

대학 컴퓨터과학입문 과목 어떻게 교육할 것인가?

연세대 컴퓨터과학과 | 최윤철

1. 서론

오늘날 컴퓨터 교육은 관련 전공자는 물론 비전공자들에게도 필수적인 교육과정으로 인식되고 있다. IT융합 개념이 확산되면서 이제 모든 산업은 IT기술과의 융합을 통해 발전하고 있다. 2016년 초 다보스 세계경제포럼(WEF: World Economic Forum)의 보고서에 의하면 4차 산업혁명은 과거 1차, 2차 및 3차 산업혁명보다 훨씬 빠른 속도로 진행될 것이며 우리사회에 더욱 광범위하게 영향을 미칠 것으로 예측되고 있다. 4차 산업혁명은 사물인터넷(IoT) 기술은 물론 빅데이터 기술, 인공지능 및 로봇 기술, 증강현실 기술이 중요한 역할을 담당할 것이다. 브라운 대학 크리슈나무티 교수에 의하면 “이제 모든 사람들이 실질적으로 모든 기업을 컴퓨터 기업으로 인식하고 있다”라고 말한다. 이러한 시대적 변화와 상황 속에서 컴퓨터과학입문 교육을 어떻게 진행할 것인지를 다시 재고할 필요성이 대두되고 있다. 여기서는 새로운 환경 속에서 컴퓨터과학입문 교육의 목적이 무엇인지 살펴보고 미국 주요대학의 사례를 중심으로 컴퓨터 교육을 어떠한 방식으로 진행하는지 알아본다. 또한 연세대 컴퓨터과학과의 컴퓨터과학입문 과목의 목적을 제시하고 강의 내용을 제안한다.

2. 컴퓨터입문 과목의 목적과 사례 분석

컴퓨터과학입문 과목(CS 101)은 다양한 수강생을 대상으로 다양한 방식으로 교육되고 있다. 여기서 표준 커리큘럼을 제안하는 것은 타당하지 않다. 대학에서 물리학 개론, 화학 개론, 생물학 개론, 미적분학 등의 기초과목들의 커리큘럼이 실질적으로 표준화되어 있는 반면 컴퓨터입문 과목은 그러하지 않고 시대의 흐름에 따라 변화하여 왔다.

2.1 컴퓨터과학입문 과목의 목적

컴퓨터과학입문 과목의 수강자들의 목적과 전공의 분포는 매우 다양하다. 저자가 지난 6학기 동안 연세대에서 “컴퓨터과학입문(CSI 2106)” 과목을 강의해온 경험에 의하면 매 학기 전체 수강생 70여명의 전공 분야는 약 25개 전공 이상이며 수강생들의 학년도 2학년, 3학년 및 4학년으로 다양하게 분포되어 있다. 즉 컴퓨터입문 과목은 더 이상 전공 학생들만 택하는 과목이 아님을 알 수 있다. 미국 Harvard 대(Harvard CS 50, “Introduction to Computer Science”) 및 Yale 대학(Computer Science 100, “Introduction to Computing and Programming”)의 경우에도 컴

퓨터입문 과목은 전교생을 대상으로 개설되며 Harvard 대학의 경우 이 과목은 한 학기에 800명 이상, Yale 대학의 경우 500명 이상이 수강하고 있다. 이제 컴퓨터입문 과목은 Harvard 대학 및 Yale 대학에서 과거 “경제학 개론”을 넘어서 가장 많은 수강생들이 택하는 과목으로 자리 잡았다. 따라서 여기서는 전공자뿐만 아니라 실질적으로 거의 모든 전공의 학생들이 택하는 과목으로서의 컴퓨터입문 과목을 논하려고 한다.

