

컨셉맵을 이용한 적응형 교수 시스템

최숙영[†]

요 약

본 연구는 학습자의 학습과정과 학습내용, 평가내용을 분석하여 학습내용 중에 이해가 안된 부분이 있거나 문제가 있는 부분을 진단하고 이에 적절한 학습 조언을 제공함으로써 학습의 효과를 높일 수 있도록 하는 적응형 교수 시스템을 제안한다. 학습자의 학습내용 중 한 개념에 대한 학습은 다른 개념의 학습에 영향을 미치며, 한 개념을 학습하기 위해서는 그 개념에 대한 선행개념을 충분히 이해하고 있어야 된다는 점을 고려하여 학습내용을 구성시 컨셉맵을 기반으로 학습개념간의 관련성을 표현하고 있다. 이러한 컨셉맵을 통해 한 개념을 학습하기 전 요구되는 선행개념에 대한 학습 정도를 파악하여 이에 따른 적합한 학습내용을 제공하고, 평가문항과 학습개념과의 관련도를 이용하여 학습자의 학습내용 중 문제 있는 부분을 진단하여 적절한 조언을 제공한다.

키워드 : 컨셉맵, 학습 진단, 적응형 교수 시스템

An Adaptive Tutoring System using Concept-Map

Sook-Young Choi[†]

In this paper, we propose an adaptive tutoring system, which analyzes learning process, subject materials, and test items of students, diagnoses learning problems of them, and then gives proper advice accordingly. In the system, learning materials are constructed using concept map, on which the relationships among learning concepts are represented. Concept map can be used for several purposes in instruction process. Our work considers that new learning knowledge is dependent on what is already known. That is, it means that precedent concepts should be thoroughly learned for students to comprehend new concepts. After grasping the learning state of students for precedent concepts to be required before learning new concepts, our system provides proper learning materials for want of them, diagnoses the concepts which students have trouble to understand in the learning process, and provides suggestions for it.

Keywords : Concept-Map, Learning diagnosis, Adaptive tutoring system,

1. 서 론

적응적 교수 시스템은 다양한 학습자의 학습배경, 선수학습 정도 등과 같은 학습자 특성을 고려

하여 적합한 학습내용 및 방법을 웹 환경을 기반으로 제공할 수 있는 교수 시스템을 의미한다. 적응적 교수 시스템은 크게 지능적 교수 시스템(Intelligent Tutoring System)과 적응적 하이퍼미디어 시스템(Adaptive Hypermedia System)[9]으로 구분될 수 있는데, 최근에 연구되고 있는 적응적 교수 시스템들은 지능적 교수 시스템이 제공하는 문제 해결 중심의 수업 환경과 하이퍼텍스트 또는 하이퍼미디어의 탐색적 학습 환경을 통합한 형태를 띄고 있다. 하지만, 이러한 적응적 교수 시

[†]중심회원: 우석대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)

논문접수: 2005년 10월2일, 심사완료: 2005년 11월 17일

* 본 논문은 2004년 한국학술진흥재단 학술연구(R04-2004-000-10101-0)지원으로 수행되었음.

시스템과 관련된 국내의 기술 현황은 아직 미비한 실정이다.

본 연구는 선행연구로서 개발된 적응형 교수 시스템의 학습과정에서 학습자의 학습특성과 학습 내용, 평가내용들을 분석하여 학습자에 대한 학습 상태를 진단하고 이에 따라 적절한 조언을 제공함으로써 좀더 효과적인 학습이 이루어질 수 있도록 하는 진단 기법을 제안한다. 이 진단 기법은 컨셉맵(Concept Map) 개념에 기반하여 설계되었다.

선행 연구로서 개발된 적응형 교수 시스템은 퍼지 집합을(Fuzzy Set)을 이용하여 학습자의 수준과 학습특성에 맞게 개별화된 학습 내용을 제공하고 있다[3]. 선행 연구에서는 학습내용을 구성시 학습목표를 중심으로 각 학습내용을 구성하였으며, 본 연구에서는 그 구조에 추가적으로 학습개념에 해당되는 프레임(Frame)들의 관련성을 표현하기 위해 컨셉맵을 이용하여 학습내용을 구성하고 있다.

컨셉맵은 학습개념들의 관계를 시각화하여 학습내용의 이해와 기억재생을 돕는 방법으로 사용되며, 학습내용에 대한 전반적인 개념들을 그래프 형태로 표현하고 있다[1].

이러한 컨셉맵은 학습의 여러 관점에서 적용하여 사용될 수 있는데, 본 연구에서는 어떤 교과목의 전문가가 그 교육내용에 대한 컨셉맵을 구성하여 학습에 이용하는 것을 고려하고 있다. 이 경우, 학습내용 중 한 개념에 대한 학습은 다른 개념의 학습에 영향을 미치며, 한 개념을 학습하기 위해서는 그 개념에 대한 선행 개념을 충분히 이해하고 있어야 한다는 Ausubel의 이론[13]에 기초하여 학습자의 학습상태를 파악하고자 한다. 이러한 컨셉맵을 통해 한 개념을 학습하기 전 요구되는 선행 개념에 대한 학습정도를 파악하여 적절한 학습내용을 제공할 수 있고, 평가문항과 학습개념과의 관련도를 이용하여 학습자의 학습내용 중 문제 있는 부분을 진단하여 이에 적절한 조언을 제공할 수 있도록 한다. 특히, 본 연구에서는 학습에 대한 진단을 좀더 효과적으로 제안하기 위해 평가문항에 대한 특성을 반영할 수 있도록 문항의 난이도를 고려하고 있으며, 각 개념에 대한 학습자의 학습 횟수와 같은 학습특성을 반영하고 있다. 또한 학습 조언을 하는 경우, 반복학습이 요구되는 학

습개념에 대한 단계를 컨셉맵에 기초하여 체계적으로 보여주고 있으며, 제안하고 있는 학습 단계 중 가장 중요한 부분을 추론하여 제공함으로써 학습에 좀더 도움이 될 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련연구로서 컨셉맵 모델, 적응형 교수 시스템과 선행연구로서 개발된 퍼지기반 적응형 교수 시스템의 특징을 살펴보고, 3 장에서는 본 시스템에서 제안하고 있는 학습내용에 대한 2차원 지식 구조에 대해 기술하고, 4 장에서 컨셉맵을 이용한 학습진단 및 조언기법에 대해 설명하고, 이를 수행하는 시스템의 모듈들에 대해 기술한다. 5 장에서는 시스템의 구현 및 실험방법에 관하여 기술하고, 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 컨셉맵 모델

