

퍼지 이론을 이용한 학습오인 진단 시스템 설계 및 구현

A Design and Implementation of Diagnosis System of Learning Misconception by Using Fuzzy Theory

이현노*, 라상숙**, 최영식***

목 차

- | | |
|----------------|---------------------|
| I. 서론 | 3. 퍼지인식도(FCM) 행렬 생성 |
| II. 관련 연구 | 4. 퍼지 연상 메모리 생성 |
| 1. 퍼지 인식도 | 5. 학습자의 오인진단 |
| 2. 퍼지 연상 메모리 | IV. 시스템의 설계 및 구현 |
| III. 오인진단 모듈설계 | 1. 학습오인 진단 시스템 설계 |
| 1. 오인진단 모듈 | 2. 시스템의 구현 |
| 2. FCM의 개념 노드 | V. 결론 |

Key Words : Fuzzy, English education, Web-based

Abstract

The purpose of this paper is to make a design and implementation of a diagnosis system of learning misconception of students who learn 'be' verb in the English language by using fuzzy theory. In this system, a fuzzy cognitive map exposes the fact that students' perception and misunderstanding about 'the English' language have an intertwined relationship, and diagnoses causes of misconceptions of students by using fuzzy memory associative memory. It suggests that since most existing systems of rule based expert system have had several limitations, this system will be applied to diagnose learners' misconception of learning in varieties of education areas.

* 전북대학교 박사과정 수료, goodteach@freechal.com, 018-796-6824

** 전북대학교 박사과정 수료, juju320@hanmail.net, 010-8645-1031

*** 전북대학교 박사과정 수료, muyeon777@hanmail.net, 011-652-2240

I. 서론

한국교원대학교 화학교육연구실[5]을 보면 학생들이 현상을 관찰하거나 그 결과를 해석하는 과정에서 자신의 경험에 의하여 영향을 받아 자신의 방식대로 의미를 구성하는 것을 '선입개념' 또는 오인(misconception)이라함을 알 수 있다. 또 오인은 동일한 성격이나 내용에 대해 학생들의 반응은 각각 다르게 나타날 수 있는 상황 의존성을 띠고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 학습자들이 지닌 오인을 진단하기 위해서 교사(전문가)는 학습자와 학습자들이 갖고 있는 잘못된 지식상태까지도 잘 파악하고 있어야 한다.

영어교육에서 학생들이 학습해야 할 내용과 관련하여 선입개념의 영향은 매우 크다. 따라서 효과적인 학습이 이루어지기 위해서는 본시 학습에 앞서 학습주제와 관련된 학생들의 학습개념에 대한 개개인의 지식상태에 대하여 적절한 진단은 중요하다고 할 수 있다. 특히 영어에 있어서 be 동사의 사용빈도 수가 매우 높으며 이 개념이 잘 못 되어 있으면 그 이후의 학습에 막대한 영향을 초래하기 때문에 더욱이 정확한 진단이 필요하다.

최근 대부분의 진단 방법들[6, 7, 11, 12]은 지능적 개인 교수(intelligent tutoring systems) 체제를 지향하는 규칙기반 전문가 시스템을 특성을 갖는다. 그들은 If-Then 생성규칙을 기반으로 지식을 표상한다.

그런데, Taber, R.[13, 14]에 의하면 퍼지 인지 맵(FCM)은 규칙기반 전문가 시스템의 한계성을 극복할 수 있다. Jason R. Cole and Kay A. Persichitte[8]을 보면 최근에 FCM은 교육 분야에서 학습자들의 개념변화에 대한 이해를 돕기

위한 방법으로 응용되어졌음을 알 수 있다. FCM은 규칙기반 대신 퍼지개념을 사용함으로써 학습자의 지식구조를 더 효율적으로 표상 가능하며, 여러 학습자들의 지식을 결합할 수 있는 특징을 갖기 때문에 학습자의 지식을 공유하는 것이 가능하다. Kosko, B.[10]에 의하면 이러한 퍼지한 인과 관계를 갖는 FCM을 Togai, M., and Watanabe, H.[15]의 퍼지 연상 메모리(FAM)를 이용하여 시스템의 오류를 진단할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 학습 오인을 진단하는 규칙기반 진단 모형의 한계성을 개선할 수 있는 FCM(Fuzzy Cognitive Map)과 FAM(Fuzzy Associative Memory)을 적용한 학습오인 진단 시스템을 설계, 구현한다. FCM을 이용하여 학생들이 영어학습시 갖는 선입개념들과 오인들을 퍼지한 인과관계로 표현하며, FAM을 적용하여 오인의 원인들을 진단한다. 이 학습 오인 진단 모형은 중등학교 영어교육과정의 be동사 학습시 발생하는 오인을 진단하기 위해 설계되었다.

