Journal of Engineering Education Research
Vol. 16, No. 4, pp. 21~29, July 2013

공학교육인증을 위한 프로그램 레벨의 CQI 구현 방안

심춘보·박동국†
순천대학교 공과대학

A Method Enabling Program-Level CQI for Accreditation of Engineering Education

Chun-Bo Sim·DongGook Park†
College of Engineering, Sunchon National University

ABSTRACT

Accreditation of engineering education as initiated by Accreditation Board for Engineering Education of Korea (ABEEK) centers around three key issues: program outcomes, assessment/evaluation thereof, and continuous quality improvement (CQI). Most engineering departments, however, are neither adequately familiar with nor well prepared for the issues, especially CQI. The CQI in almost all departments seems to be overly confined in individual courses and the final capstone design courses for seniors; there is no evidence that CQI is not limited to the course level but flows through all courses in the curriculum. This paper presents a sound and viable framework for CQI implementation in which course-level CQI is integrated into the department/program-level CQI.

Keywords: Engineering education, accreditation, continuous quality improvement (CQI), program outcomes (POs), outcome assessment

I. 서 론

공학교육인증 또는 공학인증이라고 하는 새로운 공학교육의 틀이 도입된 이후, 국내 공과대학 교수들은 기존의 교육 방식에서 새로 추가되고 변경되어야 할 것이 무엇인가, 또 그것들을 어떻게 구현할 것인지에 대해 혼란스럽고 당황하였다. 대체로 공과대학 교수들이 교육학이나 교육기법에 대해 전문적인 교육을 받은 적이 없다는 사실을 감안하면, 공학인증이 가져온 충격은 상당하다고 할 것이다. 하지만, 이러한 자극이 공학인증에 관한 의문과 혼란을 해결하기 위한 연구와 공부로 이어지지 못 한 것은 유감스럽다. 오히려 현실은, 대부분의 대학들이 한국공학교육인증원이 "모범답안"을 보여주기를 기다리거나, 앞서간 다른 대학의 사례를 맹목적으로 답습하는 데만 급급했다는 것이다. 결과적으로, 교육품질의 향상을 그 목표로 하는 공학인증이, 전시 위주의 행정업무 부담만 교수들에게 가중되는 부작용도 없지 않으며, 이는 비단 우리만의 문제가 아니고 미국도 마찬가지로 보인다(Soundarajan, 1999).

공학인증의 개념을 설명하는 키워드로 가장 중요한 것은 다음 세 가지다(Prados et al., 2005): 학습성과(program outcome, PO), 학습성과의 측정(outcome assessment) 및 계속적인 교육품질 개선(continuous quality improvement, CQI). 이 세 가지 중 어느 것 하나도 공대 교수들에게는 익숙하지 않다고 할 것이다. 특히, 학습성과 기반(outcome-based) 교육과 평가라는 새 패러다임은 기존 교육방식에서의 교과목 이해/습득 및 시험/성적이라는 기존 패러다임과 워낙 달라서, 학습성과란 도대체 무엇이고, 이것을 정량적으로 어떻게 측정할 것인가가 주된 관심사였다. 공학인증 관련 해외 논문들도 이에 관한 것들이 주류를 이루는 것으로 보인다. 하지만, 학습성과의 측정은 그 자체로 그쳐서는 안 되고, 그 결과를 분석하고 문제점과 개선점을 도출하여 이를 다시 공학교육 체계의 개선에 이용하는 순환구조, 즉 CQI를 이루어야 한다(Soundarajan, 2004). 이러한 CQI의 중요성을 강조하기 위해 미국 공학교육인증원인 ABET은 인증기준 내 학습성과 항목 안에서 언급하였던 CQI를, 2000년대 말부터 적용되는 새 인증기준에서는 아예 별도의 항목으로 다루기 시작하였다(Shryock & Reed, 2009; ABET, 2012).

국내 대학들의 공학인증 구현사례를 조사해 본 결과, 그 CQI 체계는 대개 다음 측면에 집중되어 있다.

- 재학생/졸업생/산업체 설문
- 졸업예정자 학습성과 성취도 측정 및 달성도 여부 결정(4학년 종합설계/캡스톤디자인 교과목 이용)

Received 18 February, 2012; Revised 29 May, 2013
Accepted 25 July, 2013
† Corresponding Author: dgpark6@sunchon.ac.kr

- 위 결과를 프로그램 교육목표/프로그램 학습성과/교육과정의 개선에 반영
- 단위 교과목 안에서 학생들의 학습성과 성취도를 측정/평가하고, 그 결과를 다음 학년 동일 교과목의 개선에 반영

그러나 여기서 매우 중요한 CQI가 결여되어 있다. 즉, 교과목 CQI가 단위 교과목 안에서만 순환될 뿐, 프로그램 전체 차원의 CQI로 연결되는 고리가 보이지 않는다. 신입생이 들어와서, 4년의 교육과정을 거쳐서 졸업시점에 갖추어야 할 학습성과는, 4학년 2학기에 갑자기 생기는 것이 아니라, 4년의 교육과정을 거치면서 꾸준히 성장해가는 것이므로, 프로그램 전체 차원의 관찰/평가/분석/개선이 필수적이다. 국내 대학의 구현/운영 사례에서는 이러한 측면의 CQI가 매우 희미하였다.

반면, 국외 사례를 살펴보면, 교과목 레벨의 평가와 CQI가 해당 교과목 안에서 그치지 않고, 프로그램 레벨로 이어지도록 한 경우를 발견할 수 있으며, 그 CQI 구조는 다음 두 가지로 요약될 수 있다.

- 2계층 구조: 교과목 레벨 평가 → 프로그램 레벨 평가로 이어지는 2계층 평가. 전 학년 각 교과목의 평가 결과를 학습성과별로 모두 합산한다(Rahemi & Seth, 2008).
- 3계층 구조: 교과목 레벨 평가 → 교과목 그룹 별 평가 → 프로그램 레벨 평가로 이어진다. 교과목 그룹을 구성하는 방법으로는, 저학년/고학년의 두 그룹으로 나눈 사례도 있고(Mead et al., 2006), 서로 밀접한 관련이 있는 교과목끼리 그룹으로 묶는 사례도 있다(Soundarajan, 2004; Memon & Harb, 2012).

