

웹 기반 프로그래밍 교육 시스템의 설계 및 구현

김영지*, 엄용철**, 김현철***, 이원규***

* 고려대학교 교육대학원 컴퓨터교육과

** 고려대학교 대학원 컴퓨터교육과

*** 고려대학교 사범대학 컴퓨터교육과

7youngji@korea.ac.kr*, yycok@comedu.korea.ac.kr**, {hkim, lee}@comedu.korea.ac.kr***

Web based Programming Education System

Youngji Kim*, Yong-Cheul Yeum**, Hyeoncheol Kim***, WonGyu Lee***

* The Graduate School of Education, Korea University

** Dept. of Computer Science Education, Korea University

*** Dept. of Computer Science Education, Korea University

요 약

웹을 기반으로 한 프로그래밍 교육 시스템에 관하여 많은 연구가 이루어져 왔으나 대부분의 연구는 강의 노트의 제공 방법, 또는 하이퍼링크 상에서의 효과적인 네비게이션 방법과 같은 원격 교육 시스템에 국한된 내용이었다. 그러나 프로그래밍 교육은 그 특성상 강의노트와 제공 방법이나 하이퍼링크 상에서의 효과적인 네비게이션 방법보다도 많은 양의 과제를 통한 연습 기회의 제공과 각 과제에서의 교수자와 학습자간의 친밀하고 개인적인 상호작용이 학습자의 학업성취도에 더욱 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 원격 교육 시스템의 관점에서 더 나아가 교수자가 학습자에게 많은 양의 과제를 통한 연습의 기회를 부여할 수 있고 각 과제당 교수자와 학습자간의 상호작용을 극대화할 수 있는 웹 기반 프로그래밍 교육 시스템을 구현하였다. 웹 기반 프로그래밍 교육 시스템은 학습자에게 시간과 장소에 구애됨이 없이 웹 브라우저를 이용하여 프로그램을 코딩하거나 컴파일할 수 있고 SPLINT를 통한 분석결과를 통해 즉시 피드백을 받을 수 있는 환경을 제공한다. 또한 교수자에게 많은 수의 학생들의 과제를 관리하고 교수자의 평가 기준에 의해 한꺼번에 자동으로 평가할 수 있는 환경을 제공하여 준다. 이러한 웹 기반 프로그래밍 교육 시스템은 웹을 이용한 프로그래밍 교육을 면대면 학습에 더욱 가깝게 만들어준다. 현재 웹 기반 프로그래밍 교육시스템은 K대학교 컴퓨터교육과 1학년 재학생들을 대상으로 한 C 프로그래밍 강좌에 사용되고 있다.

1. 서 론

인터넷의 발달은 웹을 대중적이고 친밀한 공간으로 인식되게끔 만들어주었으며, 이는 학습자들을 웹 기반 교육 환경에서도 쉽게 적응하여 학습할 수 있도록 만들어 주었다[1][4][8]. 이제까지의 웹 기반 프로그래밍 교육 관련 연구에서는 강의 노트의 제공 방법 또는 예제 프로그램의 효과적인 제시 방법이나 하이퍼텍스트 상에서의 효과적인 네비게이션 방법, 또는 학습객체와 학습자의 간단한 상호작용 방법에 대하여 연구하여 여러 가지 성공적인 연구 결과들을 보여주었다. 그러나 프로그래밍 학습에서는 강의 노트의 효과적인 제시 방법이나 효율적인 네비게이션 방법보다도 많은 양의 과제를 통한 프로그래밍 연습의 기회 부여와 각 과제에서의 학습자와 교수자간의 밀접하고 신속한 상호작용이 학습자의 학업성취도에 더욱 큰 영향을 미친다. 또한 처음 프로그래밍을 접하여 프로그래밍을 어렵게 생각하는 학습자들에게 친밀하고 편리한 학습 환경의 제공은 학습자의 학업 성취도를 높일 수 있는 또 하나의 요인으로 작용한다. 대부분의 프로그래밍 강의는 많은 수의 학습자들을 대상으로 하며 이러한 대규모 강의실에서 이루어지는 프로그래밍 강의에서는 처음 프로그래밍을 접하는 학습자들을 배려하기 어렵다. 또한 교수자가 학습자에게 제공하는 피드백의 양과 학습자의 코딩에 대한 신속한 피드백에 의해 강의의 질이 결정되어 지나 많은 수의 학습자를 대상으로 강의가 이루어지기 때문에 밀접하고 신속한 피드백의 제공 및 많은 과제의 제공은 매우 어렵다. 이 논문에서는 교수자가 과제 평가와 피드백 제공에 대한 부담감 없이 학습자에게 많은 양의 과제를 부여할 수 있

고 학습자가 친밀하고 편리한 프로그래밍 학습 환경에서 교수자로부터 신속하고 많은 양의 피드백을 제공받을 수 있는 웹 기반 프로그래밍 교육 시스템을 제공한다.