컨셉맵은 개념들의 관계를 시각화하여 학습내용의 이해와 기억재생을 돕는 방법으로 사용된다 [1,11]. 특히, 개념지도는 한가지 이상의 개념에 대해 서로간의 관계를 시각적으로 보여주며 상·하위 개념을 볼 수 있게 디자인한다. 이 방법은 학습자들에게 새로운 주제를 가르치기 위한 방법으로 활용하기도 하며, 복습과 정리를 위한 방법으로 활용되기도 한다. 또한 교사에게는 학습개념 및 학습내용의 순서, 관계, 절차 등을 정리하고, 내용을 계획하고 설계하는데 도움을 줄 수 있다.

컨셉맵에서 개념들은 노드로 개념들의 관계는 링크를 이용하여 표현하며, 링크들은 무방향성, 한 방향성 혹은 양방향성으로 표현될 수 있다. 개념들과 링크들은 범주화되어 질 수 있는데, 인과 관계나 논리적인 관계 등 어떤 범주화속에서 연상적으로 연결될 수 있다. 이러한 컨셉맵은 학습의 정도를 평가하는데 이용될 수 있으며, 또한 학습자의 선행적 지식을 평가하거나, 유의미한 학습을 촉진하는데 이용될 수 있다. 또한 평가도구로서 신뢰도와 타당도의 관점에서 인정받는 평가도구임도 밝혀졌다[2].

2.2 적응형 교수 시스템

이 절에서는 적응형 교수 시스템에 관련하여 그동안 수행된 연구들의 특징과 본 연구와의 차별성을 살펴본다.

[4]의 연구에서는 학습자의 지식수준을 지능적으로 진단하기 위하여 문항 반응 이론을 이용한 학습자 진단 모듈을 설계하였다. [5]의 연구에서는 과학과 수준별 동적 교수 학습 시스템 개발을 위한 학습자 모델링을 오버레이 모델과 버그 모델의 혼합형 모델에 기반하여 구성하였다. [14]의 연구에서는 퍼지 로직을 이용하여 학습자 모델링과 콘텐츠 모델, 학습계획을 정의하고, 학습자의 학습 행위 및 상호작용에 대한 기록을 이용하여 동적인 학습 계획을 지원하고 있다. [15]의 연구에서는 학습자의 지식수준(Insufficient, Rather, Sufficient, Almost Sufficient, Sufficient)과 학습양식(Activists, Pragmatists, Reflectors, Theorists)을 진단하고 이에 따라 학습자에게 학습내용을 적응적으로 제공하고 있다.

한편, SCORM(Sharable Content Object Reference Model)을 기반으로 한 이러닝(e-Learning) 시스템에서 적응형 학습을 지원하기 위한 연구들이 최근에 수행되었다. SCORM은 학습 콘텐츠의 제작과 학습관리 시스템의 개발 시 학습 객체의 재사용성과 시스템간의 상호 운용성을 보장할 수 있도록 제안된 학습객체 메타데이터 모델이다[6]. [7]과 [8]의 연구에서는 SCORM의 데이터 모델을 확장하여 학습자의 학습 특성에 따라 학습 콘텐츠를 차별적으로 제공할 수 있는 적응적 학습 관리 시스템을 개발하였다. 고려된 학습자의 학습 특성으로는 학습자가 선호하는 자료 제시 유형, 학습자 수준, 학업설계 방안에 관련된 교정 여부 등을 고려하고 있다.

위의 관련 연구들을 살펴보면, 학습자 수준과 특성에 맞는 학습내용을 동적으로 제공하기 위한 연구들이 주를 이루고 있으며, 학습과정에서의 세부적인 진단을 통해 문제점을 분석하고 이에 적절한 조언을 제공하기 위한 고려는 하고 있지 못하다.

그러나, 본 연구에서는 학습자들의 학습과정에 대한 세부적인 진단 및 분석을 지원하고 있으며, 이를 위해 컨셉맵을 이용하고 있다. 즉, 컨셉맵에서 보여지는 개념들의 관계 및 선수 개념들과의

연관성을 통해 학습과정에서 학습자들의 개념들에 대한 이해 상태를 파악하고 오류에 대한 근본적인 원인 분석을 하여 그에 적절한 조언을 함으로써 보다 효과적인 학습이 이루어질 수 있도록 한다.

2.3 퍼지기반 적응형 교수 시스템

이 절에서는 본 연구의 선행연구로서 개발된 퍼지기반 적응형 교수 시스템[3]의 특징들에 대해 기술한다.

퍼지기반 적응형 교수 시스템은 퍼지 개념을 이용하여 학습자의 학습 특성과 수준에 맞게 개별화된 학습 내용을 제공하고, 학습 후 퍼지 평가에 의한 학습자의 학습 내용에 대한 성취도 판별을 통해 심화 학습 정도와 다음 단계의 학습 수준을 제공하고 있다.

퍼지기반 적응형 시스템에서 학습자는 학습의 첫 단원 시작 시 학습자나 교사가 지정한 수준의 학습을 수행하며, 학습이 종료된 후에는 퍼지 평가에 의한 수준 평가가 수행된다. 학습자 수준에 적합한 학습내용을 제공하기 위해, 학습 목표의 중요도, 학습목표와 학습내용과의 관련도, 각 학습 내용의 난이도를 부여하고 각 항목별 수준 집합을 소속성 함수에 의해 퍼지 집합으로 구성한다. 수준별 학습내용을 구성하는 경우, 각 수준별 학습 내용의 경계가 명확하지 않고 이를 구분하는데 애매한 특징이 있기 때문에, 퍼지 집합의 소속성 함수를 이용하여 좀더 자연스럽게 융통성 있게 수준별 학습 내용을 구성하고 있다.

