

온라인 프로그래밍 교육을 위한 코드 연계형 대화 서비스의 설계와 개발

Design and Implementation of Code-related Conversation Service for Online Programming Education

요 약

본 논문은 대학의 온라인 프로그래밍 실습의 효과적인 학습을 위해 필요한 다양한 양방향 커뮤니케이션을 효율적으로 매개할 수 있는 새로운 코드 연계형 대화 서비스를 제시하고 이를 웹 서비스 형태로 구현한 결과를 소개한다. 제안한 서비스는 웹 상의 가상 공간에서 교수와 학생이 교육 활동에 사용할 수 있는 동기적 서비스(소스코드 컨퍼런스, 소스코드 연계 대화)와 비동기적 대화 서비스(소스코드 연계 노트 생성 및 재생)를 제공하여, 소스코드에 대한 양방향 토론을 효과적이고 효율적으로 이루어지도록 지원한다. 본 논문은 제안한 시스템을 실제 대학의 프로그래밍 실습에 활용할 수 있는 네 가지 방안을 소개한다.

1. 서론

온라인 매체를 활용하여 전통적인 강의실 중심 교육의 한계를 개선하는 다양한 원격 강자가 개발됨에 따라, 대학 현장의 소프트웨어 교육에서도 교수와 학생이 개별 공간에서 비동기적 순서로 교육과 학습을 수행하는 온라인 강의가 활발히 개발되고 시행되고 있으며, 이를 효과적으로 지원하기 위한 다양한 온라인 교육 서비스가 개발되어 이용되고 있다. MOOC, OCW 등의 플랫폼은 수강생이 시간과 장소의 제약 없이 교수의 강의를 시청할 수 있는 비디오 스트리밍 서비스를 제공하며, 화상 회의 서비스로 학생이 개별적으로 교수나 조교에게 질의응답을 할 수 있는 서비스를 제공하여 전통적인 강의실 수업을 효과적으로 대체하고 있다. 이에 더하여 프로그래밍 교육이 포함된 소프트웨어 교과에서는 실시간 프로그래밍 숙제 채점 서비스(automated programming assignment assessment)를 제공하여 수강생이 수시로 숙제의 완수 여부를 자동 테스트를 통해 확인할 수 있도록 보조하는 시스템이 활용되기도 한다 [1, 2].

이와 같이 다양한 지원 시스템이 존재함에도 불구하고, 현재 시행되는 온라인 교육 시스템은 소프트웨어 교과목의 실습실(laboratory) 공간에서 시행될 때 이루어질 수 있는 교수-학생, 학생-학생 사이의 다양한 양방향 활동을 효과적으로 매개하기에는 한계가 있는 실정이다. 효과적인 프로그래밍 교육을 위해서는 실제 소스코드를 매개로 다수의 참여자가 서로 질문을 주고받는 실시간 양방향 토론이 필요하나, 기존의 비디오 스트리밍 도구는 슬라이드나 실물영상을 방송하는 목적으로 설계되어 있어 토론에 활용이 제한적이다. 실시간 양방향 토론을 위해 채팅과 같은 문자 기반의 대화 서비스를 활용할 수 있으나, 프로그래밍 초보자(novice programmer)의 경우, 본인의 질문이나 필요를 서술하는 능력에 한계가 있으므로, 이에 대한 활용에 한계가 크다. 동시적 협업을 지원하는 소프트웨어 엔지니어링 방법론도 존재하나, 이들의 인터페이스는 전문적인 소프트웨어 개발자들을 대상으로 개발되어 있어 초보자가 활용하기 위해서는 많은 초기 학습이 필요하여 어려움이 가중되는 실정이다 [3].

