한국컴퓨터정보학회지
제22권 제2호, 2014. 12.

대학 컴퓨터 과학 교육과정 개선을 위한 CS2013 분석

• 이영준 (한국교원대학교 컴퓨터교육과)
• 최정원 (한국교원대학교 컴퓨터교육과)

I. 서론

컴퓨터 과학이 시대를 이끌어가는 핵심 학문 영역이 되면서 세계적으로 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 추세에 따라 주요 선진국에서는 컴퓨터 과학 분야의 우수 인력 양성의 필요성과 중요성이 강조되고 있으며, 초중등 교육과정에서 컴퓨터 과학 교육을 필수로 지정하고 교육과정을 재정비하기 시작하였다. 대학 또한 보다 효과적인 컴퓨터 과학 교육을 위해 교육과정 개편과 교육 방법을 개선하기 위한 노력을 시도하고 있다. 일부 대학에서는 컴퓨터 과학을 전공하는 학생 뿐 아니라 타전공 학생들도 컴퓨터 과학을 학습할 수 있도록 강좌를 개설하고 비전공자들이 컴퓨터 과학을 배움으로써 전공 분야에서 보다 많은 지식 활동을 할 수 있도록 하고 있다.

컴퓨터 과학이라는 학문은 입문자들의 입장에서 볼 때 용어의 사용이나 학습해야 할 내용이 매우 생소하기 때문에 쉽게 접근하기 어려운 특성이 있다. 게다가 사람과 사람의 의사소통이 아니라 컴퓨팅 시스템이라는 새로운 대상과 새로운 방법으로 의사소통해야 한다는 점에서 인지적 부담을 안겨주기도 한다. 컴퓨터 과학이 지속적으로 빠르게 변화하고 있는 학문이라는 점도 인지적 부담을 지우는 데에 한 몫 한다. 이러한 점들은 컴퓨터 과학의 지식 영역들을 어떻게 구성하고 어떻게 가르칠 것인가에 대해 깊이 고려하도록 한다.

컴퓨터 과학 전공자라면 컴퓨터 과학을 구성하는 각 지식 영역들을 반드시 학습해야 한다. 물론 지식을 습득했다고 해서 전공자로서 해야 할 역할들을 원활히 수행할 수 있다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이는 학생들이 지식을 바탕으로 사고할 수 있는 능력, 문제를 해결하는 능력을 함께 길러줄 필요가 있음을 뜻한다.

미국은 컴퓨터 과학을 전공하는 대학생들이 무엇을 가르쳐야 하는가에 대해서 지속적으로 연구해왔다. 2001년 컴퓨터 과학 교육과정인 CC2001(Computing Curricula 2001)을 시작으로 2008년과 2013년에 개편 과정을 거쳐 현재 대학 수준의 컴퓨터 과학 교육과정을 완성하였다. 새로 개편된 CS2013(Computer Science 2013) 교육과정은 컴퓨터 과학이라는 학문 분야의 역할의 비중이 커진 시대적 상황을 반영하여 지식 영역의 비중 조정, 새로운 지식 영역의 생성, 기존 지식 영역의 통합 등을 통해 보다 효과적인 교육이 되도록 하고 있다.

우리나라 또한 정부 차원에서 컴퓨터 과학의 인재 양성을 위하여 관련된 다양한 경험을 제공하고 문제 해결 능력을 길러주고자 초중등학교 교육과정을 개편 중에 있다[1]. 그러나 인재 양성의 정점에 이르도록 하는 대학 교육은 학교 내에서 자체적으로 개판·운영되기도 하고 과거 가르쳐왔던 방식을 그대로 유지하고 있는 등 학교별로 다르게 운영된다. 마치 유행을 따르듯 모바일이 대중화되자 모바일 프로그래밍 과정을 개설하기도 하며, SW 교육 강화의 바람이 일자 필수 지식 영역을 선택으로 돌리고 다양한 프로그래밍 언어를 가르치기 위해 개편하는 일도 발생하고 있다.

학문이라는 것은 시대의 흐름이나 학문의 패러다임의 변화와 상관없이 반드시 학습해야 하는 개념과 원리 뿐 아니라, 시대적 흐름에 따라 개선되는 지식 영역도 존재한다. 교육한다는 것은 학문 분야에서 필수적으로 이수해야 하는 것에 대한 체계를 바로 세워 이를 꾸준히 가르치면서 변화되는 지식 영역을 추가하거나 개선하는 작업이 병행되어야 한다. 다만 교육의 틀을 구성할 때에는 보다 체계를 갖추고 교육적 효과를 높이기 위하여 국가 수준에서의 합의가 이루어질 필요가 있다.