II. 관련 연구

퍼지이론은 1965년 미국 California 대학의 Zadeh 교수에 의해 인간의 주관적인 사고와 판단에 의해 결정될 수 있는 가능성을 모형한 퍼지 집합의 제창이 계기가 되어 발달하였다. 유동선 등[1]에 의하면 최근에는 퍼지이론에 기초한 새로운 학문의 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 인공지능 분야와 경영학, 그리고 공학 등과 같은 학문에서 연구되고 있으며, 점차 체계를 갖추고

있다. 영어에 있어서 fuzzy는 ‘경계가 확실하지 않은’이라는 의미를 갖지만, 퍼지이론에서는 ‘애매함’으로 번역된다.

퍼지이론에서 사용하는 애매함이란 다음과 같이 접근할 수 있다. 즉 ① 확실하게 알지 못한다 ② 모호하다 ③ 분명하지 않다 ④ 애매하다 ⑤ 다양하다 ⑥ 의존할 수 없다 등과 같은 요인으로 설명된다[4]. 그러나 퍼지이론은 애매한 이론은 아니다. 정보를 검색, 인식, 고찰, 판단하는 하나의 지적 처리 모형이다. 그리고 퍼지이론에는 애매함을 결정하기 위한 확신구간(interval of confidence)이 존재하고 있으나, 무작위(random)의 성격을 가지고 있는 것은 아니다. 즉 의사결정을 하기 전에 고려해야 하는 사항을 충분히 검토하여 문제해결의 가능성을 제시하는 이론이다.

즉 퍼지이론은 주관적인 애매함에 기초하여 객관적 가능성을 확실하게 제시하는 이론이다. 따라서 임의의 결정이 내려질 때 퍼지이론은 더 이상 애매함을 가지는 이론이 아니라 확실성을 제시하는 탈퍼지화(defuzzification)로 전환된다[3].

1. 퍼지 인식도

퍼지인식도(fuzzy cognitive map; FCM)는 인과관계의 추론을 표현하는 퍼지그래프 구조를 의미한다[9]. 즉 퍼지인식도는 전문가가 지식을 추출하기 위하여 여러 개념들 간에 존재하는 인과관계를 분석하여 계량화하고 표현하는 방법이라고 할 수 있다.

퍼지인식도는 인과관계지식을 기존의 If-Then 형태의 규칙과는 달리 행렬의 형태로 표현하기 때문에 이에 기초한 추론과정이 수렴되는 과정을 수학적 연산으로 계량화할 수 있다는

장점이 있다[2].

Kosko[9]는 퍼지인식도의 일반적인 방법론과 인식도(cognitive map)와의 관계에 대하여 설명하였다. Taber[13]는 여러 개의 퍼지인식도를 결합하는 방법론을 정리하여 제시하였다. 또한 Kosko[10]는 1986년 연구에 이어 여러 개의 퍼지인식도를 결합하는 방법론과 퍼지인식도에 의한 추론과정을 소개하였다.

2. 퍼지 연상 메모리

FAM은 기존의 FCM에 의하여 각 노드의 활성화된 값을 임계치로 조정하면서 발생하는 정보의 손실을 극복할 수 있는 퍼지이론을 응용한 퍼지 추론 방법이다.

FAM[9]은 퍼지 헵 행렬(fuzzy Hebb matrix)을 사용하여 연상기능을 수한다. 퍼지 헵 행렬(m_{ij})은 각각의 퍼지집합 a_i 와 b_j 에서 $m_{ij} = \min(a_i, b_j)$ 이 최소값에 의해 생성되는데, 식(1)과 같이 표현될 수 있다[15].

$$M = A^T \circ B \quad (1)$$

식(1)을 이용한 FAM의 추론의 결과가 올바르기 위해서는 식(2)와 같은 Kosko의 필요충분조건을 갖는다[14]. $H(A)$ 는 퍼지 벡터 A의 최대값 $H(A) = \max a_i$ 을 나타내며, $H(B)$ 는 퍼지 벡터 B의 최대값 $H(B) = \max b_j$ 을 나타낸다.