평가 단계에서도 학습자 수준에 맞는 평가 문항을 제공하기 위해 문제의 난이도와 학습내용과의 관련도를 고려한다. 제공된 문항의 평가결과는 평가문항의 난이도와 평가문항에 대한 정답 여부에 따라 퍼지 언어 변수로 결정된다. 학습자의 평가 결과에 대한 수준을 판별하는 것 또한 애매한 작업이기 때문에, 평가결과의 수준을 퍼지 언어 변수로 표현하고, 각 수준에 따른 소속성 함수를 이용하여 좀더 효과적으로 관리할 수 있도록 하고 있다.

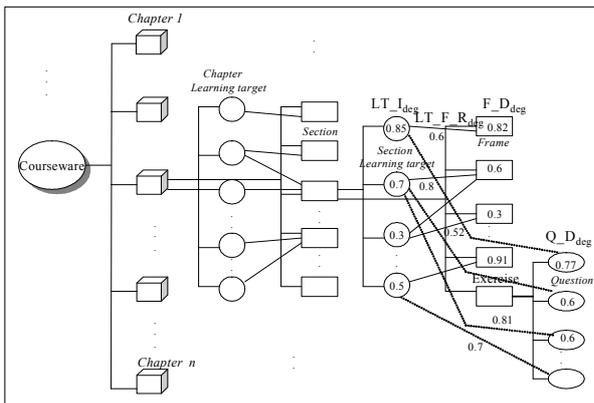
평가결과와 평가문항의 수준을 토대로 학습자의 학습수준을 판별하게 된다. 학습수준에 따라 학습자에게 제공되는 학습내용이 달라진다.

3. 적응형 교수 시스템을 위한 2차원 지식 구조

본 연구에서 제안하고 있는 적응형 교수 시스템은 학습내용 지식을 2차원 구조로 표현하고 있다. 수평적 구조는 수준별 학습을 지원하기 위해 학습목표를 토대로 학습내용을 구성하고 있으며, 수직적 구조는 학습분석을 통한 조업을 지원하기 위한 것으로 컨셉맵에 기반하여 학습내용을 구성하고 있다.

3.1 수준별 학습을 위한 학습목표기반 지식 구조

본 시스템에서는 학습내용 설계 시 학습목표(Learning target)를 정의함으로써 학습에서 도달되어야 할 내용을 좀더 명확히 나타내도록 하고 있다. 학습내용의 구조는 <그림 1>과 같이 크게 장(Chapter)들로 구성되고, 각 장은 절(Section)들로 구성된다. 또한 각 절은 학습의 주제 단위인 프레임(Frame)들로 구성된다[3].



< 그림 1 > 학습목표 기반의 지식 구조

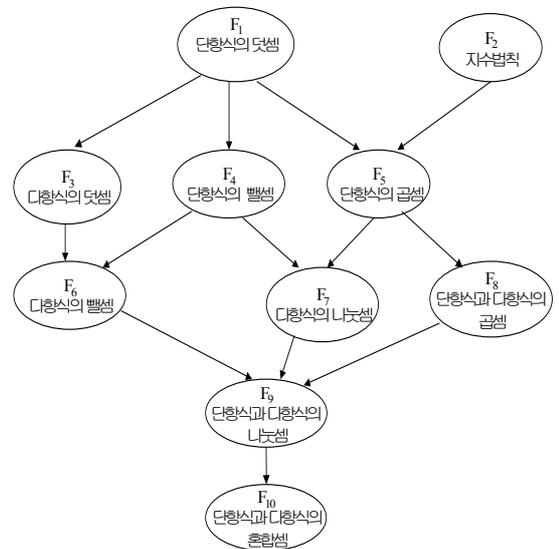
<그림 1>의 구조에서 각 장마다 학습목표를 정의하고 있으며, 각 절은 각 장의 학습목표와 대응 관계가 정의된다. 또한 각 절마다 세부적인 학습목표가 정의되어 있으며, 각 학습 목표와 연관되어 프레임들이 정의되어 있다. 각 프레임에는 연관된 평가문제(Question)가 있으며, 평가문제 역

시 학습목표와 대응 관계가 있다.

수준별 학습 내용의 제공을 위해 각 절의 학습목표의 중요도인 LT_I_{deg} (A degree of importance for learning target), 학습목표와 프레임들간의 관련도인 $LT_F_R_{deg}$ (A degree of relation between learning target and frame), 학습목표와 평가문제들간의 관련도인 $LT_Q_R_{deg}$ (A degree of relation between learning target and question)이 정의되었다. 또한, 프레임의 난이도인 F_D_{deg} (A degree of difficulty for frame), 평가 항목의 난이도인 Q_D_{deg} (A degree of difficulty for question)가 정의되었으며 이들 각각의 중요도, 관련도, 난이도들은 코스웨어 구성자에 의해 [0, 1] 사이의 값으로 부여된다.

3.2 학습진단을 위한 컨셉맵 기반의 지식 구조

3.1의 학습내용 구조에서 정의된 각 프레임들간의 관련성은 컨셉맵을 기반으로 표현된다. 이러한 컨셉맵 기반 구조는 학습자의 학습분석을 효과적으로 수행하기 위한 것으로, 각 단원에서 다루어야 할 학습내용을 그래프 형태로 표현하고 있다. 특히, 본 연구에서는 학습개념에 해당하는 프레임들간의 관련성을 고려한 것으로, 어떠한 프레임 학습하기 전 선수학습으로 이루어져야하는 프레임들의 관계를 표현하고 있다.



<그림 2> 컨셉맵 기반 그래프

<그림 2>는 한 예로서 중학교 수학 “식의 계산”중에 나오는 개념들을 컨셉맵으로 표현한 것이다. <그림 2>에서 “단항식과 다항식의 나눗셈”에 대한 선수학습 내용은 “단항식과 다항식의 곱셈”, “다항식의 뺄셈”, “다항식의 나눗셈”이 해당되며, 이 “다항식의 나눗셈”을 학습하기 위해서는 선행학습으로 “단항식의 뺄셈”과 “단항식의 곱셈”에 대한 충분한 이해가 있어야 한다. 이러한 구조를 이용함으로써, 학습을 수행시 학습자의 선행지식에 대한 학습정도를 파악하여 적절한 학습내용을 제공할 수 있고, 학습 후 학습내용을 분석하여 틀린 문제에 관련된 단편적인 학습내용만 제공하는 것이 아니라 그 문제에 관련되어 이해가 부족한 부분을 체계적으로 찾아 제시해줌으로서 학습의 효과를 높일 수 있다. <표 1>은 <그림 1>의 컨셉맵에서 나타내고 있는 개념들의 관련성을 테이블 형태로 표현한 것이다. 이 정보는 학습자들의 학습을 진단하고, 그에 따라 반복학습이 요구되는 프레임들에 대한 학습 경로를 제시할 때 사용된다.