각 대학이 컴퓨터입문 과목을 통해 달성하고자 하는 목적은 각 대학의 상황에 따라 매우 다양하다. 각 대학이 갖고 있는 강의 및 실습 자원, 수강생 수, 수강생의 분포 및 자질, 학점 수(3학점 또는 4학점), 수강생들이 택하는 컴퓨터 관련과목의 수 등에 따라 다르게 진행되고 있다. 특히 대학이 갖고 있는 강의 자원 및 실습환경은 강의 커리큘럼은 물론 진행에 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 예를 들어, 강의 교수가 교육하는 학생 수 및 조교(TA)의 수, 또는 실습 환경은 강의의 질을 유지하는 데 큰 역할을 하고 때로는 걸림돌로 작용할 수 있다. 일반적으로 컴퓨터입문 과목의 커리큘럼은 컴퓨터과학 전반에 관한 소개 형식으로 구성되거나 컴퓨터 프로그래밍을 중심으로 한 형식으로 구성된다. 컴퓨터과학 소개에 기반한 과목은 컴퓨터의 역사와 발전, 정보의 표현과 컴퓨터 시스템, 소프트웨어와 데이터 구조, 정보통신과 인터넷, 데이터베이스, 멀티미디어, 모바일 컴퓨팅 및 사물인터넷, 인공지능 분야를 포함한다. 이러한 방식은 컴퓨터의 원리와 개념을 이해하고 이러한 원리에 입각한 다양한 컴퓨터 활용 및 IT 기술의 활용을 목적으로 하고 있다. 이에 비하여 컴퓨터 프로그래밍 중심 교육은 실제 프로그래밍 언어를 가르치고 언어를 이용하여 소프트웨어를

개발하는 것을 목표로 하고 있다. 최근의 경향은 프로그래밍 언어 자체를 강조하기보다 문제를 이해하고 정의하며 해법을 찾는 소위 “문제해결(Problem Solving)” 능력의 계발을 목적으로 하고 있다. 과거에는 프로그래밍 언어로 C, C++, Java 등을 이용하였으나 최근에도 대부분의 대학에서 파이썬(Python) 언어를 이용한다. 파이썬 언어를 이용하는 이유는 파이썬 언어가 배우기 용이하여 빠른 시간 내에 문제해결 단계로 들어갈 수 있으며 파이썬 언어가 다양한 라이브러리를 지원하고 있어서 소프트웨어 개발에 매우 유리한 환경을 제공한다. 또한 파이썬 언어는 Google, NASA, Nokia를 비롯한 많은 소프트웨어 개발 현장에서 유용한 언어로 쓰이고 있다. Communications of ACM 2014년 7월 호에 실린 Guo 교수의 연구에 의하면 과거 10년 동안 실질적으로 미국의 탑 10 컴퓨터과학과 중 8개 대학이 첫 프로그래밍 언어로 파이썬을 사용하고 있고 탑 40개 대학에서도 27개 대학이 파이썬을 처음 프로그래밍 언어로 사용하고 있음을 언급하고 있다.

2.2 사례 분석

모든 대학은 컴퓨터입문(Introduction to Computer Science) 과목을 제공하고 있다. 소위 “CS 101”이라 불리는 이 과목은 컴퓨터 분야의 첫 과목으로 전공 및 비전공 학생을 대상으로 하기 때문에 아무런 선수 과목 없이 이 과목을 수강할 수 있다. 여기서는 가장 많이 알려진 몇 대학의 사례를 통하여 대체적인 트렌드를 살펴본다. 참고로 MOOC 과목 중 가장 인기 있는 컴퓨터입문 과목으로 Udacity가 제공하는 University of Virginia의 “Introduction to Computer Science”, edX가 제공하는 Harvard 대학의 “Introduction

to Computer Science(CS 50)” 및 edX가 제공하는 MIT의 “Introduction to Computer Science and Programming using Python(MIT 6.00)”이 선정되었다.

1) Harvard 대학

“Introduction to Computer Science(CS 50)” 과목은 매 학기 800명 이상의 학생이 수강하는 Harvard 대학의 가장 인기 있는 과목으로 2007년부터 개설되어 왔다. 이 과목은 전공 및 비전공 학생을 대상으로 제공되며 수강생들이 컴퓨팅 사고(Computational Thinking)를 개발하는 것을 목적으로 하고 있다. 또한 문제 해결 능력을 배양하기 위하여 C, Python, SQL, JavaScript, CSS, HTML 등의 다양한 언어를 사용하고 있으며 수강생들은 실습 세션(Lab)을 통해 이러한 언어를 습득한다. 각 실습 세션은 100여명의 스태프들이 담당하고 있다. 이 과목을 오랫동안 강의해 온 Malan 교수는 학생들이 빅데이터 분석, 생물학, 암호학, 재정학, 디지털 포렌식(감식) 등의 실세계 영역의 문제를 통해 수강생들에게 알고리즘을 강조하며 문제해결 능력을 기를 수 있도록 지도하고 있다. 이 과목은 한 학기 동안 9 개의 프로그래밍 숙제, 1 회의 시험과 퀴즈 및 최종 프로젝트를 요구하고 있다. Yale 대학도 Harvard 대학의 이 강좌를 가져다 “Computer Science 100” 과목으로 사용하고 있으며 매 학기 500여명의 학생이 수강하며 40명의 조교가 실습을 담당하고 있다.