만약, $M = A^T \circ B$ 이면, (2)

(a) $A \circ M = B$, 필요충분조건 : $H(A) \geq H(B)$

(b) $B \circ M^T = A$, 필요충분조건 : $H(B) \geq H(A)$

(c) $A \circ M \subset B$: A를 위한 필요충분조건

(d) $B \circ M^T \subset A$: B를 위한 필요충분조건

Ⅲ. 오인진단 모듈설계

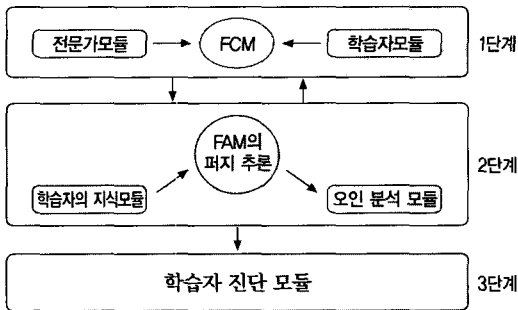
1. 오인진단 모듈

본 연구에서 제안하는 오인진단 모형의 전체적인 구조는 <그림 1>과 같다. 제안된 모형은 3단계로 구성된다.

1단계- be 동사의 단수·복수에 대한 개념 학습에서 학습자들의 지식상태에 관한 충분한 지식을 갖고 있는 교사(전문가)는 be동사에 관한 학습자들의 지식구조를 FCM으로 작성한다.

2단계- 학습자가 자신의 현재의 지식상태를 제공한다.

3단계- 학습자의 지식상태가 투입되면 FCM은 퍼지 연상 메모리(FAM)를 이용하여 학습자의 오인의 원인을 분석하여 학습자에게 제공한다.



<그림 1> 제안된 오인진단 모형의 구조

2. FCM의 개념노드

제안된 진단 모형은 중등학교 영어교육의 be동사의 단수·복수에 대한 영어개념 학습에서 학습자들의 지식상태를 진단하기 위해 설계되었다.

<표 1> FCM의 개념 노드들

C1	1 인칭
C2	2 인칭
C3	3 인칭
D1	1인칭 단수 오류로, 단수를 복수로 처리한다.
D2	1인칭 복수 오류로, 복수를 단수로 처리한다.
D3	2인칭 단수 오류로, 단수를 복수로 처리한다.
D4	2인칭 복수 오류로, 복수를 단수로 처리한다.
D5	3인칭 단수 오류로, 단수를 복수로 처리한다.
D6	3인칭 복수 오류로, 복수를 단수로 처리한다.
E1	I가 나와 있으면 are라고 쓴다.
E2	I뒤에는 무조건 단수동사가 쓰인다.
E3	단어가 하나이면 단수이다.
E4	your라는 말이 나오면 복수이다.
E5	you가 있으면 2인칭 복수이다.
E6	be동사 앞에 단수명사가 있으면 단수다.
E7	their가 있으면 복수다.
E8	동물의 이름이 나오면 복수다.
E9	her나 his가 있으면 단수다.

3. 퍼지인지도(FCM) 행렬 생성

<표 2>는 각 노드들 간의 인과관계를 정의하는 단계이다. 기존 컴퓨터 논리체계에서는 '속한다, 속하지 않는다'와 같이 구분이 분명한 집합인데 반해 퍼지 집합은 완전히 속할 때는 1, 완전히 속하지 않을 때는 0, 그 외에도 0과 1 사이의 점진적으로 변하는 값을 갖게 된다. 다음의 속성 값은 노드사이에 서로 관련된 값이다.

