

다차원 학습경로 패턴 분석 시스템의 설계 및 구현

백 장 현[†] · 김 영 식^{**}

요 약

학습자 스스로 학습내용, 학습방법, 학습순서 등을 결정하고 재구조화할 수 있는 학습자 통제 환경에서는 학습자의 특성을 고려한 개별화 학습이 가능하다.

본 연구에서는 웹 기반 교수 학습 과정에서 중요시되고 있는 학습자 특성 변인 중에서 학습자의 학습경로 패턴을 Apriori 알고리즘을 이용하여 분석하고, 유사한 학습경로 패턴을 갖는 학습자들로 그룹화하였다. 이를 기반으로 학습자 개인에게 학습경로, 학습내용, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형 등을 다차원적으로 제공하기 위한 다차원 학습경로 패턴 분석 시스템을 설계하고 구현하였다.

개발된 시스템에 대하여 만족도 검사를 실시한 결과 보조학습콘텐츠에 대한 만족도가 “매우 만족” 24.5%, “만족” 35.17%로 가장 높게 나타났다. 학습자 수준별로는 하위수준의 학습자에 대한 만족도가 “매우 만족” 20.2%, “만족” 31.2%로 상위수준의 학습자 “매우 만족” 18.4%, “만족” 28.54% 보다 높게 나타났다. 개발된 시스템은 드릴-업, 드릴-다운 등의 OLAP 기술을 이용하여 학습자들에게 다양한 각도로 다차원적으로 의미 있는 정보를 제공할 것으로 기대된다.

키워드 : 학습경로 패턴, 다차원, OLAP

Design and Implementation of Multi-dimensional Learning Path Pattern Analysis System

Janghyeon Baek[†] · Yungsik Kim^{**}

ABSTRACT

In learner-controlled environment where learners can decide and restructure the contents, methods and order of learning by themselves, it is possible to apply individualized learning in consideration of each learner's characteristics.

The present study analyzed learners' learning path pattern, which is one of learners' characteristics important in Web-based teaching-learning process, using the Apriori algorithm and grouped learners according to their learning path pattern. Based on the result, we designed and implemented a multi-dimensional learning path pattern analysis system to provide individual learners with learning paths, learning contents, learning media, supplementary learning contents, the pattern of material presentation, etc. multi-dimensionally. According to the result of surveying satisfaction with the developed system, satisfaction with supplementary learning contents was highest (Highly satisfied"24.5%, Satisfied"35.7%). By learners' level, satisfaction was higher in low-level learners (Highly satisfied"20.2%, Satisfied"31.2%) than in high-level learners (Highly satisfied"18.4%, "Satisfied"28.54%). The developed system is expected to provide learners with multi-dimensionally meaningful information from various angles using OLAP technologies such as drill-up and drill-down.

Key Words : Learning Path Pattern, Multi-dimensional, OLAP

1. 서 론

웹 기반 학습은 학습자가 자신의 능력과 인지구조에 따라 의미 있는 정보의 내용을 선정하고 재구성할 수 있는 학습 환경이라고 할 수 있다. 따라서 효과적인 학습이 이루어지기 위해서는 학습환경이 학습자 개인의 특성에 맞게 변형되고 구조화할 수 있는 형태로 구성되어야 한다.

웹 기반 학습자 통제 환경에서는 학습자의 특성에 따라 학습전략이나 학습방법을 학습자가 스스로 선택할 수 있는 학습환경으로 학습자 개인에 따라 학습내용, 학습방법 및 학습속도가 다르게 나타난다. 즉, 학습경로가 다르게 나타날 수 있으며, 학습자의 개별적인 특성을 고려한 개별화 학습이 가능한 학습환경이다.

개별화 학습은 학습자의 특성에 대한 분석에서 출발한다. 즉, 개인차를 정확하게 측정, 진단하지 않고 교육의 개별화를 꾀하는 것은 모래 위에 집을 짓는 것과 같다[1]. 결국, 개별화된 학습을 위해서는 학습에 영향을 미치는 개인차 변인

[†] 정 회 원 : 농소고등학교 교사

^{**} 정 회 원 : 한국국립대학교 컴퓨터교육과 교수

논문접수 : 2005년 1월 7일, 심사완료 : 2005년 8월 25일

들을 학습자 개인에게 어떻게 적용시키느냐가 중요한 문제이다. 개인차 변인들은 주로 학습능력, 적성, 선수학습지식, 인지양식, 인성적 변인 등으로 구분된다[19]. 학습의 개별화를 위해서는 이와 같은 개인차 변인들을 통제하고 학습자 특성에 입각하여 적응적 환경을 제공해 주어야 한다.