한 가지 주목할 만한 점은 국내와 달리 국외 대학들의 경우, 학습성과 측정과 이에 따른 CQI의 운영을, 학과에 개설된 모든 교과목에 걸쳐 다 시행하지는 않는다는 것이다. 즉, 전체 교과목이 아닌 일부 대표 교과목에 걸쳐 공학인증식의 학습성과 측정과 CQI를 시행하고 있는 것을 발견하였다. Danielson과 Rogers는 이런 교과목을 “bellwether course”라고 칭하고 있다(2007). 반면 국내 대학들은, 한국공학교육인증원의 평가지침에 따라, 전공학과에서 개설된 모든 교과목은 물론 학과 외부에서 개설되는 교양과목까지 공학인증식으로 운영하고 있다(한국공학교육인증원, 2011).

이러한 국내실정을 고려할 때, 학년별로 교과목을 묶어서 매 학년별로 학습성과를 측정하고 CQI를 구현하는 “학년별 CQI” 개념이 국내 경우에는 매우 유력해 보인다. 따라서 본 논문에서는 교과목 → 학년 → 프로그램으로 이어지는 3 계층 구조의 CQI를 제안하게 되었다.

II. 교과목-학년-프로그램의 계층적 CQI

모든 전공 교과목을 공학인증식으로 운영해야 하는 국내 상황에서는 매 학년의 교과목을 모두 모으면, 학습성과 측정과 CQI를 위한 데이터를 충분히 추출할 수 있는 의미 있는 그룹이 될 수 있다. 더구나, 저학년/고학년의 두 그룹으로 나누거나 주제별 교과목 그룹으로 나누는 국외 사례에서는 얻기 힘든 관찰과 통찰을, 본 논문의 교과목-학년-프로그램 3계층 구조의 CQI에서는 얻을 수 있다. 이 점은 본 논문의 내용을 전개하면서 자세히 기술하기로 한다.

다음 Fig. 1은 본 논문에서 제안하는 3계층 구조의 CQI를 보이고 있다.

- 각각의 교과목 운영에서 도출된 학습성과 관련 문제점/개선안이 다음 학년도 동일 교과목의 운영에 활용되는 것은 물론(교과목 CQI)
- 학년 전체 레벨에서 통합되어 분석되고, 그 결과에 따른 개선방안이 수립되어야 한다. 개선방안의 파급범위는, 해당 학년 교과목은 물론 저/고 학년 교과목을 모두 포함하게 된다(학년 CQI와 프로그램 CQI).
- 이런 CQI 체계를 거침으로써 성장한 학생들이 4학년 교육과정에서 성취한 학습성과는, 졸업예정자들이 12가지 학습성과를 얼마나 잘 습득하였는지에 대한 최종 평가인 동시에, 전체 학년에 걸친 프로그램의 교육체계와 운영이 얼마나 성공적이었는지에 대한 평가이기도 하다. 여기서 도출되는 문제점과 해결/개선 방안의 파급 범위는 전체 학년의 모든 교과목은 물론 이수체계나 학과 운영 전반이 될 수 있다(프로그램 CQI).

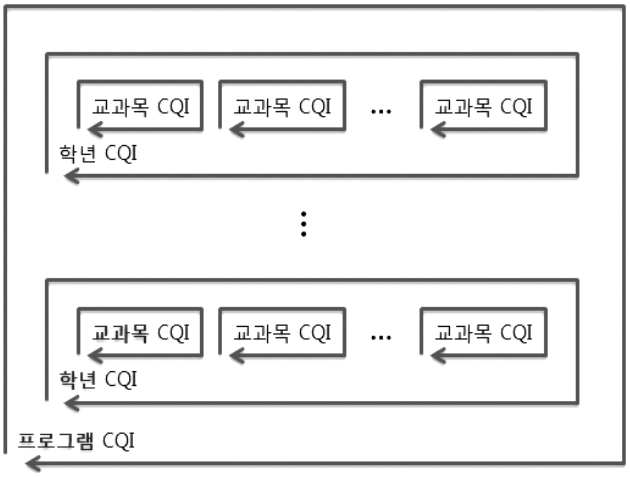


Fig. 1 Hierarchical structure of course/year/program-level CQIs

Table 1 12 program outcomes (POs)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Math/ Science	Experiment	Design	Problem solving	Tools	Teamwork	Communi- cation	Independent learning	Society/ Environment	Contemporary issues	Ethics	English

이하 각 절에서는, CQI의 기본자료라고 할 수 있는 학습성과 성취도를 어떻게 측정하고 활용할 것인지와, 교과목/학년/프로그램 CQI를 어떻게 구현할 것인지에 관해 자세히 기술한다.

1. 학습성과(PO) 성취도의 측정

Table 1은 공학인증에서 말하는 학습성과, 즉 PO(program outcome) 12가지를 키워드를 써서 간략히 나열한 것이다[1)]

보다시피 이들 PO는 그 성격이 매우 다양하다. PO의 구체적인 해석과 이해, 그리고 교과목 안에서의 PO 구현 방안 등은 늘 고민과 연구의 대상이라고 하겠다. 어떤 방식으로 PO를 해석하고 구현하든 간에, 이들 PO의 성취도 측정 결과는 CQI를 위한 기본 자료가 된다.

우리는 교과목 안에서 학생들의 PO 성취도를 측정한 결과를 CQI에 어떻게 접목할 것인가를 고민하다가, PO들을 두 가지 관점에서 나누어 생각할 수 있다는 것에 주목하게 되었다. 예를 들면, A번 PO[2)] 관련 능력은 각 교과목 안에서 부분적이나마 완결 또는 완수되어야 할 성질을 지니고 있다. 예를 들면, 미분방정식을 이해하고 구사할 수 있는 능력은 관련 수학 교과목에서 완성되어야 할 능력이다. 따라서 관련 수학 교과목에서 평가된 학생의 해당 능력은 그 자체로서 완결의 의미가 있다고 할 수 있다.

반면, K번[3)] 또는 G번 PO는[4)] 학생들이 교과과정을 이수해가면서 차츰차츰 키워가야 하는 성질을 가지고 있다. 예를 들어, 저학년 교과목 안에서 평가된 학생들의 발표 능력이 바로 졸업 시점에서의 능력이라고 볼 수 없고, 고학년 과정을 거치면서 더욱 성장해야 할 능력이라고 하겠다. 편의상 전자와 같은 경우를 "완수형 학습성과", 후자의 경우를 "성장형 학습성과"로 부르기로 한다. 물론, 어떤 학습성과(PO)가 이 두 가지 성격을 모두 가지고 있을 수도 있겠다. 하지만, 12가지 학습성과의 상당수가 성장형 학습성과 쪽에 더 가깝다고 본다.

