

온라인 학습을 위한 학생 피드백 분석 기반 콘텐츠 재구성 추천 프레임워크

최자령[†], 김수인[†], 임순범^{**}

Restructure Recommendation Framework for Online Learning Content using Student Feedback Analysis

Ja-Ryoung Choi[†], Suin Kim^{**}, Soon-Bum Lim^{***}

ABSTRACT

With the availability of real-time educational data collection and analysis techniques, the education paradigm is shifting from educator-centric to data-driven lectures. However, most offline and online education frameworks collect students' feedback from question-answering data that can summarize their understanding but requires instructor's attention when students need additional help during lectures. This paper proposes a content restructure recommendation framework based on collected student feedback. We list the types of student feedback and implement a web-based framework that collects both implicit and explicit feedback for content restructuring. With a case study of four-week lectures with 50 students, we analyze the pattern of student feedback and quantitatively validate the effect of the proposed content restructuring measured by the level of student engagement.

Key words: E-learning, Student Feedback, Content Restructuring, Learning Contents

1. 서 론

인터넷의 발전으로 오프라인 환경에서의 대면적인 교육보다 온라인 환경에서의 비대면적인 교육이 점차 많아지고 있는 추세이다. 대표적인 사례로 유다시티[1], 코세라[2], 칸 아카데미[3]와 같은 온라인 공개 수업인 MOOC(Massive Open Online Course)가 있다. 온라인 교육의 장점은 언제 어디서나 원하는 시간과 장소에서 자기주도적 학습을 할 수 있다는 것이다. 또한 기존 오프라인 수업과 달리 수강 인원이 제한이 없다. 단점으로는 수강생들이 강의를 끝까

지 완수하기 어렵다는 점이다. MOOC와 같은 대부분의 온라인 교육은 동영상 위주의 강의 콘텐츠로 제공하다보니 교수자와 학생 간의 소통이 부재되고 피드백을 받기 어려워 학생들이 이탈하는 경우가 많이 발생한다.

이에 학생들의 이탈을 방지하고 학생들의 참여를 이끌기 위해서는 보다 적극적으로 학생과 소통할 수 있는 교육 플랫폼이 필요하다. 학생들도 적극적으로 능동적인 학습 자세를 가져야하기 때문에 질문 활동이나 다른 친구들과의 협력 활동 등 자신의 의견을 적극 표출할 수 있어야 한다. 또한 교수자는 학생들

※ Corresponding Author: Soon-Bum Lim, Address: (140-742) Sookmyung Women's Univ. Cheongpa-dong 2-ga, Yongsan-gu, Seoul, Korea, TEL: +82-2-710-9424, E-mail: sblim@sookmyung.ac.kr

Receipt date: Aug. 16, 2018, Revision date: Oct. 22, 2018
Approval date: Oct. 22, 2018

[†] Research Institute of ICT Convergence, Sookmyung Women's University (E-mail: j2arlove@gmail.com)

^{**} School of Computing, KAIST
(E-mail: suin.kim@gmail.com)

^{***} Dept. of Information Technology Engineering, Sookmyung Women's University

※ This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2017R1A6A3A1103221, NRF-2018R1A4A1025559)

이 제공한 피드백을 기반으로 적응적으로 학습 콘텐츠를 전달할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 온라인 학습 콘텐츠가 순서 변경, 구성 확장, 구성 축소, 내용 갱신과 같이 가변적으로 재구성할 수 있도록 학생의 피드백을 수집하여 분석 결과를 토대로 콘텐츠 재구성 추천 프레임워크를 개발하였다. 마지막으로 본 프레임워크를 웹 프로그래밍 기초 수업에 적용하여 사례 연구를 진행하였다. 사례 연구를 통해 학생의 명시적 피드백과 암시적 피드백에 대한 분석을 진행하였고, 학생의 퀴즈 정답률 및 학습 플랫폼 사용 시간을 측정하여 학생의 교육 참여도를 정량적으로 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 학생 피드백을 수집하기 위한 교육 시스템 관련 연구와 개인화된 맞춤형 학습 콘텐츠를 제공하기 위한 연구에 대해 살펴본다. 3장에서는 제안하는 학생 피드백 기반 학습 콘텐츠 재구성을 위한 추천 프레임워크에 대한 설명을 하고 4장에서 본 프레임워크의 효용성을 알아보기 위한 평가 및 분석을 한 후 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

