

퍼지이론을 이용한 지능형 가상교육 시스템 모델

- 학습성취도 평가모델 중심으로 -

원성현* · 서상구**

〈목 차〉

I. 서론	IV. 실험
II. 선행연구	1. 평가시스템 구조
1. 컴퓨터를 이용한 학습시스템	2. 실험 환경
2. 가상교육시스템	3. 실험
3. 지능시스템 개발을 위한 방법론	4. 실험 결과에 대한 토론
III. 퍼지이론을 이용한 지능적 가상교육 시스템	V. 결론
1. 일반적인 학습 성취도 평가 절차	참고문헌
2. 퍼지이론을 이용한 평가모델	Abstract

I. 서론

인터넷과 컴퓨터 등을 이용한 정보 통신 기술이 급속도로 발전함에 따라 전통적인 제조업 중심의 산업사회가 정보화 사회로 변모하였고, 현재도 지속적으로 더 높은 수준의 정보화 사회로 변모하고 있다. 정보화 사회의 핵심인 컴퓨터가 최초 개발된 1940년대 중반부터 1980년대 중반까지 정보 통신 산업은 주로 하드웨어 산업을 의미하는 것이었다. 따라서 소프트웨어는 하드웨어를 구입하는 고객에게

*부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

**부산가톨릭대학교 경영대학 경영정보학부 부교수

덤으로 끼워주는 형태로 보급되었으나 1980년대 후반부터 오히려 정보 통신산업의 주된 핵심이 소프트웨어 및 소프트웨어에 의한 서비스로 이동하면서 1990년대 중반 이후부터는 소프트웨어가 컴퓨터 시스템 가격을 결정하는 더 중요한 요소로 작용하고 있다. 따라서 소프트웨어 산업은 21세기 산업을 주도할 수 있는 새로운 아이টে姆으로 확실히 자리 잡게 되었으며 우리나라뿐만 아니라 세계 각국의 소프트웨어 시장규모는 날로 증가하고 있다.

소프트웨어는 어떤 기준을 적용하는가에 따라 몇 가지 유형으로 구분할 수 있는데 네트워크 이용 여부에 따라 소프트웨어가 단위 컴퓨터에 설치되어 해당 시스템 사용자만 서비스를 받을 수 있는 자립형(stand alone)과, 네트워크 상에서 여러 사용자들에게 동시에 서비스할 수 있는 온라인형(on-line) 등으로 구분할 수 있다.

온라인형 소프트웨어 서비스는 그 응용분야에 따라 다시 다음과 같이 몇 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 포털 사이트(portal site)이다. 포털 사이트는 온라인 사용자에게 필요한 대부분의 기능을 포함하고 있다. 둘째, 전자상거래 사이트(electronic commerce site)이다. 온라인상에서 상호 간에 전자적인 방법으로 주문 및 판매하는 서비스로 기업 대 기업(Business to Business : B To B), 기업 대 개인(Business To Customer : B To C), 개인 대 개인(Customer To Customer : C To C), 기업 대 정부(Business To Government : B To G), 개인 대 정부(Customer To Government : C To G), 정부 대 정부(Government To Government : G To G) 등의 형태로 거래된다. 셋째, 가상교육 사이트(cyber learning site)이다. 즉, 오프라인의 교실 혹은 강의실에서 이루어지는 수업 활동을 그대로 온라인상으로 옮긴 것이다. 최근 디지털 대학이 연이어 개교하고 있고 기존의 대학들도 가상 캠퍼스를 운영하고 있고, 사설 학습 사이트도 우후죽순으로 오픈 되고 있으며 국가기관에서 운영하고 있는 교육 사이트도 다수 발견되고 있다. 넷째, 언론 사이트(mass communication site)이다. 오프라인 신문 혹은 방송에서 제공하는 서비스를 온라인상에서 제공한다. 그 밖의 제품 정보 혹은 일반 정보 제공 사이트들이 해당 사이트의 도메인 성격에 맞게 다양한 정보를 제공한다.

가상교육 사이트는 앞서 언급했듯이 오프라인의 교실 혹은 강의실에서 이루어지는 수업 활동을 그대로 온라인상으로 옮긴 것이다. 1990년대 후반부터 본격적인 서비스가 제공되고 있는데 현재 운영 중인 대부분의 가상교육 시스템 사이트들은 학습 콘텐츠 제공과 사용자 인터페이스의 개선 위주로 연구 중에 있다. 그러나 오프라인 교육에서도 학습자가 학습을 수행하는 이면에는 교사들의 부단한 학습 관

리 노력이 있기 때문에 성공적으로 학습 성취도가 향상되면서 학습효과를 얻을 수 있듯이 온라인 가상교육 시스템에서도 이와 같은 백 오피스 기능은 학습성취도 향상을 위해서 매우 중요한 기능임에도 불구하고 실제로 현재 운영 중인 대부분의 사이트들은 이와 같은 기능에 매우 미흡한 것이 현실이다.

이와 같이 가상교육 시스템 서비스 산업이 신속히 성장하고 있고, 또 현대 경제에 미치는 영향이 지대하기 때문에 본 논문에서는 현재 운영 중인 가상교육 시스템이 갖고 있는 백 오피스 상의 문제점을 지적하고, 이를 보완하기 위하여 퍼지 함축 이론(fuzzy implication theory)을 이용한 학습 성취도 평가 모듈 중심의 지능형 가상교육시스템 모델을 제안한다. 즉, 퍼지함축 이론을 통하여 각 단계별 평가 결과 간의 상관관계를 고려한 퍼지 상관도(fuzzy relational degree)를 정의하는데, 바로 이 퍼지 상관도가 전 단계 평가 결과를 반영한 새로운 평가 결과가 된다. 본 연구 결과를 통해 기존의 혹은 새로 개발되는 가상교육 시스템들이 이 모델을 직접 도입 혹은 도입 후 개선시킴으로써 가상교육 시스템의 성능 향상을 유도하여 날로 성장하고 있는 가상 교육 서비스 산업을 더욱 더 활성화하는데 기술적으로 기여하고자 한다.