완수형 학습성과는 관련 교과목 안에서 그 성취도를 측정하는 것이 타당한 반면, 성장형 학습성과는 그 성취도를 반드시 직접 측정할 필요는 없다. 예를 들면, K번 PO처럼 성장형 성격이 강한 학습성과의 경우, 어떤 과목은 PO K를 직접 측정하는가 하면, 또 어떤 과목은 PO K를 직접 측정하지 않는 경우도 있을 수 있다. 그러나, 어떤 과목 안에서 PO K를 직접 측정하지 않는다고 해서, 그 과목이 PO K에 기여하는 점이 없거나, 관련성이 전혀 없다고 말할 수는 없을 것이다. 예를 들면, 정보통신공학과에 개설된 "암호보안" 교과목이 설정한 여러 가지 교과목 학습성과(course outcome) 중에는 다음과 같은 목표가 있다.

보안기술 업체들이 통신서비스업체와 같은 고객회사를 상대로 하는 영업에 있어서, 윤리적/직업적 책임 측면에서 어떤 문제를 일으키고 있는지를 인식한다.

이 교과목을 이수하는 학생은 당연히 공학윤리에 대한 인식을 새로이 하게 되고 그 결과 PO K 관련 인식의 정도가 커지게 될 것이다. 그러나, 그 관련 학생 성취도는 암호보안 교과목 안에서 직접 측정하지는 않는다. 그렇다고 해서, PO K에 대한 암호보안 교과목의 기여도/관련도가 전혀 없다고 말할 수는 없을 것이다. 이런 점을 고려할 때, 특정 PO에 대하여, 특정 교과목이

Table 2 Notations for course contribution to the program outcome K, and the type (direct or not) of assessment thereof

PO K 성취도 측정여부	PO K에 대한 교과목의 기여도			
	없음(0)	낮음(0.2)	보통(0.6)	높음(1.0)
직접 측정하지 않음	-	$0.2K_1$	$0.6K_1$	$1.0K_1$
직접 측정	-	$0.2K_2$	$0.6K_2$	$1.0K_2$

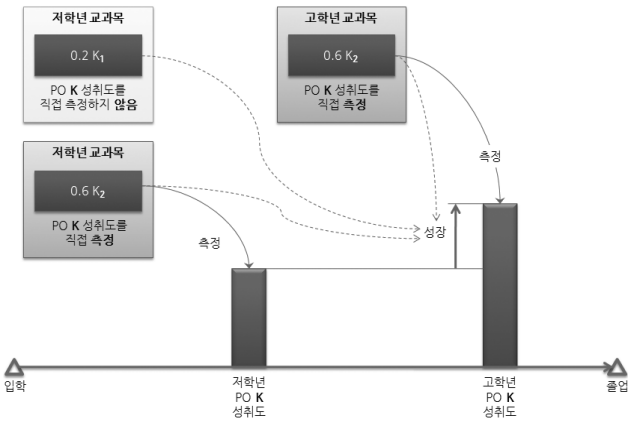


Fig. 2 PO achievement data and their use for monitoring the growth of students in terms of the PO

1) 미국공학교육인증원인 ABET은 오랫동안 써오던 "program outcome"이란 용어를 최근에 "student outcome"으로 대체한 것으로 보인다 (ABET, 2012)

2) A. 수학 및 기초과학 지식을 구사할 수 있는 능력

3) K. 직업적, 윤리적 책임에 대한 이해

4) G. 지식, 개념, 생각 등을 효과적으로 표현하고 설명할 수 있는 능력

Table 3 "Introduction to Cryptographic Security" course's contribution to POs (as described in the course syllabus)

키워드	개별 학습성과	기여도
Math/Science	A. 수학 및 기초과학 지식을 구사할 수 있는 능력	$0.2A_1$
Experiment	B. 실험을 설계/수행하고 결과를 분석/해석할 수 있는 능력	
Design	C. 현실적 제한조건을 반영하여 시스템, 요소 및 프로세스를 설계할 수 있는 능력	$0.6C_2$
Problem Solving	D. 공학 문제를 인식하고, 이를 공식화하여 풀 수 있는 능력	$0.6D_2$
Tools	E. 공학 실무에 필요한 기술, 방법, 도구를 사용할 수 있는 능력	$0.6E_2$
Teamwork	F. 복합 학제적 팀의 한 구성원의 역할을 해낼 수 있는 능력	
Communication	G. 지식, 개념, 생각 등을 효과적으로 표현하고 설명할 수 있는 능력	$0.2G_2$
Independent Learning	H. 졸업 후에도 늘 공부하려는 자세를 가지며, 이를 실천할 수 있는 능력	$0.2H_1$
English	L. 전공 관련 영문 자료를 읽고 이해할 수 있는 능력	$0.2L_1$
Society & Environment	I. 공학적 해결방안이 세계적, 경제적, 환경적, 사회적 상황에 끼치는 영향을 이해할 수 있는 폭넓은 지식	$0.2I_1$
Contemporary Issues	J. 시사적 이슈에 관한 지식	
Ethics	K. 직업적, 윤리적 책임에 대한 이해	$0.2K_1$

Table 4 Course outcomes and their relation to POs (as described in the course syllabus of "Introduction to Cryptographic Security")

- 암호 알고리즘을 구현하고 분석하는 데, 수학적 기법이 결정적인 수단이 됨을 인식하고, 그 기본적인 수학 기법을 익힌다(A_1).
- *Mathematica*를 이용하여 수학적 분석/추론/문제해결 등의 의미 있는 작업을 할 수 있다는 것을 인식하고, 실제로 기초적인 암호화 알고리즘을 구현/설계하는 데 *Mathematica*를 이용할 수 있다(C_2, E_2).
- 고전암호(Classical Cipher) 동작 원리를 분석하여, 이에 대한 수학적/논리적 공식화를 구사할 수 있다(D_2).
- 정보통신에 필요한 인증/기밀성/서명 등의 서비스를 암호학적으로 어떻게 구현할 수 있는지를 이해한다(D_2).
- 보고서를 체계적으로 구성하고, 그 내용을 논리적이고 명확하게 기술할 수 있다(G_2).
- 고전암호(Classical Cipher) 알고리즘 구현을 위해, 관련 자료를 스스로 찾고 공부한다(H_1).
- 암호학적 보안 기술이 인터넷으로 도래한 정보화 사회에서 어떤 역할을 하는지를 이해한다(I_1).
- 보안기술 업체들이 어떤 고객회사, 예를 들면 통신업체를 상대로 하는 영업에 있어서, 윤리적/직업적 책임 측면에서 어떤 문제를 일으키고 있는지를 인식한다(K_1).
- 원서 교재를 공부함으로써 전공 관련 영문 자료를 읽고 이해할 수 있는 능력을 키운다(L_1).