<표 2> 퍼지인지도(FCM) 행렬 (=F)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	D1	D2	D3	D4	D5	D6	C1	C2	C3
E1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

E7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4. 퍼지 연상 메모리 생성

위의 퍼지인지도 행렬로부터 이해하기 어려운 영어 개념과 이에 따라 파생되는 학생들의 선입 개념들 간의 관계는 $(A_1, B_1), \dots, (A_n, B_n)$ 의 인과관계를 형성함을 알 수 있다. 즉, A 벡터는 원인을 제공하며, B 벡터는 A 벡터로부터 영향을 받아 그로 인해 발생하는 결과 정보를 말한다. 다음의 3개의 A의 벡터를 고려하면,

$A_{11}=(10000000000000000000)$
 $A_{21}=(01000000000000000000)$
 $A_{31}=(00100000000000000000)$
 A_{11} 은 E_1 을 의미하며, A_{21} 은 E_2 를, A_{31} 은 E_3 을 각각 의미한다. 각각의 A는 퍼지인지도 행렬 F와 곱해져 각각의 선입 개념으로부터 영어 개념들이 영향을 받는지를 제공한다. 다음은 3개의 벡터 행렬의 곱을 나타낸 것이다.

$$A_{11}F=(0000000000,1200000000)$$

$$= B_{11}, B_{11} = A_{12} \text{로 놓으면}$$

$$A_{12}F=(0000000000000000,0800)$$

$$= B_{12}, B_{12} = A_{13} \text{로 놓으면}$$

$$A_{13}F=(000000000000000000)= B_{13}$$

이때 생성된 $(A_{11}, B_{11}), (A_{12}, B_{12}), (A_{13}, B_{13})$ 은 3가지 원인에 대해 그 결과들을 찾을 수 있게 한다. (A_{11}, B_{11}) 에서 D_{11} 은 E_1 에 의해 0.12 정도의 영향을 받음을 의미한다. 위의 3개의 A 벡터들은 9개의 원인과 결과 관계를 생성한다. 이것을 이용하여 9개 M FAM 행렬을 생성할 수 있다.

〈표 3〉 학습자의 오인진단

학습자의 선입개념	오인 진단
(000000000000000010) : C2가 활성화 C2 : 2인칭	(000000000000000010) : D3와 D4는 C2의 원인 D3: 2인칭 단수 오류로, 단수를 복수로 처리한다. D4: 2인칭 복수 오류로, 복수를 단수로 처리한다.
(000000000001100000) : D3, D4가 활성화 D3: 2인칭 단수 오류로, 단수를 복수로 처리한다. D4: 2인칭 복수 오류로, 복수를 단수로 처리한다.	(000000000000,650,3500000) : E4, E5, E6이 D3과 D4의 원인 E4: your라는 말이 나오면 복수이다. E5: you가 있으면 2인칭 복수이다. E6: be동사 앞에 단수명사가 있으면 단수다.

5. 학습자의 오인진단

생성된 FAM 시스템은 아래의 식(3)을 이용하여 학습자들의 선입개념으로 인한 오인을 진단할 수

있다. 이때 A, B 벡터는 위의 식(2)의 필요충분조건을 만족하여야 한다.

$$A^i = \sum_{i=1}^n B^i M^T_i$$

〈표 3〉은 식(3)을 이용하여 선입개념을 통해 진단된 오인을 갖고 있는 학습자가 해당 학습을 이해하는데 어려움을 갖는 영어 be 동사의 개념에 대한 분석 결과이다. 〈표 3〉의 결과로부터 영어 be 동사의 개념에서 C2의 어려움을 갖고 있는 학습자는 D3와 D4같은 오인을 갖고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 그러한 오인은 E4, E5, E6과 같은 선입개념을 갖고 있을 수 있음을 제시한다.