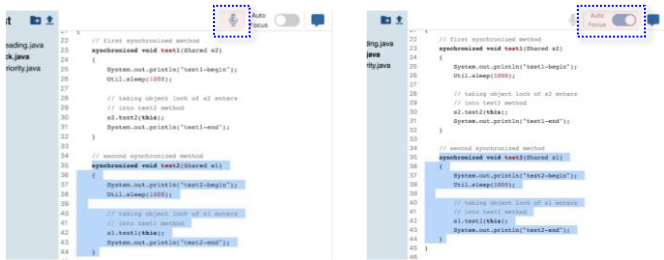
본 논문은 대학의 소프트웨어 관련 온라인 강좌에서 이루어지는 프로그래밍 실습에 필요한 다양한 양방향 커뮤니케이션을 효과적으로 매개할 수 있는 새로운 코드 연계형 대화 서비스(code-related conversation service)를 구상하고, 이를 웹 서비스 형태로 구현한 결과를 소개한다. 제안하는 서비스는 수업 참여자(교수 혹은 학생)가 교육의 주제가 되는 소스코드를 공유한 상황에서 다수의 참여자가 실시간 동시적 소스코드 컨퍼런스 기능, 소스코드에 연계한 실시간 대화 기능, 소스코드에 연계한 노트 생성, 소스코드에 남겨진 노트 재생을 통하여 소스코드에 대한 설명과 질문, 의견을 동기적인 방식(실시간) 혹은 비동기적인 방식으로 교환할 수 있는 가상 공간을 제공한다. 이 가상 공간 상에서, 교수자는 프로그램 코드에 대한 설명을 다수의 학생에게 중계하거나 학생 간의 코드 리뷰 등 동기적 교육 활동은 물론, 학생이 교재로 사용된 코드에 질문을 하거나 교수가 학생이 작성한 코드에 의견을 더하는 비동기적 교육 활동에 효과적으로 활용할 수 있다.

본 논문에서는 제안하는 코드 연계형 서비스의 주요 기능과 구성을 소개하고, 이를 웹 서비스로 구축한 사례를 소개한다. 또한, 컴퓨터공학 전공자를 대상으로 한 온라인 프로그래밍 교육 상황에서 발생하는 교육적 수요를 바탕으로 제안하는 시스템을 활용할 수 있는 교육 및 학습 활동을 제안한다. 본 논문이 제안하는 서비스는 소스코드를 매개로 하여 커뮤니케이션이 이루어질 수 있도록 한다는 점에서 기존의 대화 서비스와 차별성이 있으며, 프로그래밍 교육을 위한 상호작용의 특성에 맞게 설계되어 있다는 점에서 기존의 소프트웨어 개발 협업 도구와 차별성이 있다.

2. 코드 연계형 대화 서비스의 구상

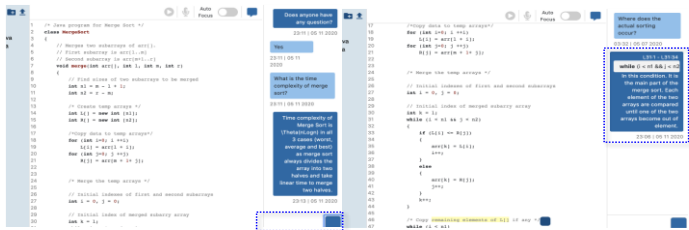
2.1. 개요

제안하는 웹 서비스는 특정 소스코드 파일(혹은 여러 소스코드 파일을 포함하는 프로젝트)을 웹에 게시하는 가상 공간을 생성하고, 이 가상공간에 로그인한 참여자가



(a) 워크스루 진행자 화면 (b) 동기화 된 워크스루 참여자 화면

<그림 1. 소스코드 컨퍼런스 서비스의 사용 예>



(a) 일반 문자 (b) 소스코드 연계 문자

<그림 2. 소스코드에 연계한 실시간 대화 서비스의 사용 예>

마치 실습실에서 하나의 컴퓨터 화면을 두고 여러 참여자 간에 발생할 수 있는 상호작용을 가상 공간에 구현하는 것을 목표로 하여, 다음 네 가지의 커뮤니케이션 서비스를 제공한다:

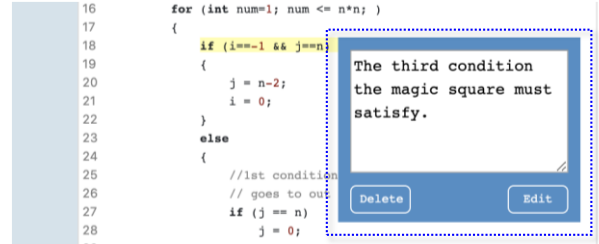
- 가. 소스코드 컨퍼런스(conference)
- 나. 소스코드에 연계한 실시간 대화
- 다. 소스코드에 연계한 노트 생성
- 라. 소스코드에 남겨진 노트 재생