학생 피드백을 수집하기 위한 연구로는 주로 인터페이스 관련 연구가 진행되고 있다. NB 시스템은 온라인 강의 환경에서 질의응답을 할 수 있는 시스템을 개발하였다[4]. 학생들은 PDF 교재를 보고 공부하다가 모르는 부분이 있으면 노트 기능을 통해 질문을 한다. 그러면 조교 또는 같은 반 학생들이 질문을 보고 서로 답변을 주는 시스템이다. 즉, 수업 교재에 나만의 노트를 넣을 뿐만 아니라 클래스 안에서 공유하고 토론할 수 있도록 하는 웹 기반 온라인 학습을 위한 질의응답 공유 시스템을 개발하였다. Mudslide는 수업 후에 강의 교재에서 이해하지 못한 부분을 학생들에게 표시하도록 하여 피드백을 받는 시스템이다[5]. 이는 기존의 수업 종료 후에 학생들에게 어느 부분이 이해하기 어려웠는지 피드백을 받는 방식을 온라인으로 구현한 것이다. 즉, 학생들은 온라인 강의를 들은 후에 이해하지 못한 부분을 선택하고 이에 대한 이유를 작성하여 교사에게 제공한다. 그러면 시스템은 학생들이 피드백을 준 부분을 취합하고 이를 히스토그램으로 표시하여 교사에게 제공한다. 교사는 Mudslide 시스템을 통해서 어느 부분이 이해

가 힘들었는지 확인이 가능하며 다음 수업에 개선하여 수업을 진행할 수 있다. RichReview++ 시스템은 교수자가 피드백을 제공하기 위한 멀티 모달 어노테이션 시스템이다[6]. 기존에는 교수자가 학생에게 피드백을 제공하기 위해서는 타이핑 기반의 어노테이션 시스템을 사용하였다면 RichReview++ 시스템은 음성 어노테이션으로 확장하여 멀티 모달을 통한 피드백 제공이 가능하며, 토론 수업과 같이 음성 코멘트를 통해 의견을 제시하고 동료 평가를 지원하였다. 다른 연구로는 디지털 학습 교재에 교수자가 학생들에게 직접적으로 피드백을 받기 위해 피드백 양식을 삽입하는 저작 시스템이 있다[7]. 이 시스템은 코딩을 할 줄 모르는 교수자도 블록 방식으로 인터랙티브한 디지털 학습 교재를 만들 수 있는 블록 편집기를 제공하여 손쉽게 인터랙티브한 디지털 학습 콘텐츠를 제작할 수 있다.

다음으로 개인화된 학습 콘텐츠를 제공하기 위한 연구에 대해 살펴본다. 4차 산업혁명과 더불어 인공지능 기술이 발전하면서 이를 적용하여 학생의 학습 성취도 및 학습 패턴에 맞게 개인화된 커리큘럼을 제공하기 위한 연구가 다수 진행되고 있다. 개인화된 학습 콘텐츠를 동적으로 구성하기 위한 방법으로 기존의 학습 콘텐츠를 모듈화하여 작은 단위로 구성하고 이를 재사용하기 위한 연구[8], 학습 콘텐츠를 개념, 퀴즈, 문제풀이, 응용단계로 구성하고 기계학습을 이용하여 대화형 유전자 알고리즘을 활용하여 학습자의 학습 성향을 실시간으로 분석하여 개별 맞춤형 학습 콘텐츠를 재구성하여 제공하기 위한 연구[9]가 있다. DLA(Dynamic Level Adjustment)[10]는 학습자 중심의 콘텐츠를 제공하기 위해 다른 학습자의 집단지성을 활용하여 학습 콘텐츠를 동적으로 구성할 수 있는 시스템을 제안하였다. 학습자의 행동정보 추출뿐만 아니라 위키 시스템을 통해 동일한 학습 콘텐츠를 배운 다른 학습자가 학습 방법이나 문제 해결 방법을 공유한 정보를 토대로 학습의 난이도를 동적으로 결정하여 학습 콘텐츠의 순서를 재구성할 수 있는 시스템을 제안하였다. 그 밖에도 학생의 성적을 예측하여 현재 학생의 이해도를 측정하기 위한 시스템[11]이 있다. 컴퓨터 프로그래밍 수업은 실습이 중요한 학습 활동이나 대규모 강의인 경우 제한된 조교의 수로 모든 학생을 지도하기 어렵기 때문에 학생들의 코드 제출 횟수와 같은 수치를 통해 학생들

의 성취도를 파악, 수치화하여 교수자에게 제공한다. 이 시스템은 학생들의 이해도를 수치화하여 나타내고 분석된 결과를 토대로 도움이 필요한 학생을 찾을 수 있다.

