미국 앨라바마대 응용광학 연구소를 찾아서

글 : 전호인 교수/경원대학교
전자공학과

서 언

내가 처음 앨라바마 주립대학내에 있는 응용광학 연구소(The Center for Applied Optics: CAO)의 소장인 콜필드(H. J. Caulfield) 박사를 처음 만난 곳은 캘리포니아주와 네바다주의 경계선에 위치하고 있는 Lake Tahoe였다. 때는 1987년 3월로 San Francisco보다 불과 위도 1도 높은 북위 39도에 위치해 있지만 험준한 Sierra Nevada산맥의 영향으로 눈은 그대로 남아 있었으며 기온 또한 영하 15도를 밑도는 아주 매서운 날씨였다.

필자는 Los Angeles의 따뜻한 기온에서 지내다가 Topical Meeting on Optical Computing 학술대회에 논문을 발표하러 남가주대학의 몇몇 대학원 동료들(한국인은 필자 뿐이었고 중국인 학생 1명, 미국인 학생 3명)과 함께 8시간을 운전하여 도착한 곳에서 겪은 추위여서 더욱 더 그 추위의 강도를 잊지 못하고 있다.

필자가 그때 발표한 논문은 Bell Lab.의 Alan Huang이 처음으로 창안한 Symbolic Substitution 기법과 홀로그래피를 이용하여 디지틀 광 컴퓨터를 구현하는 것이었다. 논문 발표시 콜필드 박사는 필자에게 그동안 본인이 가지고 있었던 많은 질문을 내게 하였고 나의 설명과 그 이론적 타당성에 많이 공감하는 것을 느낄 수 있었다. 자연스럽게 함께 일할 연구원이 필요하다는 대화가 오고 갔으며 연구 장학금의 제공 가능성이 확정되면서 응용광학연구소 행이 결정되었으니 학문하는 사람들의 학회활동이 얼마나 중요한가를 필자는 이를 통해 깊이 이해하는 기회가 되었다.

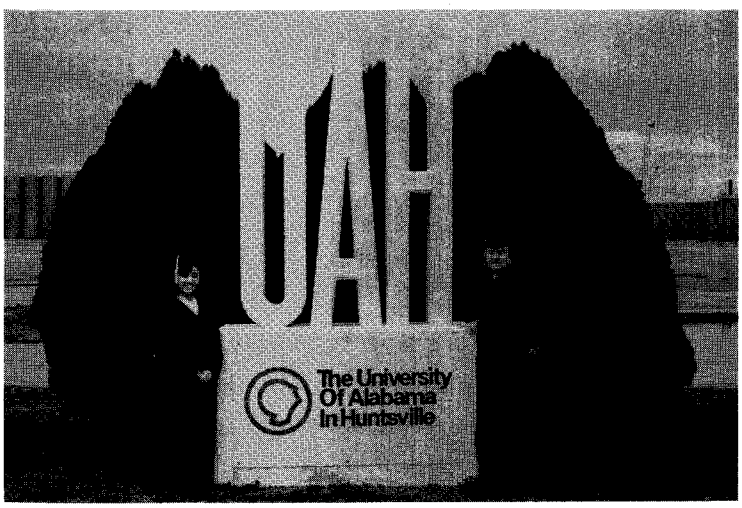
CAO는 1985년에 설립된 광학 전문 연구소로 미국의 3대 광학연구소 중의 하나로 꼽힌다. 가장 오래된 광학 연구소는 University of Rochester내에 있는 Institute of Optics(광학세계 7월호 참조)이고 그 다음이 University of Arizona at Tucson에 있는 Optical Science Center(광학세계 5월호 참조)이다. CAO와 다른 연구소와의 가장 큰 차이점은 그 자체 내에 학위과정(Degree Program)이 없다는 것이다. Institute of Optics나 Optical Science Center는 마치 전기공학과 처럼 소속 연구원들이 교수이며 학생들을 지도하고 그 결과에 따라 박사학위를 수여하므로 대부분의 연구는 교수와 학생의 관계에서 이루어진다. 하지만 CAO에 소속되어 있는 연구원은 주로 연구만을 위해 고용된 그 분야의 전문인으로써 함께 연구할 학생 인력이 필요하면 같은 Level에 있는 학과에 연구원을 의뢰하여 학위수여와는 상관없이 공동연구를 수행하는 경우가 더 많다.

