

초등수학의 개별학습을 위한 학습자 진단 시스템의 설계 및 구현

허정원* · 김갑수**

서울교육대학교 초등컴퓨터교육과

요 약

본 논문은 초등학생의 수학과 학습능력을 진단하여서 결과에 따라 개별학습을 할 수 있는 LED 시스템 (LEarner Diagnosis system)을 설계 구현한 것이다. 수학과와 같이 위계적으로 학습이 이루어지는 교과는 선수 학습을 제대로 성취하지 못하면 후속학습에 곤란을 겪는다. 이를 방지하기 위해 LED 시스템은 학습 전에 학습자의 선수 학습 능력을 진단한다. 진단 결과 학습 결손이 있을 때는 보충학습을 통해 결손을 보충하고 본 주제 학습을 한다. 또한 매 학습이 완전학습이 되어 더 이상의 학습결손이 발생하지 않도록 학습 후에도 진단평가를 실시하여 완전학습이 이루어졌을때만 후속학습을 할 수 있도록 한다. LED 시스템을 이용하면 학습자는 학습 결손을 방지할 수 있고 완전학습을 하기 때문에 궁극적으로 학습 목표에 도달 할 수 있게 된다.

A Design and Implementation of Learner Diagnosis System of mathematics for Elementary School Students Individualized Learning

Jung-won Hur* · Kap-su Kim**

Seoul National University of Education, Dept, of computer education

ABSTRACT

The purpose of this paper is to design and implement a LED (LEarner Diagnosis system). Mathematics which has learning hierarchies is difficult to learn, if learners don't understand previous learning contents. Before a learner starts learning, the LED offers diagnostic problems to diagnose the learner's understanding ability of the previous learning contents. If the learner don't understand it, then the LED present supplementary contents. After finishing the study, the learner has to pass the test to diagnose whether the learner do mastery learning. The LED makes learners do supplement previous contents, if learners don't understand it, and master all of the contents, learners can achieve learning object.

1. 서론

학습의 개인차는 학습자의 지능, 유전, 환경변인

등 여러 가지 요인에 의해 나타난다. 그 중에서도 선행학습의 결손 여부가 큰 영향을 미치는데 Bloom에 의하면 출발점 행동으로서 선행학습의 결손이 학업 성취도에 있어서 개인차 변량에 50%를 차지한다고

했다[1]. 선행학습의 목표 달성은 모든 교과에서 중요하지만, 그 중 수학, 과학 등 선행학습이 후속학습에 많은 영향을 미치는 위계성이 큰 교과는 학습자의 개인차가 더 크게 나타난다[7].

따라서 학습자가 학습목표에 잘 도달하기 위해서는 선행학습의 결손이 일어나지 않도록 해야 한다.

이를 위해서는 새로운 학습을 하기 전에 학습자를 진단하여서 학습 결손 여부를 파악하고 결손된 부분은 보충학습을 통해 재학습 한 후 후속학습이 진행되도록 하여야 한다. 하지만 현재 교육 현장 및 각종 교육사이트들은 이런 개인차를 생각하지 않고 일률적으로 학습내용진개 → 문제제공 → 평가결과를 제시하는 수준으로 제공되고 있다[12][13]. 그러나 수학과처럼 연계성이 큰 교과를 학습할 때 선행학습이 결손된 학습자에게 아무리 쉬운 문제를 제공한다거나 같은 내용을 반복 학습하게 하여도 교육목표를 성취하는 것이 쉽지 않다[8]. 이는 최근의 연구 논문들의 결과로 나타나는 것처럼 고립되게 이루어진 학습들은 지속적으로 파지되지 않기 때문이다[4].

이에 본 논문에서는 초등수학의 개별학습을 위한 학습자 진단 시스템 (LED : LEarner Diagnosis system)을 설계, 구현하고자 한다.

학습자 진단을 위해 LED 시스템은 개별화 교수법인 IPI (Individually Prescribed Instruction)를 이용한다. IPI는 개별화 교수법으로 학습과제를 수준별로 계열화하고 각 단계 학습 전, 후에 진단평가 (diagnostic evaluation)를 통해 학습자의 수준을 진단해서 그에 맞는 처방을 해 주는 교수방법이다.

본 논문은 학습자가 LED 시스템을 활용해서 선수학습 결손을 방지하고 개인적 능력에 따라 개별학습을 해서 궁극적으로 학습목표에 도달할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 본 논문의 구성은 2장에서는 LED 모형의 이론적 배경이 된 IPI와 학습 위계 분석법, 완전학습 이론, 선행연구에 대해 살펴본다. 그리고 모형을 적용한 시스템을 설계하기 위해 수학과 교육과정을 분석하였다. 3장에서는 LED 모형을 정의하고 4장에서는 모형을 이용해서 LED 시스템을 설계한다. 5장에서는 LED 시스템을 초등2학년 수학과에 적용하고 6장에서 결론을 맺는다.

2. 이론적 배경

2.1 IPI : 개별처방교수법

(Individually Prescribed Instruction)

IPI는 미국 Pittsburgh 대학의 학습연구개발센터 (Learning Research & Development)에서 R.Glaser와 J.O.Bolvin 등에 의하여 개발된 구조화된 수업체제이다[5]. IPI에서는 모든 학습자에게 공통 학습목표가 행동적인 목표로 설정되어 제시된다. 즉 모든 학생이 최소한의 특정한 수준을 성취할 수 있도록 교육목표가 정해져 있다. 그러나 그 수준을 성취해 나가는 방법이 개별화되어 학습자마다 자기의 속도와 수준에 따라 다르게 학습할 수 있다.