IV. 시스템의 설계 및 구현

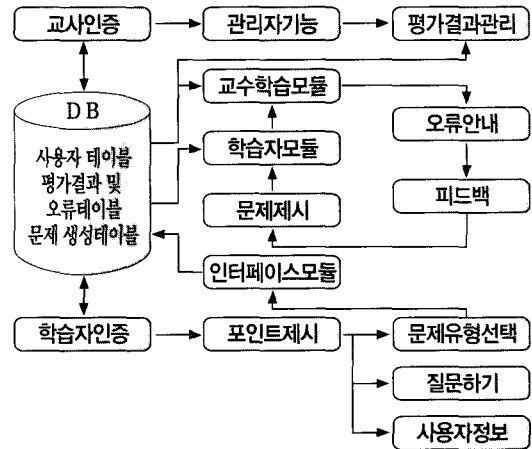
1 학습오인 진단 시스템 설계

지금까지의 중학교 영어 교육 평가에서 학습자의 정답과 오답만으로 분리함으로써 학습자의 지식을 분석하는데 한계를 지니고 있었지만 본 연구에서는 학습자의 응답을 받아들여 학습 오류를 진단하고 치료할 수 있도록 웹 데이터베이스를 구축하여 보다 효과적이고 지능적인 프로그램이 되도록 하였다.

1) 시스템의 흐름도

시스템의 흐름은 교사인증과 학습자인증으로 구분하였다. 교사인증을 거치면 관리자 기능을 갖게 하여 학습자들의 학습 결과를 관리하도록 하였다. 학습자인증을 거치면 학습자의 참여도에 따른 포인트를 제시하도록 하였으며 문제유형을 선택하도록 하였다. 학습자가 문제유형을 선택하면 유형에 따른 문제생성규칙에 따라 임의로 15 문제가 추출되어 문제가 제시된다. 제시된 문제를 학습자가 학습을 마치면 학습자 모듈과 전문가 모듈에 의해 평가결과와 오류 유형 테이블에 저장되도록

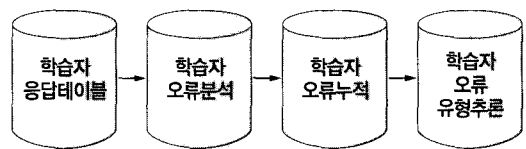
하였으며, 그 결과에 따라 교수학습 모듈을 이용하여 오류안내를 한 후 피드백이 이루어지도록 하였다. 설계된 시스템의 개괄적인 흐름은 〈그림 2〉와 같다.



〈그림 2〉 시스템 흐름도

2) 학습자 오류 모듈의 설계

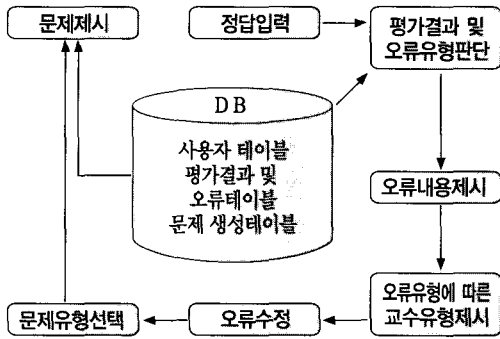
학습자 모듈은 버그 모듈을 적용하여 설계하였으며 학습자의 오류를 진단하고 학습자의 학습 과정을 계속적으로 누적하여 저장함으로써 다음에 계속되는 학습에서 학습자의 지식 상태를 판단할 수 있게 하였다. 학습자 반응을 전문가 모듈의 해결 절차 내용과 비교하여 오류가 발생하였을 경우, 다시 오류 유형 분석을 통하여 해당되는 필드에 오류 개수를 누적시키는 방법으로 진행해 나간다. 아래의 〈그림 3〉은 학습자 모듈의 진행 절차를 나타낸 것이다.



〈그림 3〉 학습자 모듈 구성도

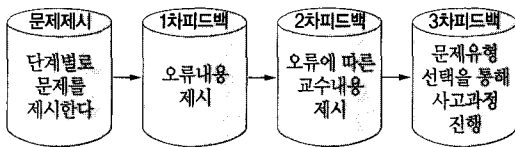
3) 교수 전략 모듈의 설계

교수 전략 모듈은 학습자의 지식 상태를 바탕으로 학습자에게 효과적인 교수방법을 적용하는 부분이다. 본 모듈에서는 학습자의 오류 유형에 적절한 교정 방법을 제공하는 기능을 갖도록 <그림 4>과 같이 설계하였다.



<그림 4> 오류교정 흐름도

프로그램의 교육적 효과를 높이기 위해서는 무엇보다 중요한 것이 피드백이다. 본 논문에서 오류 교정은 문제제시, 1차 피드백, 2차 피드백, 3차 피드백으로 구성하였으며 문제제시에서는 단계별로 문제를 제시하였고, 1차 피드백에서는 오류내용을 제시하였으며, 2차 피드백에서는 오류에 따른 수준별 교수내용을 안내하도록 하였다. 3차 피드백에서는 문제 유형 선택을 통해 학습을 진행하도록 하였다. 절차는 <그림 5>와 같다.