미국의 ACM(Association for Computing Machinery, 미국 컴퓨터 학회)과 IEEE-CS(Institute of Electrical and Electronics Engineers-Computer Society, 미국전기전자학회 산하 컴퓨터 학회)는 컴퓨터 과학 교육 과정에 가이드라인을 제공하기 위해 교육과정 개선 연구를 주도해왔다. 가장 최근은 2013년 개편된 교육과정으로 2001년, 2008년의 개편에 이어 3번째 교육과정이다. 이 교육과정에는 학생이 갖추어야 할 기본 역량, 가르쳐야 할 지식 영역, 수업 시수 등에 대한 내용을 담고 있으며 컴퓨터 과학 교육의 방향과 비전을 제시하고 있다.

본 고에서는 미국의 ACM과 IEEE-CS가 추진한 2013년 교육과정을 살펴보고 우리나라의 대학의 컴퓨터 과학 교육과정이 어떻게 개선되어야 하는지에 대해 논하였다.

II. Computer Science 2013

미국의 CS2013(Computer Science 2013)은 2001년과 2008년 개편에 이어 가장 최근에 완성된 대학의 컴퓨터 과학 교육과정으로 학생들이 이수해야 지식체, 학생 기본 역량, 수업 시수, 교육과정 구성 예시 등을 제시하고 있다.

1. 지식체

지식체는 학습자가 학습해야 하는 컴퓨터 과학의 지식 영역을 모아 하나로 조직한 것이다. 지식체는 2001년 교육과정인 CC2001에서 처음으로 구성되었다. CC2001의 지식체는 표 1과 같다[2].

표 1. CC2001의 지식체

CC2001의 지식체
• 이산 구조 (Discrete Structures) • 프로그래밍의 기초 (Programming Fundamentals) • 알고리즘과 복잡도 (Algorithms and Complexity) • 구조와 조직 (Architecture and Organization) • 운영 체제 (Operating Systems) • 네트워크 컴퓨팅 (Net-Centric Computing) • 프로그래밍 언어 (Programming Languages) • 인간-컴퓨터 상호작용 (Human-Computer Interaction) • 그래픽과 시각적 컴퓨팅 (Graphics and Visual Computing) • 지능형 시스템 (Intelligent Systems) • 정보 관리 (Information Management) • 사회 전문적 이슈 (Social and Professional Issues) • 소프트웨어 공학 (Software Engineering) • 컴퓨팅 과학과 수치 해석 (Computational Science and Numerical Methods)

지식체는 지식 영역의 집합체를 의미하며, 지식 영역은 세부 단위와 학습해야 할 주제로 구성된다.예를 들어, 운영 체제 지식 영역은 표 2와 같이 표현된다. 운영 체제는 지식 영역이며, 운영 체제 1, 2, 3 …은 세부 단위, 그리고 운영 체제의 개요, 운영 체제 원리 등은 세부 단위의 주제를 의미한다. 표 2에서 밑줄 친 주제는 학습자가 반드시 학습해야 하는 필수적인 지식 단위이며 나머지는 선택적으로 이루어지는 부분이다.

표 2. 운영 체제

운영 체제
• 운영 체제1: 운영 체제의 개요 • 운영 체제2: 운영 체제 원리 • 운영 체제3: 병행 처리 • 운영 체제4: 스케줄링과 디스패치 • 운영 체제5: 메모리 관리 • 운영 체제6: 장치 관리 • 운영 체제7: 보안과 보호 • 운영 체제8: 파일 시스템 • 운영 체제9: 실시간, 임베디드 시스템 • 운영 체제10: 내고장성(결함 허용성) • 운영 체제11: 시스템 수행 평가 • 운영 체제12: 스크립트

CS2008의 지식체를 구성하는 지식 영역은 CC2001과 같다. CC2001에 비해 변경된 부분은 지식 영역에 포함된 지식 내용의 일부이다. 컴퓨터 과학 분야는 지식의 생명 주기가 매우 짧기 때문에 새로 생산되는 지식과 사장되는 지식이 많은 편이다. 따라서 이를 반영하는 선에서 개편 작업이 이루어졌다. CS2008에서 개선된 지식체는 프로그래밍의 기초, 컴퓨터 구조, 네트워크 컴퓨팅, 지능형 시스템, 사회 전문적 이슈, 컴퓨팅 과학 영역이었다. 특히 보안은 더욱 강조되었고 네트워크 컴퓨팅은 최신의 내용으로 갱신되었다[3].