이를 위해 모든 학습과제가 단원으로 분명하게 구성되어 있다. 여기서 단원이란 앞에서 위계적으로 그리고 계열화되어 설정된 여러 가지 공통 학습 목표들 가운데 서로 깊은 상관이 있는 것들을 모아서 묶어 놓은 것이다. 각 단원은 다시 여러 수준으로 나뉘어진다. 그리고 그 단원 안에는 학습을 순서대로 해 나갈 수 있도록 계열화된 연습과제들이 마련되어 있다. IPI에서는 처방을 매우 중시한다. 각 단원마다 모든 학습자들은 그 단원의 학습을 시작하기 전과 중간, 그리고 학습을 마친 후에 반드시 평가를 받아야 하며 이 평가결과에 따라 단원 안에서의 학습자의 수준이 결정되고 처방된다. 즉, 전체 학습을 단원별로 진단 → 처방 → 평가로 구성하는 것이다. 이 과정을 좀 더 상세히 살펴보면 다음과 같다.

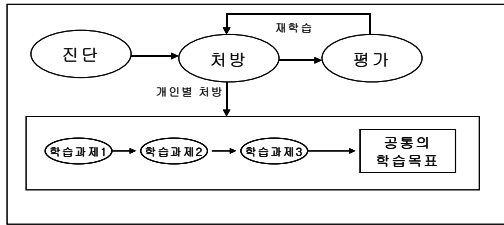
첫째, 학습자가 그 단원 내에서 어떠한 행동목표에 대해서 어느 만큼이나 알고 있는가를 진단한다. 이는 학습자를 적정 수준에 배치하기 위한 정치진단검사이다.

둘째, 그 결과에 따라 학생에게 알맞은 적절 수준의 학습자료를 제공한다. 따라서 학습자마다 같은 단원이라 하더라도 출발수준이 다르다고 할 수 있다.

셋째, 학생이 주어진 자료를 개별적으로 공부한다.

넷째, 학습자가 개별적 공부를 끝내면 그 단원에서의 제반 교수, 학습 목표에 대한 완전성취 검사 여부를 평가받게 된다. 여기서 완전 성취가 입증되면 다음 단원으로 넘어가 다시금 진단 → 처방 → 평가의 과정을 거치게 되나 완전 성취가 입증되지 않으면 실패한 목표에 대한 적절한 수준의 학습 자료를 다시 제공한다. 이 때 다시 제공되는 학습 자료는 이전

학습 자료와는 다른 새로운 자료가 제시되도록 한다.
 <그림1>은 IPI의 각 단계를 구조화한 것이다.



<그림1> IPI의 단계별 구조도

2.2 학습과제와 학습 결론

Carroll이 제시한 「학교학습의 모형」에서 보면 학습이나 교수를 전체 교과목이나 교육과정에 관련시키는 것이 아니라 그것을 어떤 방법으로든지 하위 단위로 쪼갠 학습단위에 관련시키는 일이 필요하다[6]. 이러한 학습의 기본단위를 학습과제라 할 수 있는데 “학습과제란 학습해야 할 요소와 항목이 어떤 계층에 따라 배열되어 있는 전체”라고 정의할 수 있다[2]. 두 사람 이상의 전문가가 독립적으로 학습과제의 요소를 확인할 때 90% 정도로 일치할 수 있는 정의방법과 분류방법이 가능하다고 한다[1]. 이 같은 전문가들은 학습단위 사이의 상호관련성을 찾아내는 데도 약 85% 정도 일치한다. 내용타당도가 높고 학습요소 사이에 가정했던 상호관련성을 만족할 정도로 재현할 수 있는 형성평가 검사를 만들 수도 있다. 학습과제가 교육에서 중요한 것은 학습과제는 어떤 방법으로든지 조직을 해야 한다는 것이다. 학습과제의 배열이란 학습과제가 탄탄하게 얽혀 있는 계열을 말하며 이 계열 속에서는 한가지 학습과제를 학습하기 위해서 반드시 그 선수요건으로 그 전의 학습과제를 학습하지 않으면 안 된다는 계층적 질서를 가지고 있다[3]. 여러 가지 학습성적에 관련된 종단적 및 예언적 연구를 종합한 결과에 끌어낼 수 있는 결론은 출발점행동의 변이가 한 개 혹은 그 이상의 학습과제에서 나타나는 성적의 변이, 즉 개인차를 50%이상 결정한다는 것이다. 따라서 학습목표가 제대로 성취되기 위해서는 출발점행동이 제대로 갖추어져야 한다.

2.3 학습 위계 분석법

학습 위계 분석은 학습 목표를 성공적으로 달성하는데 필요한 선수지식 및 능력을 찾아내고 그들 상호간에 존재하는 관련성을 규정하여 차트 형태로 시각화 시켜주는 과제 분석의 한 전략이다[3].

이 분석법은 한 개의 목표를 달성하는데 반드시 가르쳐야 할 내용들을 발견하게 해 주며 효과적인 교수의 순서를 찾아내게 하고 목표와 관련되지 않은 내용을 삽입하는 일이 없도록 함으로써 과제 조직의 효율성을 높게 하는 장점이 있다. 학습 위계 분석의 단계를 세분화하면 다음과 같다.

첫째, 최종적으로 얻고자 하는 결과물을 학습목표 형태로 기술한다.

둘째, 최종적 목표와 관련하여 학습자가 현재 가지고 있는 출발점 행동을 찾아내어 기록한다.

셋째, 제1수준의 선수학습을 찾아낸다. 제1수준이란 “현재의 최종목표를 달성하는데 소요되는 보다 간단한 형태의 지식들”을 말한다.

넷째, 선수학습을 얼마나 자세히 기술할 것인가의 수준을 결정한다. 만약 현재 분석하려는 선수학습 지식이 대부분의 학습자가 출발점 행동으로 가지고 있는 것이라면 더 이상 분석을 행할 필요 없이 그 이하는 출발점 행동으로 기록하는 것이 좋다.

다섯째 학습 위계를 구축한다. 학습 위계는 도표 형식으로 나타나며 최종 결과물이 맨 위쪽에 위치하고 복잡한 지식에서 간단한 지식으로 아래로 배열된다.

여섯째 학습 위계의 타당성을 검증한다.