이 중 첫 번째(가)와 두 번째 서비스(나)는 동기적 커뮤니케이션을 지원하는 서비스로, 특정 시점에 서비스에 참여하는 모든 구성원이 실시간적으로 정보를 공유하거나 상호 대화를 진행할 수 있도록 지원하는 서비스다. 세 번째(다)와 네 번째(라) 서비스는 비동기적 대화 서비스로, 사용자들이 공유하는 소스코드에 대하여 말하는 사람과 듣는 사람이 서로 다른 시간에서 메시지를 생성(다)하거나 수신(라)할 수 있도록 지원하는 서비스이다. 본 장에서는 제안하는 각 서비스의 기능을 상술한다.

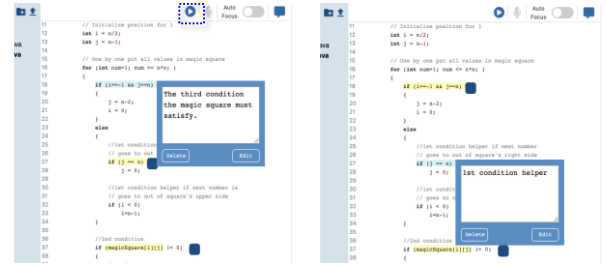
2.2. 소스코드 컨퍼런스 (가)

한 참여자가 웹의 가상 공간에서 소스코드 파일을 게시하고, 이에 대한 컨퍼런스를 개최해 여러 참여자가 동시적 코드 리뷰와 질의응답을 진행하는 서비스다. 진행자는 소스코드의 특정 부분을 하이라이팅(선택)한 후 이에 대한 논의를 메시지 형태로 입력하게 된다. 이러한 진행자의 코드 하이라이팅(웹 화면의 스크롤링 추적)이 동기화됨과 메시지는 다른 참여자의 화면에 실시간으로 공유가 된다(그림1). 이 때 나머지 참여자들도 해당 메시지에 대한 답장과 첨언을 이어갈 수 있고 모든 참여자들에게 동기적으로 중계된다.

진행자의 화면을 공유 받는 참여자들은 진행자와 같은 위치의 화면을 보고 진행자가 선택하는 소스코드를 동시적으로 보면서 소스코드에 대한 실시간 양방향 논의(컨퍼런스) 진행이 가능하다. 추가로, 상황에 따라 컨퍼런스 진행 중에 진행자를 다른 참여자로 변경할 수 있는 기능(진행자 위임, 수락)을 제공한다.



<그림 3. 소스코드에 연계한 노트 생성 서비스의 사용 예>



(a) 노트 재생 실행

(b) 오른쪽 방향키 클릭

<그림 4. 소스코드에 남겨진 노트 재생 서비스의 사용 예>

본 서비스가 제공하는 컨퍼런스 기능은 동영상 화면 공유가 아니라, 웹 페이지에서 이루어지는 상호작용을 공유하는 것이기 때문에 네트워크의 부담이 적어 안정적이며 빠른 상호작용이 가능할 뿐만 아니라, 다양한 환경에서 접근하는 여러 사용자에게 안정적인 품질을 제공할 수 있으며, 채팅 형태로 여러 참여자의 적극적인 참여를 유도할 수 있다는 장점이 있다.

2.3. 소스코드에 연계한 실시간 대화 (나)

소스코드가 게시된 가상 공간에 있는 참여자에게 실시간 대화(채팅) 기능을 제공한다. 특별히, 소스코드에 대한 논의를 효과적으로 하기 위해 메시지에 소스코드의 특정 구간을 언급할 수 있다. 사용자는 언급하고 싶은 부분을 드래그하여 곧바로 메시지를 소스코드 위치에서 입력할 수 있다. 메시지를 받는 상대방은 해당 소스코드 위치에 메시지가 추가되어 나타난 형태로 확인할 수 있어, 해당 코드에 대한 논의사항을 쉽게 파악할 수 있다(그림 2).