따라서 CAO에서 연구하는 학생들은 대부분 자신이 학위를

수여받을 소속 학과(예를 들어 물리학과, 전기공학과 등)가 따로 있으며 마치 직장의 상사로 부터 업무를 지시받는다는 느낌으로 연구를 수행한다고 보면 좋을 것이다. 필자의 경우 Department of Electrical and Computer Engineering에 속해 있었으며 필자의 박사학위 지도교수는 리비아인인 M.A.G. Abusha-gur 박사였다. 그러나 함께 연구하며 필자에게 연구 장학금을 준 Supervisor격에 해당되는 사람은 CAO의 Director인 Caulfield 박사였던 것이다.

따라서 필자는 연구를 위하여 Caulfield 박사와 매주 Meeting을 했으며 박사학위 논문을 위해 지도교수와도 매주 만나 학문적인 교류를 나누었다. 조금 더 구체적으로 설명하면 앨라바마 주립대 내 각 과의 Optics와 관련된 모든 교수들은 CAO와 긴밀한 관계를 갖고 있으면서 연구소에서 확보한 프로젝트를 함께 수행하기도 하고 연구방향도 같이 잡아가는 상황이다.

CAO의 연구방향과 현재 진행중인 연구과제를 설명하려면 앨라바마 주립대학과 교내의 학과들, 그리고 주변의 여러가지 사항을 먼저 설명해야 한다. 그리고 연구원의 현황과 연구방향, 연구 분위기에 대해서 필자가 접할 수 있었던 다소 개인적일 수 있는 사항에 대해 나열해 보도록 하겠다.



▲ 앨라바마 주립대학에서의 필자(왼쪽은 필자의 부인)

The University of Alabama in Huntsville

The University of Alabama in Huntsville은 북위 35도에 위치하고 있는 Huntsville이라는 도시의 서쪽에 위치해 있다. Alabama주의 북단에 가까워서 Tennessee주로 들어가는 데 차로 운전을 하면 불과 30분 밖에 걸리지 않는다. 앨라바마대는 Tuscaloosa에 그 본교가 있으며 Birmingham과 Huntsville은 분교인 셈이지만 미국 대학교의 대부분이 그러하듯이 분교라고 수준이 떨어지는 것이 아니라 저마다 특색이 다르다. Birmingham은 의과대학이 아주 강하고 Tuscaloosa는 기계공학분야와 전자공학이 강한 반면 Huntsville은 전자공학 분야와 물리학, 기계공학, 그리고 광학이 강한 곳이다.

Alabama주는 원래 목화생산이 그 주요 산업이지만 목화밭을 구경하기 조차 힘들 정도로 산업화가 많이 되어 있는 곳이 Huntsville이다. NASA 연구소와 우주선 제조단지가 Redstone Arsnel안에 있고 이를 support하는 많은 방위산업체들이 산재해 있다. 그 대표적인 회사로 보잉사, 맥도넬 더글러스사, 록히드 등이 있고 별들의 전쟁을 지휘하는 MICOM사도 Huntsville시내에 있다. 통신 전문회사인 Teledyne Brown 지사도 있으며 세계적인 Computer Graphics Machine을 제조, 판매하는

Intergraph사도 여기에 있다. Alabama주 중에서 가장 많은 돈을 벌어들이는 도시가 Huntsville이라는 사실은 그리 놀라운 일이 아니다. 무엇보다 한국인으로서 특기할 점은 우리나라의 금성사 현지공장이 이 도시에 있다는 것이다. 이 회사에 근무하는 한국인은 약 20명 정도로 그 가족까지 계산하면 꽤 많은 수가 됨을 알 수 있다. 유학생이 약 30명 정도이고 교민이 약 300명으로 통계되어 있으며 한국 식당이 하나 있고 한국 식품을 판매하는 수퍼마켓이 두개나 되니 결코 작은 도시는 아니며 한국 유학생이 공부하기에는 LA나 New York과 같은 대도시 분위기를 굳이 부러워할 필요가 없음을 알게 된다.

The University of Alabama in Huntsville내에 Optics와 관련된 일을 하는 단과대학은 공과대학과 이과대학이다. 앞에서도 이미 언급했지만 각과의 Optics에 관련된 교수들은 거의 모두 CAO와 긴밀한 관계를 갖고 있으며 연구도 공동으로 수행하므로 연구소 소속 연구원으로 함께 취급하기도 한다.

먼저 공과대학의 5개 학과중 Civil Engineering과 Industrial and System Engineering을 제외한 다음의 학과 교수들이 Optics에 대해 연구하며 광학의 응용에 따라 소속 교수들의 연구분야도 달라진다.