CS2008은 컴퓨터 과학의 상징적인 지식의 개념을 강조하기 보다는 보다 엄격하고 타당한 지식을 활용할 수 있는 학습자의 능력 함양에 보다 집중하도록 하였다.

예를 들어, CS2008의 프로그래밍의 기초 지식 영역이 CC2001에 비해 어떻게 수정되었는지는 그림 1에서 확인할 수 있다.

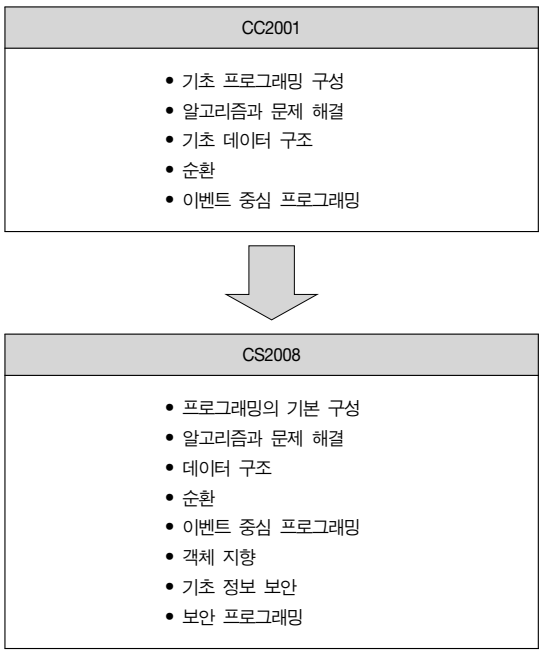

그림 1. CC2008에서 개선된 프로그래밍의 기초

프로그래밍의 기초 지식 영역을 살펴볼 때, CC2001이 순수한 코딩 중심의 교육과정이었다면 CS2008은 프로그래밍 교육 수준을 점차 높여 보안에 대한 관심을 유도하여 보안의 문제점이 발생하지 않도록 필요한 프로그램이 무엇인지를 알 수 있게 하였다. 이는 미미하지만 단순히 지식 습득보다 지식의 활용에 초점을 두고 있다는 것을 확인시켜 준다.

CS2013의 지식체는 CC2001과 CS2008을 바탕으로 총 18가지의 영역으로 확대 되었다[4]. 18가지의 영역은 표 3과 같으며, 굵은 글씨로 표현된 부분은 새롭게 등장한 지식 영역이다.

표 3. CS2013의 지식체

CS2013의 지식체
• 알고리즘과 복잡도 • 구조와 조직 • 컴퓨팅 과학 • 이산 구조 • 그래픽과 시각화 • 인간-컴퓨터 상호작용 • 정보 보호와 보안 • 정보 관리 • 지능형 시스템 • 네트워크와 통신 • 운영체제 • 플랫폼 기반 개발 • 병렬 및 분산 컴퓨팅 • 프로그래밍 언어 • 소프트웨어 개발 기초 • 소프트웨어 공학 • 시스템 기초 • 사회적 이슈와 전문적 실습

CS2013은 각 지식 영역의 수가 많아지긴 하였지만 지식 영역을 구분하여 학습하는 것에 초점을 두기보다 주제를 중심으로 조직하여 가르치는 것에 중점을 두고 있다. 지식 영역은 CC2001 이후로 그 중요성이 증대되면서 새롭게 생성되기도 하고 또는 기존의 지식 영역이 융합되어 또 다른 하나의 영역으로 재구성되기도 하였다. 예를 들어, 정보 보호와 보안 영역은 지난 10여 년간 추이를 볼 때 지속적으로 컴퓨터와 네트워크 보안의 중요성이 강조되고 있는 것을 반영하여 개발된 영역이다. 그리고 소프트웨어 개발 기초는 프로그래밍 기초, 소프트웨어 공학, 프로그래밍 언어, 알고리즘과 복잡도 영역을 구성하는 지식들 중 소프트웨어 개발 지식과 기술과 관련되는 것들로 구성된다. CS2013은 지식 영역 각각이 독립적이지 않으며 서로 상호 연관되어 있다는 것을 강조한다.

