechanisms underlying nervous activity (with laboratory)
Interdepartmental Studies 202,	Neural integration and coordination (with laboratory)
Interdepartmental Studies 210,	Physical basis of radiology and nuclear medicine
Chemical Engineering 170,	Introduction to biochemical engineering
Chemical Engineering 249,	Biochemical engineering
Sanitary and Bioenvironmental Engineering: Courses on pollution and waste control, applied ecology, limnology, and plankton ecology	
Biophysics and Medical Physics: Courses in cellular, radiation, and theoretical biophysics, and in medical physics	
Biomedical and Environmental Health Sciences: Courses in biostatistics, occupational health, industrial safety, toxicology, pondology, bioenvironmental systems, and applied algology	

정도면 진학, 취업 및 의과대학 진학에 족한 것으로 나타났다. 또한 생체공학에서 요구되는 공학과목은 전기공학(국내의 전기, 전자공학을 합한)과정과 크게 다르지 않다는 점이다. 버어클리의 전기공학및 전산학과 의 학부 상급과정(3, 4 학년)부터는 전공 과정을 일반, 전자공학, 회로와 시스템, 전산학, 생체 전자로 나누어 이수하고 있다.

다음은 학생과 교수의 연구 활동에 대하여 알아 보겠다. 전기공학및 전산학과 의 경우 모든 연구는 Electronics Research Lab. 에서 주관하며 한편으로는 교내 의 생체공학 그룹에 속한 교수의 연구실에서 이루어진다. 전자계산기나 공동 과정의 이수에 필요한 시설외 에 생체공학 연구시설로는, 특정연구에 필요한 시설, 암실, 신경계, 광운동, 시각, 심장계통이나 그밖의 의 학및 생물학적 시스템의 연구에 필요한 계측및 처리 장치가 있다. 이 분야의 교수들로서는 신경 모델과 생 체계측제어로 유명한 Lewis, 양전자 방출식 토모그래 피(PET)를 LBL과 공동으로 연구하는 Budinger, U- CSF의 방사선 영상연구실과 핵자기 공명식(NMR) 토 모그래피를 연구하는 Singer, 과학기술사 연구로 유명 한 Susskind, 영장류의 안구운동 연구의 Keller, 계산 기에 의한 신호처리연구의 Graham, 안구운동계 및 신 경계제어 연구의 Stark 교수 등이 있다. 생체공학에 등

록하는 대학원생도 전기전산, 기계과가 주류를 이루고 있으며, 한국인으로는 전기공학과에 강진석, 김원수 (전 경북대 교수)씨가 생체공학 과정에 재학중이다. 참고적으로 표 2 에는 공과대학의 수개 학과에서 최근에 수행되었거나 진행중인 연구 과제의 목록을 실었다. 내용중에는 새로운 기술 특히 마이크로프로세서를 이용 한 신호처리 방식이나 장치와 디바이스의 개발이 활발 하며 신체장애자를 위한 기동 보조 장치등은 이채를 띄고 있는데 사진 1 은 생체공학 전공 학생들이 연구 프로젝트로서 설계한 전동식 구동식 휠체어로서 신체 장애자가 자동차를 오르 내리고 운전할 수 있게 한 것이다.

### Ⅲ. 운동 제어의 연구 동향

#### 1. 안구운동 제어계

필자는 지난 10여년 동안 동공반사제와 안구운동계 의 제어공학적인 연구를 해왔다. 현재 안구운동 연구 에 종사하는 연구자는 미국에만도 500여명이 넘으며 연구실만도 200여개에 이르고 있다. 이 분야는 안과, 신경과, 생리학과를 비롯한 의학분야, 심리학, 인간공 학, 항공학, 생체공학의 각 분야에서 기초과학 및 응용에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 버어클리의 Stark 교수는 오래 전부터 교류가 있어 왔고 이 분 의 모델을 연구과제로 택한 인연도 있어 1년 동안 그 의 연구실에서 안구운동계의 정보처리 특성을 연구하 던중 안구운동은 머리운동과 서로 불가분의 관계에 있 기 때문에 머리운동의 연구에도 관심을 갖게 되었다. 버어클리에 는 Stark, Keller 교수외에도 시각생리학과