다음은 공대 각 학과와 이과대학의 물리학과에 소속되어 있는 교수들의 연구분야들을 정리한 것이다.

Department of Electrical and Computer Engineer-ing

Mustafa A.G. Abushagur : Optical Signal Processing, Optical Algebra, Optical Computing, Optical Neural Networks

Gregory Gheen : Optical Pattern Recognition

Stephen Kowel : Optical Interconnections, Liquid Crystal Devices

Department of Mechanical Engineering

John Glbert : Fiber Optic Sensors, Non-Destructive Testing

Department of Chemical Engineering

James Smith : Fiber Optic Sensors

Department of Physics

Russel Chipman : Optical System Deisgn, Polarization and Its Applications

Frederick Bartell : Infrared, Radiometry

Albert Rosenburger : Quantum Optics, Laser Theory

Lloyd Hillman : Lasers

Thomas Barr : High Power Lasers and Their Applications

Chi Sung : Nonlinear Optics

Douglas Torr : Optical Metrology

The Center for Applied Optics

CAO는 응용광학분야의 연구 및 교육의 활성화를 꾀하고 지역의 고도 기술산업과 다양한 정부기관의 필요를 충족시켜주기 위해 1985년 5월에 설립되었다. 초대 연구소장으로는 필자와 함께 광컴퓨터시스템을 연구한 H. John Caulfield 박사였다.

당시에는 연구소 건물도 건축되지 않아서 1991년 후반까지는 RI(Research Institute) 빌딩에 중요한 실험실을 들여놓았으며 이 건물의 한쪽 끝에 가건물을 연결하여 사무실로 사용하였다. 지금은 약 천만불을 들여 완공한 110,000평방피트의 전용빌딩(UAH Optics Buil-ding이라고 부름)내에 있으며 연구소장도 John Dimmock박사로 바뀌어 연구의 방향도 많이 달라진 셈이다. UAH Optics Building은 첨단광학연구와 광학 기기제작에 적합하도록 특수 설계되었다. 몇개의 광학실험실과 청정실,

암실 그리고 측정장비들은 건물의 중심부에 배치하여 진동과 외부환경의 영향을 차단하는데 최적의 효과를 주도록 하였다.

응용광학연구소에 있는 광시스템 설계와 분석을 위한 소프트웨어로는 VAX와 PC상에서 사용가능한 CODE-V, SYNOPSYS, GENII, 그리고 APART가 있고 CAD시스템으로는 AutoCAD 최근 버전과 Finite Element 프로그램인 COSMOS/M이 있으며 최대 크기의 칼라 플로터가 있다.

연구소 내의 실험실에는 3백만불에 달하는 현대적인 광학기기와 복잡한 장비들이 있는데 그 중에는 광학평면과 구, 코닉, 그리고 다른 여러가지 형태의 광학표면을 직경 12인치까지 가공할 수 있는 Pneumo Precision Ultra 2000 single point diamond turning machine이 있다. Optical Coating 실험실에는 5개의 진공시스템이 있으며 이 중에는 resistive evaporator와 Sputtering, 그리고 Ion Milling System이 있다. Optical Metrology 실험실에는 Zygo Interferometer, Form Talysurf, Wyko TOPO 3-D, talystep Profilometer, 그리고 Nomarski와 Klinger Microscope와 같은 광표면의 굴곡도 및 모양을 측정하는 장치 등이 있다.

CAO가 수행하고 있는 연구용역은 많은 부분이 NASA와 함께 여러가지 우주 항공분야에 관련되어 있는 MSFC (Marshal Space Flight Center)로 부터 받은 연구들이다. 이것은 현재의 연구소장인 Dr. Dimmock이 NASA연구소에서 재직한 적이 있다는 데에서 쉽게 이해할 수 있다. 최근에 체결된 연구 용역들 중에는

- Design, fabrication and modeling of satellite-mounted X-ray telescope;
- UV imaging camera;
- Total integrated scatter instrument
- Multicolor holography for space applications;
- Speckle method for stress and distortion analysis;
- Laser Lidar;
- Laser machining for commercial applications

등이 있다. 이러한 연구용역을 수행하기 위해 응용광학연구소 내의 연구원들이 수행하고 있는 연구내용을 테마별로 분류하면 다음과 같다.