얼마나 기여하는지 그 정도를 4가지 가중치로 구분하고, 거기에 덧붙여, 직접측정 여부에 따라 두 가지로 다시 구분할 수 있다(Table 2 참조).

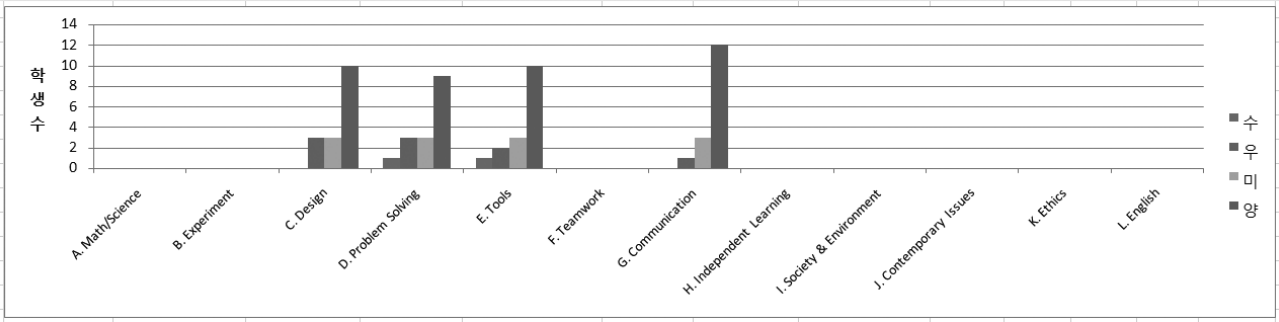
위에서 설명한 개념을 그림으로 나타낸 것이 Fig. 2이다. PO K를 직접 측정하지 않는 교과목도 얼마든지 PO K의 성취도 발전에 기여할 수 있다. 한편, PO K를 직접 측정하는 교과목은 그 성취도 발전에 기여함은 물론, 특정 학년도 입학생의 성취도가 특정 학년에 이르러, 어느 정도인지 측정하거나 또는 저학년일 때에 비해 얼마나 성장하였는가를 측정하는 데 이용될 수 있다.

2. 교과목 CQI

앞에서 기술하였듯이, "성장형" 학습성과라는 개념에 주목할 때, 우리는 어떤 교과목이 특정 학습성과(PO)에 관련이 있다고 해서 반드시 그 PO의 성취도를 직접 측정할 필요가 없다는 사실을 알게 된다. 따라서 교과목 담당교수 입장에서는 자신의 교과목 안에서 어떤 PO들을 커버할 것인지를 결정할 때, 훨씬 더 적극적으로 임할 수 있을 것이며, 그 결과로, 많은 PO들을 자신의 교과목에서 수용할 수 있다. 예를 들면, 저자가 맡고 있는 "암호보안" 교과목의 경우, 9가지 PO와 연관성이 있는데(Table 3 참조), 이것은 "되도록이면 많은 PO와 연결"하려는 의도 때문이 아니라, 분명한 연관성이 있기 때문이며, 그 연관성은 강의계획서에 교과목 학습성과(course outcome)와 관련 PO를 기술하여 보이고 있다(Table 4 참조).

교과목에서 직접 측정하는 PO는 시험, 과제물, 보고서 등을 통해서 학생의 성취도를 평가하며 루브릭은 Table 5와 같다. 시험으로만 특정 PO의 성취도를 측정할 경우는, 그 PO 관련 시험문제들의 성공률을 이용할 수 있다[5]. 한편, 보고서나 과제물로 학생의 PO 성취도를 평가할 경우는, 그 PO 관련 교과목 학습성과(course outcome)를 바로 평가기준으로 이용하고, 그 루

5) 예를 들면, 90~100%는 "수", 70~80%는 "우", 50~69%는 "미", 0~49%는 "양". 그러나, 이것은 하나의 예에 불과하며, 어디까지를 "우"의 최저치/최고치로 볼 것인지는 교과목 담당교수의 주관사항으로 보는 것이 타당하다.



프로그램 학습성과별 성취도 분포

	A. Math/Science	B. Experiment	C. Design	D. Problem Solving	E. Tools	F. Teamwork	G. Communication	H. Indepen	I. Society	J. Contem	K. Ethics	L. English
수			0	1	1		0					
우			3	3	2		1					
미			3	3	3		3					
양			10	9	10		12					

프로그램 학습성과별 성취도 분포 (백분율)

	A. Math/Science	B. Experiment	C. Design	D. Problem Solving	E. Tools	F. Teamwork	G. Communication	H. Indepen	I. Society	J. Contem	K. Ethics	L. English
수			0%	6%	6%		0%					
우			19%	19%	13%		6%					
미			19%	19%	19%		19%					
양			63%	56%	63%		75%					

학생	A. Math/Science	B. Experiment	C. Design	D. Problem Solving	E. Tools	F. Teamwork	G. Communication	H. Indepen	I. Society	J. Contem	K. Ethics	L. English
[redacted]			미	미	미		미					
			양	양	양		양					
			우	수	우		미					
			미	우	미		양					

Fig. 3 PO achievement data from "Introduction to Cryptographic Security" course

Table 5 Rubric to measure PO achievements

수	기대 이상의 성취도
우	기대한 수준을 달성
미	기대한 수준에 미치지 못 하였지만, 학습성과를 달성한 걸로 간주
양	학습성과 달성에 실패

브릭은 Table 5를 그대로 이용할 수 있겠다[6]. 이렇게 해서, 학기말에는 학생들의 학업결과물을 평가하여, Fig. 3과 같은 PO 성취도 평가결과를 얻게 되고 이를 CQI 보고서에 기록한다.

이러한 성취도 평가 결과는, 앞에서 언급한 바와 같이, 과제물 보고서 등을 평가해서 나올 수도 있고, 관련 시험문제 성공률을 계산해서 나올 수도 있고, 또는 특정 학습성과에 대해서 시험문제 성공률과 보고서 평가결과를 모두 반영해서 나올 수도 있다. 어쨌든, 이러한 평가 방법 자체는 또 다른 연구 주제로 봐야 할 것이다. 다만, 교과목 담당교수가 평가 방법을 일관되게 운영할 때, 여러 학기에 걸친 동일 교과목의 PO 성취도 평가 결과를 서로 비교할 수 있고, 이는 바로 교과목 CQI 작업의 기본이 된다. 여기서 한 가지 중요한 이슈는, 평가기준에 있어서 평가자간 일관성이 확보되어야 한다는 점이다. 그렇지 않을 경우, 특정 학생집단이 저학년일 때 보인 학습성과 성취도에 비해, 고학년에서 보인 학습성과 성취도가 오히려 더 낮게 나타날 수도 있다. 이러한 문제와 그 해결 방법은 Maki(2004)에서 찾을 수 있으나, 이 역시 본 논문의 주제에서 벗어난 이슈이다.