표 2. 연구과제 목록

- EKG Analysis.
- Oculomotor Control.
- Auditory and Vestibular Periphery.
- Population Dynamics.
- Biomedical Microprocessor Measurement Systems.
- NMR Studies of Blood Flow.
- Bioeffects of Nonionizing Radiation.
- Microwaves as a Biomedical Tool.
- Mathematical Modeling of EEG.
- Information Processing in the Retina.
- Effects of Weak Induced Currents on Brain and Nerve Function.
- Biomedical Image Processing Through Three-dimensional Reconstruction
- Optimization of Plant Productivity.
- Pulmonary Flow Dynamics.
- Long-term Life Support Systems .
- Mechanics of Spermatozoa Motion. \*
- Biophysics of Cervical Mucus.
- Mobility Aids for Disabled.
- Ballistocardiography.
- Impact and Impulsive-loading Effects on the Neck.
- Effectiveness of protective Head Coverings.
- Skiing Dynamics.
- Computer ECG Simulation.
- Lower -limb Prostheses.
- Human Walking Studies.
- Mechanics of Heart valves and Blood Flow.
- Blood Flow Studies.
- Recycling of Radioactive Noble Gases for Pulmonary Imaging.
- Positron Imaging With Multiwire Proportional Chambers.
- Tree-dimensional Radionuclide Imaging.
- Determination of Performance Parameters.
- Automatic Subjective Refraction.
- Closed Ecological Life Support Systems.
- Integrated Waste Management Systems.
- Control of Microalgae in Natural Bodies of Water.
- Biological Transformation of Solar Energy.



사진 1. 전동식 구동식 휠체어

의 Schor 교수가 독자적인 안구운동 연구실을 갖고 있다.

Stark 교수의 연구실은 시각생리학에 있으며 생체공학 연구실중 가장 연구 활동이 활발한 연구실의 하나로서 인간의 안구운동을 비롯하여 동공반사, 머리운동 및 팔운동의 제어를 연구하고 있다. Stark 교수는 신경학 의사로서 신경회로망 연구를 주창한 McCulloch 교수 밑에서 연구생활을 시작하였으며(군의관으로서 한국전에 참전하였다) 예일대에서 교편 생활중 제어공학 과정을 수료한 후 인간의 동공반사계를 제어공학적으로 해석하고 제어 모델을 발표하여 생체공학의 한 분야를 개척한 분이다. 후에 MIT교수로 있는 동안 Wiener, Shannon 교수 등과 교류하며 사이버네틱스, 정보 이론을 생체제어제 해석에 이용하여 그간의 연구 결과는 "Neurological control systems-Studies in Bio-engineering" (plenum, 1968) 으로 출판하였으며 일리노이대(시카고 분교)에 생체공학과를 창설하였고, 1968년 이후 버어클리에서 연구생활을 계속하고 있다. 일찌기 IEEE의 Fellow에 선임되었으며 여러 잡지의 편집인을 역임하였다. 그의 학문 세계는 물리계의 연구 방법을 이용하여 생체계(특히 신경계)를 정의, 측정, 정량화시켜 해석하고 수학적 구조를 갖는 개념을 형성하는데 있다. 안구운동 제어계의 모델에는 데카르트가 300여년 전에 제안한 상호신경 지배 이론(reciprocal innervation)을 확장하여 비선형 6차 모델을 제안하여 saccade 안구운동(시표변위시 발생하는 빠른 안구운동)이 시간 최적 운동임을 입증하였다. 필자와는 안구운동의 정보처리 특성 머리운동계의 적응성, 근전도와 동특성의 관계에 의한 최적 제어 모델에 대한 연구를 공동으로 수행하였으며 이 연구는 미국 항공우주국(NASA) Ames 연구센터의 운항관리 연구 계획의 후원으로 이루어졌다. 이 연구 목표는 인간의 각종 운동 제어(안구, 팔, 다리, 머리, 손가락, 등의 운동)에 있어서 두뇌의 역할 및 이의 규명에 있으며 연구 방법으로는 생체 측정에 의한 신경 제어 시스템의 해석과 이의 이해를 위한 모델 개발에 역점을 두고 있으며 실험 및 모델의 파라미터 추정을 위하여 감도 해석법의 응용을 시도하고 있다.

K교수는 제어공학자인 Jury 교수(전기전산과)의 Inners 방법, 수학자인 Bremermann 교수(생체물리 및 의용물리과)의 Global Optimization 이론, Zadeh 교수(전기전산과)의 비선형 계통이론과 fuzzy set 이론을 도입할만큼 제어나 응용수학의 최신 이론에 관심이 깊다.

그동안 배출한 박사만도 50여명이고, 논문은 250여편에 달하며 그의 연구실에는 세계 각지에서 찾는 연구

자(필자 포함)들이 끊이지 않는다. 연구시설은 그가 지난 30여년 동안 사용하던 동공, 안구, 팔운동, 측정장치, 5대의 소형 계산기가 주류를 이루고 소규모 공작실이 뒷받침해 주고 있다.