웹 기반 프로그래밍 교육 시스템은 학습자와 교수자간의 밀접한 상호작용 방법을 제공하여 학습자의 프로그래밍에 대한 학업 성취도를 높여주고 교수자에게 효율적인 평가 방법을 제공하여 과제 평가에 대한 부담감을 줄여 더욱 많은 과제를 학습자에게 부여할 수 있도록 만들어 주는 웹 기반 시스템이다. 이 시스템은 현재 K대학교 컴퓨터교육학과 신입생을 대상으로 한 2005년도 1학기 C 프로그래밍 강좌에 사용되고 있다.

2. 프로그래밍 교육 시스템(PES)

대부분의 웹 기반 프로그래밍 교육에서는 웹상에서 제시되는 강의 노트와 프로그램 코드 예제를 보고 스스로 학습한 후 자신의 컴퓨터에 설치된 컴파일러를 이용하여 제공된 과제를 풀어보는 방식으로 학습이 이루어진다[2]. 원격의 학습자들은 프로그램 과제 작성을 위해 자신의 컴퓨터에 컴파일러를 설치하여야 하며 컴파일러 사용 방법을 배워야한다. 또한 교수자의 피드백을 받기 위해서는 교수자에게 직접 이메일을 보내거나 게시판에 글을 써야 한다. 교수자는 학습자의 과제를 평가하기 위해 학습자의 과제를 한 개씩 컴파일 및 실행하고 직접 눈으로 확인하여야 하며, 학습자에게 피드백을 주기 위해 이메일을 보내거나 게시판에 글을 올려야한다[3][7][10]. 그러나 처음 프로그래밍을 접하는 학습자들은 컴파일러의 설치 및 사용 방법의 익힘을 어렵게 생각하며 특히 소극적인 학습자들은 질문

발생시 피드백을 받기 위한 행동을 취하지 않는 것이 사실이다. 또한 웹을 기반으로 한 프로그래밍 강의 및 대규모의 강의실에서 이루어지는 프로그래밍 강의는 대부분 학습자의 수가 많기 때문에 교수자가 적절한 시간에 정확한 피드백을 학습자에게 제공하기 힘들며, 많은 수의 학습자들의 프로그램을 하나씩 컴파일하고 실행하기 어렵기 때문에 과제 제공에 대한 부담감을 느껴 많은 양의 과제를 제공하기 어렵다. 또한 과제 평가의 정확도도 떨어지게 된다. 이를 극복하기 위해 웹 기반 프로그래밍 교육 시스템에서는 다음의 기능을 제공한다.

- 학습자는 자신의 컴퓨터에 컴파일러를 설치하지 않아도 웹을 통해 프로그램을 컴파일 및 실행할 수 있으며 프로그램을 컴파일하는 즉시 자신의 프로그램에 대한 피드백을 받을 수 있다.
- 학습자는 프로그래밍 과제를 버튼을 이용하여 간단히 제출할 수 있고 시스템을 이용하여 과제에 대한 점수와 평가 이유 및 교수자의 코멘트를 확인할 수 있다.
- 교수자는 많은 양의 프로그램을 일괄적으로 컴파일 및 실행할 수 있으며 이를 기반으로 자신의 평가 근거에 의해 학습자들의 프로그램을 한꺼번에 평가할 수 있다. 또한 학습자의 프로그램에 코멘트를 할 수 있다.

2.1 시스템 구조

그림 1에서 보는 바와 같이, 프로그래밍 교육 시스템은 학습자 관리 블록, 교수자 관리 블록, 평가 엔진 블록의 세 개의 블록으로 이루어져 있으며, 각 블록은 여러 가지 역할을 담당하는 관리자 및 모듈로 이루어져 있다. 각 블록의 기능은 다음과 같다.