2.4. 소스코드에 연계한 노트 생성 (다)

비동기적 커뮤니케이션의 일환으로, 소스코드에 대한 추가적인 정보를 입력해서 장기적으로 언제든지 볼 수 있도록 노트 생성이 가능하다. 원하는 부분을 드래그해서 생성 버튼을 선택하면 해당 부분에 하이라이트가 남고 옆에 노트 입력 창이 나타난다 (그림3). 노트 내용을 입력하고 저장하면 해당 부분에 노트가 생성되고 생성된 노트는 해당 공간에 입장하는 모든 참여자에게 보여 진다(당시 같은 공간에 있는 사용자에게는 실시간으로 나타남).

2.5. 소스코드에 남겨진 노트 재생 (라)

특정 공간에 생성된 모든 노트들과 해당 부분의 소스코드들을 더 간편하게 볼 수 있도록 노트 재생 기능을 제공한다. 노트가 생성된 시간 순으로 키보드의 앞/뒤 방향키를 사용하여 그 다음 또는 그 전의 노트들을 재생한다(그림 4). 재생하고 있는 노트가 펼쳐지고 해당

노트가 위치한 곳으로 화면이 조정되어, 노트 생성자가 순서대로 남긴 메시지를 그 순서에 맞추어서 확인할 수 있다.

3. 서비스의 구현

본 논문이 제안한 서비스를 웹 서비스 형태로 구현하였다. 기본적으로 서버부는 Django 프레임워크와 MySQL 데이터베이스를, 클라이언트부는 Ajax와 WebSocket을 병행하여 사용하도록 구성하였다.

제안한 서비스의 동기적 커뮤니케이션은 Ajax를 통해 객체를 교환하는 방식으로 구성된다. 소스코드 업로드나 메시지의 생성/전송 과정이 비동기적으로 이루어질 수 있도록 Ajax request에 필요한 정보들과 해당 객체를 생성하여 데이터베이스에 저장할 함수를 지정해서 전송한다. 생성된 객체들을 참여자들에게 동적으로 보여주기 위해 Ajax를 통해서 객체의 고유번호를 WebSocket에게 전송하면 해당 고유번호의 객체를 데이터베이스에서 불러와 각 참여자들의 브라우저로 전송하고 받은 정보와 객체의 종류에 따라서 해당 객체를 화면에 띄우는 방식으로 구현하였다.

소스코드 게시 시 문법에 따른 스타일링을 위해 highlight.js 라이브러리를 사용하였다. 소스코드는, 코드 선택 하이라이팅 기능을 위해, 문법 스타일링이 적용된 HTML을 토큰별로 단위를 나누어 저장한다. 이때, 저장하는 단위에 해당 토큰의 행 번호와 행 내 토큰의 오프셋 번호를 계산해서 넣어준다. 이 정보를 활용하여, 참여자가 특정 소스코드 부분을 선택할 때, 선택된 부분의 시작과 끝의 토큰을 파악하도록 하였다.

4. 온라인 프로그래밍 실습 교육에서 코드 연계형 대화 서비스의 활용 방안 제안

본 논문이 제안한 서비스를 대학의 프로그래밍 실습 교과목 운영에서 활용할 수 있는 네 가지 교육 활동을 제안한다.

4.1 교재로 사용되는 소스코드에 대한 튜토리얼 작성

노트 작성/재생 서비스를 통해 교수자가 소스코드에 대한 튜토리얼을 연속된 메모의 형태로 작성하고, 이 노트를 학생이 비동기적으로 재생하여 학업에 활용할 수 있다. 노트 생성 기능(다)은 설명하고자 하는 코드의 부분에 하이라이트가 되어있고, 그 근처에 노트가 있기 때문에 코드와 노트의 간극을 좁힐 수 있으며, 재생 기능(라)의 자동 추적을 통해서 소스코드 내에서 교수가 의도한 순서대로 관련 설명을 확인할 수 있다.