2) MIT

“Introduction to Computer Science and Programming using Python(MIT 6.00)” 과목은 아무런 컴퓨터 배경이 없는 학생을 대상으로 제공되며 파이썬(Python) 언어를 사용하고 있다.

수강생들은 Python을 첫 3주 내에 습득하여 과학 및 공학 영역의 문제를 해결하는 것을 목적으로 하고 있다. 이 과목을 통하여 수강생들은 컴퓨팅적 문제해결 능력을 배양하며 기본적인 알고리즘을 습득한다. 이 과목의 목적은 프로그래밍 언어의 교육에 있지 않고 과학 영역, 공학 영역, 최적화 문제, 탐색 기법, 그래프를 이용한 모델링 및 몬테칼로 시뮬레이션 등의 분야에서 문제를 정의하고 알고리즘을 개발하며 Python를 사용하여 문제를 해결할 수 있는 능력을 키울 수 있도록 교육하고 있다.

3) UC, Berkeley

UC, Berkeley 대학은 컴퓨터 기초 과목으로 “The Beauty and Joy of Computing(CS 10)” 및 “The Structure and Interpretation of Computer Program(CS 61A)” 과목을 제공하고 있다. CS 10은 컴퓨터 프로그램의 기본적인 구성요소인 Function, Concurrency, Recursion 및 알고리즘을 가르치며 컴퓨터 관련 이슈인 알고리즘의 복잡성, 비디오 게임, 멀티미디어, 인간-컴퓨터 상호작용, 게임 이론, 인공지능, 인터넷, 분산 컴퓨팅, 컴퓨팅의 한계성, SaaS(Software as a Service), 컴퓨터의 사회적 영향 등을 다루고 있다. 이에 비하여, CS 61A는 프로그래머 관점에서 소프트웨어 및 컴퓨터를 이해하고 프로그램의 추상화 개념, 객체지향 프로그램, 소프트웨어 설계, 프로그램의 동시성, 재귀, 시뮬레이션 등의 개념을 습득한다. 이 과목에서 Python 언어를 사용하지만 목적이 Python 언어의 습득에 있지 않고 문제해결을 위한 프로그래밍 기법을 교육하는 것이 목적이다. 따라서 수강생들이 Python 언어의 습득을 몇 주 만에 끝내는 것으로 개대한다.

4) Stanford 대학

“Introduction to Computer Science(CS 101)” 과목은 컴퓨터와 코드의 특성, 하드웨어의 원리, 소프트웨어의 원리, 디지털 이미지, 추상화 개념, 구조적 데이터, 인터넷, 컴퓨터 보안, 아날로그 대 디지털, 이미지, 사운드, 비디오와 같은 디지털 미디어, 미디어 정보의 압축 등의 토픽을 다룬다. 동시에 CS 101에서는 일종의 JavaScript 언어를 이용하여 프로그래밍의 원리는 교육하고 있다. 이에 비하여, “Programming Methodology(CS 106A)”는 기초 프로그래밍 과목으로 Java 언어를 이용하여 객체지향 설계, 분해 기법, 캡슐화, 추상화 및 테스팅과 같은 소프트웨어 공학 원리를 교육한다.

5) KAIST

KAIST의 “Introduction to Programming(CS 101)” 과목은 2010년부터 Python 언어를 이용하여 400 여명을 대상으로 문제해결 능력을 기를 수 있는 프로그래밍의 교육을 목적으로 하고 있다. 수강생들을 교육하기 위해 40명씩 10개의 분반이 존재하고 40여명의 조교를 활용하여 실습을 잘 지원하고 있다. 이 과목의 목적은 Python 언어를 가르치는 데 있지 않고 수강생으로 하여금 컴퓨팅 사고를 증진시키는 위하여 과목이 설계되었다. 컴퓨팅 사고(Computational Thinking)란 문제를 해결하기 위하여 알고리즘을 개발하고 이를 프로그래밍 하는 과정을 의미한다. 컴퓨팅 사고를 통해 수강생들은 문제의 분해(Decomposition), 패턴 매칭(Pattern Matching), 자료 표현(Data Representation), 일반화/추상화(Generalization/Abstraction) 및 모형(Modeling) 개념을 소프트웨어 개발에 적용한다.