이 밖에도, 시험 문제별 성공률을 구한 다음, 성공율이 특히 낮은 문제들에 대해 그 원인을 분석하고, 필요할 경우, 학생들의 의견을 상담/설문 등을 통해 수집하여, 적절한 개선안을 도출하여 이를 동일 교과목의 차년도 운영에 반영할 수 있다. 이러한 모든 관찰/분석/도출 결과는 교과목 CQI에 기록해야 한다.

3. 학년 및 프로그램 CQI

Fig. 4는 학년 CQI의 흐름을 보여준다. 앞 절에서 기술한 교과목 CQI 결과로 나온 PO별 성취도는(Fig. 3 참조), Fig. 5에 보인 것처럼, 학년 전체의 PO별 성취도로 합산된다. 합산의 결과로 나온 수치들은, 학생 수가 아니라 샘플 개수다. 예를 들면,

6) 교과목마다 이렇게 담당교수가 직접 평가기준을 결정할 수 있으나, 한편으로는, 학과 공통의 표준 평가기준을 별도로 설정하여 이를 활용할 수도 있을 것이다. 하지만, 교과목 담당교수가 표준 평가기준을 쓸 것인지, 아니면 자신의 교과목에 맞는 더 구체적인 평가기준을 마련하여 쓸 것인지는, 교과목 담당교수의 재량사항으로 보는 것이 옳다고 본다.

Fig. 5에서 PO A에서 성취도 “수”에 해당되는 숫자 “8”은 학생 수가 아니라 샘플 수다.

두 과목 S1, S2가 툴 사용 능력, 즉 PO E에 대해 성취도를 측정하고 그 결과로 나온 수/우/미/양의 샘플 수를 서로 합친다고 할 때, 과목 S1을 수강한 학생집단과 과목 S2를 수강한 학생집단이 100 % 동일하다는 보장이 없다. 어떤 학생은 두 과목 모두 수강했을 수 있고, 또 어떤 학생은 한 과목만 수강했을 수 있다. 따라서, 전자의 경우는 합산의 결과에 이중으로 기여하고, 후자의 경우는 한 번만 기여하게 될 것이다. 이러한 “샘플 합산”에 의미가 있을 수 있는 것은, PO E에 대하여 특정 학년의 성취도가 어느 정도나 되는지 가늠하고자 하기 때문이다. 즉, 특정 학생의 성취도가 초점이 아니고, 그 학생이 속한 학년 전체의 대략적 성취도가 초점이기 때문이다.

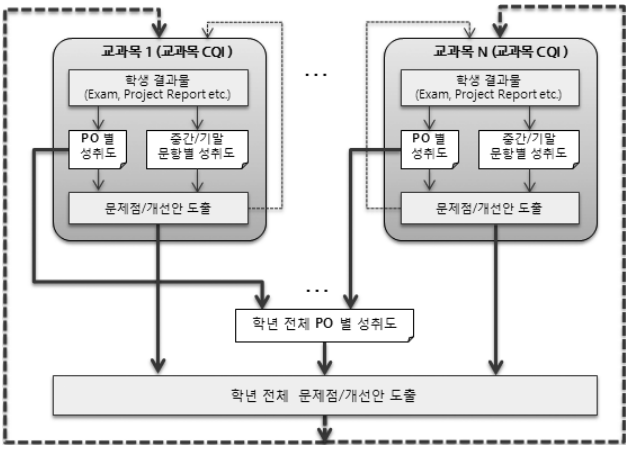
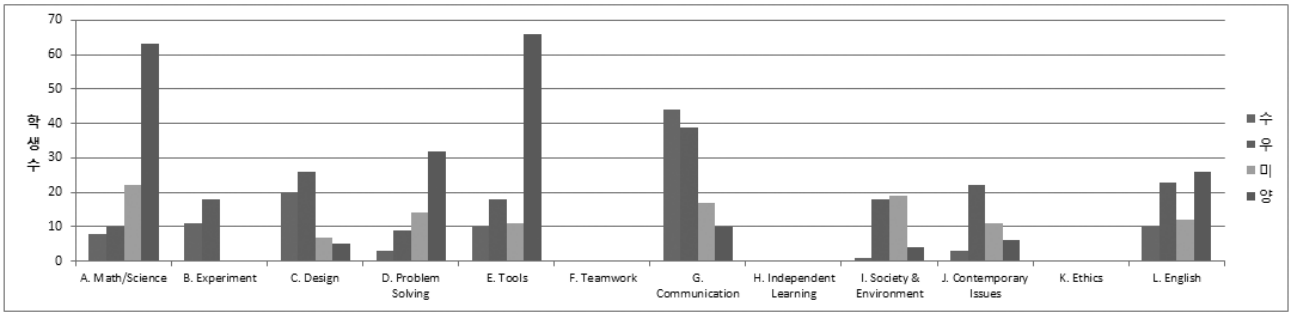


Fig. 4 CQI process for each year-level

Fig. 5를 볼 때, 2009년 현재 2학년의 수학/기초과학 능력이 심각한 상태란 것을 알 수 있다. 특히, 2학년의 경우 학생의 60% 정도가 “양”, 즉 “학습성과 달성에 실패”로 나타났다. 당연히, 2학년 교과목인 공업수학/이산수학은 물론, 1학년 교과목인 대학수학에서도 이런 실상을 고려한 적절한 대책이 마련되어야 할 것이다.

기초학력이 그다지 요구되지 않는 “툴 사용 능력”, 즉 PO E 관련 성취도에서도, 그 결과는 심각하다. 77% 정도가 “미”나 “양” 수준으로 나타났고, 특히 60% 이상이 학습성과 달성에 실패하였다. 기초학력 수준에 관계 없이 적당한 노력만으로도 충분히 좋은 성취도를 보일 수 있는 “툴 사용 능력”에서 이렇게 낮은 성취도를 보였다는 것이다. 이것이 시사하는 것은, 학생들이 기본적으로 가져야 할 “새로운 것”에 대한 호기심/욕심 같은 것이 전혀 없다는 점이다. 즉, 공부할 생각도 마음도 없다는 사실이다. 이러한 문제는, 교과과정이나 교과목의 개선만으로 해결되지 않는다는 데 그 문제의 심각성이 있다. 아마도, 이 문제는 공학교육인증만으로는 해결할 수 없고, 학습부진아를 치료할 수 있는 학교 전체 차원의 대책, 예를 들면 학습클리닉과 같은 방법이 강구되어야 할 것이다.