이처럼 대규모 강의가 늘어나면서 효과적으로 수업을 진행하기 위한 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존 연구는 수업 후에 학생 피드백을 수집하여 차후 수업을 위한 데이터로 활용하거나 개개인의 학습자 중심으로 개인별 학습 콘텐츠를 조절하는 것에 초점이 맞추어져 있다. 이러한 방법은 실시간으로 교수자가 적용하면서 수업을 진행하기 어려우며 동일한 수업을 듣는 전체 학생의 학습 이해도를 통한 유연한 대처가 부족하다는 단점이 있다. 본 논문은 대규모 강의에서 교수자가 학생들의 수준에 맞게 적응적으로 교육을 진행할 수 있도록 학생 피드백 데이터를 실시간으로 수집하여 현재 수업을 듣고 있는 학생들의 학습 이해도를 분석하고 이에 적합한 온라인 학습 콘텐츠의 재구성 유형을 제안하는 추천 프레임워크를 구현하였다.

3. 학생 피드백 기반 학습 콘텐츠 재구성을 위한 추천 프레임워크

학생의 이탈을 방지하기 위해서는 학생들의 이해도를 빠르게 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 교수자가 수업을 진행하면서 학생들이 이해를 하고 있는지 아닌지 확인하고 그에 따라 적응적으로 수업을 진행해야 한다. 기존의 학습 콘텐츠의 경우, 프레젠테이션 형태의 강의 교안 혹은 서책을 통해 수업을 진행하기 때문에 고정적인 콘텐츠로 수업을 진행하였다. 이런 방식의 수업에서는 학생들에게 피드백을 받아가며 수업을 유연하게 진행하기에는 어려움이 발생한다.

본 논문에서는 온라인 학습 콘텐츠를 통해 학생들의 피드백을 수집하고 이를 교수자가 빠르게 파악할 수 있도록 실시간으로 학생 피드백을 유형별로 분석하여 적응적 수업을 진행할 수 있도록 도와주는 추천 프레임워크를 설계하였다.

3.1 학생 피드백 유형의 분류

오프라인 강의인 경우, 교수자는 수업을 진행하면서 학생들의 표정이나 태도 등으로 현재의 수업 만족

도 및 이해도를 판별할 수 있지만 이는 단순한 정보이기 때문에 학생들이 정확하게 이해하고 있는지 파악하기가 어렵다. 온라인의 경우는 학생의 상태 정보가 더욱 제한되기 때문에 현재 학생들의 감정과 학습 이해도를 확인할 수 없기는 마찬가지이다. 그렇기 때문에 교수자가 수업하는 도중에 학생들이 무엇을 모르는지 질문을 하지만 이에 반응을 하는 경우가 적을 뿐만 아니라 토론 수업에 대한 인식 부족으로 학생들은 적극적으로 질문하는 것을 부담스러워한다.

본 논문에서는 학생으로부터 제공받는 피드백 유형에 따라 수집 및 분석하여 적응적으로 수업을 진행할 수 있도록 교수자에게 학습 콘텐츠의 재구성 추천 유형을 전달하고자 한다. 학생 피드백의 유형은 학생들이 학습하는 도중에 자연스럽게 수집되는 암시적 피드백과 학생들이 학습 콘텐츠의 변경을 요청하거나 학습을 하면서 미진한 부분에 대해 질문을 하는 등 교수자(혹은 TA)에게 직접적인 요청을 하는 명시적 피드백 두 가지가 있다. 다음과 같이 암시적인 피드백은 간접적으로 피드백을 제공하는 것으로 학생 행동, 문제풀이와 같은 피드백을 들 수 있다. 명시적 피드백은 직접적으로 피드백을 제공하는 것으로 학생들의 질문, 설문조사, 수정요청, 정보공유와 같은 피드백이 있다.

- 학생행동 피드백 : 학습 콘텐츠에 머문 시간, 이탈 시간 등 학생의 학습 행동패턴을 분석하여 학습 이해도 및 집중도를 파악한다.
- 문제풀이 피드백 : 학생이 문제를 풀면서 발생한 정/오답률을 분석하여 학습 이해도 및 과업성취도를 파악한다.
- 학생질문 피드백 : 학생이 이해가 되지 않은 부분에 대하여 질문하는 피드백으로 적극적인 학생의 참여를 통해 수집이 가능하다.
- 수정요청 피드백 : 단순한 오타 또는 잘못된 정보에 대하여 정정을 할 수 있도록 학습 콘텐츠의 질 향상을 위해 학생들이 제공하는 피드백 유형이다.
- 설문조사 피드백 : 교수자가 학생에게 이해가 되는지 조사를 하거나, 학습 콘텐츠에 대한 평점을 매기는 것과 같은 일정한 양식을 제공하여 피드백을 수집하는 방법이다.
- 정보공유 피드백 : 나만의 문제풀이 방법, 학습 노트, 연관 콘텐츠 참조 등 다른 학생들에게 정보를 공유하는 것으로 집단지성을 통한 피드백을 수집한다.