<그림 5> 피드백 절차

2. 시스템의 구현

1) 개발환경

본 연구에서 사용되는 소프트웨어 및 하드웨어 개발환경은 <표 4>, <표 5>와 같다.

<표 4> 소프트웨어 개발환경

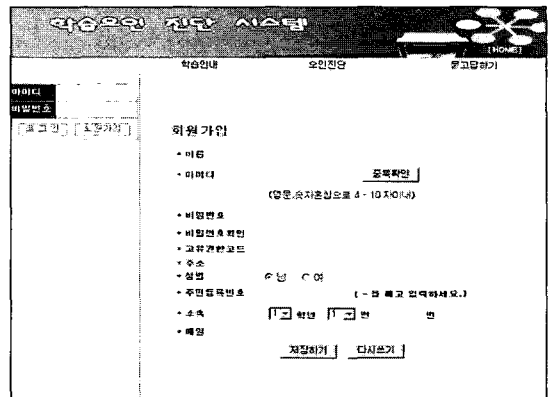
개발 환경	규격
운영체제	Windows 2003
웹서버	IIS 6.0
DBMS	MS-ACCESS 2000
저작언어	HTML, ASP, VC++, Java Script
사용자 인터페이스	internet explorer 6.0

<표 5> 하드웨어 개발환경

개발 환경	규격
CPU	펜티엄 233MHz
RAM	512MB
HDD	3.2GB

2) 사용자 인터페이스

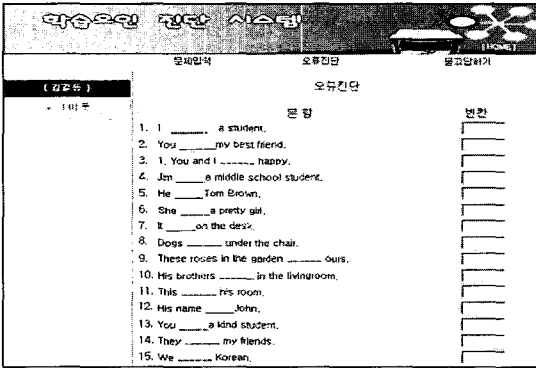
<그림 6>은 학습 오인 진단 시스템에 접근하기 위해 학생이 자기 자신의 인적사항을 입력해야 하는 화면이다. 학습자의 기본 인적사항 등을 입력하면 입력된 정보는 사용자 테이블에 저장된다.



<그림 6> 사용자 인터페이스 화면

3) 학습자 오류 모듈의 구현

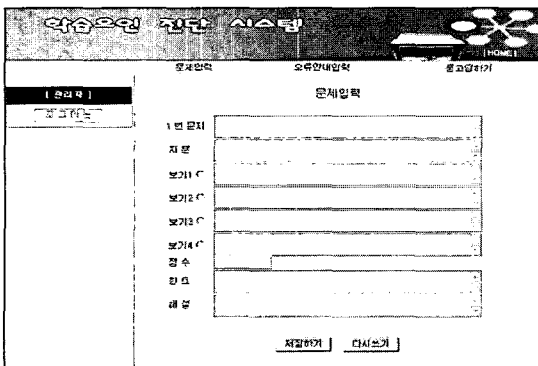
〈그림 6〉은 학습자 문제 풀이 화면이다. 학생의 학습 오인 진단에 필요한 다른 정보나 자료들을 포함하고 있는 모듈로 학습자가 현재 이해하고 있는 지식 상태를 시스템이 진단하고 학습자의 오류 상태를 저장한다.



〈그림 7〉 학습자 문제 풀이 화면

4) 교수 전략 모듈의 구현

〈그림 8〉은 학습자 문제 풀이 화면이다. 학생의 오류를 진단하고 그에 따른 교수처방을 결정하여 제시해 주는 모듈로 학습내용을 생성해 내고 학습자의 오류를 진단하는 기능을 갖기 때문에 학습내용이 지능적으로 조작 가능하게 되어 있어야 한다.