II. 선행연구

1. 컴퓨터를 이용한 학습시스템

정보통신기술의 빠른 성장은 사회 전 분야에 컴퓨터가 필수 요소로 자리매김할 수 있는 계기가 되었고, 교육 분야에까지 그 영향을 미쳐 컴퓨터 없는 교육현장은 생각할 수 없도록 만들었다. 더욱이 네트워크 기술을 기반으로 하는 인터넷의 초고속 성장을 통하여 컴퓨터 보조학습(computer aided instruction : CAI)으로 대표되던 교육정보서비스가 웹 기반 온라인 환경으로 과감하게 이동하면서 가상교육시스템 서비스는 새로운 첨단교육 패러다임으로 자리잡게 되었다.

CD-ROM 타이틀을 이용한 CAI는 웹 기반 가상교육시스템 서비스가 본격적으로 진행되기 전까지 교육현장에서 전통적 오프라인형 교육 방법을 대체할 수 있는 새로운 대안으로 인정받았다. 그러나 CAI는 주로 단위 컴퓨터에 설치되어 해당 컴퓨터를 사용하는 학습자만이 서비스를 받을 수 있는 자립형 소프트웨어를

기반으로 하고 있고 시스템과 학습자간의 상호작용(interaction)이 불편하다는 문제점 때문에 기존의 오프라인형 교육 환경에서 극히 보조적인 기능만을 수행할 수밖에 없었다.

G. Kearsley(1987)가 주장하는 CAI의 주요 4가지 구성요소는 다음과 같다. 첫째, 영역 전문가 모듈(domain expertise module), 둘째, 학습자 모듈(student module), 셋째, 교사 모듈(tutoring module), 넷째, 인터페이스 모듈(interface module)이다. 이들 중, 영역 전문가 모듈의 한 세부 기능으로 분류되는 학습 성취도 평가 기능은 특히 중요하다. 오프라인형 교육 환경에서는 학습자 개인의 특성을 반영한 수업을 하는 것이 불가능하다. 왜냐하면 학습정보가 1인의 교사에 의해 다수의 학습자에게로 집단으로 전달되기 때문에 학습자 개인의 학습성취도 차이를 반영한 개인화 학습이 불가능하기 때문이다. 이러한 문제점은 학습자의 수준에 맞는 개인화된 학습이라는 CAI의 기본 취지를 살리지 못하는 결과를 초래하고 있다. 따라서 CAI에서 웹 기반 온라인 가상 교육 시스템으로 이동할 때에는 이와 같은 개인화 학습 전략을 제공할 수 있는 백 오피스의 기능을 반드시 강화해야 한다.

2. 가상교육시스템

가상교육시스템에 관한 연구는 1990년대 후반에 들어서 비로소 연구되기 시작했는데 CAI를 기본으로 하고 있다. 이 시스템은 초창기 강의실 교육과는 별개로 원격 교육(distance learning)을 위한 수단으로 이용되었으나 현재는 전통적인 강의실 교육의 대체 수단으로 각광받고 있다.

가상교육시스템에 대한 연구는 주로 콘텐츠 개발과 사용자 인터페이스에 대한 연구 위주로 진행되고 있다. 주된 연구 동향은 다음과 같다.

A. Davidovic(2003)이 제안한 SEATS는 구조적인 예제 기반 적응적 학습시스템이다. 그는 이 시스템을 통해 교사 없이 혼자 학습하는 학습자의 학습 효율이 획기적으로 높아졌다고 주장하고 있으나 앞서 저자들이 지적한 백 오피스 기능은 전혀 갖고 있지 않은 시스템이다. M. Khalifa(2002)는 분산형 수동적 학습(distributed passive learning : DPL)과 분산형 상호작용 학습(distributed interactive learning : DIL)이라는 두 가지 반대되는 가상교육 유형에 대한 연구를 통해 DIL의 학습 효과가 DPL에 비해 현저히 높음을 입증하였다. H.P. Huang

(2003)은 자바 언어를 이용하여 오실로스코프(oscilloscopes), 함수 생성기(function generator), 논리 분석기(logic analyzer) 등의 전자 장비의 교육을 위한 교육 시스템을 개발하였다. 전형적인 콘텐츠 위주의 가상 교육시스템이라 할 수 있다. G.J. Hwang(2003)은 시험 문제지를 자동으로 생성하는 알고리즘을 개발하였다. 앞선 연구들 중 유일하게 평가와 관련된 연구라고 할 수는 있으나 문제지를 생성하는 시스템을 개발한 것이므로 역시 백 오피스와는 거리가 있다.

이와 같이 가상교육시스템에 관한 연구는 활발히 연구되고는 있지만 아직 많은 연구 결과를 생성하지는 못했으며 앞서 보았듯이 주로 학습 콘텐츠를 개발하거나 인터페이스의 개선에 노력을 기울이고 있다.

3. 지능시스템 개발을 위한 방법론

지능시스템이란 인간의 지적 판단 능력을 컴퓨터로 묘사함으로써 인간과 유사한 동작을 하는 시스템을 일컫는다. 지능시스템은 전문가시스템, 제어시스템, 인식시스템 등에 활발히 응용되어 눈부신 연구 결과를 얻어냈다.