Fig. 1. E-learning systems using student feedback.

3.2 학습 콘텐츠의 재구성을 위한 추천 프레임워크

본 추천 프레임워크는 현재 수업에 적합한 형태의 학습 콘텐츠 재구성 유형을 추천하기 위해 앞 절에 설명한 학생 피드백의 유형별 분석하여 교수자에게 정리되어 보내지게 된다.

먼저, 학습 콘텐츠가 재구성될 수 있는 유형으로는 순서 변경, 구성 축소 또는 확대, 그리고 내용 갱신이 있다. 순서 변경은 교수자의 의도와 다르게 학생들의 이동경로가 다를 경우에 발생하며 더 학생들이 이해하기 쉬운 방향으로 학습 콘텐츠의 순서를 변경하는 유형이다. 구성의 축소 또는 확대는 학생들의 이해도에 따라 학습 콘텐츠의 양을 줄이거나 늘리는 유형이다. 내용 갱신은 학습 콘텐츠의 동적 갱신으로 학생들의 토론, 질문 등의 내용이 학습 콘텐츠에 반영되도록 교수자에게 추천 및 안내하는 유형이다. 따

라서 교수자는 순서 변경, 구성 변경, 내용 갱신의 3가지 유형에 대하여 원하는 재구성 유형을 선택하고 요청을 하면 추천 프레임워크에서 수집된 학생 피드백 데이터를 분석하여 학습 콘텐츠의 재구성 유형을 추천해준다.

본 프레임워크의 전체적 구성도는 Fig. 2와 같다. 여러 학생들이 만들어내는 행동패턴, 혹은 문제풀이, 질문, 설문조사 등 암시적 및 명시적 피드백 데이터가 로깅을 통해 데이터베이스에 축적된다. 이 데이터는 교수자의 요청에 따라 분석된다. 예를 들어, 교수자는 수업 중간에 내용 갱신 유형 데이터의 분석 결과를 전달받아 학생들이 공통적으로 가지는 의문 사항이나 건의사항을 받아들일 수 있다. 혹은 학생들이 얼마나 이해했는지에 따라 수업을 진행하기 위해 구성 변경 유형 데이터의 분석 결과를 전달받아 수업의

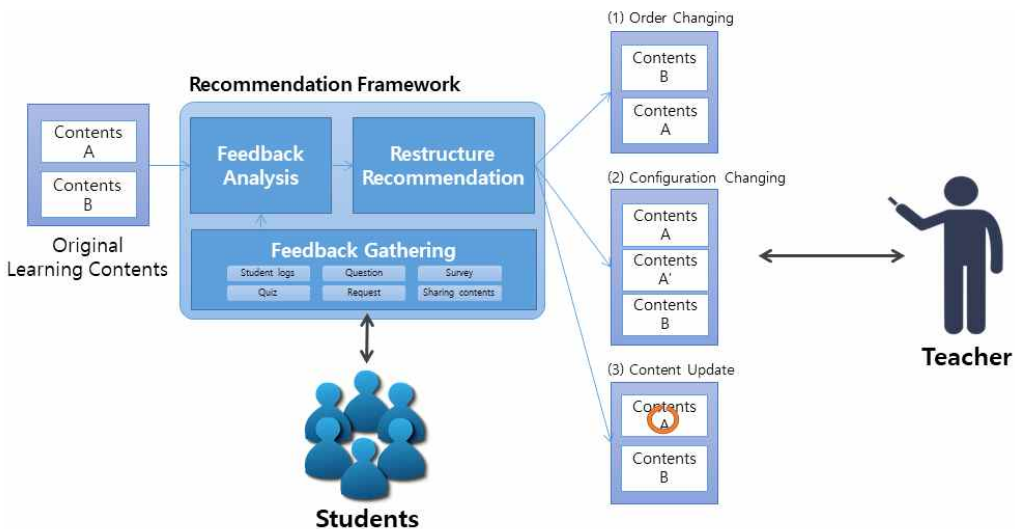


Fig. 2. Overview of Recommendation Framework.

진행 속도와 학습 콘텐츠를 적응적으로 바꿔가며 수업을 진행할 수 있다. 이처럼 수업을 하는 도중에 원하는 재구성 유형을 선택을 하거나 매 수업이 끝나고 나서 순서 변경, 구성 축소, 구성 확장 유형에 대한 분석을 요청하여 강의 자료의 질을 높일 수 있다.