<표 1> 개념맵기반 그래프의 테이블 정보

F _i \ F _j	선행 개념									
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
F ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F ₃	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F ₄	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F ₅	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
F ₆	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
F ₇	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
F ₈	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
F ₉	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
F ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

4. 학습 진단 및 조언을 위한 컨셉맵 모델

본 장에서는 3.2절에서 기술한 컨셉맵 기반 그래프를 이용하여 학습과정에서 이해가 부족한 부

분을 진단하고, 그에 따라 적절한 조언을 수행해주는 과정을 기술한다.

4.1 학습 분석을 위한 학습 내용과 평가문항에 대한 관련도 테이블

<표 2>는 각 문항(Q₁ ~ Q₁₀)에 대해 각 프레임들(F₁ ~ F₁₀)과의 관련성의 정도를 [0 ~ 1.0]의 값으로 표현한 것이고, <표 3>은 각 문항에 대한 난이도를 나타낸 것이다. 이러한 <표 2>와 <표 3>의 정보는 학습자의 학습 상태를 분석하는데 이용된다. 이에 대한 알고리즘은 4.2절에서 기술된다.

<표 2> 평가문항에 대한 관련도 테이블

F \ Q	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
Q ₁	0.4	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0
Q ₂	0.2	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0
Q ₃	0	0.5	0	0	0.6	0	0.8	0	0	0
Q ₄	0	0	0.6	0	0	0.9	0	0	0	0
Q ₅	0	0	0	0.3	0	0	0	0.8	0	0
Q ₆	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.8	0
Q ₇	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0.6	0.9
Q ₈	0	0.5	0	0	0.0	0	0	0	0	0
Q ₉	0.5	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0
Q ₁₀	0	0	0.5	0.5	0	0	0.6	0.6	0	0
E _{F_i}	0.18	1	0	0.53	1	0	0.68	0	1	1

<표 3> 각 문항에 대한 난이도(D)

Q _i	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀
D	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.4	0.3	0.6	0.7	0.8

4.2 컨셉맵 상의 학습경로 조언을 위한 학습 분석 과정

학습분석 과정에서는 평가결과를 토대로 학습자의 학습상태를 분석하여 이해가 부족한 부분을 추론하고 반복학습이 필요한 부분을 제시한다. 먼저, 이를 위해 틀린 문항들과 관련된 프레임들의 집합을 구한 후, 이 집합들의 합집합을 구한다.

틀린 문항들을 집합을 Q_w 라 할 때 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_w = \{Q_{w_1}, Q_{w_2}, \dots, Q_{w_k}\},$$

여기서, k는 틀린 문항의 수이다.

임의의 틀린 문항 Q_{w_j} 과 관련된 프레임들의 집합을 $F_{Q_{w_j}}$ 라고 할 때, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F_{Q_{w_j}} = \{F_{Q_{w_j}(1)}, F_{Q_{w_j}(2)}, \dots, F_{Q_{w_j}(l)}\},$$

여기서, l은 하나의 틀린 문항과 관련된 프레임의 수를 의미한다.

틀린 문항 집합과 관련된 프레임들의 전체 집합을 F_{Q_w} 라고 할 때 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$F_{Q_w} = \bigcup_{m=1}^k F_{Q_{w_m}} \quad (\text{식 1})$$

여기서, k는 틀린 문항의 수이다.

예를 들어 <표 2>에서 학습자가 푼 문제 중 틀린 문항이 Q₂, Q₃, Q₆, Q₇ 일 경우, Q_w는 다음과 같다.

$$Q_w = \{Q_2, Q_3, Q_6, Q_7\}$$

이 틀린 문항들과 관련된 프레임의 집합은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$F_{Q_{w_1}} = F_{Q_2} = \{F_1, F_4\}$$

$$F_{Q_{w_2}} = F_{Q_3} = \{F_2, F_5, F_7\}$$

$$F_{Q_{w_3}} = F_{Q_6} = \{F_5, F_9\}$$

$$F_{Q_{w_4}} = F_{Q_7} = \{F_7, F_9, F_{10}\}$$

위에서 구한 프레임들의 집합에 대한 합집합 즉, 틀린 문항들과 관련된 프레임들의 전체 집합을 구하면 다음과 같다.

$$F_{Q_w} = \bigcup_{m=1}^4 F_{Q_{w_m}} = \{F_1, F_2, F_4, F_5, F_7, F_9,$$

F₁₀

이 프레임들을 대상으로 추론과정을 통해 반복 학습이 필요한 프레임을 결정하여 반복학습요구 리스트에 포함시킨다. 추론과정은 <표 2>를 이용하여 각 프레임(틀린 문항과 관련된 프레임)에 대해 역으로 관련된 문항들에 대한 프레임과의 관련도 및 정답 여부를 체크하여, 그 프레임에 대한

이해가 부족한지 아닌지를 결정한다. 즉, 구한 프레임들 각각에 대해 그 프레임과 역으로 관련된 문항들 중 틀린 문항의 집합과 맞은 문항의 집합을 구한다. 프레임 F_i 에 대해 역으로 관련된 모든 문항들의 집합을 Q_{F_i} , 틀린 문항의 집합을 $Q_{w_{F_i}}$, 맞은문항의 집합을 $Q_{r_{F_i}}$ 라 할 때, 이 집합들을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Q_{F_i} = \{Q_{F_i(1)}, Q_{F_i(2)} \dots Q_{F_i(n)}\},$$

$$Q_{w_{F_i}} = \{Q_{w_{F_i}(1)}, Q_{w_{F_i}(2)} \dots Q_{w_{F_i}(p)}\},$$

$$Q_{r_{F_i}} = \{Q_{r_{F_i}(1)}, Q_{r_{F_i}(2)} \dots Q_{r_{F_i}(q)}\},$$

여기서, n은 프레임 F_i 에 대해 역으로 관련된 전체 문항의 수를, p는 그 중 틀린 문항의 수를, q는 맞은 문항의 수를 의미한다.