타당성 검증은 논리적 검증과 경험적 검증의 두 방법을 이용하여 아랫단계 선수학습 기술이 윗단계 결과학습을 위한 필요충분조건이 된다면 그 학습 위계는 논리적으로 타당성을 갖는다고 보는 방법이다. 경험적 검증은 각 선수학습마다 시험문제를 출제하여 학습자들에게 실제로 시행하여 시험결과가 학습 위계를 지지하는지 알아보아 결정되는 방법이다.

2.4 선행연구 분석

Gagne는 지적발달 또는 학습효과는 누가적 결과라고 주장한다. 따라서 성공적인 학습을 위해서는 위계적으로 조직된 학습경험이 최저수준에서부터 계속적

인 성공적 경험을 주면서 최종학습 목표에 도달하게 해야하며 이를 위해 선수학습이 중요함을 강조했다.

김준웅은 선수학습의 부족한 경우, 이를 보충한 후 학습과제에 임하면 그렇지 않은 통제집단보다 학습 성취면에서 통계적 의미있는 차이가 난다고 했다.[10].

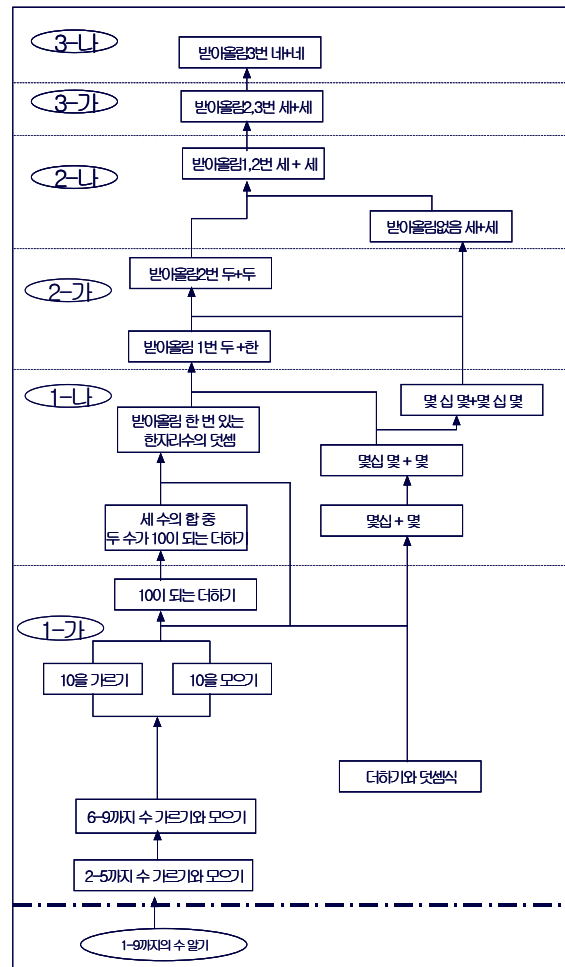
김미정은 수학과 학력저조의 원인 중의 하나가 학습초기에 발생한 학습결손이 교정, 처치되지 못하고 후속 수업에 이어져서 학습 결손이 누적되기 때문이라고 보았다.[9].

이윤주는 준비학습을 한 집단이 그렇지 않은 집단보다 성취도가 높고 특히 선행학습 결손이 많은 하위집단에서는 중위집단 보다 많은 시간의 준비학습 시간이 필요하다고 했다.[11].

위에서 나타난 것처럼 학습자의 성공적인 학습성취에는 선행학습의 영향이 매우 크다고 할 수 있다.

2.5 초등학교 교육과정 분석

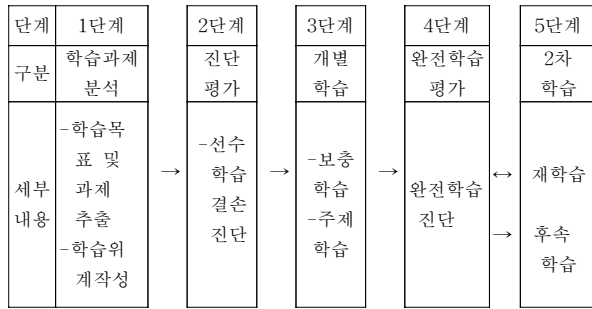
LED 모형을 적용하기 위해서는 학습위계를 분석하여야 한다. 본 연구에서는 초등수학과 수와 연산 영역의 자연수의 덧셈, 뺄셈에 관한 학습내용을 대상으로 함으로 이에 관한 학습 위계를 분석한다. 분석된 결과를 토대로 학습위계를 그려보면 <그림2>와 같다. LED 시스템의 가장 큰 특징은 학습자의 진단을 통해 선수학습의 결손과 학습 능력을 분석하고 결과에 따라 개별학습을 한다는 것이다. 따라서 하나의 학습주제마다 필요한 선수학습 요소를 정의한다. 그리고 각 학습주제가 서로 연결되어 학습의 위계도가 만들어지도록 한다.



<그림2> 덧셈의 위계도

3. LED 모형의 설계

학습자 진단을 통해 개별학습을 하기 위한 LED 모형은 다섯 단계로 구조화되어 있다. LED 모형은 <그림3>과 같다.



<그림3> LED 모형

첫 번째 단계는 ‘학습 과제 분석’ 단계이다. 이 단계에서는 학습해야 할 최종 목표를 정하고 그 목표에 도달하기 위한 학습 과제를 추출한다. 그리고 이 학습과제 들의 선, 후 관계를 파악하여 학습 위계를 정한다.

두 번째 단계는 ‘진단평가’ 단계이다. LED 모형에서 가장 중요한 진단평가 단계에서는 선수학습 결손 여부를 판단한다. 평가 결과 선수학습 결손이 있으면 계속되는 평가를 통해 최초 학습 결손 지점을 찾도록 한다. 결손이 없으면 학습자는 본 주제학습이 가능하다는 진단을 받는다.

세 번째 단계는 ‘개별학습’ 단계이다. 개별학습은 ‘보충학습’과 ‘주제학습’으로 나뉜다. 진단평가를 통해 학습 결손이 판단된 학생은 결손부분에 대한 보충학습을 받는다. 그리고 결손은 없고, 학습할 내용을 처음 대하는 학습자는 본 학습을 한다.