또한 CS2013은 기본적인 지식 영역으로서 소프트웨어 개발 기초와 시스템 기초를 강조하고 있다. 소프트웨어 개발 기초는 프로그래밍의 패러다임에 독립적인 기초 개념이 무엇인지를 인식하는 것의 중요성을 강조하고, 이 개념으로부터 폭넓은 사고가 가능하도록 한다. 시스템 기초는 운영 체제, 구조와 조직, 알고리즘과 복잡도 영역의 내용을 포함하고 있지만 캐싱, 지역성 등과 같은 시스템의 개념이 시스템 기초를 구성하는 다양한 지식 영역을 관통하는 개념으로 활용된다.

학생들의 학습은 각 지식 영역에서 친숙함-사용성-평가의 3단계로 이루어지며, 점차 깊이 있게 학습하는 방향성을 갖고 있다. 각 학습 단계는 그림 2와 같다.

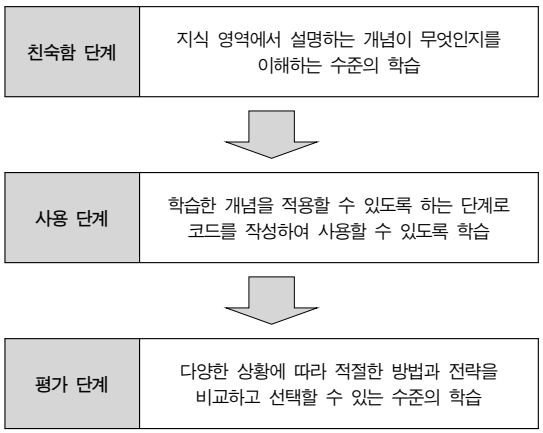

그림 2. 학습의 3 단계

2. 지식 영역의 필수 이수 시간

CS2013에서 지식 영역의 필수 이수 시간은 1단계와 2단계로 구성된다. 1단계는 필수 주제를 학습하기 위한 시수로 컴퓨터 과학을 전공하는 모든 대학생이 이수해야 하는 시수이다. 2단계는 1단계의 지식 영역들을 바탕으로 보다 심화 되면서 중요한 주제에 대한 기본적인 내용의 이수를 위한 시수이다. 학생들은 이 시수의 80% 이상을 이수할 수 있어야 한다. 2단계로 구분한 점은 학교별로 교육과정을 최적화할 수 있도록 유연성을 부여한 것이다. CS2013은 2개의 단계에 포함되는 수업 시수와 지식 영역 외에도 주제들이 포함될 수 있는 여지를 남겨두어 보다 전문성을 갖출 수 있도록 하고 있다.

표 4. 지식 영역에 따른 이수 시간

지식 영역	CS 2013		CS2008 Core	CC2001 Core
	1단계	2단계		
알고리즘과 복잡도	19	9	31	31
구조와 조직	0	16	36	36
컴퓨팅 과학	1	0	0	0
이산 구조	37	4	43	43
그래픽과 시각화	2	1	3	3
인간-컴퓨터 상호작용	4	4	8	8
정보 보호와 보안	3	6	-	-
정보 관리	1	9	11	10
지능형 시스템	0	10	10	10
네트워크와 통신	3	7	15	15
운영체제	4	11	18	18
플랫폼 기반 개발	0	0	-	-
병렬 및 분산 컴퓨팅	5	10	-	-
프로그래밍 언어	8	20	21	21
소프트웨어 개발 기초	43	0	47	38
소프트웨어 공학	6	22	31	31
시스템 기초	18	9	-	-
사회적 이슈와 전문적 실천	11	5	16	16
전체 필수 시간	165	143	290	280
1단계+2단계 합계	308			
1단계+2단계의 90% 합계	293.7			
1단계+2단계의 80% 합계	279.4			

표 4의 구체적인 시수를 살펴보면 1단계 시수와 2단계 시수의 총합은 308시간으로 CC2001, CS2008에 비해서 약간 증가한 것을 확인할 수 있다. 그러나 중요한 것은 2단계의 시수 구조가 교육 기관에 따라 유연성 있게 운영될 수 있도록 한다. 따라서 CC2001이나 CS2008을 바탕으로 교육과정을 운영하던 학교에서 CS2013을 도입하여 교육과정을 편성할 수 있다.