또한, 문항들에 대한 특성을 반영하기 위해 <표 3>의 문항의 난이도 값을 이용한다. 관련도가 0.3 미만인 문항은 그 프레임과 큰 관련이 없는 것으로 판단하고 추론 과정에 포함시키지 않는다.

위의 틀린 문항 집합과 맞은 문항 집합의 각 문항들에 대해서 문항의 난이도와 프레임과의 관련도를 곱하여 얻은 값을 비교한 후, 틀린 문항에 대한 값이 맞은 문항에 대한 값보다 크거나 같을 경우에는 그 프레임의 이해가 부족한 것으로 추론하고, 그 프레임을 학습요구 프레임 리스트에 포함시킨다. 그런데, 맞은 문항의 곱한 값이 틀린문항의 곱한 값보다 클 경우라도 임계값(α)보다 작을 경우에는 이해가 되지 않은 것으로 추론한다. α 값은 각 프레임에 대해 관련된 전체 문항들의 관련도와 난이도를 곱한 값의 30%로 설정하였다. 이 과정을 식들로 표현하면 다음과 같다.

임의의 맞은 문항($Q_{r_{F_i}(j)}$)과 틀린 문항($Q_{w_{F_i}(k)}$)에 대한 난이도를 각각 $D_{Q_{r_{F_i}(j)}}$, $D_{Q_{w_{F_i}(k)}}$ 라고 정의하고, 각 문항들과 프레임과의 관련도를 각각 $R_{(F_i, Q_{r_{F_i}(j)})}$, $R_{(F_i, Q_{w_{F_i}(k)})}$ 로 정의할 때, 하나의 프레임 F_i 에 역으로 관련된 문항들 중 틀린 문항들의 집합에 대해 난이도와 관련도를 곱한 합은 (식 2)와 같다.

$$\sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) \quad (\text{식 2})$$

또한, 하나의 프레임 F_i 에 역으로 관련된 문항들 중 맞은 문항들의 집합에 대해 난이도와 관련도를 곱한 합은 (식 3)과 같다.

$$\sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) \quad (\text{식 3})$$

(식 2)와 (식 3)에 대해 얻은 값을 비교하여 (식 4)와 같이 (식 2)의 값이 (식 3)에 비해 크거나 같은 경우 F_i 는 이해가 부족한 것으로 추론한다.

$$\sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) \geq \sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) \quad (\text{식 4})$$

(식 5)와 같이 (식 2)의 값이 (식 3)에 비해 작은 경우에는 다시 (식 5-1)과 (식 5-2)로 구분하여 추론한다. (식 5-1)의 경우에는 프레임 F_i 에 대한 이해가 부족한 것으로 추론하고, (식 5-2)의 경우에는 이해가 된 것으로 추론한다.

$$\sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) < \sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) \quad (\text{식 5})$$

$$\sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) - \sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) < \alpha \quad (\text{식 5-1})$$

$$\sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) - \sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) \geq \alpha \quad (\text{식 5-2})$$

$$\text{여기서, } \alpha = \left(\sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) + \sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) \right) \times 0.3 \quad (\text{식 6})$$

위에서 구한 프레임들에 대한 합집합 $\{F_1, F_4, F_5, F_7, F_9, F_{10}\}$ 에 대해서 역으로 맞은 문항에 대한 관련도와 틀린 문항에 대한 관련도가 <표 4>에 보여진다.

<표 4> 프레임들의 정답 문항과 오답 문항에 대한 관련도

	$R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}$	$R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}$
F ₁	0.4(Q ₁), 0.5(Q ₉)	0.2(Q ₂)
F ₂	0.5(Q ₂)	0.5(Q ₈)
F ₄	0.3(Q ₅), 0.5(Q ₁₀)	0.9(Q ₂)
F ₅	0.5(Q ₈)	0.5(Q ₆), 0.6(Q ₃)
F ₇	0.5(Q ₈), 0.6(Q ₁₀)	0.6(Q ₇)
F ₉	0.6(Q ₈)	0.8(Q ₇)
F ₁₀		0.9(Q ₇)

<표 4>의 각 프레임들 중 F_1 에 대해 맞은 문항에 대한 관련도 및 틀린 문항에 대한 관련도를 난이도와 곱한 후 두 값을 비교하면 다음과 같다.

$$\sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) = ((0.4 \times 0.2) + (0.5 \times 0.7)) = 0.43$$

$$\sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) = 0.2 \times 0.3 = 0.06$$

$$\sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) < \sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})})$$

$$\sum_{j=1}^q (D_{Q_{r_{F_i(j)}}} \times R_{(F_i, Q_{r_{F_i(j)}})}) - \sum_{k=1}^p (D_{Q_{w_{F_i(k)}}} \times R_{(F_i, Q_{w_{F_i(k)}})}) = 0.37$$

$$\alpha = (0.43 + 0.06) \times 0.3 = 0.147$$

F_1 의 경우, 틀린 문항에 대한 관련도와 난이도를 곱한 값이 맞은 문항에 대한 관련도와 난이도를 곱한 값보다 작고, 그 차이(0.37)가 α 값(0.147)보다 크므로, 학습자가 이 프레임에 대해서 이해를 한 것으로 추론하고, 학습요구 프레임 리스트에 포함시키지 않는다.

위의 프레임들에 대해 이와 같은 과정을 거쳐 최종적으로 결정되는 학습요구 프레임 리스트는 다음과 같다.

반복 학습요구 프레임 리스트 : $\{F_4, F_5, F_7, F_9, F_{10}\}$

위와 같이 최종적으로 반복 학습요구 프레임 리스트가 구해지면 컨셉맵 그래프를 이용하여 프레임들의 선행 학습 관계를 고려한 학습경로들을 학습자에게 제시해준다.