3.2.1 순서 변경 유형

순서 변경은 학생들이 학습 콘텐츠를 보는 순서가 교수자가 의도한 것과 다를 경우 발생한다. 제안하는 프레임워크는 학생들이 언제 어떤 콘텐츠를 열람했는지 로그를 통해 저장하며, 이것은 암시적 피드백으로 작용한다.

학생이 준비된 콘텐츠나 문제의 순서를 앞뒤 바꿔가며 열람할 경우, 프레임워크는 수집된 데이터를 분석하여 학생의 열람 기록이 가능한 한 정방향으로 이루어졌는지 판단하고, 만약 순서가 바뀌었을 때에는 학생의 열람 기록의 이동을 최소화하는 방법으로 교수자에게 바뀐 순서를 제안한다. 이것을 판단하기 위해서 프레임워크는 학생의 페이지 열람 기록을 체크한다. 이때 프레임워크는 학생의 페이지 이동을 최소화하는 것에 초점을 맞춘다. 페이지 이동은 학생의 현재 열람하던 콘텐츠의 페이지 번호 (혹은 순서)와, 다음에 열람할 콘텐츠의 페이지 번호 (혹은 순서) 차이의 절대값으로 정의된다.

예를 들어, 학생이 초기에 콘텐츠 열람 순서가 1 2 4 2 4 2 3 5 (페이지 이동: $1 + 2 + 2 + 2 + 2 + 1 + 2 = 12$)이었다면 3번 콘텐츠와 4번 콘텐츠의 순서를 바꾸는 것이 더욱 효율적이다. 즉, 3번과 4번의 콘텐츠의 순서를 바꾼 경우에 학생의 콘텐츠 열람은 다음과 같이 1 2 3 2 3 2 4 5 (페이지 이동: $1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 = 8$)로 변경된다. 그리디 알고리즘 (Greedy Algorithm)을 통해 최적의 페이지 이동을 계산할 수 있다. 시스템은 가능한 모든 콘텐츠의 짝 (Pair) 에 대해, 콘텐츠의 순서를 바꿔 보고 전체 학생의 페이지 이동수를 재계산한다. 모든 콘텐츠의 짝 중 페이지 이동수를 가장 많이 줄이는 짝이 선택되고, 이 짝에 속한 두 콘텐츠의 순서는 바뀌게 된다. 이것을 더 이상 이동수를 줄일 수 없을 때까지 반복한다. 위의 예제에서, 3번과 4번 콘텐츠의 순서를 바꾸었을 때 페이지 이동은 12에서 8로 줄어들어, 학생은 더 적은 페이지 이동을 통해 학습을 진행할 수 있게 된다.

3.2.2 구성 축소 및 구성 확장 유형

구성 축소와 확장을 위해서는 암시적 피드백과 명시적 피드백을 모두 활용한다. 암시적 피드백으로는 학생이 콘텐츠를 열람한 횟수와 시간, 그리고 학습 콘텐츠가 문제형일 경우에는 문제에 대한 정답률을 추가적으로 사용한다. 명시적 피드백으로는 학생의 질문이 어떤 콘텐츠에서 일어났는지를 체크하여 사용한다.

학생이 콘텐츠를 열람한 횟수가 많고, 열람한 시간이 길며, 문제에 대한 정답률이 낮고, 질문이 많은 경우에는 학생들이 수업을 따라오는데 어렵다고 판단되며 학생들의 학습 이해도가 낮으므로 학습 콘텐츠를 더 추가하여 구성을 확장한다. 반대로 콘텐츠를 열람한 횟수가 적고, 열람한 시간이 짧고, 문제에 대한 정답률이 높고, 질문의 수가 적을 경우 구성을 축소한다. 이는 학생들의 학습 이해도가 높아 지루하지 않게 다음 학습 콘텐츠로 넘어갈 수 있게 한다. 시스템은 열람 횟수, 시간, 정답률, 그리고 질문의 수에 대해 가중치를 적용한 합산값 (weighted sum)을 구한 뒤 정해진 수의 콘텐츠에 대해 구성 축소 및 구성 확장을 교수자에게 제안한다. 이 때 사용되는 가중치는 추후 학생의 반응 데이터를 이용해 최적의 가중치 값을 찾아간다. 또한 구성의 확장과 축소를 통한 구성 변경을 위해서는 교수자는 수업 전에 미리 정의한 학습 콘텐츠의 버전을 사용한다. 기본 학습 콘텐츠의 버전이 있고 학습 이해도에 따른 수준별 추가할 보장 콘텐츠와 제외할 콘텐츠에 대해 미리 정의해 놓는다.