3. CS2013에 따른 학생들의 기본 역량

컴퓨터 과학을 전공하는 학생들은 앞에서 언급한 18가지로 구성된 지식체를 학습함으로써 컴퓨터 과학 전공자가 갖추어야 할 기본 능력을 함양할 수 있어야 한다. 물론 지식체를 구성하는 지식 영역들에 대해서 알아야 한다는 것만을 의

미하는 것이 아니라 이 지식 영역들을 바탕으로 사고 양식과 문제 해결 능력을 갖추어야 한다는 것을 의미한다.

CS2013이 추구하는 기본 역량은 다음과 같다.

- 컴퓨터 과학의 지식체에 대한 이해
- 개념이나 원리에 대한 익숙함
- 이론과 실천 간의 상호작용에 대한 인식
- 추상화를 통한 시스템 차원의 관점 이해
- 문제 해결 능력
- 프로젝트 경험
- 평생 학습
- 컴퓨터 과학 분야의 사회적, 도덕적, 문화적 이슈에 대한 전문성
- 의사소통 능력과 조직 능력
- 컴퓨팅의 폭넓은 활용가능성에 대한 인식
- 영역 특수적인 지식에 대한 이해

이 역량들은 컴퓨터 과학 분야에서의 성공 뿐 아니라 더 나아가 전문성을 개발할 수 있도록 하는 기반을 마련해 줄 수 있으며, 컴퓨터 과학 분야 뿐 아니라 다양한 학문 분야에 컴퓨터 과학을 적용할 수 있는 능력들이다.

4. CS2013의 특징

앞의 내용을 바탕으로 CS2013의 특징은 다음과 같이 설명할 수 있다.

첫째, 컴퓨터 과학을 보다 넓은 관점에서 다양한 학문 분야와의 연계를 고려하였다. 단순한 물리, 화학, 생물, 지구과학, 수학, 사회, 경제, 금융 대신에 컴퓨터 과학을 기반으로 하는 융합된 형태의 computational science, computational mathematics, Computational economy 등으로 표현될 수 있다.

둘째, 교육과정의 범위를 관리한다. 교육과정의 범위라는 것은 컴퓨터 과학의 중요성이 증대되었다고 해서 단순히 교육을 위한 추가적인 강좌 개설이나 이에 따른 추가적인 시수의 확보만을 의미하는 것이 아니다. 학생들이 반드시 학습해야 할 핵심 지식 영역을 선정하여 이는 필수적으로 이수하도록 하고, 지식 영역을 선택적으로 융합하여 학습 효과를 보다 높일 수 있도록 조절할 수 있다는 것을 의미한다. 이는 지역 기관의 실정에 맞게 조작·운영될 수 있다.

셋째, 정형화된 교육 과정의 틀을 깨도록 하였다. 이는 현재 교육과정이 경계가 명확한 지식 영역별로 교육해왔던 틀을 벗어나 통합을 바탕으로 새로운 지식 영역을 재구성할 수 있음을 의미한다.

넷째, 교육 기관의 여건을 고려하였다. 기관의 목표, 보유한 자원, 제약 조건, 학교 규모, 학교의 형태 등 실정에 수업 시수를 확보하고 교육과정을 편성·운영할 수 있도록 한다.

III. CS2013의 시사점

우리나라 대학 교육과정 개선을 위한 CS2013의 시사점은 다음과 같다.

첫째, 컴퓨터 과학을 전공하는 학생들에게 가르쳐야 하는 것은 컴퓨터 과학의 지식 뿐 아니라 이를 활용한 문제 해결 능력이다. CS2013은 컴퓨터 과학의 지식 영역 뿐 아니라 실생활에서 중요하게 자리 잡은 정보 보안이나 소프트웨어 개발 영역을 강조하고 있다는 것이 이를 뒷받침한다. 지식과 지식을 활용하는 방법을 함께 가르치는 것이 대학 교육의 역할이다.