귀국에 임박하여 Stark 교수의 권고로 그간의 연구 결과를 사계의 전문가들과 토의하기 위하여 미국 동부의 안구운동 관계 연구실을 순방할 기회를 가졌다.

MIT의 생체공학 그룹인 항공학과의 Young 교수 연구실은 안구운동(특히 전정반사계) 머리운동에 대한 연구를 우주 항공분야에의 응용을 목적으로 NASA의 지원아래 수년째 계속해 오고 있다. 특히 운동 지각에 있어서 시각-전정계의 상호작용 연구는 세계적으로 권위가 있으며 최근(1978년)에는 이 분야의 전문가들이 신경과학 프로그램(neurosciences research program-MIT의 interdisciplinary, interuniversity 연구 기관으로서 인간의 지적 프로세스를 포함하여 신경계와 행위에 관한 연구가 목적)의 주도하에 학술회의를 갖고 결과는 NRP Bulletin 18권 4호(1980. 9)에 수록하였는데 이 분야 연구의 지침이 되고 있다. Young 교수는 적외선 반사식 안구운동 측정기를 20년 전에 Stark 교수와 개발하여 안구운동계의 예측 특성을 발견하고 saccade 제(위치 써어보제)는 샘플치제로, smooth pursuit 제(속도 써어보제)는 연속치 제어제로 모델링한 바 있다.

안구-머리 공동(eye-head coordination) 운동과 머리운동 연구로 이름난 심리학과의 Bizzi 교수는 인간보다 영장류(주로 원숭이)의 운동제어기구의 규명에 단일 운동 뉴런 활동을 측정하여 모델화를 시도하고 있었다. 최근에는 팔운동에 대한 제어 특성을 발표하였으며 MIT의 기계공학과와 생체그룹, 이태리 제노아 대학의 Morasso 교수 그룹이 이 연구에 공동 참여하고 있으며 인간과 특성이 유사한 로보트학(anthropomorphic robotics)에 대한 많은 연구시설을 운영하고 있다. 필자는 머리 운동군 뉴런의 발화를(단일 뉴런 레벨이 아닌) 표면 전극을 써서 근전도(electromyogram, MNG) 신호를 측정하여 패턴파시켜 동근(agonist)과 길항근(antagonist)의 제어신호를 규명하였는데 앞으로 이들의 연구 결과로 타당성이 검증 되기를 기대한다.

Bell 전화연구소(BTL, Murray Hill)에서는 필자의 친우인 강성모 박사(버어클리의 Chua 교수 제자로 Memristor를 모델링 하였음)의 안내로 VLSI 연구과정을 둘러보고, 언어합성 연구실에서 Nelson 박사의 연구시설을 보았는데 그는 pontryagin의 최대 원리를 이용한 턱 운동의 수학적 모델을 연구하고 있는데 그의 모델에는 동

일 크기와 레벨의 펄스를 제어신호로 쓰는 Bang-Bang 제어보다 서로 다른 크기의 펄스를 쓰는 제어 형태를 Bing-Bing이라 이름하여 쓰고 있었으며 펄자의 모델에도 이 개념을 이용할 것을 권하였다.

워싱턴 근교의 베테스다에 위치한 국립보건원(NIH)의 안과연구소(NIE)의 신경안과학 연구실은 임상과 기초 연구 분야에 가장 앞선 연구실의 하나로 인간과 영장류를 연구 대상으로 하고 있으며 책임자인 Cogan 박사를 Zee교수(Johns Hopkins 의대의 신경학 교수로 Robinson교수 그룹)의 안내로 찾았다. 필자는 saccade와 전정안구반사(VOR)의 비선형 상호작용, 머리운동 연구를 그의 연구실에서 발표했는데 이 연구실이 Reingold 박사는 Saccade와 smooth pursuit제의 상호작용의 연구를 끝낸 참이라 방법상의 문제, 두뇌 기능에 대한 해석에 관해 진지하게 의견 교환이 있었다. Cogan 박사는 Stark교수, 연세대 안과의 최 역교수와는 하바드 시절에 같이 일한 적이 있어 매우 반가워 하였고 세밀한 부분까지 친절하게 지적해 주며 논문이 나오면 꼭 보내 달라고 하였다.