지능시스템은 주로 인공지능 이론을 도입함으로써 인간과 유사하게 동작시킨다. 여기서 인공지능 이론은 퍼지 이론, 뉴럴 네트워크, 유전자 알고리즘 등을 말하는데 퍼지 이론은 추론 능력, 인공 신경망(neural network)은 학습 능력, 유전자 알고리즘(genetic algorithm)은 진화 연산 능력을 기반으로 각기 고유한 응용 영역을 확보하고 있으나 이미 오래 전부터 이들 이론들의 결합된 형태를 통해서도 좋은 연구 결과들이 생성되고 있다.

L.A. Zadeh(1965)에 의해 제안된 퍼지이론은 약 40년이 지나는 동안 근사 추론(approximate reasoning) 능력을 이용하여 제어, 전문가시스템 등에서 괄목한 만한 연구 결과를 도출했고 그 중심에는 퍼지함축이론이 있었다. 퍼지함축 이론은 2개의 퍼지집합이 있을 때 퍼지집합 간의 상관관계를 정의하는 도구를 말하는데 서로 다르거나 혹은 일부 연관이 있는 퍼지집합 간의 상관도를 측정하는데 매우 유용하게 사용되어 왔다. 퍼지이론을 교육시스템에 응용한 사례의 효시로 인정받는 Chiu-Keung Law(1996)에 의해 제안된 퍼지 수(fuzzy number)를 이용한 평가 시스템이라고 볼 수 있다. 당시로서는 최초의 퍼지이론을 이용한 교육평가시스템 개발이라는 매우 획기적인 일이었지만 수학적 모델만을 제시하고 실제로 시스템화하지는 못했다. 그 이유는 알고리즘이 매우 높은 시간 복잡도(time comple-

xity)를 보였기 때문이다.

2001년에 저자 등에 의해 제안된 퍼지 귀속함수를 이용한 학습 성취도 평가 모델은 Chiu-Keung Law(1996)의 연구 결과에 비해 상대적으로 낮은 시간 복잡도를 보였지만 이 연구 역시 수학적 모델과 시뮬레이션에 그치고 말았다.

이와 같은 이유로 인하여 가상교육시스템의 백 오피스 기능을 담당하는 모듈에 대한 연구가 절실히 요구되며 그 중 가장 중요하다고 볼 수 있는 학습 성취도 평가에 대한 연구는 더더욱 절실하다. 따라서 본 연구에서는 퍼지함측이론을 이용하여 학습 성취도를 평가하는 새로운 모델을 제안하고자 한다.

Ⅲ. 퍼지이론을 이용한 지능적 가상교육시스템 모델

1. 일반적인 학습 성취도 평가 절차

일반적으로 학습 성취도 평가를 위한 절차로 다음과 같은 몇 가지 시험 유형을 생각해 볼 수 있다. 첫째, 진단평가(diagnostic test), 둘째 퀴즈평가(quiz test), 셋째 장평가(chapter test), 넷째 총괄평가(final test)가 바로 그것이다. 진단평가는 학습을 시작하기 전 학습자가 갖고 있는 학습 내용에 대한 지식 상태와 최소한 필요로 하는 사전 지식상태를 평가함으로써 어떤 단계에서부터 학습을 시작할 것인지 결정하는데 사용한다. 퀴즈평가는 학습자가 적은 양의 내용을 학습한 후 그에 대한 성취도를 평가하기 위한 단계이다. 예를 들어 사칙 연산 중 덧셈 중 자리 올림수가 없는 경우에 대해서만 학습한 후 성취도를 평가하는 경우를 말한다. 장평가는 하나의 주제에 대해 학습을 종료한 후 평가하는 것을 말하는데 예를 들어, 덧셈에 대한 모든 내용에 대해 평가하는 것을 생각할 수 있다. 마지막으로 총괄평가는 몇 개의 장으로 이루어진 소정의 학습 과정을 모두 마친 후 총괄적으로 평가하는 것으로 예를 들어, 4칙 연산 전체에 대해 성취도를 평가하는 것을 생각할 수 있다.

장평가는 이전의 장평가와 현재의 장평가 간의 상관관계가 있을 수 있다. 예를 들어, 덧셈에 대한 정확한 이해 없이 뺄셈을 할 수는 없으며 또한 곱셈에 대한 이해 없이 나눗셈을 할 수는 없다. 따라서 이전 장과 현재의 장 사이에 상관관계가 있음을 막연하게 인정한다 하더라도 그것을 어떻게 계량화할 것인지에 대해서는

논란의 여지가 있다.

본 연구에서는 계량화하는 방법으로 퍼지함축이론을 이용한 퍼지 상관도를 계산하여 상관도를 고려하지 않은 경우와 비교함으로써 어떻게 달라지는지를 규명하고자 하는 것이다.

2. 퍼지이론을 이용한 평가 모듈

어떤 한 단원은 n 개의 장으로 구성되어 있고, 그 단원에 대한 소정의 학습이 종료된 후 학습 성취도 측정을 위해 평가를 수행한다고 가정하자. 그러면 학습 영역을 T 라고 할 때 각 장의 학습 영역은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\} \quad \dots\dots(\text{식 } 1)$$

(단, $T_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 는 전체 학습 영역 T 의 부분집합이다.)

그런데 그 T 와 T_i 에 대해 어느 정도의 학습 성취도를 보이고 있는지를 알기 위해서 평가를 수행한다고 가정하자. 따라서 전체 영역 T 에 대한 학습 성취도 평가를 P , T_i 에 대한 학습 성취도 평가를 P_i 라고 한다면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\} \quad \dots\dots(\text{식 } 2)$$

(단, $P_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 는 전체 학습 영역 P 의 부분집합이다.)