네 번째 단계는 ‘완전학습 평가’ 단계이다. 최종 학습 목표에 잘 도달하기 위해서는 각 학습주제마다 완전학습이 이루어져야 한다. 따라서 LED 모형에서는 모든 학습 후에 완전학습 평가를 실시하여 완전학습이 된 경우에만 후속학습을 하도록 한다.

마지막 단계는 ‘2차 학습’ 단계이다. 2차학습에는 ‘재학습’과 ‘후속학습’이 있다. 완전학습 진단평가에서 통과되지 못한 학습자는 ‘재학습’을 한다. 완전학습이 되지 못한 이유는 학습내용이나 방법이 학습자에게 맞지 않은 영향도 있기 때문에 재학습 할 때는 처음 제시되었던 콘텐츠가 아닌 다른 콘텐츠를 제공한다. 재학습 후에도 다시 ‘완전학습 평가’를 실시한다. “완전학습 평가 ↔ 재학습”의 관계는 완전학습이 될 때까지 반복한다. 완전학습이 된 학습자는 후속학습을

선택한다. 후속학습이 시작되면 다시 LED의 5단계를 거쳐야 한다.

4. 시스템의 설계

4.1 시스템의 특징

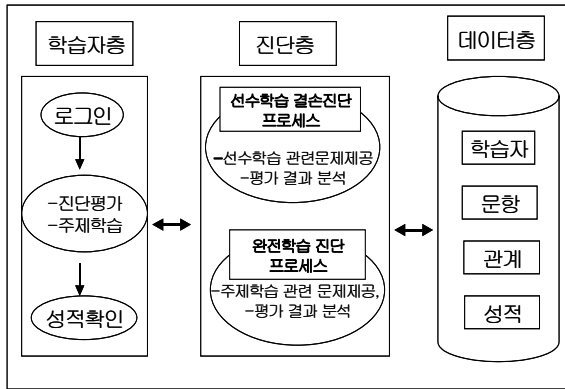
현재 교육 시스템 대부분은 수준별 문제를 통해 정, 오답 결과에 따라 학습자의 수준을 변화하는 방법으로 개인별 학습을 한다. 그러나 아무리 쉬운 문제를 제공하더라도 선수학습에 결손이 있는 경우는 학습 목표 도달이 어렵다. 이에 LED 시스템은 학습자의 선수학습 능력을 분석해서 결손된 부분이 있는 학습자는 보충학습을 하여 학습 결손을 방지한다. 보충학습 후에는 다시 평가를 보게 되는데 평가 결과 80% 이상의 성취율이 나오면 분학습을 하도록 한다. 80%의 의미는 완전학습이 이루어져 학습결손이 일어나지 않는 기준점수이다. <표1>은 현재의 교육 시스템과 LED 시스템을 비교 분석한 표이다.

<표1> LED 시스템의 특징

구분/기준	현재 교육 시스템	LED 시스템
학습자 진단	수준별로 분류된 문제를 제공하여 정, 오답분석을 통해 학습자 진단	학습자가 선택한 주제학습의 선수학습의 학습능력을 분석하여 학습자 진단
학습 계열	학습 과제의 위계 분석이 이루어지지 못해 학습과제가 독립적으로 진행됨	위계분석법을 통해 작성된 학습 위계에 따라 진단 결과에 따른 학습과제가 융통적으로 진행됨
보충 학습	선택한 학습의 재학습	선수학습의 결손부분을 찾아 선수학습의 재학습
완전 학습 여부	완전학습이 이루어지지 않아도 학습자의 선택에 의해 다음 학습 가능	80% 이상의 성취율을 해서 완전학습이 이루어졌을 때 다음 학습으로 분기

4.2 시스템의 전체 구조

LED 시스템은 학습자층, 진단층, 데이터층으로 구분되어져 있다. <그림4>은 시스템의 전체 구조도이다.



<그림4> 시스템의 전체 구조도

첫 번째 층은 학습자가 진단평가를 받고 성적을 확인할 수 있는 학습자 층이다. 학습자가 학습하고자 하는 주제학습을 선택하면 선택된 주제 학습에 관련된 선수학습 능력을 평가하는 진단평가를 받게 된다. 진단평가의 결과는 평가 후 결과 분석 자료와 함께 확인 할 수 있다.

두 번째 층은 선수학습의 결손과 다음 학습으로의 분기 여부를 판단하는 진단층이다. 여기에는 '선수학습 결손 진단평가'와 '완전학습 진단평가'가 있다.

'선수학습 결손 진단평가'에서는 학습자가 선택한 주제학습에 대한 선수학습 관련 문항을 제시한다. 하나의 학습주제에 대하여 여러 가지의 선수학습 요소가 있을 수 있으므로 LED 시스템에서는 처음에 선수 두 단계까지에 관련된 평가 문항을 제시하고 결손이 있을 때는 선수학습의 선수학습 2단계 전까지의 문제를 제공한다. 이런 방식으로 최초 결손된 학습 내용을 찾을 때까지 평가 문항을 계속 제공한다. 평가 결과는 각 선수학습 요소 당 성취율이 60% 미만이면 학습 결손이 있는 것으로 판단한다. 이 결과는 현행 7차 교육과정에서 학업 성취의 최소 기준으로 정한 결과 점수이다.