4.2. 학생이 제출한 코드에 대한 교수/조교의 피드백

노트 생성 기능을 통해 학생이 과제로 제출한 소스코드에 대한 교수/조교의 피드백을 효과적으로 전달할 수 있다. 학생이 생성된 노트를 재생함으로써 피드백을 확인할 수 있으며, 학생 역시 추가적인 질문을 노트로 남길 수 있고, 교수가 이를 이어받음으로써 비동기적인 방식으로 대화를 진행할 수 있다.

4.3. 실시간 코드 공유를 통한 튜터링, 동료 리뷰

튜터가 원격에서 소스코드 컨퍼런스(가)를 통해 온라인

지도에 활용할 수 있다. 학생이 소스코드의 특정 부분에 대해 소스코드에 연계한 실시간 대화기능(나)을 사용하여 질문을 하면, 동기적으로 튜터가 답변할 수 있다. 기존 채팅 서비스는 소스코드에 대한 언급이 불편한 단점이 있지만, 본 서비스는 대화 방식은 기존 채팅 서비스와 동일하여 초보자도 직관적으로 소스코드 중심의 토론에 활용하기 쉽다. 또한, 학생 간 소스코드 컨퍼런스와 코드 연계 대화를 통해 효율적인 동료 리뷰가 가능하다. 본 서비스를 이용하여 직접 만나지 않고도 실시간으로 양방향 토론이 가능하여 교육의 공간적 제약이 적다.

4.4. 소스코드를 공유하여 실시간 온라인 수업 진행

실시간 소스코드 컨퍼런스 기능을 통해 온라인 수업에서 교수자가 소스코드에 대한 설명을 다수의 학생에게 공유할 수 있다. 교수자가 소스코드의 특정 부분을 설명하면, 자동 추적 기능을 통해 학생들은 그 부분을 자동으로 따라갈 수 있다. Zoom 등 기존의 화상 회의 서비스의 화면 공유 솔루션은 해상도의 제한으로 작은 텍스트를 빠르게 움직이는 영상으로 실시간으로 공유하는데 한계가 있으나, 제안하는 솔루션은 적은 통신량만으로도 빠른 속도의 동기적 소스코드 공유가 가능하다. 또한 참여자들은 소스코드에 연계한 실시간 대화 기능을 어려움 없이 활용하여 코드에 대해 양방향 토론이 가능하다. 수업 중에 소스코드에 연계해서 생성된 노트는 수업 후에 소스코드에 남아있어서, 결석을 하였거나 복습하고자 하는 학생들이 소스코드에 대해 장기적으로 학습할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문은 대학의 온라인 프로그래밍 실습에 필요한 다양한 양방향 커뮤니케이션을 효과적으로 매개할 수 있는 새로운 코드 연계형 대화 서비스를 제시하고 이를 웹 서비스 형태로 구현한 결과를 소개한다. 제안한 서비스는 웹 상의 가상 공간에서 교수와 학생이 교육 활동에 사용할 수 있는 동기적 대화 서비스와 비동기적 대화 서비스를 제공하여, 소스코드에 대한 양방향 토론을 효과적이고 효율적으로 이루어지도록 지원한다. 본 논문은 제안한 시스템을 실제 대학의 프로그래밍 실습에 활용할 수 있는 네 가지 방안을 소개한다.

향후 연구로 개발한 시스템을 실제 대학 교육 현장에 적용하여 효용성을 평가하는 사례 연구를 수행할 계획이다. 또한 제안한 시스템을 통해 수집한 교수-학생, 학생-학생 간의 상호작용 데이터를 분석하여, 온라인 프로그래밍 실습의 효과성에 영향을 미치는 요소를 분석하는 연구를 수행하고자 한다.

참조문헌

- [1] 서강복 외, Concolic Testing기법을 활용한 프로그래밍 실습 문항의 채점 개선에 관한 연구, 한국정보과학회 학술발표논문집, 2018
- [2] 김채영 외, GitHub 상에서 개발되는 프로그래밍 과제에 실시간 채점을 지원하는 자동 과제 채점 서비스 및 시스템 설계, 한국 소프트웨어 중합 학술대회 학술발표 논문집, 2019
- [3] K. M. Ying, K. E. Boyer, Understanding Students' Needs for Better Collaborative Coding Tools, CHI 2020, Extended Abstract, 2020