그러면 우리는 P_i 를 일종의 장 평가로 간주할 수 있다. 각 장 평가는 다시 m 개의 문항 평가로 구성되어 있다면 다음과 같은 표현이 가능하다.

$$P_1 = \{P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1m}\} \quad \dots\dots(\text{식 } 3)$$

$$P_2 = \{P_{21}, P_{22}, \dots, P_{2m}\} \quad \dots\dots(\text{식 } 4)$$

⋮

$$P_n = \{P_{n1}, P_{n2}, \dots, P_{nm}\} \quad \dots\dots(\text{식 } 5)$$

이번에는 전체 학습 영역 T 에 대한 평가 결과를 R 이라 하고, 각 T_i 에 대한 평가 결과를 R_i 라 한다면 다음과 같은 식의 표현이 가능하다.

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\} \quad \dots\dots(\text{식 } 6)$$

(단, $R_i(i = 1, 2, \dots, n)$ 는 전체 학습 영역 R 의 부분집합이다.)

이제 참고문헌 [15]에서 저자 등이 제안한 응답 정확도 식을 도입한다.

$$R_i = \left\{ \bigcup_{j=1}^n P_{ij}, \sum_{j=1}^m (\mu P_{ij} \times \mu T_{ij}) \right\} \quad \dots\dots(\text{식 } 7)$$

(단, μP_{ij} 는 i 번째 장 평가의 j 번째 문항의 정답 여부로 정답이면 1, 오답이면 0이며, Σ 는 대수적 합, \cup 는 집합, \times 는 대수적 곱, μT_{ij} 는 문항 풀이에 사용된 응답 시간에 대한 귀속도를 나타낸다.)

μT_{ij} 는 역시 참고문헌 [15]에서 저자 등이 제안한 퍼지 귀속도 구하는 식을 도입한다.

$$\mu T_{ij} = \begin{cases} 1 & : v \leq \alpha \\ 1 - 2\left(\frac{v - \alpha}{\gamma - \alpha}\right)^2 & : \alpha < v \leq \beta \\ 2\left(\frac{v - \gamma}{\gamma - \alpha}\right)^2 & : \beta \leq v < \gamma \\ 0 & : v \geq \gamma \end{cases} \quad \dots\dots(\text{식 } 8)$$

(단, v 는 문항 P_{ij} 를 푸는데 소요된 시간, α 는 문항을 푸는데 허용된 하한 시간, γ 는 허용된 상한 시간, $\beta = \frac{\alpha + \gamma}{2}$)

도입된 (식 7)과 (식 8)을 참고하여 (식 6)을 다음과 같이 다시 쓰기로 한다.

$$R_i = \{(P_{i1}, \mu P_{i1}), (P_{i2}, \mu P_{i2}) \dots, (P_{im}, \mu P_{im})\} \quad \dots\dots(\text{식 } 9)$$

(단, $\mu P_{im}(j=1, 2, \dots, m)$ 는 문항 P_{ij} 에 대한 학생의 응답 정확도의 퍼지 귀속도이다.)

본 연구의 핵심이라고 할 수 있는 퍼지합측을 이용한 퍼지 상관도는 다음과 같이 기존의 평가 결과에 어퍼스트로피(')를 붙여서 구분하기로 한다.

$$R'_j = R_i \rightarrow R_j = \begin{cases} P_{jk}^2 & : P_{ik} > P_{jk} \\ P_{ik} \text{ or } P_{jk} & : P_{ik} = P_{jk} \\ \sqrt{P_{jk}} & : P_{ik} < P_{jk} \end{cases} \quad \dots\dots(\text{식 } 10)$$

(단, k는 1, 2, ..., m)

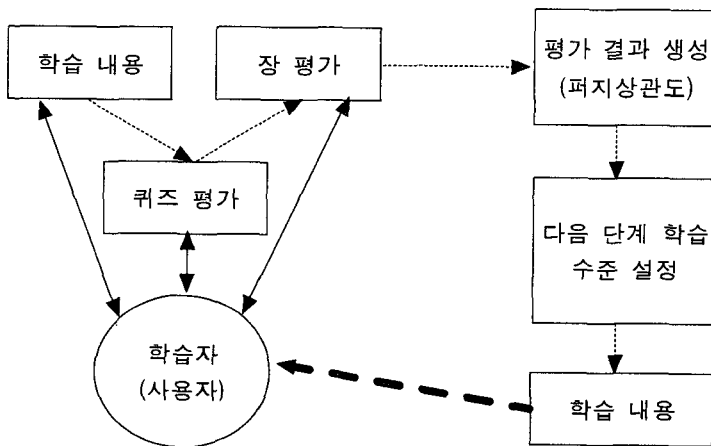
(식 10)에 의하면 이전 단계 장평가에서의 성취도 평가 결과가 낮는데 현 단계 장평가에서의 평가 결과가 높으면 퍼지 상관도를 강화해준다. 반대의 경우는 약화해 주고 평가 결과의 변화가 없으면 퍼지 상관도 역시 변화가 없다.

(식 10)에 의해 얻은 i번째 장평가의 모든 문항에 대한 퍼지 상관도를 더해서 m으로 나누면 해당 장의 결과에 대한 퍼지 상관도를 구할 수 있다.

IV. 실 험

1. 평가시스템 구조

본 논문에서 제안한 방법을 검증하기 위하여 다음과 같은 평가모델의 구조를 <그림 1>과 같이 설계하였다.