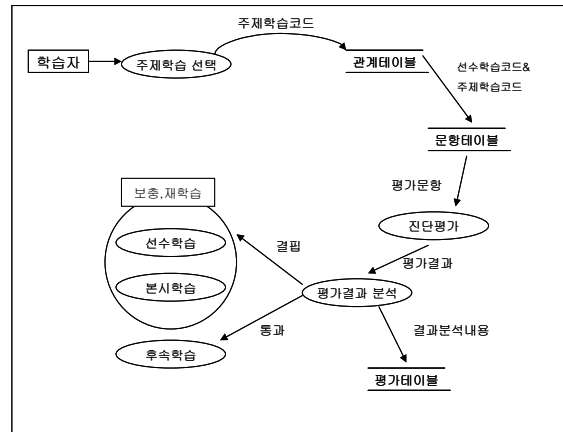
'완전학습 진단평가'는 학습 후에 하는 평가로서 모든 학습이 완전학습이 이루어져 학습결손이 발생하는 일이 없도록 하기 위해 실시하는 평가이다. 완전학습임을 판단하는 평가 점수는 80% 이상으로 한다..

데이터 층은 시스템에 필요한 모든 테이블을 관리하는 층이다. LED 시스템의 테이블은 학습자의 기

초 정보를 저장해 놓은 학습자테이블, 각 주제 학습별로 분류되어져 문제를 제공하는 문항테이블이 있다. 또 각 학습주제별로 선수학습을 정의한 관계테이블과 평가 결과를 저장해 놓은 성적테이블로 구성되어 있다.

4.3 시스템 전체 자료 흐름

학습자가 주제학습을 선택하면 선택된 학습주제코드를 이용하여 시스템이 진행된다. <그림5>는 시스템 내의 자료 흐름도이다.

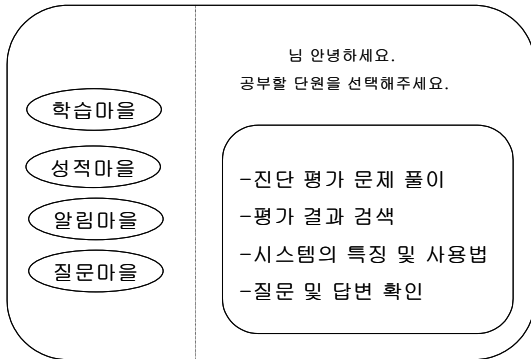


<그림5> 시스템 내의 자료 흐름도

학습자가 주제 학습을 선택하면 주제학습 코드가 관계 테이블로 이동한다. 관계테이블에는 각 주제학습코드별로 선수학습 2단계 전까지의 선수학습주제코드가 정의되어 있으므로 선수학습 코드값을 가져다가 문제 테이블에서 문제들을 추출한다. 진단층에서 평가 결과가 분석이 되면 그 결과에 따라 보충학습, 재학습, 후속학습 등의 결과가 정해진다. 그리고 결과는 평가테이블에 저장된다.

4.4 학습자층의 설계

학습자층은 학습자가 로그인, 진단평가 문제 풀이, 성적확인 등을 할 수 있는 층이다. 시스템에 처음 로그인 과정을 거쳐 접속을 하면 네 가지 메뉴 중에 하나를 선택할 수 있도록 설계한다. 메뉴구성은 <그림6>과 같다.



<그림6> 학습자 층의 메뉴 구성도

학습마을은 진단평가가 제공되는 메뉴이다. 학습마을에서는 학년과 학기를 선택하고 공부할 학습 단원 및 학습 주제 등을 선택한다. 선택된 학습주제에 따라 선수학습 능력을 확인하는 진단평가를 받게 된다.

결과는 평가가 끝날 때마다 정, 오답 및 점수로 알게 되고 문제번호를 클릭하면 정답과 해설도 확인할 수 있다. 진단층의 분석 결과에 따라 다음 학습에 대한 안내도 받는다.

성적마을은 학습자가 받았던 각 평가 결과를 검색, 확인할 수 있는 메뉴이다. 검색창은 이름, 날짜, 학습 주제 중 한 가지를 선택하여 입력하면 된다.

알림마을은 시스템의 특징 및 사용상의 도움말을 제공하는 마을이다.

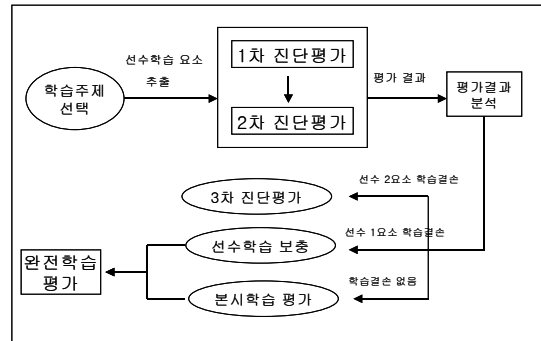
질문마을은 시스템 사용이나 학습내용 등에 대해 묻고 답하는 메뉴이다.

4.5 진단층의 설계

진단층은 LED 시스템의 핵심층으로 학습자가 선택한 학습 주제에 대해 선수학습의 결손 여부를 진단하고 다음학습 내용을 판단 안내하는 층이다. 진단층은 선수학습의 결손 진단과 완전학습 진단으로 나눌 수 있다.

4.5.1 선수학습 결손 진단

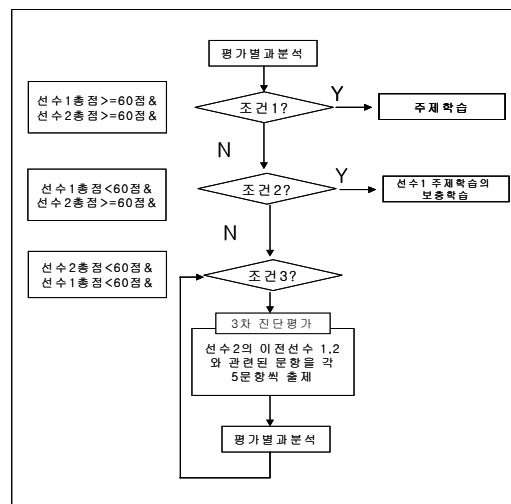
선수학습 결손 진단층의 구조는 <그림7>과 같다.