이 반복 학습요구 프레임 리스트에 대해 <표 1>의 컨셉맵기반 그래프를 토대로 학습자들에게 제시하는 반복 학습요구 경로는 다음과 같다.

학습요구 경로1 : $F_4 \rightarrow F_7 \rightarrow F_9 \rightarrow F_{10}$

학습요구 경로2 : $F_5 \rightarrow F_7 \rightarrow F_9 \rightarrow F_{10}$

또한, 반복 학습요구 프레임 리스트 중에서 가장 학습이 취약한 프레임을 추정하여 그와 관련된 경로를 중요 학습요구 경로로 학습자에게 제시해준다. 이는 학습자에게 반복학습이 가장 필요한 부분을 강조해 줌으로써 학습을 도울 수 있도록 하기 위함이다.

학습이 취약한 프레임은 각 프레임에 대한 에러율 (E_{Fi})과 학습회수를 곱하여 그 값이 가장 큰 것으로 추론한다. 학습회수를 곱한 이유는 어떤 프레임의 경우 학습을 한번 이상 했음에도 불구하고 그 프레임에 관련된 평가 문항이 틀렸다면, 그 프레임의 이해가 매우 부족하다는 것을 의미하므로, 이것을 반영하기 위해서다.

본 연구에서는 에러율 (식 7)과 같이 정의하였으며, 이는 각 프레임에 대해 역으로 관련된 전체 문항들에 대한 관련도와 난이도를 곱한 값 분에 틀린 문항들에 대한 관련도와 난이도를 곱한 값을 의미한다.

$$E_{Fi} = \frac{\sum_{k=1}^q R_{(Fi, Q_{w_{R(k)}})} \times D_{(Q_{w_{R(k)}})} }{\sum_{j=1}^n R_{(Fi, Q_{R(j)})} \times D_{(Q_{R(j)})}} \quad (\text{식 7})$$

(식 7)에 의해 구해진 에러율과 각 프레임의 학습회수를 곱하여 나온 값 중에 가장 큰 값을 가진 프레임이 가장 이해가 부족한 프레임으로 추론하고, 이 프레임과 관련된 학습경로를 중요 반복 학습요구 경로로 제시한다.

위의 과정에 대한 알고리즘은 <그림 3>과 같

다.

Procedure *Learning_Diagnosis()*

Q : Question, F : Frame, F_S : Frame Set, Q_r : Question that has right answer, Q_w : Question that has wrong answer, R_d : Relation degree between $Q_r(Q_w)$ and F , D_d : Difficulty degree, RL_S : Frame set to request repeat learning, LP : Learning Path on Concept Map based Graph, L_f : Learning frequency, E_{Fi} : Error rate of F_i

If there are Q_{rs} **then**
 seek F_S related to the Q_{rs}
 seek the Union set(U) of F_S
for each $F_i \in F_S$
 seek inversely the Q_{rs} and Q_w s related to F_i
while(true)
if there is Q_{rk} **then**
 seek the $R_d(Q_{rk})$
 compute $R_d(Q_{rk}) \times D_d(Q_{rk})$
 $S_{R_r} = S_{R_r} + R_d(Q_{rk}) \times D_d(Q_{rk})$
else if there is Q_{wl} **then**
 seek the $R_d(Q_{wl})$
 compute $R_d(Q_{wl}) \times D_d(Q_{wl})$
 $S_{R_w} = S_{R_w} + R_d(Q_{wl}) \times D_d(Q_{wl})$
else exit while
 compare S_{R_r} with S_{R_w}
if $S_{R_r} < S_{R_w}$ **then**
 $RL_S = RL_S + F_i$
 seek LP_s for RL_S
 show the LP_s to a student

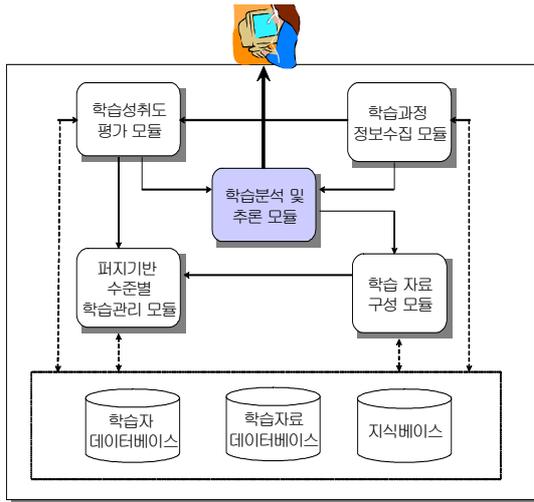
for each $F_i \in RL_S$
 compute $E_{Fi} \times L_{f_{Fi}}$
if $MAX < E_{Fi} \times L_{f_{Fi}}$ **then**
 $MAX = E_{Fi} \times L_{f_{Fi}}$
 seek the F_i which has MAX
 show the LP including the F_i as important LP to a student

<그림 3> 학습 진단 과정에 대한 알고리즘

4.3 시스템 구성

본 시스템은 <그림 4>와 같이 크게 4개의 모듈들로 구성된다. 학습 성취도 평가모듈은 학습 정보와 평가결과를 이용하여 학습자들의 학습 성취도를 판별한다. 학습과정 정보수집 모듈은 학생이 학습을 진행하면서 학습한 경로 및 학습 횟수, 학습시간 등의 정보를 모니터하여 학습 성취도 평가 모듈과 학습 분석 및 추론 모듈에게 전달한다. 퍼지기반 수준별 학습관리 모듈은 학습자의 수준에 따라 학습내용을 제공하기 위해 퍼지 집합에 기반하여 코스웨어에서 고려하고 있는 각 항목의 수준별 집합을 구성 및 관리한다. 학습자료 구성 모듈은 학습내용을 컨셉맵에 기반하여 구성하고

학습개념과 평가문항과의 관련도를 정의하는 모듈이다. 학습분석 및 추론 모듈은 본 논문에서 제안하고있는 것과 같이 학습자의 평가결과를 분석하여 학습자의 이해가 부족한 학습내용을 추론한 후 컨셉맵기반 그래프를 토대로 학습요구 경로를 학습자에게 제공해준다.