<그림 1> 가상교육시스템의 평가모델 구조

먼저, 학습자는 가상교육시스템을 통해서 학습 내용을 접하고 학습을 수행한다. 그리고 학습자는 학습이 종료된 후 퀴즈 테스트(quiz test), 장 테스트(chapter test) 등을 통해 테스트에 임한다. 시스템은 학습자의 응답 결과를 모아서 테스트 결과를 생성한다. 학습자의 응답 결과를 분석하여 학습자에게 적절한 다음 단계 학습 수준을 결정한다. 마지막으로, 학습자를 위해 새로운 학습 내용을 제공한다. 이와 같은 단계가 반복된다.

2. 실험 환경

본 논문에서 제안하는 모델을 검증하기 위하여 경기도 지역 모 초등학교 4학년 학생 100명을 대상으로 실험하였다. 실험 과목은 초등학교 4학년 수학교과, 그 중 4칙 연산에 대한 학습을 수행한 후, 이에 대한 학습 성취도가 어느 정도 되는지를 평가하기 위해 4학년 교사에 의해 직접 출제된 다음과 같은 총 25문항을 대상으로 실험하였다. 실험을 위해 허용된 시간은 각 학급에서 수학 과목의 상위 10% 정도 내에 포함되는 학생들이 응답한 가장 빠른 시간과 가장 늦은 시간을 기준으로 설정되었다.

그리고 출제된 문항과 각 문항을 푸는데 허용된 시간은 동료 교사 5명에 의해 검토되었다. 문항의 난이도에 대한 특별한 의견은 없었으며, 허용 시간이 다소 짧다는 의견이 개진되기도 하였으나 본 연구를 통하여 확인하고자 하는 것은 얼마나 좋은 성적을 얻는가가 아니라 제안한 모델이 어떤 특성을 갖고 있으며, 다른 방법에 의한 평가 결과와 어떤 차이를 보이는지를 검토하기 위한 것이므로 그대로 실험을 진행하기로 하였다.

첫 번째 5문항은 모두 덧셈에 대한 문항이고, 두 번째 5문항은 모두 뺄셈에 대한 문항이다. 세 번째 5문항은 곱셈이고, 네 번째 5문항은 주로 나눗셈에 약간의 곱셈이 가해졌으며 마지막 5문항은 4칙 연산 혼합 문항이다. 출제된 총 25문항은 <표 1>과 같다.

<표 1> 실험을 위해 출제 문항

문항번호	1	2	3	4	5
1	$3+5+7$	$13+5+7$	$13+15+7$	$130+5+7$	$130+105+7$
2	$8-3-5$	$18-3-5$	$18-13-5$	$180-13-5$	$18-13-51$
3	$3 \times 5 \times 7$	$13 \times 5 \times 7$	$13 \times 15 \times 7$	$130 \times 5 \times 7$	$130 \times 105 \times 7$
4	$16 \div 4 \div 2$	$160 \div 16 \div 2$	$48 \div 3 \div 4$	$144 \div 12 \div 6$	$84 \div 3 \div 2$
5	$8-5 \times 12 \div 4$	$3+20 \div 5-10$	$17-64 \div 16$	$15 \div 3 \times 7+9$	$7 \times 28 \times 32 \div 2$

그리고 각 문항별 허용 시간은 <표 2>와 같다.

<표 2> 각 문항별 허용 시간

단위 : 초, [하한 : 상한]

문항번호	1	2	3	4	5
1	[1, 4]	[1, 4]	[1, 4]	[1, 4]	[1, 4]
2	[1, 6]	[1, 6]	[1, 6]	[1, 6]	[1, 6]
3	[3, 10]	[3, 10]	[3, 10]	[3, 15]	[3, 25]
4	[5, 15]	[5, 15]	[10, 15]	[10, 15]	[10, 15]
5	[10, 25]	[10, 25]	[10, 25]	[10, 25]	[20, 30]

학습자가 각 문항을 푸는데 소요된 시간을 측정하기 위하여 시작 버튼과 종료 버튼을 사용하였다. 해당 문항을 풀기 시작할 때 시작 버튼을 클릭하고, 답을 완성했을 때 종료 버튼을 클릭 하도록 하였다. 실험이 진행되는 동안 다소 시간적 오차가 발생했을 것으로 추정되나 그러한 오차는 무시하였다.

3. 실험

실험에 응한 총 100명의 학습자의 데이터를 모두 확보하고 있으나 여기서는 3명(S1, S4, S10)의 데이터만을 제시한다.

다음의 <표 3>, <표 4>, 그리고 <표 5>는 학생들이 총 25문항에 응답하여 채점한 결과, 정답 여부와 답안을 작성하는데 소요된 시간을 나타낸다.

<표 3> 학생 S1의 실험 결과

(단위 : 초)

문항번호	1		2		3		4		5	
	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간
1	○	2	○	2	○	2	○	2	×	4
2	○	2	○	4	○	5	×	3	×	6
3	○	3	○	6	○	9	○	13	○	18
4	○	9	○	7	○	12	○	12	○	13
5	○	15	○	16	○	20	○	20	×	23

(단, 정답인 경우 ○, 오답인 경우 ×)

<표 4> 학생 S4의 실험 결과

(단위 : 초)

문항번호	1		2		3		4		5	
	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간
1	○	2	○	1	○	2	○	2	○	2
2	○	2	○	3	○	3	×	4	○	7
3	×	3	○	7	○	9	○	12	○	15
4	○	8	○	7	○	8	○	8	○	11
5	○	16	○	18	×	19	○	19	○	24

(단, 정답인 경우 ○, 오답인 경우 ×)

<표 5> 학생 S10의 실험 결과

(단위 : 초)

문항번호	1		2		3		4		5	
	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간	정답 여부	소요 시간
1	○	2	○	3	○	2	○	1	○	2
2	○	5	○	4	○	5	○	6	○	6
3	○	5	○	7	○	11	○	13	○	17
4	○	8	○	8	○	11	○	11	○	14
5	○	15	○	18	○	18	○	18	×	23

(단, 정답인 경우 ○, 오답인 경우 ×)

위의 3명의 학생 중 1명의 학생(S4)에 대해서 제안된 모델에 의한 평가 과정을 전개하기로 한다. 다음 <표 6>은 학생 S4의 응답 결과에 대한 응답 정확도를 (식 9)와 (식 10)에 의해 산출한 것이다.