어쨌든, Fig. 5와 같은 성취도 결과의 분석은 의미 있는 문제



프로그램 학습성과별 성취도 분포

	A. Math/Science	B. Experiment	C. Design	D. Problem Solving	E. Tools	F. Teamwork	G. Communication	H. Indepen	I. Society	J. Contem	K. Ethics	L. English
수	8	11	20	3	10		44		1	3		10
우	10	18	26	9	18		39		18	22		23
미	22	0	7	14	11		17		19	11		12
양	63	0	5	32	66		10		4	6		26
합계	103	29	58	58	105		110		42	42		71

프로그램 학습성과별 성취도 분포 (백분율)

	A. Math/Science	B. Experiment	C. Design	D. Problem Solving	E. Tools	F. Teamwork	G. Communication	H. Indepen	I. Society	J. Contem	K. Ethics	L. English
수	8%	38%	34%	5%	10%		40%		2%	7%		14%
우	10%	62%	45%	16%	17%		35%		43%	52%		32%
미	21%	0%	12%	24%	10%		15%		45%	26%		17%
양	61%	0%	9%	55%	63%		9%		10%	14%		37%

Fig. 5 PO achievement data of a particular year-level students (an example from the sophomores in 2009)

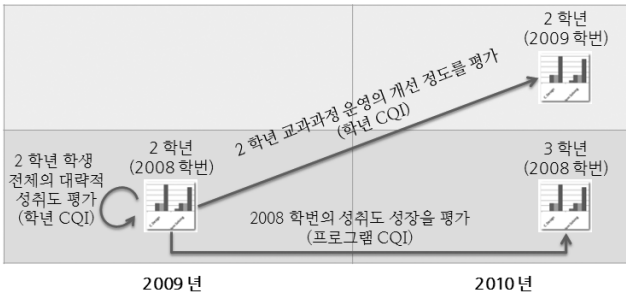


Fig. 6 How to use the year-level PO achievement data

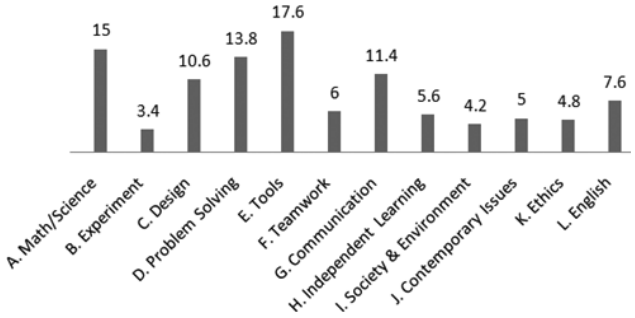


Fig. 7 Course contributions to POs

점/개선안 도출에 매우 유용하다. 이 밖에도, 해당 학년 각 교과목의 CQI 보고서로부터 나오게 되는 관찰의 결과 역시, 학년 전체의 문제점/개선안을 도출하기 위한 유용한 자료가 된다.

Fig. 6은, "학년 전체의 PO별 성취도" 결과를 어떻게 활용할 수 있는지를 보여 준다. 그림에서 보듯이, 활용 방법은 다음 세 가지로 요약할 수 있다.

- 특정 학년 학생 전체의 대략적 성취도를 평가(학년 CQI)
- 특정 학년 교과과정 운영의 개선 정도를 평가(학년 CQI)
- 특정 학번 학생들이 상급 학년으로 진급해가면서 PO별 성취도가 어떻게 성장해 가는지를 평가(프로그램 CQI)

4. 최종학년(4학년) CQI와 프로그램 CQI

앞 절에서 보인 학년 레벨의 CQI는 4학년 과정에도 그대로 적용된다. 하지만, 학생들이 4학년 교과목, 특히 종합설계/캡스톤디자인 교과목에서 보이는 PO 성취도는 아주 특별한 의미가 있다. 앞에서 언급하였듯이, 학습성과(PO)는 일종의 "완수형 학습성과"와 "성장형 학습성과"로 나눌 수 있다. 전자는 관련 교과목 안에서 측정한 성취도 결과가 의미가 있지만, 후자의 경우, 저학년에서 측정한 성취도 결과에 절대적인 의미를 부여할 필요는 없다. 다만, 4년 교과과정을 거치면서 그 학습성과 관련 능력이 꾸준히 성장해 갈 수 있도록, 교과목 안에서 가르치고 관찰해야 한다. 하지만 이 성장형 학습성과 역시, 4학년에 가서는 목표로 설정한 수준에 도달하였는지 측정해야 하며, 그 측정결과는, 저학년에서의 측정결과와는 의미가 전혀 다르다고 할 수 있다.

그렇다고 해도, 국내 대학들의 PO 성취도 측정과 관련 CQI는 4학년 종합설계/캡스톤디자인 교과목에만 편중되어 있다. 물론, 전 학년 전 교과목 안에서 PO 성취도를 측정하고, 관련 CQI를 운영하고는 있지만, 이는 어디까지나 교과목 자체를 위한 CQI에 그치고, 프로그램 전체 레벨의 CQI와 연결되지 못 하고 있는 실정이다. 이런 현상의 이유로는 다음 몇 가지를 생각할 수 있다. PO에 해당되는 각 능력은 학생들이 "졸업시점"까지(by the time of graduation) 획득해야 할 능력으로 정의되어 온 것이 그 첫째 이유다(ABET, 2007). 여기에 덧붙여, "모든" 학생이 "모든" PO를 다 성취하고 졸업해야 하며, 이를 증명해야 한다는 오해가 그 두 번째 이유다(ABET, 2004; Kranov et al., 2011)[7]. 공학인증에서 학습성과 성취도를 측정하는 목적은, 1) 졸업예정자들의 학습성과 달성도 여부를 판단하는 데만 있는 것이 아니라, 2) 교과과정을 거치면서 학생들의 학습성과 관련 능력이 성장해갈 수 있도록 꾸준히 관찰하고 도와주기 위한 것이기도 하다. 국내대학들의 왜곡된 CQI 체계의 주된 이유가 바로 전자(1번 목적)에 지나치게 치중하였기 때문이라고 본다[8].