3. 연세대의 사례를 통한 제안

3.1 컴퓨터과학입문 과목의 목적

연세대의 “컴퓨터과학입문(CSI 2106)” 과목은 컴퓨터 분야를 수강하는 학생들을 위한 첫 과목으로 전공 및 비전공 학생을 대상으로 하고 있다. 이 과목을 통하여 수강생들에게 컴퓨터 시스템의 원리를 강의하고 정보통신의 개념을 가르치며 컴퓨터와 정보통신의 활용을 교육한다.

컴퓨터와 IT기술은 너무 방대하기 때문에 이 과목에서는 필수적인 기본 개념과 지식만을 강의한다. 또한 학생들에게 IT 분야의 최신 이슈와 트렌드 중 우리 경제, 사회 및 산업에 큰 영향을 주고 지속적인 변화를 일으키는 개념을 소개한다. 사물인터넷과 스마트 사회, 웹 2.0과 소셜미디어, 모바일 컴퓨팅, 인공지능과 지능형 로봇, 가상현실과 증강현실, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 및 분석, 금융 서비스와 핀테크, 인더스트리 4.0, 감성 컴퓨팅 등에 관하여 소개한다. 마지막으로 이 과목을 통하여 수강생들이 컴퓨터 및 IT기술을 이용한 융합적 사고와 창의적 사고를 배양하도록 한다.

3.2 강의 배경 및 평가

본 강의는 매 학기 개설되며 학기마다 70~75명의 학생이 수강한다. 매우 다양한 전공의 학생들로 구성되어 있고 학년도 다양하다. 수강생들의 주 전공은 약 25개 전공이며 2학년 45%, 3학년 35%, 4학년 20%로 구성된다. 수강생들은 단순히 컴퓨터를 배우기 위하여 수강하기도 하지만 많은 경우에 복수 전공 또는 부전공을 목표로 수강하고 있다. 전체 수강생들 중 컴퓨터과학 전공은

1/3 정도이고 나머지 2/3는 타 전공 학생들로 구성되어 있다. 대부분의 수강생들은 이 과목을 택하기 전에 컴퓨터 관련 지식이나 선수 과목이 없으며 실질적으로 학기말에 평가 시 전공 또는 학생에 따라 성적 분포에 차이가 나지 않는다. 따라서 수강생 각자가 얼마나 열의를 갖고 노력했느냐가 중요한 것으로 인식된다.

평가를 위하여 학기당 4 차례의 시험이 있으며 각 시험 시간은 70~80 분 정도이다. 조교(TA)의 지원이 충분치 않아 따로 실습 시간(Lab)은 없으며 숙제도 주어지지 않는다. 모든 평가는 4 차례의 시험 및 출석, 그리고 제시한 관련 서적 중 택일하여 자신의 의견을 보고서 형식으로 제출하는 독후감에 의존하고 있다. 한국의 대부분 대학처럼 조교의 지원이 충분치 않아 충분한 숙제를 부여하거나 실습 시간을 제공하는 데 한계가 있다는 사실이 아쉬운 점이다. 연세대의 경우는 70 명의 수강생을 2명의 조교가 담당하고 있다.

3.3 연세대학교의 강의 방식

2.1절에서 언급하였듯이 컴퓨터입문 과목의 커리큘럼은 컴퓨터과학 전반에 관한 소개 형식으로 구성되거나 컴퓨터 프로그래밍을 중심으로 한 형식으로 구성된다. 최근의 트렌드는 컴퓨터에 관한 지식위주의 강의보다 실세계 문제를 정의하고 문제해결(Problem Solving) 능력을 배양하고 알고리즘을 설계하는 방향으로 나아가고 있다. 우리 사회의 요구가 “무엇을 알고 있는가?” 보다 “무엇을 할 수 있는가?”에 더 초점이 맞추어져 있다. 그러나 연세대의 경우에는 대부분의 수강생들이 전공, 복수 전공, 또는 부전공 학생들로 구성되어 있어 이들이 컴퓨터 분야 과목을 최소 3~4 과목 이상 택할 것으로 기대된다. 따라서 이 과목