<표 6> 학생 S4의 응답 결과에 대한 응답 정확도

문항번호	1	2	3	4	5
1	0.778	1	0.778	0.778	0.778
2	0.92	0.68	0.68	0	0
3	0	0.367	0.041	0.125	0.413
4	0.82	0.92	1	1	0.92
5	0.68	0.44	0	0.32	0.68

이 결과를 본 논문에서 제안하는 모델에 적용하면 다음과 같이 P₁과 P₂, P₂와 P₃, P₃과 P₄, P₄와 P₅에 대한 퍼지 상관도를 구할 수 있다.

P₂₁의 점수는 P₁₁, P₁₂, P₁₃, P₁₄, P₁₅로부터 얻은 점수의 합인 4.682이다. 같은 방법으로 P₂₂의 점수는 2.31, P₂₃은 2.31, P₂₄와 P₂₅는 0이다. 따라서 평가 결과 P₁을 반영한 P₂의 평가 결과인 퍼지 상관도 R'₂는 이들의 합을 5로 나눈 1.86이다.

<표 7> R₁→R₂의 퍼지 상관도 R'₂

문항번호	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅
P ₁₁	0.959	0.462	0.462	0	0
P ₁₂	0.846	0.462	0.462	0	0
P ₁₃	0.959	0.462	0.462	0	0
P ₁₄	0.959	0.462	0.462	0	0
P ₁₅	0.959	0.462	0.462	0	0

<표 8> $R_2 \rightarrow R_3$ 의 퍼지 상관도 R'_3

문항번호	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{35}
P_{21}	0	0.135	0.002	0.016	0.171
P_{22}	0	0.135	0.002	0.016	0.171
P_{23}	0	0.135	0.002	0.016	0.171
P_{24}	0	0.606	0.202	0.354	0.643
P_{25}	0	0.606	0.202	0.354	0.643

P_{31} 의 점수는 $P_{21}, P_{22}, P_{23}, P_{24}, P_{25}$ 로부터 얻은 점수의 합인 0이다. 같은 방법으로 P_{32} 의 점수는 1.617, P_{33} 은 0.41, P_{34} 와 P_{35} 는 각각 0.756과 1.799이다. 따라서 평가 결과 P_2 를 반영한 P_3 의 평가 결과인 퍼지 상관도 R'_3 은 이들의 합을 5로 나눈 0.916이다.

<표 9> $R_3 \rightarrow R_4$ 의 퍼지 상관도 R'_4

문항번호	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{45}
P_{31}	0.906	0.959	1	1	0.959
P_{32}	0.906	0.959	1	1	0.959
P_{33}	0.906	0.959	1	1	0.959
P_{34}	0.906	0.959	1	1	0.959
P_{35}	0.906	0.959	1	1	0.959

P_{41} 의 점수는 $P_{31}, P_{32}, P_{33}, P_{34}, P_{35}$ 로부터 얻은 점수의 합인 4.53이다. 같은 방법으로 P_{42} 의 점수는 4.795, P_{43} 과 P_{44} 는 각각 5이다. P_{45} 는 4.795이다. 따라서 평가 결과 P_3 을 반영한 P_4 의 평가 결과인 퍼지 상관도 R'_4 는 이들의 합을 5로 나눈 4.824이다.

<표 10> R₄→R₅의 퍼지 상관도 R'₅

문항번호	P ₅₁	P ₅₂	P ₅₃	P ₅₄	P ₅₅
P ₄₁	0.462	0.194	0	0.102	0.462
P ₄₂	0.462	0.194	0	0.102	0.462
P ₄₃	0.462	0.194	0	0.102	0.462
P ₄₄	0.462	0.194	0	0.102	0.462
P ₄₅	0.462	0.194	0	0.102	0.462

P₅₁의 점수는 P₄₁, P₄₂, P₄₃, P₄₄, P₄₅로부터 얻은 점수의 합인 2.31이다. 같은 방법으로 P₅₂, P₅₃, P₅₄, P₅₅는 0.97, 0, 0.51, 2.31이다. 따라서 평가 결과 P₄를 반영한 P₅의 평가 결과인 퍼지 상관도 R'₅는 이들의 합을 5로 나눈 1.22이다.