<그림7> 선수학습 결손 진단층의 구조도

학습자가 학습 주제를 선택하면 주제학습 코드를 이용해서 선수학습을 찾아낸다. 하나의 학습주제는 여러 이전 학습 내용이 관계됨으로 LED 시스템에서는 주제학습 전의 선수학습 2개의 요소를 추출한다. 1차 진단평가에서는 첫 번째 선수학습 요소에 해당하는 평가 문항 5개가 제공되고 2차 진단평가에서는 두 번째 선수학습 요소에 해당하는 평가 문항 5개가 제시된다.

1, 2차 평가 후에는 결과를 분석한다. 결과 분석에는 3개의 조건을 검사하고 각 조건 검사 결과에 따라 다음 학습으로 분기가 된다. 결과분석의 조건과 다음학습 분기간의 관계를 흐름도로 나타내면 <그림 8>과 같다.



<그림 8> 선수학습 진단 결과 분석 흐름도

먼저 조건 1을 살펴보면 선수학습1의 총점과 선수 학습2의 총점이 모두 60점을 넘을 때이다. 이 경우는 선수학습에 결손이 없는 것으로 판단하고 주제학습을 하도록 한다.

조건2는 선수학습 1의 총점은 60점이 되지 않으나 선수학습 2의 총점이 60점을 넘는 경우이다. 이 경우는 선수학습 2의 학습능력에는 문제가 없으나 본시학습의 바로 이전 선수학습인 선수학습1이 제대로 학습되지 못한 경우이다.

선수학습1을 제대로 하지 않으면 본시학습에서 곤란을 겪을 수 있으므로 선수학습1에 대하여 보충학습을 한 후에 본시학습을 하도록 안내한다.

조건3은 선택한 주제학습 대하여 선수학습이 모두 결손된 경우이다. 이런 경우에는 어디서부터 학습 결손이 일어났는지를 찾아 주어야 하기 때문에 3차 진단 평가를 실시하여 학습자가 어떤 단계부터 선수학습이 결손되어 있는지를 판단한다. 3차 진단 평가는 학습 결손이 일어난 부분을 찾을 때까지 계속 반복한다.

3차 진단평가에서도 결손이 발견되면 4차, 5차 진단평가를 계속하여 학습 결손이 일어나지 않는 학습 과제를 찾는다. 경우에 따라서는 선수학습1은 60점이 넘고 선수학습2만 60점 미만일 경우도 있다. 이럴 경우도 선수학습2에 문제가 있으면 본시학습에 곤란을 겪게 됨으로 3차 진단평가를 통해 학습 결손이 일어난 최초의 주제 학습 내용을 찾는다.

각 조건과 다음 학습 분기의 내용을 표로 정리하면 <표2>와 같다.

<표2> 선수학습 결손 진단 조건에 따른 학습자 분기

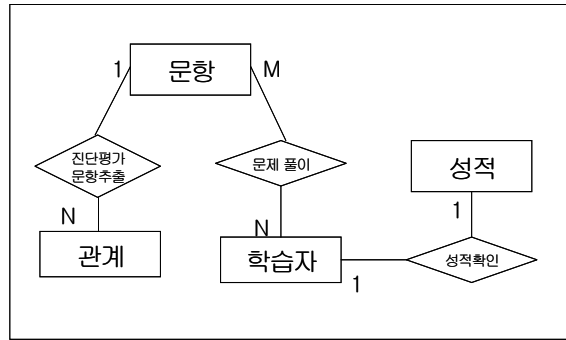
조건명	조건규칙	학습분기	특징
조건1	선수2총점 >=60점 & 선수1총점 >=60점	선택한 주제학습실시	선수학습에 대한 학습 결손이 없음
조건2	선수2총점 >=60점 & 선수1총점 < 60점	선수1학습의 보충학습	선수1학습을 다시 할 수 있도록 학습을 안내함
조건3	선수2총점 < 60점 & 선수1총점 < 60점	후속진단평가	결손된 학습 요소를 찾을때까지 계속적으로 평가를 함

4.5.2 완전 학습 진단

학습결손이 일어나지 않기 위해서는 완전학습을 한 후에 다음 학습으로 분기되어야 한다. 따라서 LED 시스템에서는 학습자의 완전학습 여부를 진단 한 후에 다음 학습으로 분기하도록 한다. 완전학습이 이루어지는 점수는 여러 가지 다른 논의들이 있으나 LED 시스템은 심리학자 Keller의 “Keller Plan”에서 완전성취의 조건으로 삼은 80%를 기준으로 한다.

4.6 데이터층의 설계

진단 시스템에서 필요로 하는 테이블은 학습자 테이블, 문항테이블, 관계 테이블, 성적테이블이다. 각 테이블간의 관계를 E-R 다이어그램으로 표현하고 이들의 이항관계를 표현하면 <그림9> 와 같다..



<그림 9> LED 시스템의 E-R 다이어그램

5. LED 모형의 적용

5.1 학습자층의 구현

학습자층은 로그인 후에 학습주제를 선택해서 진단평가 문항을 직접 해결하는 층이다. LED시스템을 이용하기 위해서는 로그인을 해야한다. 로그인 과정을 거치면 수학나라에 입장을 하게 되는데 이 때 사용자 등록을 할 때 저장한 학년 정보에 따라 공부하고자 하는 단원을 선택할 수 있는 화면이 제시된다. <그림10>은 학습자가 로그인을 거쳐 LED를 이용하게 된 화면이다. session 정보에 따라 이름과 학년이 표시되고 학년에 맞는 단원을 제시해서 학습자가 공부할 단원을 선택하도록 한다.



<그림 10> 학습단위 선정

단위를 선택하면 단위 목표와 단위 내에 있는 주제학습이 제시된다. 학습자가 주제 학습을 선택할 때에는 교과서의 내용을 중심으로 선택하는 경우가 많기 때문에 교과서 쪽수가 제시되도록 하였다.



<그림 11> 주제학습 선택

5.2 진단층의 구현

5.2.1 랜덤하게 문제 출제

진단평가 문항은 선수학습 요소 당 5문제가 랜덤하게 추출된다. 문항테이블에는 각 학습코드에 관련된 문제가 10문제씩 들어있도록 구현하였다.