3.2.3 내용 갱신 유형

내용 갱신은 명시적 피드백에 의해서만 일어나며, 교수자에게 내용을 요약하여 전달하는 방식으로 진행된다. 학생이 콘텐츠를 열람하면서 콘텐츠의 수정을 요청하거나, 설문조사에 대해 응답하거나, 정보를 공유할 경우 이 정보는 프레임워크에 의해 교수자에게 정리되어 보내진다. 특히, 컴퓨터를 매개로한 의사소통(CMC; Computer-Mediated Communication)으로 이루어진 수업의 경우에는 많은 질문이 중복된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 프레임워크는 자연어 처리를 통해 비슷한 종류의 질문을 모아서 교수자에게 전달한다.

비슷한 종류의 질문을 모으기 위해서 프레임워크는 베이저안 확률모델(Bayesian Probabilistic Model)

을 사용하였다. 프레임워크에서 사용하는 모델은 잠재 디리클레 할당(LDA; Latent Dirichlet Allocation)으로 대용량의 레이블이 없는 텍스트 데이터에서 주제(topic)를 찾는 데 유용하게 사용된다. LDA 모델은 같은 문서 내에서 주로 같이 나타나는 단어들은 같은 주제일 확률이 높다는 가정 아래 주제들을 발견해 낸다. 이처럼 학생들의 질문에서도 마찬가지로 같은 질문 내에 있는 단어들은 서로 같은 주제, 다른 질문에 걸쳐 나타나는 단어들은 서로 다른 주제를 가지고 있을 확률이 높기 때문에 학생들의 질문을 LDA 모델을 통해 분석하였다. 학생들의 명시적 피드백인 수업 중의 건의사항 및 질문과 퀴즈에 대한 질문 텍스트 데이터를 분석했으며 그 결과는 Table 1과 같다. 토픽 수와 하이퍼파라미터(hyperparameter)의 조정을 위해서 모든 질문에 대한 평균 우도값(held-out likelihood)를 측정하였고 그것을 최대로 만드는 값을 찾았다. 이를 토대로 비슷한 질문들을 클러스터링(clustering)할 수 있으며, 클러스터들 중 가장 likelihood가 높은 질문을 대표 질문으로 설정하여 학생들이 가장 많이 한 질문을 선별할 수 있고, 이것을 교수자에게 전달한다.

4. 학습 콘텐츠의 재구성을 위한 학생 피드백 분석 및 평가

4.1 평가 방법

본 논문에서 제안하는 모델의 사용성을 보이고 학생들이 만들어내는 데이터를 분석하기 위해 오프라인에서 진행되는 “웹 프로그래밍 기초” 수업에 학습 콘텐츠 재구성 추천 모델이 적용된 프레임워크를 사용하였다. 웹 프로그래밍 기초 수업은 웹 언어에 대한 지식이 없는 학생들을 대상으로 HTML, CSS에 대한 교육을 진행하는 수업으로, 50명의 학생이 수업을 수강하였다. 제안하는 모델이 적용된 프레임워크는 총 교육 기간 중 4주 동안 사용되었다.

학생들은 4주 동안 오프라인 수업에 참석함과 동시에, 수업 중 혹은 수업 외에 개인용 컴퓨터를 이용해 프레임워크에 접속하여 교육을 이수하도록 지시 받았다. 수업 중에 학생들은 교수자가 준비한 자료를 열람할 수 있으며, 수업 후에 학생들은 HTML, CSS를 이용한 프로그래밍 문제를 해결하도록 했다. 프레임워크는 학생들의 암시적인 피드백을 입력받아 자동으로 순서 변경, 내용 확장 및 축소를 수행하였으며, 구성 축소 및 확장을 위해서 교수자는 각 콘텐츠에 대해 최소, 중간, 최대의 세 개의 버전을 준비하였으며 기본적으로 중간 버전이 표시되었다. 프레임워크가 최적화된 순서 변경을 감지하면 교수자는 강의 자료를 새로운 순서에 맞게 업데이트하도록 했다. 학생들은 프레임워크에 접속해서 문제풀이를 적어도 하나 이상 시도해야 실험에 참가한 것으로 간주되었다. 결과적으로 50명 중 44명이 실험에 참여하였다.

4.2 정량적 평가

순서 변경, 구성 축소, 구성 확장, 그리고 내용 갱신에 대한 효과를 실험하기 위해 학생들은 임의로 두 그룹으로 나누어졌다. 이 그룹은 잠재적인 편향을 배제하기 위해 주차마다 임의로 다시 배정되었다. 학생들은 임의로 나누어진 그룹에 따라 유형을 경험하거나 경험하지 않았다. 학생들은 자신이 어떤 그룹에 속해 있는지 알지 못했다. Table 2는 각 유형을 경험하거나 경험하지 못한 학생들의 퀴즈 정답률을 보여 준다.