외에도 앞으로 1~2 과목의 프로그래밍 기반의 문제해결 과목을 수강하게 되고 대부분의 수강생들이 데이터구조 및 알고리즘 과목을 선택하게 된다. 이러한 이유로 컴퓨터과학입문(CS 101) 과목에서 굳이 프로그래밍 중심의 과목으로 운영할 필요성이 있는 것은 아니다. 저자의 과거 30년 이상 컴퓨터과학과 강의 경험에 의하면 컴퓨터 관련 전공자들의 다수가 3~4 학년이 되어도 컴퓨터과학(Computer Science)이 무엇을 추구하고 연구하는 학문인지 잘 이해하지 못하고 있다. 이것은 복수전공자 및 부전공 학생들에게도 똑같이 적용된다. 다양한 목적을 갖고 컴퓨터입문 과목을 수강하는 학생들에게 가급적 이른 시기에 컴퓨터과학이 무엇을 추구하고는 학문인지 이해시키는 것은 매우 중요한 요소이다.

연세대는 과거 4학기(2015년 2학기 ~2017년 1학기) 동안 Brookshear의 “Computer Science: an Overview”를 교과서로 사용하였다. 이 책은 컴퓨터의 하드웨어, 소프트웨어, 데이터베이스, 정보통신, 컴퓨터 그래픽, 인공지능 등 컴퓨터의 많은 분야를 다루고 있다. 이 책을 많은 대학에서 교재로 사용하고 있으나 연세대에서 사용한 경험으로는 첫 컴퓨터입문 과목의 교재로는 다소 어렵고 부담스러운 측면이 있었다. 따라서, 2017년 2학기부터는 본 저자가 저술한 새로운 교재를 사용하여 강의를 해오고 있다. 이 교재는 아래와 같은 내용으로 구성되어 있다.

- 1장 ICT기술의 소개
 - 1.1 ICT기술과 디지털 혁명
 - 1.2 컴퓨터와 정보통신의 발전
 - 1.3 ICT기술의 발전 방향
- 2장 정보의 표현과 디지털 논리

2.1 디지털 정보	8장 인터넷과 웹
2.2 정보의 표현	8.1 인터넷의 역사와 사용 환경
2.3 부울 대수와 디지털 논리	8.2 인터넷 서비스
2.4 정보의 압축과 오류	8.3 웹의 개념
3장 컴퓨터 시스템의 구조	8.4 웹 2.0과 소셜 미디어
3.1 컴퓨터 시스템의 구성과 작동	8.5 클라우드 컴퓨팅
3.2 프로세서	9장 데이터베이스와 빅데이터
3.3 메모리 장치	9.1 데이터베이스의 개념
3.4 입출력 장치	9.2 DBMS의 유형
3.5 병렬처리와 파이프라이닝	9.3 관계형 데이터베이스
4장 운영체제(OS)와 시스템 소프트웨어	9.4 객체지향 데이터베이스
4.1 운영체제의 개념과 발전	9.5 빅데이터와 데이터 분석
4.2 운영체제의 구성	10장 모바일 컴퓨팅과 사물인터넷(IoT)
4.3 컴퓨터 실행의 제어	10.1 모바일 환경의 발전
4.4 시스템 소프트웨어	10.2 모바일 플랫폼과 모바일 앱/모바일 웹
5장 프로그래밍 언어와 소프트웨어 개발	10.3 모바일 애플리케이션
5.1 프로그래밍 언어와 컴파일러	10.4 사물인터넷의 개념
5.2 프로그래밍 언어의 역사와 종류	10.5 사물인터넷 기술의 활용
5.3 프로그래밍 언어의 구조와 컴파일 과정	11장 멀티미디어 기술과 활용
5.4 절차적 프로그래밍 언어	11.1 멀티미디어의 개념과 시스템의 구성
5.5 객체지향 언어	11.2 이미지와 그래픽
5.6 소프트웨어 공학과 소프트웨어 개발 방법론	11.3 사운드
5.7 응용 소프트웨어	11.4 애니메이션과 동영상
5.8 ICT기술과 관련학문 분야	11.5 가상현실(VR)과 증강현실
6장 데이터 구조와 알고리즘	12장 인공지능
6.1 알고리즘의 개념	12.1 인공지능의 개념과 발전
6.2 기본 데이터 구조	12.2 인공지능 시스템
6.3 알고리즘의 소개	12.3 대표적 인공지능 기법
7장 정보통신과 컴퓨터 네트워크	12.4 인공지능의 활용
7.1 정보통신의 개념	13장 ICT기술의 미래
7.2 컴퓨터 네트워크	13.1 ICT기술과 사회의 변화
7.3 인터넷망의 구성	13.2 초연결사회(Hyper-connected Society)
7.4 정보보안과 정보보호	13.3 인더스트리 4.0과 스마트 사회
	13.4 사용자 인터페이스와 NUI