학습자 관리 블록 : 학습자에게 편리한 웹 인터페이스를 제공하며 평가 엔진 블록 내부의 SPLINT를 호출하여 SPLINT를 이용한 프로그램 관련 취약점 및 에러 이유 등의 피드백을 제공하여 준다. 학습자는 이를 통하여 편리하고 친밀한 웹 환경에서 자신의 프로그램을 컴파일하고 실행할 수 있고 교수자 없이도 자신의 프로그램을 스스로 진단할 수 있다. 또한 학습자는 프로그램을 작성하거나 로컬 컴퓨터의 프로그램을 시스템에 올리고 편집할 수 있으며 간단한 버튼을 이용하여 교수자에게 자신의 프로그램을 전송할 수 있다. 또한 프로그램의 평가 결과 및 교수자의 코멘트를 이메일이나 게시판의 이용 없이도 확인할 수 있다.

교수자 관리 블록 : 교수자에게 편리한 웹 환경을 제공하여 주며, 과제 및 시험에 대해 학습자에게 알려주는 기능을 제공한다. 또한 학습자 관리 기능 및 학습자들이 제출한 학습 과제를 관리 하는 기능을 제공하여 준다. 교수자는 이를 이용하여 많은 수의 학습자 및 학습 과제를 관리할 수 있으며 부담감 없이 많은 양의 학습 과제를 부여할 수 있고, 프로그래밍 학습 과제를 일괄적으로 컴파일하고 실행할 수 있다. 또한 교수자가 원할 시에 학습자의 과제에 코멘트를 줄 수 있으며 학습자의 질문에 답할 수 있다. 교수자는 교수자 관리 블록에서 평가 엔진 블록을 호출하여 교수자가 정한 평가 기준에 의해 학습자의 과제를 자동으로 평가할 수 있다.

평가 엔진 블록 : 교수자 관리 블록으로부터 호출되어 학습자의 과제를 반자동적으로 평가한다. 학습자의 과제가 평가 엔진 블록에 도착하면 많은 수의 학습자의 과제를 컴파일하고 실행하여 결과를 레포트로 작성한다. 또한 프로그램의 취약점을 분석하여 주는 SPLINT[9]를 이용하여 프로그램을 분석하며 이

를 레포트화한다. 코드 분석기를 통하여 프로그램 코드 분석결과까지 작성되어지면, 컴파일러와 SPLINT로부터 나온 분석결과, 코드 분석기를 통한 분석 결과와 교수자의 개인적인 코멘트를 모두 종합하여 평가 가중치 관리자에서 결정된 평가 가중치를 반영하여 학습자의 프로그램을 평가하게 되고, 이를 이용하여 학습자의 프로그램에 평점을 매기게 된다. 이 때, 데이터베이스에 저장된 학습자의 프로그램 교육 시스템의 사용 빈도 관련 로그와 과제 제출시 발생된 피드백의 빈도수 및 강의실에서 이루어진 프로그램 예제의 작성 및 컴파일 빈도수가 모두 평점에 반영되어진다.

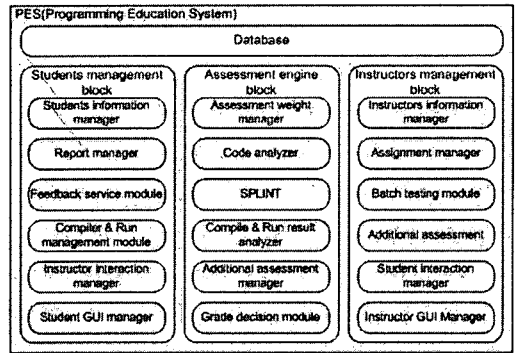


그림 1. 프로그래밍 교육 시스템의 블록 다이어그램

3. 시스템의 적용

프로그래밍 교육 시스템은 K대학교 컴퓨터교육을 전공하는 신입생을 대상으로 한 C프로그래밍 강의에 사용되고 있다. 프로그래밍 교육 시스템은 그림 2에서와 같이 운영되어진다.