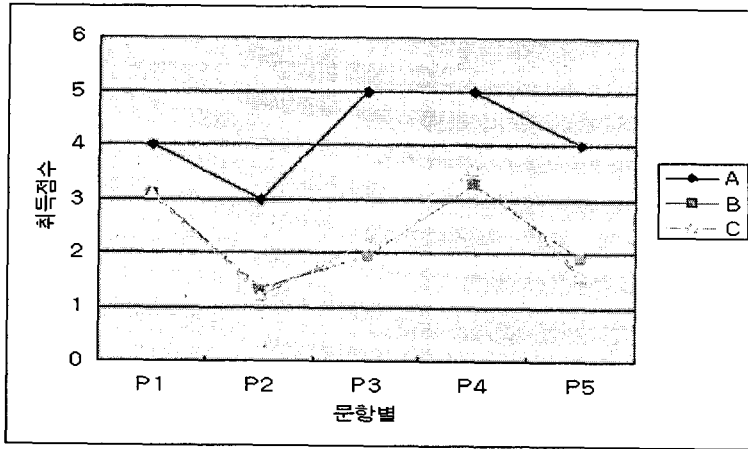
4. 실험 결과에 대한 토론

본 논문에서 제안하는 모델을 검증하기 위해 3명의 학습자 S1, S4, S10에 대해 계산한 퍼지 상관도를 같은 그래프 상에 나타내었다. A는 전통적으로 학습 성취도 평가를 위해 사용되어 왔던 방법으로 제한 시간과 관계없이 정답인 경우는 1, 오답인 경우는 0을 부여하여 얻은 점수의 합이다. B의 경우는 본인 등에 의하여 (식 9)와 (식 10)만을 적용하여 얻은 평가 결과이다. C는 본 논문에서 제안한 퍼지 상관도를 이용한 평가 결과이다.

<그림 2>는 학생 S1의 평가 결과인데 그래프 A와 B, C는 현저한 점수 차이를 보이고 있다. 그 이유는 그래프 A의 경우는 아무런 제한을 두지 않은 상태에서 평가한 것이므로 매우 낙관적인 평가 결과가 생성된다. 그러나, B, C의 경우는 제한 시간을 고려하였으므로 비록 정답으로 응답했어도 시간이 초과되면 아무런 점수를 얻지 못하므로 당연히 평균 평가 결과가 하락할 수밖에 없다. 이것은 문항 풀이에 허용된 시간을 관대하게 부여하는 등의 방법으로 해결할 수 있다. 그래프 B와 C는 근소한 차이를 보이지만 경우에 따라서 C가 B보다 약간 높게 평가되는 경우도 있고, 그 반대인 경우도 있다. 그 이유는 앞서 설명했듯이 앞 단계에서의 평가 결과와 현 단계의 평가 결과의 상관관계를 반영했기 때문이다. 그래프 A가 하락하면 그래프 C는 항상 그래프 B보다 밑에 있다. 즉, 좋지 않은 결과를 보이는 것이다. 그러나 그래프 A가 상승하면 그래프 C는 같은 장 평가에서 그래프 B보다

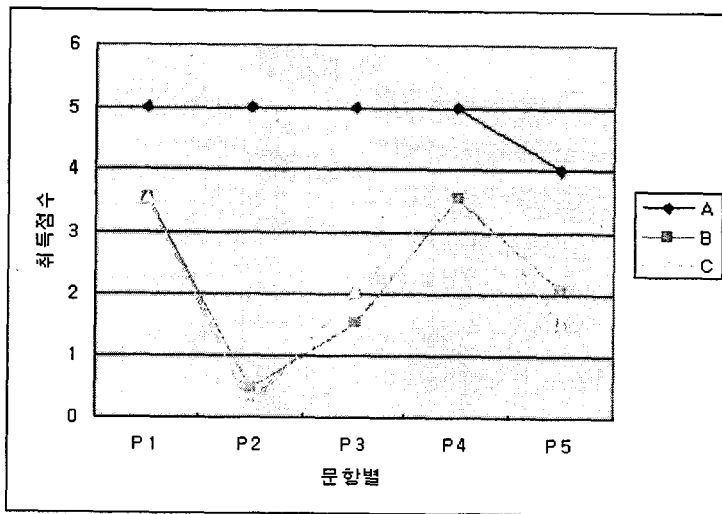
더 위에 있다. 즉, 평가 결과가 임의의 가중치에 의해 상향조정되었음을 의미한다.

또한, <그림 2>에서 <그림 4>까지 모든 그래프 B와 C는 P₁에서 같은 값을 갖는다. 그 이유는 전 단계 평가 결과가 존재하지 않기 때문이다. 따라서 제안된 모델은 반드시 전 단계의 평가 결과가 있을 때만 사용할 수 있음을 알 수 있다.

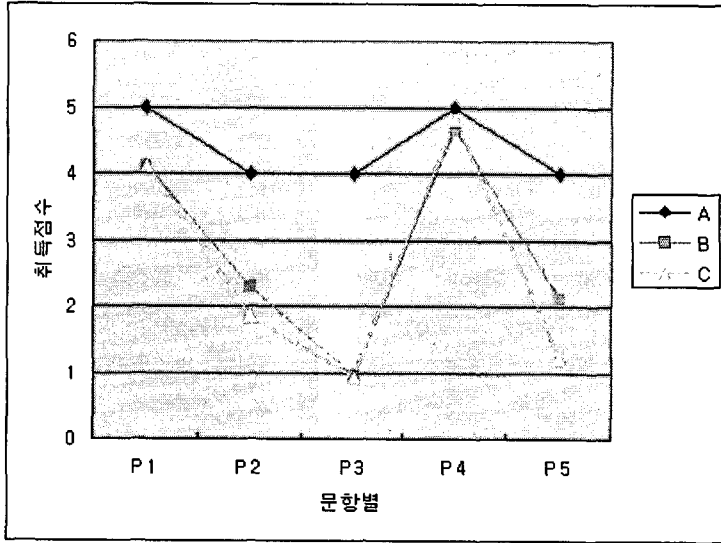


<그림 2> 학생 S1의 평가 결과 비교

아래의 <그림 3>과 <그림 4>는 모두 같은 방법으로 나타낸 평가결과를 비교한 표이다.