따라서 학습자가 주제학습을 선택하면 먼저 선택한 주제학습의 코드값을 가지고 관계 테이블에서 선수학습 2개 코드를 찾는다. 그리고 문항 테이블에서 코드값이 같은 문항 5개를 랜덤하게 추출한다.



<그림 12> 랜덤하게 출제된 문제 화면

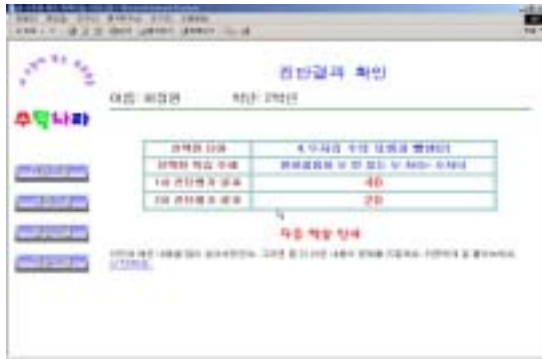
5.2.2 평가 결과 분석 및 진단

결과는 하나의 선수학습 진단평가가 끝났을 때마다 보여진다. 학습자가 답을 입력하면 정답과 비교하여 각 문제마다 결과를 O, X로 표시한다. 정답의 번호를 클릭하면 문제 풀이에 대한 자세한 해설을 볼 수 있다. 결과 분석 자료와 함께 총점을 안내하고 다음 선수학습 진단평가를 보도록 한다.



<그림 13> 1차 진단평가 결과 분석 자료

진단평가가 끝나면 결과에 따라 후속학습을 안내한다. 결과 분석은 <표2>의 분기 조건을 이용해서 이루어진다.



<그림 14> 선수학습 결손 진단 화면



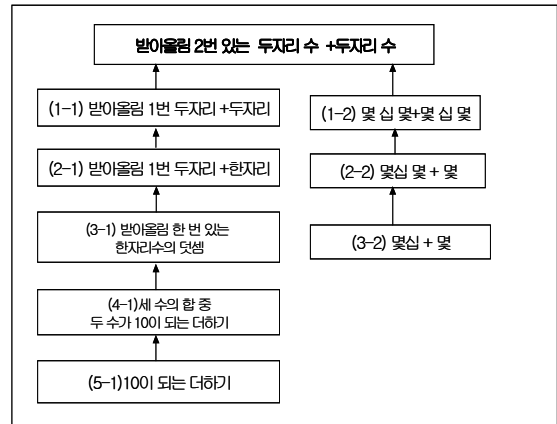
<그림 15> 다음 학습 안내 화면

선수학습의 결손 부분이 파악되면 앞으로 공부할 어떻게 하면 되는지에 관한 안내 학습 화면이 제시된다. 제일 이전의 선수학습 내용을 먼저 공부하고 순서적으로 결손부분에 대한 보충학습을 하도록 안내한다.

이때 학습자가 내용을 선택하는 것이 아니라 LED 시스템이 자동으로 학습 내용을 안내한다. 학습자는 반드시 보충학습 후에 주체학습을 해야만 한다.

5.3 LED 시스템의 현장 적용

서울 G초등학교의 2학년 학생 40명을 대상으로 LED 시스템을 적용하여 학생들의 선수학습 요소를 진단하였다. 적용 단원은 2학년 1학기 받아올림이 두 번 있는 두자리 수 + 두자리 수의 덧셈 내용이었다. 이 학습 주제를 위한 선수학습 내용을 위계도로 나타내면 <그림 16>과 같다.



<그림 16> 받아올림이 두 번 있는 두 자리 수 + 두자리 수의 위계도

학습목표를 달성하기 위해 처음으로 필요한 선수 학습 요소는 (1-1)과 (1-2)가 된다. 그리고 둘 중의 결손이 생기면 다시 (2-1)→(3-1)→..., (2-2)→(3-2)와 같은 식으로 진단평가 문항을 제시한다. 평가의 결과는 <표3> 과 같이 나타났다

<표3> 평가 결과 분석표

단계	학습주제	결손학생 수	진단내용
1회	받아올림 한 번 있는 두자리+ 두자리 : (1-1)	7명	7명의 학습결손
	몇 십 몇+몇 십 몇 (받아올림 없음) : (1-2)	0명	자리수에 관해서는 결손 없음
2회	받아올림 한 번 있는 두자리 + 한 자리 : (2-1)	5명	2명 학생은 (1-1)의 학습 결손
3회	받아올림이 있는 한 자리 수의 덧셈 : (3-1)	2명	3명 학생은 (2-1)의 학습 결손
4회	10이 되는 세 수의 덧셈 : (4-1)	0명	1명의 학생은 (3-1)의 학습 결손

결과를 보면 1회 평가에서는 (1-1)에 학습 요소에 대해 7명의 결손이 있고 (1-2)에 대해서는 결손이 없었다. 따라서 모든 결손 학생들은 자리수에 대해서

는 결손이 없으나 받아올림에 대해서는 결손이 있음이 진단되었다. 다시 2회 진단에서 (2-1)의 학습내용에 결손이 있는 학생이 5명이 나와서 나머지 (2-1)에 결손이 없는 2명의 학생은 (1-1)을 보충 학습하도록 하였다. 위와 같은 식으로 하여서 7명의 결손자가 모두 보충학습을 통해 본 주제학습을 성공적으로 할 수 있었다.

6. 결론 및 향후 연구과제

학습능력의 개인차는 학교교육이나 각종 교육프로그램에서 공통적으로 관찰할 수 있는 현상이다. 그러나 많은 연구 논문에 의하면 개인차는 보충의 기회를 통해 충분히 극복될 수 있다고 한다. 개인차가 발생하는 원인은 학습자의 지적능력, 가정환경, 학습 동기 등 여러 요인이 있지만 50% 이상이 선수학습 결손 때문이다.