- Space-Based Scatterometer
  -James B. Hadaway and Anees Ahmad
- Residual Stress Analysis Using Annealing and Speckle Interferometry
  -Chandra Vikram
- Speckle Metrology and Holographic Vibration Analysis
  -Chandra Vikram
- Optomechanical Design and Analysis of X-ray Telescopes
  -Anees Ahmad and Chen Feng
- Electroforming of AXAF-S Mirrors
  -Darell Engelhaupt
- Hypersonic Wind Tunnel Surface Study
  -Darell Engelhaupt
- Laser Cutting of Pre-heated steel
  -Arthue Werkheiser, Chen Feng, and Ye Li
- Corrocion Study of Compact Disk Materials
  -Darell Engelhaupt
- Coherent Laser Radar
  -Gary Spiers and Farzin Amzerjerdian
- Excitonic Nonlinear Optical Properties in Rectangular Quantun Well Wires
  -Frank Madarasz
- Gas Refractometer
  -James Hadaway
- Multicolor Holography
  -Chandra Vikram

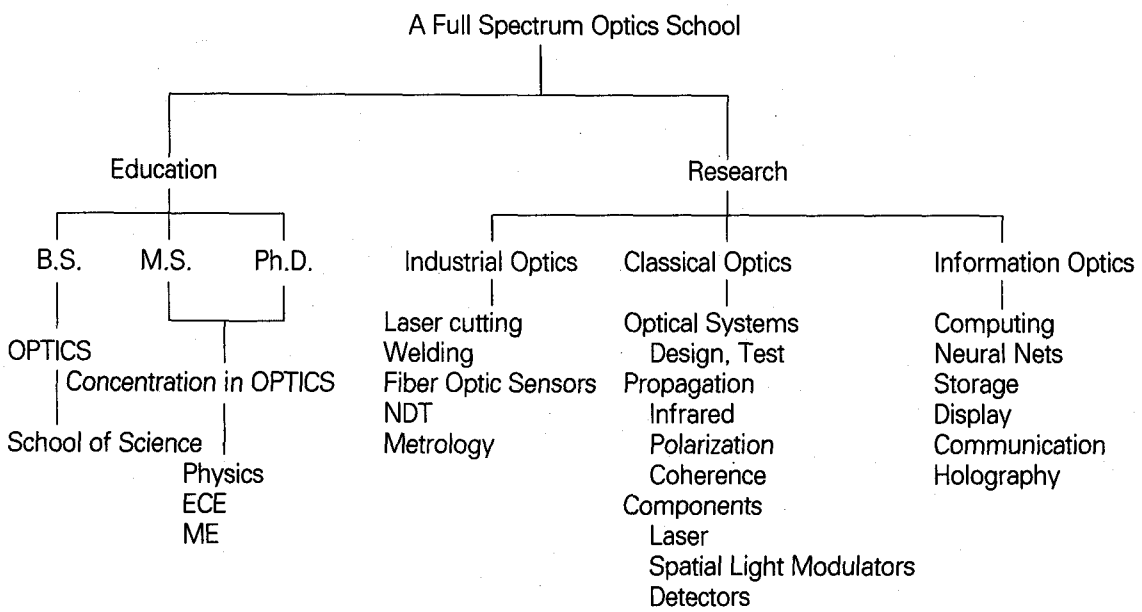
초창기의 연구용역을 보면

응용광학연구소의 부소장을 역임한 R. Bary Johnson과 Amar Choundry가 1988년 SDC(Strategic Defense Commander: SDI 사령부에 해당됨)로 부터 "Knowledge-Based Optical System Design"을 주제로 받은 269만불이 가장 큰 액수였으며 이 외에도 로켓의 광 상관을 위한 액정 TV의 개발, 초경량 복합 광평행기, 광전자 시험장치, 망원경, X-ray와 UV, 그리고 적외선 시스템 등이 있었다. 1988년과 1990 사이의 연구과제수는 42개였으며 전체 연구 용역비는 약 7억3천3백만불이었다. 재미있는 것은 Caulfield 박사와 Amar Choudry를 중심으로 이루어졌던 Optical Holography를 포함한 Optical Computing System과 광 메모리, 그리고 Optical Neural Network이 많은 부분을 차지하였으나 연구소장이 바뀌면서 이러한 분야는 거의 연구가 이루어지지 않고 있다는 것이다. 이것은 연구소 전체의 연구분야가 연구소장의 학문적인 배경과 경험에 따라 달리질 수 있음을 의미하는 것으로 받아들여지며 진정한 발전은 연구소장의 잦은 교체도 그 한 몫을 한다고 보아도 좋을 것이다.