Johns Hopkins 의과대학의 Wood Research Building에 자리잡고 있는 Robinson교수의 안구운동 연구실은 NEI와 협동 연구로 인간과 영장류의 안구, 머리운동의 연구실이며 Robinson교수는 전기, 생체, 안과학의 교수로서 필자가 대학원생때부터 교류하고 학위논문에서 그의 모델을 연구한 것을 인연으로 그의 연구 시설을 안내해 주었다. 20년 전에 개발한 자기 탐침코일을 이용한 안구운동 측정장치를 머리운동 측정에 응용하고 있으며 현재는 Tensor해석법을 전정안구반사 연구에 이용하는 논문과 안구운동 연구를 집대성한 "The Oculomotor control system"을 Oxford 대학에서 발간할 예정이다. 신경학자인 Zee교수를 비롯하여 생체공학 및 전기공학 전공의 박사학위 과정의 학생들이 4개의 연구실을 밝히고 있었다.

Rutgers(뉴저지 주립대) 대학에는 Stark교수의 제자들인 Semmlow, Hung 교수가 공동으로 Accommodation(안구렌즈의 초점조절), Vergence(2개 안구의 반대 회전운동)제어기의 제어 분담에 대한 정량적 이론을 연구중에 있으며 교내에 있는 의과대학과도 연구 협조가 잘 이루어지고 있다고 하였다.

뉴욕 시립대의 Mount Sinai 의과대의 신경학과에서는 Cohen과 Raphan교수가 한 팀이 되어 영장류의 전정계 연구를 하고 있으며 현재는 NASA의 지원아래 운동지각시에 시각-전정계의 상호 접점에 대한 연구를 수행중이었으며 필자의 연구 결과에 대해 매우 긍

정적이고 고무적인 격려가 있었다.

짧은 시일내에 많은 연구실을 순방하지는 못했으나 대부분이 필자의 연구와 밀접하여 실로 얻은 바 많았다고 생각한다.

## 2. 신경 근육 제어의 응용 연구

캘리포니아 공과대학(Caltech)의 Fender 교수(Bioinformation systems)가 주관한 OMS 81(Oculomotor Symposium 81) 학술회의(1981.1.22~24)에는 미국은 물론 유럽에서도 안과, 신경학, 생체공학에 관계된 안구운동 연구의 전문가가 참석하여 안구운동 전반에 걸쳐 최신 연구 결과가 발표되었는데, 간단한 연구 결과는 포스터에 담아 진열하는 poster session(1시간 정도)도 있었다(대부분의 학회에 이 방법을 활용). 필자는 미국에서 처음으로 발표의 기회를 얻어 VOR과 saccade의 비선형 상호작용에 대한 연구 결과를 내놓았다. 회의가 끝난 후 Fender교수 연구실 공개가 있었는데 공막 콘택트렌즈법을 이용한 안구운동 측정기, 뇌파(EEG) 측정장치와 이를 이용한 두뇌등전위면 사상연구는 흥미로웠다.

1981년도 Manual Control에 대한 18차 연례학술회의(18th Annual Conference on Manual Control)는 NASA본부, 공군항공역학연구소가 후원하고 Caltech 부속 Jet추진연구소와 산업연구소가 주관하여 1981.6.16~18까지 UCLA의 교수회관에서 열렸다. 대회의장은 Lyman교수(UCLA의 Biotechnology Lab)와 Bejczy 박사(JPL)가 공동으로 맡았으며 Workload, Displays, Teleoperation, Simulation & Training, Modeling 1 & 2, Manual Control, Sensory-Neuromuscular Factors, Supervisory Systems, Control and Vehicle Systems, Man-Machine Interface의 11개 부회로 나누어 모두 67편의 논문이 발표되었다. (발표자는 정해진 규격에 따라 타자된 원본을 제출하여 논문집을 만들었는데 이와 같은 일은 바람직한 일이라 생각하였다.) 필자는 Sensory-Neuromuscular Factors에 OMS 81의 논문을 확장하여 능동적인 머리운동에 의해 유도된 전정안구 반사를 초기조건으로 설정했을 때의 saccade 안구운동의 선형 가합설을 제안 하였다. 발표된 논문은 거의가 NASA 지원 연구비에 의한 결과이며 국방, 우주 항공, 자동차 운전에서 인간 및 원격조작, 로보트에 관한 것이 많았는데 필자의 관심을 끈 것은 남가주대학(USC)의 Berkey교수가 발표한 표준 근전도 측정 시스템과 JPL의 Bejczy팀의 자유도 6을 갖는

force-reflecting hand controller에 관한 연구였다.

대부분 공학에 종사하는 사람들은 Wiener의 사이버네틱스가 robotics나 인공지능(AI) 분야에 기여한 사실은 알지만 생체공학자들이 인공사지(artificiallimbs)의 기능을 개선시키는데 사이버네틱스의 원리를 이용하여 1951년 Wiener가 예상했던 꿈을 실현하고 있다는 사실은 거의 모르고 있다. 기계와 동물간의 통신과 제어의 대표적인 예로서 수족이 절단된 사람(amputee)의 두뇌에서 나오는 생체전기(신경 제어 신호)를(전극을 부착하여 얻은 근전도 신호) 처리하여 얻은 신호로 인공기관을 제어하기 때문에 보다 자연스러운 기능을 갖는 인공사지기관의 설계가 가능하게 되었다.