학습자	프로그래밍 교육 시스템	교수자
새로 부여된 학습과제 선택	학습과제 일괄 서비스	새로운 학습과제 알림
프로그램을	레퍼런스 제공 및 프로그램 취약점 제공	
테스트	참가권 편집할 권한 평가판 프로그램 결과 확인	
프로그램 구성	사용으로 비드백 제공	
과제 제출	과제 도착 알림	평가서명결정
	원거리 컴파일 및 실행 평가판 프로그램 결과 확인	단 소팅
	자동 평가	평가
	평가에 반영할 권한 주기	평가에 반영할 점수 제공
구분별 확인	대용량 비드백 서비스	구분별 제공
결과 확인	결과 내역	결과 확인

그림 2. 프로그래밍 교육 시스템 운영 흐름도

교수자는 학습 과제 발생 시 학습 과제에 대한 알림 서비스를 통해 학습자에게 새로운 학습 과제에 대한 내용을 알리고, 학습자는 이를 확인 후, 프로그래밍 교육 시스템에서 제공하는 프로그램 레퍼런스를 보며 에디터를 이용하여 프로그램 코드를 쓰게 된다. 이 때 학습자는 프로그래밍 교육 시스템을 사용하여 자신의 프로그램을 컴파일 하고 테스트해 볼 수 있으며 실행해 볼 수 있다. 그림 3과 같이 학습자는 시스템으로부터 제공되는 자동적인 피드백을 보며 자신의 프로그램을 디버깅하고, 학습 과제를 모두 완료하게 되면 프로그래밍 교육 시스템을 통해 교수자에게 완료된 학습과제를 제출하게 된다.

5. 결론

우리는 이 논문에서 웹을 기반으로 한 프로그래밍 교육 시스템을 개발하였다. 원격의 학습자는 시간과 장소에 구애됨이 없이 프로그래밍 학습을 컴퓨터의 웹 브라우저를 이용하여 학습할 수 있으며, 자신의 컴퓨터에 컴파일러를 설치할 필요가 없다. 학습자는 컴파일러와 SPLINT로부터 발생하는 메시지와 프로그램 실행으로부터 발생한 메시지를 통해 간단하지만 정확하고 유용한 피드백을 받을 수 있다. 교수자는 많은 수의 프로그램 과제 및 학습자를 매우 효율적으로 관리할 수 있으며, 과제의 평가 부담을 줄게 되어 더욱 많은 과제를 학습자에게 제공할 수 있다. 또한 교수자는 학습자의 코드를 한꺼번에 자동으로 컴파일하고 실행할 수 있으며, 교수자의 평가 기준에 의해 분석하여 평가할 수 있다. 교수자는 교수자가 원할 시, 각 학습자의 코드에 코멘트를 할 수 있다. 웹 기반 프로그래밍 교육 시스템은 웹을 기반으로 시간과 장소에 구애되지 않고 프로그래밍을 학습할 수 있으며 피드백을 곧바로 받을 수 있으므로 학습자들에게 긍정적인 영향을 가져다 줄 수 있으며, 반자동적인 프로그램 평가 기능을 제공하므로 교수자에게 효율적인 교수 방법을 제시한다.

4. 참고문헌

[1] Martin Hits, and Stefan kogeler, "Teaching C++ on the WWW", ITiCSE'97, ACM Press, Volume 29 Issue 3, pp. 11-13, June 1997.
 [2] Misook Heo, "A Learning and Assessment Tool for Web-based Distributed Education", CITC4 '03, ACM Press, pp. 151-154, October 2003.
 [3] Riku Saikkonen, Lauri Malmi, and Ari Korhonen, "Fully Automatic Assessment of Programming Exercise", ITiCSE'01, ACM Press, Volume 33 Issue 3, pp. 133-136, June 2001.
 [4] Tony Clear, and Jarkko Suhonen, "Dimensions of Distance Learning for Computer Education", ITiCSE 2000 working group reports, ACM Press, pp. 101-110, 2001.
 [5] Abhijeet Trivedi, and Dulal C. Kar, and Holly Patterson-McNeill, "Automatic Assignment management and peer evaluation", Computing Science in Colleges, The Consortium for Computing in Small Colleges, Volume 18 Issue 4, pp. 30-37, 2003.
 [6] Fintan Culwin, "Lecturelets - Web based Java enabled lectures", ITiCSE '00, ACM Press, pp. 5-8, 2000.
 [7] Blain Price, and Marian Petre, "Teaching Programming through Paperless Assignment an empirical evaluation of instructor feedback", ITiCSE '97, ACM Press, Volume 29 Issue 3, pp. 94-99, 1997.
 [8] Laws R., "Distance learning's explosion on the Internet", Computing in Higher Education, pp. 48-64, Spring, 1996.
 [9] Inexpensive Program Analysis Group, University of Virginia, Splint (<http://www.splint.org>).
 [10] Stephen H. Edwards, "Rethinking Computer Science Education from a Test-first perspective", OOPSLA '03, ACM Press, pp. 148-155, 2003.
 [11] Brenda Cheang, Andy Kurnia, Andrew Lim, and Wee-Cheong Oon, "On automated grading of programming assignments in an academic institution", Computers & Education, Elsevier Science Ltd, Volume 41 Issue 2, pp. 121-131, September 2003.