앞에서 제시한 이 과목을 통하여 수강생들이 배우는 내용을 볼 때 컴퓨터과학과의 핵심 과목 내용들을 거의 대부분 포함하고 있다.

교수는 매주 2시간 정도를 강의계획표에 따라 강의하고 4 차례의 시험(EXAM #1, EXAM #2, EXAM #3, EXAM #4)이 있다. 조교의 임무는 주로 4 차례의 시험을 평가하고 학생의 질문에 답하는 것이다. 가장 중요한 포인트는 수강생들에게 컴퓨터과학이 무엇을 탐구하는 학문인지 정확하게 인식시키고 동기부여를 하는 것이다. 본 강의를 과거 5학기 동안 강의해온 경험에 의하면 70여명의 수강생 대부분은 2~3명을 제외하고 끝까지 수강을 완료한다. 대부분의 수강생은 열심히 수강하고 교수의 기대치를 만족시킨다. 4 차례의 평가(출석 점수 포함)를 통해 평균 90점 이상 획득한 수강생이 전체의 40% 수준이며, 80~90점을 얻은 수강생이 40% 정도로 매우 만족스러운 결과를 얻고 있다.

4. 결론

컴퓨터과학입문 과목을 강의하는 방식은 각 대학의 상황과 수강생의 구성에 따라 매우 다양하다. 하나의 표준 모델을 제시하는 것은 어렵고 그럴 필요성이 존재하지 않는다. 다양한 방식과 강의 목적이 존재하고 각 대학은 고유한 강의 목적을 정의하고 시대적 흐름에 맞는 커리큘럼을 따르는 것이 중요하다. 또한 수강생들로 하여금 동기부여를 부여하고 추후 다른 컴퓨터 관련 과목을 수강하는데 기반이 되는 방향으로 진행하는 것이 필요하다. 결국 수강생들이 컴퓨터 및 정보 통신에 관하여 폭 넓은 이해를 하고 또 사회에 나가 실질적으로 활용할 수 있는 컴퓨터 능력을

키워주는 것이 중요하다. 앞으로 우리사회에서 컴퓨터 능력은 모든 사람의 커리어에서 평생 요구 되는 필수적인 요소가 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 클라우드 슈밥의 제4차 산업혁명, 새로운 미래, 2016
- [2] “Computational Thinking“, Jeannette M. Wing, Comm. of ACM, March 2006
- [3] “Python is now the most popular introductory teaching language at top US universities“, Philip Guo, Comm. of ACM, July 2014
- [4] <http://cs50.harvard.edu>
- [5] <http://ocw.mit.edu/courses>
- [6] <http://www-inst.eecs.berkeley.edu/~cs61a>
- [7] http://cs101.kaist.ac.kr/assets/files/lecture_notes/cs101_lecture1.pdf
- [8] Computer Science: an Overview, 11th Edition, J. Glenn Brookshear, Pearson Education
- [9] ICT융합시대의 컴퓨터과학, 최윤철 지음, 2017. 7, 생능출판



최 윤 철

- 1973년 서울대학교 전자공학과, 학사
- 1975년 Univ. of Pittsburgh, Dept. of IE&OR, 석사
- 1979년 Univ. of California (Berkeley), 석사 및 공학박사
- 1979-1982년 Lockheed사 및 Rockwell International, Senior Researcher
- 1982-1984년 Univ. of Washington, Dept. of Computer Science
- 1984-2015년 연세대학교 컴퓨터과학과, 교수
- Univ. of Massachusetts 및 게이오대학, 교환교수
- 2004년- 한국멀티미디어학회 회장, 명예회장
- 2015-현재 연세대학교 컴퓨터과학과, 명예교수