한국인과 응용광학 연구소

앞에서 이미 언급을 했지만 응용광학연구소에는 학위과정이 없다. 따라서 응용광학 연구소에 전임 연구원으로 취업을 하지 않고서는 응용광학연구소 재직이나 졸업이라는 말이 어울리지 않으며, 앨라바마 주립대학의 어떤 학과의 학생으로써 응용광학연구소의 연구원으로 잠깐 일했다고 하는 것이 보다 정확한 표현이다. 이런 관점에서 보았을 때 응용광학연구소를 거쳐간 한국인은 그리 많지 않은 편이다. 응용광학연구소에서 연구한 한국인으로는 필자가 처음인 것으로 알고 있으며 아직 미국에서 활동하고 있는 이우석 박사가 그 두번째이고 다음으로는 지금 ADD(대전 기기창)에서 근무하시는

앨라바마 주립대학의 광학관련 연구와 교육 프로그램



물리학과의 김종민 박사가 아닌가 한다. 가장 최근에 학위를 마치고 귀국한 박정호 박사까지 포함하면 모두 4명 밖에 안되는 매우 적은 동문이 있는 셈이다. 물론 앨라바마 주립대학에서 광학 관련분야를 전공한 한국인은 이보다 훨씬 많다. 그러나 응용광학연구소에 소속되었던 사람의 수는 적은 것이다.

미국으로 건너가서 광학을 연구하기를 원하는 유학생이 있다면 앨라바마 주립대학에서 광학을 공부하는 것을 필자는 적극 권하고 싶다. Rochester 대학의 Institute of Optics나 University of Arizona의 Optical Science Center보다는 역사도 짧고 아직 연구 분야도 그만큼 폭이 넓지는 않지만 UAH의 공과대학과 이과대학에서 제공하는 광학관련 과목을 통해 충분한 지식을 얻을 수 있으며 구체적인 연구는 응용광학연구소의 연구원과 함께 깊이 있는 학문을 수행할 수 있으리라 생각되기 때문이다.

결 언

끝으로 앨라바마 주립대학 응용광학연구소의 소장인 Caulfield 박사와 일하면서 필자가 받은 감명 2가지만 소개할까 한다. 첫째로는 연세가 60이 가까와졌는데도 1년에 약 8편 정도의 연구결과를 발표하며 새로운 연구를 위해 앨라바마 주립대학의 도서관을 아주 효율적으로 활용한다는 것이다. 실제로 Caulfield 박사는 여러가지 학술대회와 워크샵에 참석하느라 일년에 3분의 1은 사무실을 비우기 때문에 원하는 시간에 Meeting을 하기도 쉽지가 않았다. 이러한 여행 스케줄에 항상 피로에 싸여 있는 그가 연구소장으로써 관리적인 일도 많을 것임에도 불구하고 왕성한 연구결과를 발표하는 데에 커다란 감명을 받았다.

마지막으로 Caulfield 박사가 갖고 있는 직업관이 매우 인상적이었다. 조금 더 구체적으로 설명하면 '본인이 소장으로 역임하고 있지만 임기(실제로는 5년이지만 앨라바마 주립대학 총장의 부탁으로 1년 연장되었음)가 만료되면 기회가 닿을 경우 일반 연구원으로 CAO에서 계속 연구를 하고 싶다'는 것이었다. 여태까지 필자가 경험한 바에 의하면(이것이 한국적인 사고방식인지는 잘 모르겠지만) 어떤 집단의 우두머리가 자신의 지위를 타인에게 이양하고 그 집단의 낮은 위치에서 일한다는 것이 한국인인 나로써는 선뜻 받아들이기 어려운 일이다. 그러나 매우 어려우면서도 정말 필요한 의식구조라는 점에서 신선한 충격을 받은 것이다.(Caulfield 박사는 본인의 의도대로 CAO에서 근무하지 못하고 지금은 Alabama A & M University의 물리학과에서 교수로 근무하고 있다.)

앨라바마 주립대학 응용광학연구소에서의 많은 경험과 인간관계가 필자에게는 매우 소중한 것이며 앞으로 많은 삶의 방향을 제시해 줄 것으로 확신한다. 특히 Caulfield 박사가 보여준 과학자로써의 많은 소양을 바로 옆에서 직접 접하면서 전수받을 수 있는 좋은 계기가 되었다는 것이 무엇보다 더 소중하게 느껴지는 것이다. 모방은 창조의 어머니라고 했듯이 필자는 Caulfield 박사가 보여준 여러가지 모습을 모방하면서 보다 나은 과학도가 되기를 기원해 본다.