score.c Compile Result

A:\splint\exam\2005_2006\exammanager\exam\score\2005\0221-warning-no-warnings\end of file

score.c SPLINT Result

Score: 0/14 --- 20 Feb 2002 You are score.c. In function main: You are score.c:9:10: Tag: expression for while not looked. base: 0:1: Test expression had to not be looked for. Use --warn-expr to show warnings. You are score.c:11:3: Return value (0) not ignored. count: 0:0: post. ... Post returned by function call not used. If this is intended, can cast result to (void) to eliminate message. Use --warn-unused to show warnings. You are score.c:11:3: Unreachable code (return). This code will never be reached on any possible execution. Use --warn- unreachable to show warnings. You are score.c:16:11: Unreachable code (return). Finished checking. --- 4 code warnings. Finished checking. --- 4 code warnings.

그림 3. SPLINT를 이용한 학습자 프로그램 컴파일 및 실행결과 분석 피드백

교수자는 학습자들이 제출한 학습 과제의 목록을 도착 즉시 볼 수 있으며 관리할 수 있다. 교수자는 학습과제에 따른 평가 방법과 기준을 만들고, 학습자가 제출한 많은 양의 학습과제를 간단한 일괄처리 방법을 통해 컴파일하고 실행하게 된다. 그림 4에서와 같이 교수자는 일괄처리 방법을 통해 생성된 평가 레포트를 볼 수 있게 되며, 교수자가 원할 시, 평가 기준을 바꾸거나 더하여 평가 레포트를 다시 생성할 수 있다. 또한 교수자는 학습자의 프로그램에 개별적인 코멘트를 제공할 수 있으며 그림 5와 같이 학습자는 프로그래밍 교육 시스템의 상호작용 피드백 서비스를 통해 교수자가 제공한 코멘트를 볼 수 있다.

ID	학번	이름	컴파일결과	피드백 횟수	실행결과	제출일	지침 여부
2005190729	2005	경	no warnings	11	00000000	0	
2bnaked	2006	이	no warnings	3	00000000	0	
baroque	2006	조	no warnings	8	00000000	0	
carisma245	2006	이	no warnings	6	00000000	0	
creep0927	2006	문	no warnings	7	00000000	0	
dangdangi	2006	이	no warnings	4	00000000	0	
deserver	2006	황	no warnings	3	00000000	0	
enhanih	2004	한	no warnings	0	00000000	0	
fatherbeil	2001	이	no warnings	14	00000000	0	
fifacjm	2006	최	no warnings	16	00000000	0	
hckang	2000	강	no warnings	3	00000000	0	
horizon1	2003	안	1 code warning	2	00000000	0	
huniwonlun	2006	유	no warnings	1	00000000	0	
jooni	2006	이	no warnings	2	00000000	0	
sunwond110	2006	서	no warnings	4	00000000	0	

그림 4. 일괄처리 방법에 의해 작성된 평가 레포트

Youngji's Files

Main folder
04-21-2005 23:50:02

View file: score.c

```
#include <stdio.h>
int main() //코딩 스타일 다시 한번 확인 바랍니다.
{
    int point;
    char point_str[10]; //점수는 초기화 하여 주는 것이 좋습니다.
    while(1)
    {
        scanf("%s", point_str);
        if(point_str[0] == 'q') //종료할 말야 결정해야 합니다.
        {
            return 0;
        }
        point = atoi(point_str); //atoi 함수를 이용하였군요.
        if((point > 0) && (point <= 100))
        {
            switch(point/10) {
                case 10:
                    case 9: printf("A");
                    if((point - 90 > 7)printf("++%n");
                    else if((point - 90 < 4)printf("-%n");
                    else printf("%n");
                    break;
            }
        }
    }
}
```

그림 5. 교수자가 제공한 코멘트 확인

이 시스템을 사용한 대학1학년 C프로그래밍 수업에서는 39명의 학생들이 주당 평균 2개의 숙제를 완수 하였으며, 매 숙제 당 한 학생이 받은 feedback은 평균 11번으로 조사되었다.