어쨌든, 4학년 교과목들에서 보인 학생들의 PO 성취도는 해당 교과목만이 아니라 프로그램 전 교육과정의 운영 결과로 볼 수 있다. 따라서, 4학년 교과목에서 도출된 제반 문제점/개선점 등은 바로 프로그램 전체 레벨에서 다루어져야 할 것이다. 관련 개선 방향과 방안은 당연히 전 학년 교과목에 걸쳐 반영되어야 한다.

이러한 CQI 작업에 유용한 도구 중 하나가 Fig. 7에 보인 "교과과정과 학습성과 상관관계"이다. 이 자료는, PO 성취도의 측정 여부에 관계없이, 모든 교과목에 걸쳐 교과목의 PO 기여도를 합산한 것이다(Table 2 참조). 이 그림에서 보듯이, 툴 사용능력 관련 PO는 교과과정에서 충분히 커버하고 있다(기여도 17.6으

7) 공학인증 평가의 대상은 프로그램(학과)이지 학생이 아니다. 사실 2000년대 초반에는 미국 대학교들은 물론 ABET조차 이 개념에 관해 갈등, 혼동 및 오해를 겪었던 것으로 보인다. 우리는 이런 혼동을 해결하기 위해, 2007년, 공학인증 관련 논문의 저자이며 동시에 ABET 관계자였던 Dayne Albridge 박사에게 문의 메일을 보내기도 했다. Albridge 박사의 답변은 명확했다(Albridge, 2007): "혼동의 주범이 된 EAC 관련 지침(ABET, 2004)은 ABET 웹사이트에서 제거했다. 공학인증 기준은 학생의 졸업기준이 아니며, 공학인증식 평가는 학생 개개인의 졸업자격 여부를 판단하기 위함이 아니라, 프로그램 전반의 품질을 보증하기 위함이다."

8) 대부분의 국내대학들이 수학이나 실험 관련 능력조차 종합설계 교과목 안에서 그 성취도 달성 여부를 평가하고 있는 것이 그 좋은 예라고 할 것이다. 수학 관련 능력은 수학 과목에서, 실험 관련 능력은 실험 과목에서 그 성취도와 달성도 여부를 판단하는 것이 합리적이라고 본다.

로 가장 높다). 그럼에도, 앞에서 언급하였듯이, 학생들의 툴 사용 능력은 매우 떨어진다. 해결책으로는, 관련 교과목에서 학생들이 툴을 사용해야 하는 과제물을 늘리거나, 성적에 반영하는 비율을 높이는 것을 생각할 수 있다. 즉, 양적 강화가 아니라 내용과 운영의 개선이 필요할 것이다. 반면, 교과목 기여도가 4.8에 그친 공학윤리(K. Ethics)와 관련된 교육강화가 필요하다면, 좀 더 많은 교과목에서 이 이슈를 다루도록 해서, 교과목 기여도를 양적으로 늘려야 할 것이다. 이 때, 윤리 관련 PO는 성장형 학습성과로 해석될 수 있으므로, 관련 성취도를 직접 측정하지 않고도 저학년 교과목에서 비교적 수월하게 다룰 수 있다.

5. 프로그램 CQI 보고서

공학인증이 교수들에게 안겨 준 또 하나의 큰 부담이 바로 "문서화"다. 이 때문에 공학인증의 본래 취지와 다르게, 공학교육이 전시적인 문서작업 중심으로 흐를 우려도 없지 않다. 그럼에도 불구하고, 우리는 국내 공학인증에서 전혀 언급된 적이 없는 또 하나의 문서화, 즉 "프로그램 CQI 보고서"라는 것을 제안하지 않을 수 없다. 물론, 교과목 CQI 보고서와 자체평가보고서라는 문서화가 있으나, 각 교과목 운영과 각 학년 교과과정 운영으로부터 도출된 프로그램 전반에 관련된 현황, 문제점, 개선안 등을 문서화하는 것은 매우 중요하며, 이를 위해 매년 프로그램 레벨의 CQI 보고서를 작성할 필요가 있다. 서론에서 소개한 바 있듯이, 연관성이 높은 교과목으로 구성된 교과목 그룹들을 CQI 대상으로 삼는 경우(Soundarajan, 2004), 그 CQI를 문서화하기 위해 "Course Group Report"라는 보고서를 작성하고 있다.

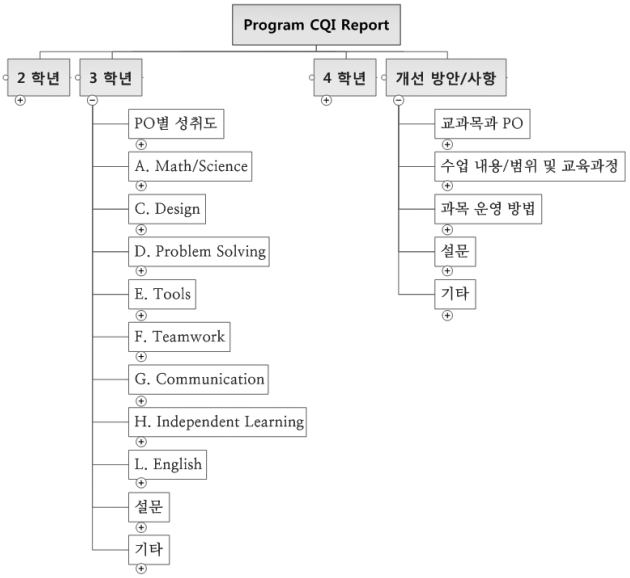


Fig. 8 Program CQI report (an example)

Fig. 8은 마인드맵 툴을 이용해서 작성한 "프로그램 CQI 보고서" 내용의 일부를 보이고 있다. 이 보고서를 작성하기 위한 주요 작업은 다음과 같다.

- 각 학년 별로 PO별 성취도 합산 결과를 기록하고 이전 학년도 결과와 비교하여 해당 학년의 교과과정 운영의 개선 정도를 분석하고 기록한다.
- 특정 학년 학생들의 성취도가 저학년 때와 비교해서 얼마나 향상되었는지도 분석/기록한다.
- 특정 학년의 교과목 CQI 보고서 전부를 검토하여 그 관찰/분석 결과를 각 학습성과별로 기록한다.
- 이렇게 학년 레벨의 CQI 작업을 하면서 자연스럽게 도출되는 프로그램 레벨의 이슈, 현황, 문제점, 개선방안 등을 그림에 보였듯이 별도의 가지로 취급하여 작성한다.