이와 같은 인공지능을 갖는 사지(cybernetic limb)는 최근 2가지 부문에서 가능성이 시작되고 있는데 ①내재적으로 잡음이 심한 근전도 신호에서 적합한 신호대 잡음비와 상대적으로 distortion이 없는 신호를 신속하게 처리하는 기술, ②상이한 근전도 신호 패턴을 이에 대응되는 운동(무릎이나 팔꿈치를 펴다 오므리는 운동 또는 팔꿈치나 팔목의 토오크 등)으로 자동적으로 맷칭시켜 주는 판별 기술의 개발이 바로 그것이다.

이와 같은 신경제어에 대한 생체공학적 연구는 로봇트랙이나 재활공학의 기본이 되고 있다. 샌프란시스코 지역에는 감각보조 재활공학 센터로 유명한 Smith-kettlewell Institute of Visual Sciences가 있는데 이곳에는 맹인을 위한 인공시각 연구실에 Brabyn박사, 농아의 보조장치 연구실에 Saunder박사가 있다. 스탠포드 대학의 재활공학 센터에는 Zajac박사(고양이의 jumping 운동 모델연구), Leifer박사(재활 로봇트 보조장치 연구) 등이 있다.

스포츠과학에서도 신경제어에 관심이 높아 필자도 참석하였던 Psychology of Motor Behavior & sport-1981(1981.5.31~6.3. Asilomar)에서는 Stark, Morasso(이태리의 제노아대학), Lee(영국 맨체스터대학), Zajac박사의 neuromotor control 및 Optimization of Motor control을 초청 심포지움으로 열려 스포츠계도 과학화를 위해 기초 분야에 관심이 고조됨을 알 수 있었다.

그밖에 남북가주의 IEEE가 후원한 WESCON 81(Western Electronic Show and Convention 1981)은 1981. 9. 15~17까지 샌프란시스코의 시청 전시홀에서 열렸는데 세계 각지의 전자회사가 견본을 출품하였으며 논문발표(전문부회), 영화상영 등 다채로운 행사가 진행되었다. 특히, 28부회에는 technology to help the handicapped 라는 주제로 재활공학에 대한 발표가 있

었다.

이 전시회에는 서울대의 고명삼, 권육현교수도 함께 참관하였다.

#### IV. 맺음 말

지금까지 필자가 미국에서 경험하고 보아왔던 생체공학의 교육문제와 생체공학의 사이버네틱스적인 연구를 단편적으로 소개하였다.

생체공학 교육은 연구와 취업 기회의 확대로 날로 수요가 증대되고 있는데 광범위한 지식이 요구되지만 이를 모두 수용할 수 없기 때문에 기초과학과 기술을 집중적으로 교육하여 창조성, 독창력 개발에 중점을 두고 있다.

끊임없이 진보하는 기술과 변화무쌍한 생명과학의 문제를 성공적으로 집적하는 일이야말로 생체공학의 독자성이며 다른 공학분야에서와 같이 핵심적으로 학부에서 가르쳐야 할 지식으로 생체공학이 구성되어야 하며 교과목의 내용은 다방면으로 연구를 필요로 한다.

현재 우리 나라는 이 분야의 고급기술인력을 필요로 하는데 한 가지 제언을 한다면 이의 양성을 위하여는 일정 기간동안 국가적인 차원의 지원이 절실하다고 하겠다. 미국의 경우를 보면 대학원생의 훈련은 국립보건원의 지원이 있어 왔다. 생체공학 연구에 종사하기 위하여는 우선 우수한 기술인이 되어야 하며 전문분야에 접근하기 위하여는 생물학이나 의학분야의 연구자와 더불어 문제에 접근하는 것이 바람직한데 이미 이 분야에 종사해 온 사람들의 공통 견해이기도 하다.

#### 略語解説

SH(Siemens Halske A. G SH社(一般))

獨逸의 綜合電機 메이커로 重電機器, 通信裝置, 各種電氣部品이나 케이블 등도 만들고 있다.

SHC(Short-haul carrier telephone system 短距離搬送 電話方式(傳送))

市外 케이블을 사용하는 短距離回線(통상 100km이하) 用搬送方式으로, 트랜지스터 使用의 T-120 S-Tr, T-8 S-Tr, T-12SR 등의 方式이 있다.