본 연구에서는 학습자의 선수학습 능력을 평가하여 학습 결손 여부를 진단하고 결손이 발견되면 보충학습을 통해 학습자가 학습목표에 도달할 수 있도록 하는 학습자 진단 시스템 (LED: LEarner Diagnosis system) 을 설계, 구현하였다.

선수학습 능력의 진단은 모든 교과에서 중요하다. 그러나 위계성이 강한 수학, 과학 등의 교과에 선수학습 능력의 결핍으로 인한 개인차 및 학습 실패가 더 많이 나타난다. 이에 본 논문에서는 LED 모형을 수학 교과에 적용하였다.

시스템 설계를 위해 현행 7차 교육과정에 의하여 학습 목표를 선정하고 각 목표 달성을 위한 학습 내용을 추출한다. 그리고 각 학습 내용의 선, 후 관계를 파악하여 학습 위계를 정한다. 학습은 학습자의 학습 주제 선택으로 시작된다. 새 학습 주제가 선택되면 학습하기 전에 학습자의 학습수준을 검토하는 진단평가를 실시한다. 여기서는 선택한 주제학습에 대한 2단계 전까지의 선수학습 능력을 측정하는 평가 문항을 제시한다. 첫 번째 진단평가 결과 학습에 결손이 진단되면 계속적인 이전 선수학습의 내용을 평가하여 최초 결손 발생 지점을 찾는다. 그리고 발생된 학습 내용부터 보충을 통해 결손을 방지할 수 있도록 다양한 보충학습 내용을 제시한다.

또한 모든 학습이 끝난 후에도 완전학습을 평가받는 진단평가 문항을 제시한다. 이는 모든 학습이 완전학습이 되어 학습 결손이 발생하지 않도록 하기 위함이다.

LED 시스템의 특징으로는 첫째, 선수학습 능력의 분석으로 학습자를 진단한다. 대부분의 현재 교육용 시스템은 수준별 문제를 통해 학습자를 진단한다.

그러나 이런 수준별 문제는 학습자가 무엇을 알고 있고 무엇을 모르고 있는지에 대한 정확한 분석을 할 수 없다. 반면, LED 시스템은 선수학습 능력의 분석을 할 수 있는 진단평가를 통해 학습자의 학습능력을 정확히 분석한다.

둘째, 결손 학습 요소를 보충학습을 통해 재학습하여 학습자가 성공적으로 학습목표에 도달 할 수 있도록 한다. 학습 목표 도달에 실패하는 가장 큰 이유가 선수학습능력의 결핍이다. 현재의 교육 시스템은 학습목표에 도달하지 못했을 때는 본학습만을 재학습한다. 그러나 수학 교과의 경우에는 선수학습능력이 충족되지 않으면 제대로 학습목표에 도달할 수가 없다. 이에 LED 시스템은 결손된 선수학습 요소를 보충한 후에 새로운 학습을 하도록 설계되었다.

셋째, 완전학습이 이루어지도록 하여 학습 결손을 방지한다. LED 시스템에서는 후속학습을 하기 위해서는 반드시 '완전학습 평가'를 거쳐야 한다. 따라서 학습자는 매 학습마다 완전학습이 되어서 학습목표에 성공적으로 도달할 수가 있다.

본 연구의 향후 연구과제로는 첫째, 수학과 전학년에 걸친 학습위계를 작성하여 학습자가 어느 학습을 선택하든지 선수학습 요소를 진단받는 학습이 가능하도록 수학과 학습의 위계도를 완성해야 한다.

둘째, 학습자들의 수준에 맞는 다양한 콘텐츠를 제공해야 한다. 보충학습 후에도 완전학습이 이루어지지 못한 것은 제공된 학습컨텐츠가 학습 수준에 적합하지 않기 때문이다. 따라서 다양한 학습 콘텐츠를 만들어서 학습자 개인의 수준에 맞게 다양한 콘텐츠를 제공하도록 해야 한다.

참고문헌

[1] Benjamin S. Bloom. Individual differences in

- school achievement. : A vanishing point, Education at Chicago, Department and Graduate School of Education, University of Chicago, 1971
- [2] Benjamin S. Bloom 著, 황정규 譯 “교육혁신, 배영사, 1995
- [3] Gagne, R.M., Learning hierarchies, Journal of Educational Psychologist, 1968
- [4] Hibert, James, and Carpenter, Thomas P. Learning and Teaching with Understanding. In Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning. New York : Macmillan, 1992
- [5] Harry Talmage (ed.) Systems of Individualized Education(Berkeley, Calif : Mccutchan Pub. Ca, 1975
- [6] J.B. Carroll, A Model of School Learning, Teachers College Record, 1963
- [7] National Council of Teachers of Mathematics. Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics. Reston, Va.: NCTM, 1991
- [8] National Council of Teachers of Mathematics. Assessment Standards for School Mathematics. Reston, Va: NCTM, 1995
- [9] 김미정, 선수학습 보충에 따른 수학과 학업성취도와 태도의 효과, 서강대 교육대학원, 1999
- [10] 김준웅, 선수학습의 개선, 조직자의 제시 및 완전 학습 수업조건의 개별적 효과량과 복합적 효과량, 영남대교육대학원, 1995
- [11] 이윤주, 준비학습이 수학과 학습에 미치는 영향, 국민대교육대학원, 1994
- [12] <http://www.edunet4u.net/cho/study/studyframe.htm>
- [13] <http://www.mathn.com/mltdt/school/e5/guest/01.html>
- 김갑수
1985 서울대학교 자연과학대학 계산통계학과
1987 서울대학교 대학원 전산과학과 (이학석사)
1996 서울대학교 대학원 전산과학과 (이학박사)
1995-1998 서경대학교 전산학과
1998.8- 서울교육대학교 컴퓨터교육과 교수
E-mail : kskim@ns.snue.ac.kr
- 허정원
1998 서울교육대학교 학사
2001 서울교육대학교 초등컴퓨터 교육과 석사
1998년~ 서울구암초등학교 교사로 재직중
관심분야 : 컴퓨터를 이용한 개별학습, 원격교육
E-mail : ahrthfl@hanmail.net