<그림 4> 시스템의 구성

5. 시스템 구현 및 실험 분석

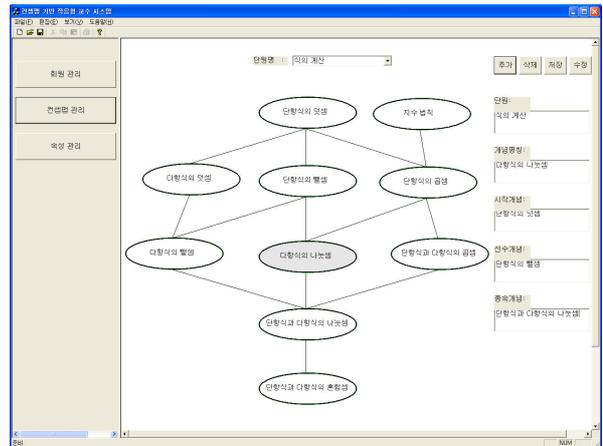
5.1 시스템 구현

본 시스템은 윈도우 NT 환경에서 Visual C++를 이용하여 구현되었다.

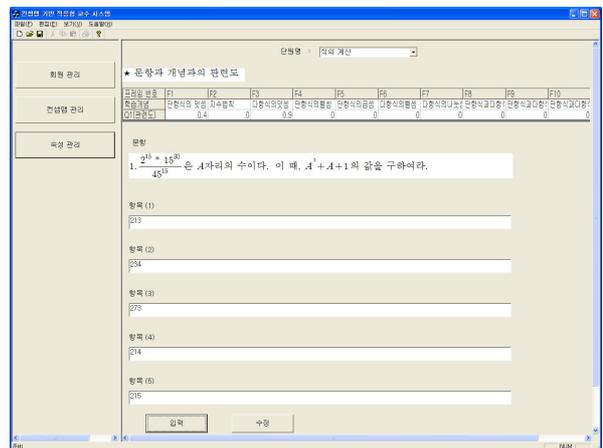
<그림 5>는 컨셉맵 관리자 모드로 해당 학습 단원에 포함되는 개념들을 컨셉맵으로 구성한 것을 보여주고 있다. 추가 버튼에 의해 새로운 프레임이 추가하고, 그 개념에 대한 선수 개념과 종속 개념들을 연결시킨다.

<그림 6>은 프레임과 관련된 문항들의 관련도를 관리하는 화면이다. 이러한 관련도는 해당 교과과목의 전문 교사들이 정의한다.

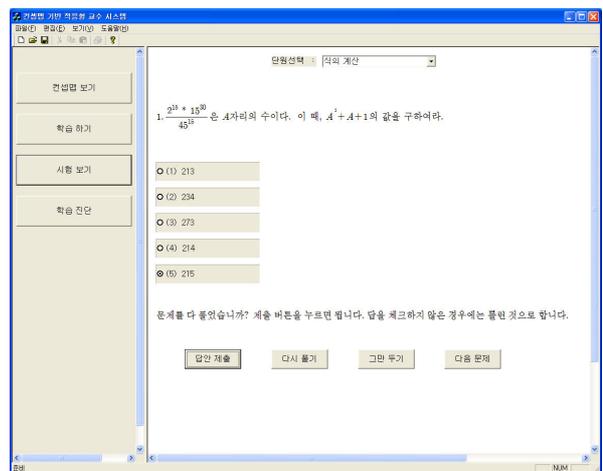
<그림 7>은 학습자 모드로 학습자의 평가 화면을 나타낸다.



<그림 5> 컨셉맵 관리자 모드

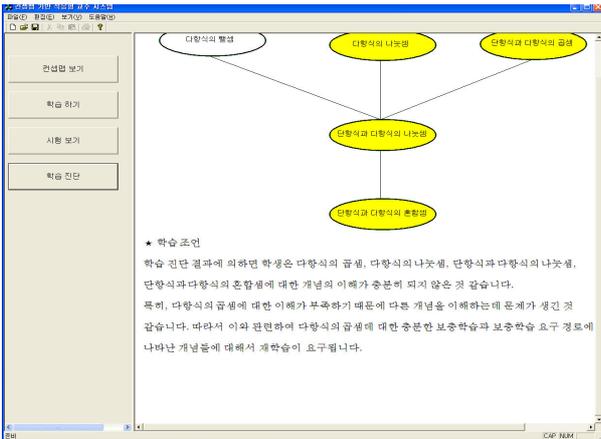


<그림 6> 프레임과 문항과의 관련도 관리

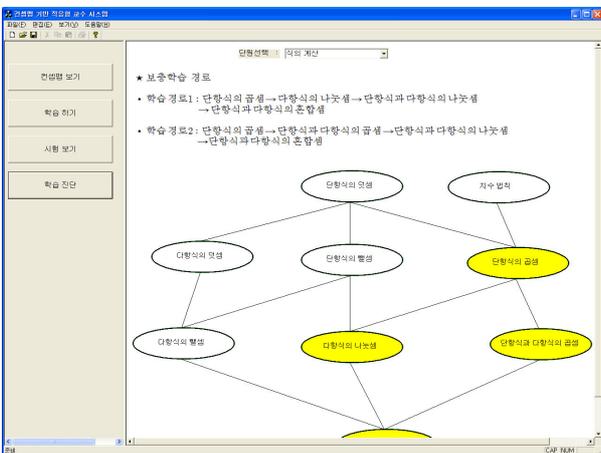


<그림 7> 평가 화면

<그림 8>과 <그림 9>는 학습자 모드에서 학습자에게 학습 분석 및 조언을 제공하는 화면으로 학습자가 학습 후 평가 과정을 마치면 학습한 개념들에 대해 이해를 하였는지에 대한 분석과 그에 따른 조언을 제공한다. 학습자가 보충학습이 필요한 경우 이에 관련된 개념들을 컨셉맵을 따라 학습이 필요한 경로를 보여준다.



<그림 9>는 학습 분석 및 조언



<그림 8> 학습 분석 및 조언

5.2 실험 분석

본 연구의 실험 분석을 위해 중학교 2학년 수학의 “다항식의 연산”부분에 대해 5명의 전문 선생님들의 조언과 도움을 받아 컨셉맵과 코스웨어를 구성하여 실험을 수행하였다.