III. 결 론

공학인증이란, 학생들이 4년의 교과과정을 이수해가면서 학습성과에 해당되는 능력을 어떻게 습득하고 향상시켜 가는지를 꾸준히 관찰/평가하여 약점/문제점이 있다면 이에 대한 적절한 개선책을 마련하고 시행함으로써, 학생들이 학습성과를 달성하고 졸업할 수 있도록 하자는 체계적인 CQI 교육체계라고 할 수 있다. 이를 위해서는 각 교과목 안에서 학습성과를 계획하고 운영한 결과인 학생들의 학습성과 성취도를 측정하는 것이 가장 기본적인 작업이다. 이렇게 해서 얻은 성취도 자료와 관찰/분석 결과는, 그 교과목이 속한 학년 전체 그리고 더 나아가서 프로그램 전체라는 큰 틀 안에서 활용될 때, 진정한 프로그램 레벨의 CQI가 될 것이다.

학습성과(PO)는 성장형 학습성과와 완수형 학습성과로 나눌 수 있다. 완수형 학습성과는 비록 그 학습성과가 저학년 교과목에서 다루어지더라도, 그 성취도의 측정 결과를 졸업예정자들의 학습성과 달성도 여부를 판단하는 데 바로 쓸 수 있다고 본다. 한편, 성장형 학습성과가 저학년에서 다루어질 때는 성취도 측정과 그 결과에 너무 연연해 할 필요가 없으며, 다만 매 학년을 거쳐 가면서 어떻게 성장해 가는지를 관찰하는 것이 더 의미가 있다. 즉, 저학년 교과목에서 투자한 노력이 상급학년에 가서 어떻게 결실을 거두는지 프로그램 전체 레벨에서 관찰하는 것이 중요하다. 이런 관점에서 교과목 담당 교수는 성장형 학습성과들을 훨씬 더 적극적으로 저학년 교과목에 수용할 수 있게 된다.

이렇게 프로그램 전 교과과정을 일련의 성장 프로세스로 보고 운영하기 위해서는, 단위 교과목에서 학년, 학년에서 프로그램 전체로 이어지는 CQI가 필요하며, 본 논문은 이를 구현할 수 있

는 실용적인 방안을 제안하였다. 국내 대학의 CQI는, 각 교과목의 CQI 보고서와 4학년 종합설계/캡스톤디자인 교과목 평가 결과라는 두 가지 문서화로 머물고 있으며, 이들 간의 유기적 연결이 희박하다. 우리가 제안하는 CQI의 요체는, "학년 전체의 PO별 성취도(Fig. 5)" 도출과, 관련 데이터의 활용 방법(Fig. 6), 그리고 이러한 CQI 운영을 "프로그램 CQI 보고서(Fig. 8)"로 문서화하는 것이다. 이렇게 함으로써, 각 교과목 CQI에서 도출된 정보가 학년 CQI로, 다시 프로그램 전체 CQI로 자연스럽게 통합되고 이는 다시 각 교과목 CQI에 반영되는 순환체계를 이룰 수 있다.

참고문헌

1. 한국공학교육인증원(2011). **2011년 평가위원 워크숍, 판정가이드 Ⅱ - 인증기준 3,4,5.**
2. ABET (2004). *Guidelines to Institutions, Team Chairs and Program Evaluators on Interpreting and Meeting the Standards Set Forth in Criterion 3 of the Engineering Accreditation Criteria.*
3. ABET (2007). *Criteria for Accrediting Engineering Programs: Effective for Reviews During the 2007-2008 Accreditation Cycle.*
4. ABET (2012). *Criteria for Accrediting Engineering Programs: Effective for Reviews During the 2012-2013 Accreditation Cycle.*
5. Albridge, M. D. (2007). [RE: ABET Questions].
6. Kranov, Ashley Ater, Milligan, Michael, & Sussman, Joseph (2011). ABET Presents - Dispelling Myths: Common Misconceptions About ABET & Accredittion. Presentation at *the 2011 ASEE Annual Conference*, Vancouber, BC, Canada.
7. Danielson, S., & Rogers, B. (2007). A methodology for direct assessment of student attainment of program outcomes. Proceedings of *2007 ASEE Annual Conference and Exposition*, Honolulu, HI.
8. Maki, P. L. (2004). *Assessing for Learning: Building a Sustainable Commitment Across the Institution.* Stylus Publishing.
9. Mead, P. F., Turnquest, T. T., & Wallace, S. D. (2006). Work in Progress: Practical Framework for Engineering Outcomes Based Teaching and Assessment - A Catalyst for the Creation of Faculty Learning Communities. Proceedings of *the 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 2006).*
10. Memon, Q. A., Harb, A., & Khoja, S. (2012). Specialization-Specific Course Assessments Integrated for Program Assessment. *Education Research International*, 2012.
11. Soundarajan, N. (1999). *Engineering Criteria 2000: The impact on engineering education. Proceedings of the 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (FIE 99).*
12. Soundarajan, N. (2004). Program assessment and program improvement: closing the loop. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 29*(5): 597-610.
13. Prados, J. W., Peterson, G. D. & Lattuca, L. R. (2005). Quality assurance of engineering education through accreditation: The impact of Engineering Criteria 2000 and its global influence. *Journal of Engineering Education, 94*(1), 165-184.
14. Rahemi, H., & Seth, N. (2008). Student Learning Outcomes: An Integrated Continuous Improvement Process for Course and Program Assessment. *Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education, 2*(2), 54-62.
15. Shryock, K. J., & Reed, H. L. (2009). ABET Accreditation - Best Practices for Assessment. Proceedings of *the 2008 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference*, The University of New Mexico, Albuquerque.

심춘보(Chun-Bo Sim)
1996년: 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업
1998년: 동 대학원 컴퓨터공학과 석사
2003년: 동 대학원 컴퓨터공학과 박사
2005년~현재: 순천대학교 멀티미디어공학과 부교수
관심분야: 공학교육인증, 데이터베이스 시스템
Phone: 061-750-3834
Fax: 061-750-3830
E-mail: cbsim@sunchon.ac.kr

박동국(DongGook Park)
1986년: 경북대학교 전자공학과 졸업
1989년: KAIST 전기및전자공학과 석사
2001년: 호주 QUT (Queensland University of Tecnnology) School of Data Communication 박사
1889년~2004년: 한국통신 연구개발본부 수석연구원
2004년~현재: 순천대학교 정보통신공학과 부교수
관심분야: 공학교육인증, 암호학
Phone: 061-750-3597
Fax: 061-750-3590
E-mail: dgpark6@sunchon.ac.kr