<그림 3> 학생 S4의 평가 결과 비교



<그림 4> 학생 S10의 평가 결과 비교

V. 결 론

본 논문에서 우리는 퍼지함축이론을 이용한 새로운 학습 성취도 평가모듈을 제안하였다. 퍼지함축을 이용하여 이전의 장 평가에서 얻은 결과를 현재의 장 평가에 반영하여 평가 단계 간의 인과 관계를 규명하고 그것을 퍼지 상관도라고 명명하였다. 그 결과와 일반적인 평가 결과를 상호 비교하였다. 또한 저자 등에 의해 이미 연구된 퍼지 귀속함수에 의해 성취도를 평가한 방법과도 비교하였다. 비교 결과 어느 것이 좋은 방법이라는 결론을 내리지는 못하였다. 왜냐하면 평가 방법은 도메인에 종속적이기 때문에 평가 도메인에 따라 평가 방법은 다양하게 적용되어야하고, 또한 모든 도메인에 일반적으로 적용할 수 있는 평가 방법이 절대적으로 필요하지는 않기 때문이다.

앞 단계 장에서의 평가 결과가 불량한 상태에서 뒤 단계 장의 평가 결과가 양호하면 가중치를 부여하여 원래의 평가 결과보다 더 양호한 평가 결과를 생성하고, 반대의 경우는 더 불량한 평가 결과를 생성함으로써 각 장 평가에 의해 생성된 평가 결과를 동적으로 변경할 수 있음을 보인 것이 본 논문의 가장 큰 성과라고 할 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법은 평가 모듈의 설계 뿐 아니라 연속성을 갖는 데이터의 변동 분석에도 활용될 수 있으므로 다양한 종류의 정보 시스템에서 수정 없이 혹은 약간의 수정만으로 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

향후로는 본 연구에서 제안한 모델이 구체적으로 적용될 수 있는 영역을 대상으로 상용화하는 노력이 필요하며 이를 통해 최종 목표인 모든 가상교육시스템 사용자에게 개별화된 학습 전략을 수립할 수 있는 방안에 대해 연구할 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. 한국소프트웨어진흥원(2003), 국내 S/W 분야별 시장 실태 조사 연구(I, II).
2. 한국소프트웨어진흥원(2004), 디지털 콘텐츠 수요조사 결과보고서.
3. 한국소프트웨어진흥원(2004), KIPA Report, Vol. 1.
4. Aleksandar Davidovic, Jim Warren and Elena Trichina(2003), "Learning Benefits of Structural Example-Based Adaptive Tutoring Systems," *IEEE Transactions on Education*, Vol.46, No.2, pp.241~251.
5. Han-Pang Huang and Chiou-Hwa Lu(2003), "Java-Based Distance Learning Environment for Electronic Instruments," *IEEE Transactions on Education*, Vol.46, No.1, pp.88~94.
6. Gwo-Jen Hwang(2003), "A Test-Sheet-Generating Algorithm for Multiple Assessment Requirements(1999) *IEEE Transactions on Education*, Vol.46, No.3, pp.329~337.
7. G. Kearsley(1987), *Artificial Intelligence and Instruction : Application and Method*, Addison Wesley Publishing Company.
8. Mohamed Khalifa and Rinky Lam(2002), "Web-Based Learning : Effects on Learning Process and Outcome," *IEEE Transactions on Education*, Vol. 45, No.4, pp.350~356.
9. Chiu-Keung Law(1996), "Using Fuzzy Numbers in Educational Grading System", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.83, No.3, pp.311~324.
10. H.A. Latchman, Denis Gillet and Hicham Bouzekri(1999), "Information of Technology Enhanced Learning in Distance and Conventional Education," *IEEE Transactions on Education*, Vol.42, No.4, pp.247~254.
11. Toshio Okamoto(1994), "The Current Situations and Future Directions of Intelligent CAI Research/Development(1999)," *IEICE Trans. On Information & System*, Vol. E77-D, No.1, pp.9~18.
12. Marco Roccetti and Paola Salomoni(2001), "A Web-based Synchronized Multimedia System for Distance Education," *Proceedings of SAC 2001 In ACM*, pp.94~98.
13. Anita Rosen(2002), *E-Commerce Question and Answer Book : A Survival*

- Guide for Business Managers, Amacom.
14. Stuart J. Russel and Peter Norvig(1995), *Artificial Intelligence : A Modern Approach*, Prentice-Hall.
 15. Sung Hyun Weon and Jin Il Kim(2001), "Learning Achievement Evaluation Strategy using Fuzzy Membership Function," *Proceedings of the 31st ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*.
 16. L.A. Zadeh(1965), "Fuzzy Sets," *Information & Control*, Vol.8, pp.338~353.
 17. L.A. Zadeh(1976), "A Fuzzy Algorithmic Approach to the Definition of Complex or Imprecise Concepts," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 8, pp.249~291.

Abstract

Intelligent Cyber Education System Model using Fuzzy Theory -Centering around Learning Achievement Evaluation Function-

Weon, Sung-hyun · Seo, Sang-gu

Cyber education system service is in the field of software service which is highlighted after the latter half of 1990'. But the progress of this service is impeded by the lack of back office which contributes to the evaluation of learning achievement and the management of learning progress

This article points out the problem of current back office which is the most important in the cyber education system, and focuses on the new intelligent learning achievement evaluation module.

First, we define the cause and effect between the learning stages using by fuzzy implication which is the important part of fuzzy theory. Next, we suggest the model which generates the results of the learning achievement evaluation.

This model, suggested by this article, may contribute to the development of the cyber education system by improving the current on-line education service.