실험 분석을 위해 11명의 교사와 64명의 학생들을 대상으로 본 시스템에 대한 설문 조사를 한

결과, 먼저, 교사를 대상으로 “본 시스템은 교수 학습과정에 유용하게 이용될 수 있는가?”라는 질문에 대한 분석 결과는 응답자의 54.5%가 유용하게 이용될 수 있다고 답하였고, 36.4%는 보통으로, 9.1%는 그렇지 못하다고 답하였다.

또한, 학생들을 대상으로 “본 시스템의 컨셉맵을 기반으로 한 학습 분석 및 조언이 학습에 도움이 되었다고 생각하십니까?”라는 질문에 대한 분석 결과, 응답자 중 56.3%가 학습에 도움이 되었다고 답하였으며, 29.7%가 보통으로, 14.0%가 그렇지 못하다고 답하였다.

이러한 분석 결과를 볼 때 본 시스템을 긍정적으로 평가하고 있음을 알 수 있다.

6. 결론

본 논문은 적응형 교수 시스템에서 학습자의 학습상태를 진단하여, 이에 적절한 조언을 지원하기 위해 컨셉맵에 기반한 방법을 제안하였다. 한 학습자가 어떤 문항에 대해 틀렸다면 단순히 그 문항과 관련된 개념만을 보여주기보다는 학습자의 학습상태를 정확히 분석하여 이해가 부족한 개념들을 선행지식과 관련하여 체계적으로 제시해 주기 위해 컨셉맵을 이용하고 있다.

특히, 본 연구에서는 학습에 대한 진단을 좀더 효과적으로 제안하기 위해 평가문항에 대한 특성을 반영할 수 있도록 난이도와 학습개념에 해당하는 내용과의 관련성을 적용하고 있으며, 각 개념에 대한 학습자의 학습 횟수와 같은 학습특성을 반영하고 있다. 또한 학습 분석 후, 제시되는 반복 학습요구 경로 중 가장 중요한 부분을 추론하여 제공함으로써 학습에 좀더 도움이 될 수 있도록 하였다.

향후 연구로서 본 연구에서 제안하고 있는 컨셉맵을 기반으로 한 학습 진단 및 조언 기법을 SCORM을 기반으로 한 학습 환경으로 확장시키는 것도 의미 있으리라 사료된다.

참고 문헌

[1] 이옥화 외 14인, 컴퓨터 교육 4-U, 교육과학사,

- 2003.
- [2] 주호수, “”과학적 개념 학습 평가를 위한 개념도 평가방법,‘ 교육과정연구, Vol. 17, No. 2, pp.363-377.
- [3] “수준별 학습을 위한 퍼지집합기반 적응형 교수 시스템, 한국정보처리학회 논문집, 제 7호, 6호, 2003.
- [4] 김성희, 김수형, “수준별 동적 교수.학습 시스템 개발을 위한 학습자 모델링 기법,”한국 OA 학회 논문집, 제 7권 2호, pp. 59-70, 2002.
- [5] 이철환, 한선관, “문항반응 이론을 이용한 웹기반 교수 시스템의 진단 모듈의 설계 및 구현, 정보교육학회 논문집, 5권 2호, pp. 281-290, 2001.
- [6] 최현중, 김태형, “온톨로지에 기반한 지능형 e-Learning 시스템,” 정보과학회지, 제22권 8호, pp.41-49, 2004.
- [7] 김명희, 이현태, 오영선, “학습자 특성을 고려한 적응적 학습 관리 시스템의 설계 및 구현,” 한국컨텐츠학회 논문집, 제 4권, 1호, pp.8-17, 2004.
- [8] 한경섭, 서정만, 정순기, “SCORM 기반의 적응적 학습관리 시스템의 설계 및 구현,” 컴퓨터정보학회 논문집제 9권 3호, pp.115-120, 2004.
- [6] Brusilovsky, P., "Adaptive Educational System on the World Web : A Review of Available Technologies,"<http://www-aml.cs.umass.edu/~stern/webits/itsworkshop/brusilovsky.html>.
- [7] Gwo-Jen, H., "A Concept Map Model for Developing Intelligent Tutoring Systems," Computers & Education 40, 2003. pp.217-235
- [8] Novak, J., et al., "the Use of Concept Mapping and Knowledge Mapping," Science Education, Vol. 67, pp.625-645, 1989.
- [9] Douglas, W., "Concept Mapping : foundations, research, and implications for hypermedia /Multimedia design, In the Proc. of International Conference on ED-MEDIA, 1997.
- [10] Ausubel, D., Educational Psychology : A Cognitive View, New York:Holt, Rinehart, and Winston, 1968.
- [11] Kyparisia A. Papanikolaou, et al., "INSPIRE : An INtelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment," In the proc. of the 3rd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia, 2001.
- [12] Dongming Xu, et al., "Intelligent Student Profiling with Fuzzy Models," In the proc. of the 35th Hawaii International Conf. on System Science, 2002.
- [13] Sowa, J., Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine, Addison wesley, 1984.
- [14] Delorme, F., et al., "Using Concept Maps for Enhancing Adaptation Process in Declarative Knowledge Learning," Proc. of International Conf. on AH, pp.397-401, 1984.
- [15] Ray, J., "Scoring Concept Maps : An Expert Map-based Scheme Weighted for Relationship, School Science and Mathematics, Vol. 102(1), pp.33-44, 2002.
- [16] Madrazo, L & Vidal, J., "Collaborative Concept Mapping in a Web-Based Learning Environment: A Pedagogic Experience in Architectural Education," Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, Vol. 11(4), pp.345-362, 2002.
- [17] Lim, S.E., et al., "Developing Reflective and Thinking Skills by Means of Semantic Mapping Strategies in Kindergarten Teacher Education," Early Child Development and Care, Vol. 173(1), pp.55-72, 2004.

최 속 영



1988.8 전북대학교 이학사
(전산학)

1991.2 전북대학교 이학석사
(전산학)

1996.2 충남대학교 이학박사
(전산학)

1996.3 ~ 현재 우석대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야 : 컴퓨터교육, E-Learning,
멀티미디어응용