실험 결과, 순서 변경과 구성 축소는 학생의 퀴즈 정답률에 영향을 주지 못했으나, 구성 확장과 내용 갱신은 학생들의 퀴즈 정답률과 유의미한 상관관계를 보였다. 학생들의 질문이 많거나 정답률이 낮은 문제에 대해 더 많은 콘텐츠를 주는 것이 긍정적인, 빠른 피드백으로 작용한 것으로 볼 수 있다. 순서 변경은 학생의 퀴즈 정답률과 유의미한 관계는 없었으나, 학생의 프레임워크 사용 시간과 양적인 연관을

Table 1. Topics extracted from quiz-related questions

Topic	Top Words (Translated)	Tagged Topic
0	change problem variable area yet console result code part	Code and output
1	output korean result tag input html what confirm work	Korean language problem
2	code here part card what lecture run explain	Between quiz and lecture

Stopwords were removed.

Table 2. Effect of proposed automatic updates

Lecture	Type \ Group	Quiz-solving rate (%)			Times Spent (h)		
		Control	Applied	Sig.	Control	Applied	Sig.
1	Order Changing	47.1	41.2	--	1.26	1.49	*
2	Configuration reduce	58.4	58.9	--	1.65	1.74	--
3	Configuration extension	52.6	65.8	*	1.33	2.07	**
4	Content Update	62.6	76.2	*	1.65	1.83	--

* p<0.05, ** p<0.01.

Table 3. Comparison chart of system

	suggested framework	NB system	Mudslide	Rich Review++	DLA	Eivate
Feedback collection	O	O	O	O	O	O
Feedback analysis	O	X	O	X	O	O
Predicting the student's level of understanding	O	X	X	X	X	O
Automatic content re-ordering	O	X	X	X	O	X
Difficulty Estimation	X	X	X	X	O	X
Automatic content reconstruction	O	X	X	X	X	X

(O : supported, X : Not supported)

보였다. 구성 확장 또한 프레임워크 사용 시간과 강한 양의 상관관계를 보였다. 이것은 구성 확장으로 인해 길어진 콘텐츠를 읽고 학습하는 시간이 같이 증가되었기 때문으로 보인다.

마지막으로 Table 3은 기존 시스템과 본 논문에서 제안한 프레임워크 간의 기능 비교표이다. 기존에는 학생들의 피드백을 수집할 수 있는 기능만 제공하거나 수업이 끝난 후에 피드백 데이터를 기반으로 순서의 재구성 혹은 학습 성과를 예측하는 시스템을 제공하였다. 본 논문은 실시간으로 학습 콘텐츠 재구성 유형별 피드백 분석을 통해 학생들의 수업 이해도를 판별하여 교수자에게 적합한 학습 콘텐츠를 추천함으로써 교수자가 보다 학생들의 만족도 높은 적응적 수업을 진행할 수 있다.

5. 결 론

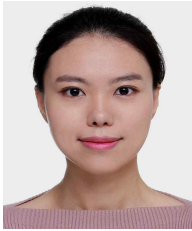
본 논문에서는 교수자와 학생들의 원활한 커뮤니케이션을 위해서 교수자가 학생들의 학습 이해도를 빠르게 확인하여 적응적으로 수업을 진행할 수 있도록 하는 온라인 학습 콘텐츠 재구성을 위한 추천 프

레이드워크를 제안하였다. 학생들이 제공할 수 있는 피드백 유형을 학생 질문, 수정 요청, 설문조사, 정보 공유, 문제풀이와 학생 행동 피드백으로 분류하여 데이터를 분석하였다. 이를 토대로 온라인 학습 콘텐츠를 재구성할 수 있도록 순서 변경, 구성 확장 및 축소, 내용 갱신을 처리할 수 있는 프레임워크를 설계하였다. 순서 변경의 경우, 학생들의 콘텐츠 열람 로그 기록을 통해서 이동을 최소화 할 수 있는 순서로 교수자에게 제안을 한다. 내용 구성 및 확장의 경우에는 학생들의 열람 횟수, 시간, 문제풀이 결과를 토대로 교수자가 미리 정의한 학습 콘텐츠를 가지고 구성을 축소하거나 확장을 한다. 마지막으로 내용 갱신은 학생들이 직접적으로 제공하는 명시적 피드백을 통해서 LDA 모델을 통해 토픽을 정리하여 교수자에게 전달한다. 44명이 참가한 랜덤화된 A/B 테스트 결과, 본 논문에서 제안한 학습 콘텐츠의 재구성은 학생의 퀴즈 풀이 비율과 프레임워크 사용 시간에 영향을 미쳤다. 특히, 구성 확장과 내용 갱신은 퀴즈 풀이 비율과, 순서 변경과 구성 확장은 프레임워크 사용 시간과 유의미한 양의 상관관계를 보였다. 향후 연구