〈그림 8〉 문제 등록 화면

V. 결론

하루가 다르게 변화하는 컴퓨터 주변기기의 발달로 생활의 질이 달라지면서 교육의 질도 빠른 속도로 변화하고 있다. 또한 창의성이 강조되는 시기에 기하급수적으로 늘어나는 정보의 홍수 속에서 e-Learning 기반 교육의 중요성이 날로 증대되고 있다.

제7차 영어과 교육과정은 개인의 학습 수준을 고려하고, 영어의 기본 지식을 갖추게 하며, 학습자의 활동을 중시하고, 영어 학습에 흥미와 자신감을 가지게 한다. 그리고 다양한 교수-학습 방법과 평가 방법을 활용한다는 데 있다.

본 연구는 FCM과 FAM을 이용하여 학습자들의 영어학습 오인을 진단할 수 있는 방법론을 제시하였다. 본 논문에서 FCM은 학습자들의 학습이 이루어지기 전에 갖게 되는 다양하고 복잡한 지식상태를 잘 표상할 수 있음을 제시하였다. FAM은 학습자의 지식상태로부터 오인을 진단할 수 있음을 확인하였다. 또한 여러 개의 FCM을 결합할 수 있는 확장성을 통해 유연성 있는 오인진단 모형을 구축할 수 있음을 제시하였다.

자신의 경험을 통해 생성된 학습자들의 선입개념은 복잡하고 다양하다. 그래서 학습현장에서 학습자들의 학습오인을 진단한다는 것은 쉽지 않고 불가능할 수도 있다. 그러나 퍼지 이론과 같은 상징적인 방법 등을 통해 좀 더 효율적이며 효과적이고 지능화된 시스템으로 발전시킬 수 있을 것이다.

e-Learning 기반 교육현장에서 FCM과 FAM의 활용은 보다 효율적인 학습 활동을 지원할 수 있는 인지적인 방법으로써 무한한 잠재성을 가질 것으로 여겨진다.

참 고 문 헌

1. 유동선, 이교원, 기초 퍼지 이론, 교우사, 1998.
2. 이건창, 주석진, 김현수, “퍼지인식도에 기초한 인과관계 지식베이스 구축과 양방향 추론 방식에 관한 연구,” 한국전문가시스템 학회지, Vol. 1, .No. 1, 1995, pp.1-22.
3. 이광형, 오길록, 퍼지 이론 및 응용, 흥릉과 학술판사, 1992.
4. 장이채, 퍼지과학의 세계, 교우사, 1997.
5. 한국교원대학교 화학교육연구실, 화학교사를 위한 화학오인 모음집, 1998.
6. Anderson, J. R. and Reiser, B., “The lisp Tutor,” Byte, 10, 1985, pp.159-175.
7. Brown, J. S. and Burton, R. R., “Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills,” Cognitive Science, 2, 1984, pp.155-192.
8. Jason R. Cole and Kay A. Persichitte, “Fuzzy Cognitive mapping: Applications in education,” International Journal of Intelligent Systems, 15, 2000, pp.1-25.
9. Kosko, B., Fuzzy Entropy and Conditioning. Information Sciences, 40, 1986, pp.165-174.
10. Kosko, B., “Neural networks and fuzzy systems,” A dynamical systems approach to machine intelligenc., Prentice Hall, 1992.
11. Rafi N., Ruth S., & Ronit A., “A microcomputer-based diagnostic system for identifying students' conception of heat and temperature,” Int. J. Science education, 12(2), 1990, pp.123-132.
12. Sleeman, D., “Assessing aspects of competence in basic algebra. In D. Sleeman and J. S. Brown(eds),” Intelligent Tutoring Systems(Academic Press, 1982.
13. Taber, R., “Knowledge processing with fuzzy cognitive maps,” Expert systems with applications, 2(1), 1991, pp.83-87.
14. Taber, R., “Fuzzy cognitive maps modelsocialsystems,” Artificial Intelligence Expert, 9, 1994, pp.18-23.
15. Togai, M., and Watanabe, H., “Expert system on a chip: An engine for realtime approximate reasoning,” IEEE Expert, 1(3), 1986.