둘째, 교육과정의 체계를 재정비할 필요가 있다. 현재 우리나라 대학의 컴퓨터 과학 교육과정은 컴퓨터 과학 교육을 시작하던 시기부터 필수적으로 이수해야 하는 지식 영역과 선택적으로 이수하는 지식 영역으로 구분되어 있다. 그러나 최근 필수 영역과 선택 영역의 경계를 설정하는 기준이 허물어지고 있다. 특히 최근 SW 교육 강화 정책으로 인해 일부 대학들은 컴퓨터 과학을 전공하는 학생이라면 반드시 알아야 할 지식 영역 대신에 최근 급부상하고 있는 다양한 프로그래밍 언어를 필수 과정으로 포함시키는 등의 개편을 추진하고 있다. 프로그래밍 언어의 개념과 원리는 언어 종류에 독립적인 부분으로 익히고 나면 다양한 언어에 일반화시키기 쉽다. 따라서 많은 종류의 프로그래밍 언어를 학습하는 것은 비효율적이며 프로그래밍 언어의 문법을 익히는 교육에 지나지 않는다. 이는 컴퓨터 과학 전공자라면 반드시 익혀야 할 지식 영역이 무엇인가에 대해 합의를 바탕으로 필수 영역에 대한 체계를 재정비하고 필수 지식 영역을 바탕으로 심화·선택이 가능하도록 해야 할 필요성을 시사하고 있다.

셋째, 지식 영역의 경계를 명확히 구분하여 교육하기 보다는 실천 가능한 주제를 중심으로 지식 영역들이 융합될 수 있도록 가르칠 필요가 있다. 이러한 점은 CS2013의 소프트웨

어 개발 기초 지식 영역에서 그 의미를 찾을 수 있다. 소프트웨어를 개발하기 위해서는 알고리즘과 복잡도, 프로그래밍 기초, 프로그래밍 언어, 소프트웨어 공학 지식 영역들이 소프트웨어 개발과 관련된 내용을 중심으로 융합되어야 한다. 컴퓨터 과학 교육의 목표는 학생들이 프로그래밍을 할 수 있도록 교육하는 것이 아니라 프로그래밍을 통해 문제를 해결할 수 있도록 하는 것이기 때문에 각 지식 영역을 구분하여 가르치는 것은 최소화하고 주제를 중심으로 실천 가능한 융합 형태를 지향해야 한다.

Ⅳ. 결론

노동력이 국가 경쟁력의 핵심이던 과거에 비해 노동력만으로는 국가 경쟁력을 강화할 수 없게 되면서 자원 부족 국가인 우리나라가 발전할 수 있는 가장 큰 잠재적 요소는 사람의 두뇌가 되었다. 특히 현대 사회는 컴퓨터 과학을 기반으로 하고 있으며, 컴퓨터 과학이 상상한 것을 구현하여 부가가치를 창출할 수 있는 무한한 가능성을 지니고 있기 때문에 이에 대한 인재 양성을 위한 교육은 필수가 되고 있다.

그러나 현재 우리나라는 IT 강국이 아니라 IT 소비 강국이라 할 정도로 컴퓨터 과학 교육에 대한 노력은 미미한 편이다. 특히 컴퓨터 과학 인재 육성을 위한 대학 교육은 각 학교별로 다르게 개편되고 있으며, 지식 습득 중심의 교육 방식을 여전히 취하고 있는 경우가 많다. 따라서 컴퓨터 과학 교육 전문가들의 합의를 통해 체계적으로 컴퓨터 과학 교육과정을 개선할 필요가 있다.

미국의 CS2013은 이러한 점에서 대학의 컴퓨터 과학 교육이 어떤 방향으로 어떻게 나아가야 하는지에 대한 가이드라인과 예시를 제공한다.

참고문헌

[1] 국가교육과정개정연구위원회, “문·이과 통합형 교육과정 총론 주요 사항 공청회 발표 내용,” 2014년 9월.

[2] The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery, “Computing curricula 2001 computer science,” 2001.

[3] Association for Computing Machinery, IEEE Computer Society, “Computer science curriculum 2008: An interim revision of CS 2001,” 2008.

[4] The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery, “Computing curricula 2013,” 2013.

저 자 소 개

이 영 준

1988: 고려대학교
전산과학과 이학사
1994: 미국 미네소타대학교
전산학 Ph. D.
현 재: 한국교원대학교
컴퓨터교육과 교수
관심분야: 정보통신교육,
지능형시스템,
학습과학

최 정 원

2003: 충북대학교
컴퓨터과학과 이학사.
2010: 한국교원대학교
컴퓨터교육과 교육학석사.
현 재: 한국교원대학교
컴퓨터교육과 박사과정
관심분야: 정보영재교육,
학습과학, 융합교육,
퍼즐기반학습