로는 교수자가 쉽게 조작하여 학습 콘텐츠를 재구성할 수 있는 인터페이스를 개발하여 수업을 진행하는 과정에 현재 수업을 듣는 학생들의 이해도를 기준으로 학습 콘텐츠를 적응적으로 수정해가며 수업을 진행할 수 있도록 할 예정이다.

REFERENCES

- [1] Udacity. <https://www.udacity.com/> (accessed Aug., 10, 2018).
- [2] Coursera. <https://www.coursera.org/> (accessed Aug., 10, 2018).
- [3] Khan Academy. <https://ko.khanacademy.org/> (accessed Aug., 10, 2018)
- [4] S. Zyto, D. Karger, M. Ackerman, and S. Mahajan, "Successful Classroom Deployment of a Social Document Annotation System," *Proceedings of the Special Interest Group on Computer Human Interaction Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1883-1892, 2012.
- [5] E.L. Glassman, J. Kim, A.M. Hernández, and M.R. Morris, "Mudslide: A Spatially Anchored Census of Student Confusion for Online Lecture Videos," *Proceedings of the 33rd Annual Association for Computing Machinery Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1555-1564, 2015.
- [6] D.W. Yoon, N. Chen, B. Randles, A. Cheatle, C.E. Lockenhoff, S.J. Jackson, et al., "Rich Review++: Deployment of a Collaborative Multi-modal Annotation System for Instructor Feedback and Peer Discussion," *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing*, pp. 195-205, 2016.
- [7] J.R. Choi, J.S. Hwang, E.J. Sin, and S.B. Lim, "A Feedback Clue Model for Dynamically Updating e-book Content from User Feedback," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No. 2, pp. 313-321, 2017.
- [8] S.E. Kim and M.G. Park, "Design and Implementation of Customized Learning System for Reusable Learning Objects," *Proceedings of the Conference of the Korea Multimedia Society*, pp. 311-314, 2006.
- [9] J.S. Kim, "Design of Evolutionary u-Learning Using Intelligent Agent with Machine Learning," *Proceedings of the Conference of the Korea Multimedia Society*, pp. 302-306, 2007.
- [10] Y.W. Lim and H.K. Lim, "Reconstruction of e-Learning Contents based on Web 2.0 and the Level Diagnosis," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 10, No. 7, pp. 429-437, 2010.
- [11] S. Kim, J.W. Kim, J. Park, and A. Oh, "EliVate: A Real-Time Assistant for Students and Lecturers as Part of an Online CS Education Platform," *Proceedings of the Third ACM Conference on Learning@ Scale*, pp. 337-338, 2016.



최 자 령

2009년 숙명여자대학교 멀티미디어학과 (학사)
2017년 숙명여자대학교 IT공학과 (박사)
2017년~현재 숙명여자대학교 ICT융합연구소 리서치펠로우

관심분야: 전자출판(전자책, 디지털 교과서), UI/UX, HCI, 웹/모바일 콘텐츠, 이러닝, 소셜미디어



임 순 범

1982년 서울대학교 계산통계학과 (학사)
1983년 한국과학기술원 전산학과 (석사)
1992년 한국과학기술원 전산학과 (박사)

1989~1992년 (주)휴먼컴퓨터 창업 (연구소장)
1992~1997년 (주)삼보컴퓨터 프린터개발부 부장
1997~2001년 건국대학교 컴퓨터학과 교수
2001년~현재 숙명여자대학교 ICT융합공학부 교수
2006년 University of Colorado 방문교수
관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 웹/모바일 멀티미디어 응용, 디지털 방송, 전자출판(폰트, 전자책, XML 문서), User Interface



김 수 인

2010년 한국과학기술원 전산학과 (학사)
2012년 한국과학기술원 전산학과 (석사)
2013~2014년 Qatar Computing Research Institute (연구보조)

2012~2013년 Microsoft Research Asia (연구 인턴)
2012년~현재 한국과학기술원 전산학과 (박사 과정)
2017~현재 (주)엘리스 (연구소장)
관심분야: 전산사회과학, 기계학습, 베이지안 확률모델, 토픽 모델, 베이지안 통계학, 소셜 네트워크, HCI