웹 기반 적응적 학습환경은 학습자 개개인의 특성을 기반으로 학습활동이 이루어져야 한다는 측면이 강조되는 환경이기 때문에, 학습자의 개인차 변인을 중심으로 학습 과정에서 변화되는 학습자의 학습활동과 이러한 학습활동이 학습성공에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하는 것이 매우 중요하다. 그런데 현재의 일반적인 웹 기반 학습환경에서는 이와 같은 학습자의 개인차 변인에 대한 진단과 반응이 매우 미흡한 실정이다[2].

최근 학습자 스스로 학습내용, 학습방법, 학습순서 및 학습시간을 선택하고 조직할 수 있는 학습자 통제 환경에서, 학습자의 특성과 관련하여 가장 중요한 변인으로 부각되고 있는 것 중의 하나가 학습경로 패턴이다.

본 연구에서는 학습자 개개인에 대하여 학습경로 패턴을 분석하고 패턴이 유사한 학습자들이 그룹화하였다. 학습 과정에서 분석된 학습경로 패턴과 학습내용에 따라 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형을 다차원적으로 제공하는 다차원 학습경로 패턴 분석 시스템을 설계하고 구현하였다. 구축된 시스템은 Apriori 알고리즘을 이용하여 학습경로 패턴을 분석하였으며, 드릴-업, 드릴-다운 등의 OLAP 기술을 이용하여 다양한 각도로 의미 있는 정보를 대화식으로 학습자들에게 제공할 수 있도록 구성되어 있다.

2. 이론적 배경

2.1 OLAP

OLAP(on line analytical processing)은 Codd[17]에 의해 제안된 것으로 최종 사용자가 다차원 정보에 직접 접근하여 대화식으로 정보를 분석하고 의사결정에 활용하는 과정이다. 정보의 다차원성은 OLAP 시스템을 다른 시스템과 구분하는 중요한 개념이다. OLAP을 통한 다차원 분석은 다음과 같은 특징을 가지고 있다[15].

첫째, 분석을 위해 활용되는 정보의 형태는 다차원적이다. 둘째, 최종사용자는 중간 매개자나 매개체 없이 온라인 상에서 직접 데이터에 접근할 수 있다. 셋째, 최종사용자가 대화식으로 접근하여 전반적인 상황을 이해할 수 있게 하고 의사결정을 지원한다. 넷째, 예측분석, 추세분석, 통계분석의 복잡한 모델링이 가능하다.

OLAP은 다차원 모델링을 통해서 다차원 정보를 생성한다. 생성된 다차원 정보를 슬라이싱 앤 다이싱(slicing and dicing), 피보팅(pivoting), 드릴-업(drill-up), 드릴-다운(drill-down) 등의 다차원질의 기법을 통해서 사용자가 다양한 각도에서 문제를 분석할 수 있는 기술이다[3, 14].

OLAP은 이제까지 고려해보지 않았던 관점들을 함께 비교 검토함으로써 미래에 대한 새로운 시야를 획득하고 전략

적 대안을 얻을 수 있다. 이러한 OLAP의 장점을 교육적으로 활용한다면 좋은 효과가 있을 것으로 기대된다. 학습자에게는 분석차원에 따라 다양한 형태로 정보를 제공함으로써 학습자에게는 학습행동을 강화하고 학습곤란의 진단과 교정을 제공하는 자료로 활용될 수 있다. 교수자에게도 학습활동에 대한 교사 자신의 학습지도방법을 개선하는데 중요한 자료로 활용될 수 있다.

기존의 연구에서도 학습자에게 학습이 진행되는 동안 발생한 데이터를 활용하기 위해 데이터베이스를 구축하고 분석하는데 OLAP 기술이 이용되고 있다.

박미현[8]은 고등학생의 학업성취도를 다차원적(기간, 학생, 평가영역)으로 분석하여 그 결과를 온라인으로 제공하는 학업성취도 분석 시스템을 설계하고 구현하였다. 백장현[9]은 다차원 평가 결과 분석 시스템을 통하여 평가 결과를 5차원(기간, 학생, 평가영역, 난이도, 점수)으로 분석하여 학습자 및 교수자에게 제공함으로써 단순히 평가 결과를 제공하는 데 그치지 않고 의미 있는 형태의 정보를 제공하려고 하였다. 서원석[10]은 웹 로그 파일과 학습태도, 참여도, 학습과정의 상호작용도를 점수화한 프로세스 데이터를 다차원(기간, 학습자, 평가유형)으로 분석하여 학습자의 학습효과를 증진시키는데 도움을 주며, 교수자로 하여금 분석결과를 활용하여 효과적인 교수학습이 될 수 있도록 하는데 OLAP 기술을 이용하였다.

2.2 학습자 통제와 학습경로

웹 기반 학습환경은 학습자가 하나의 아이디어를 어떤 주어진 순서에 얼마만큼이고 자신의 요구에 따라 학습순서를 결정할 수 있는 비순차적인 구조를 말한다. 따라서 웹 기반 학습환경에서는 학습자에게 학습내용의 계열을 자기 마음대로 선택할 수 있는 최대한의 자유를 부여하게 되고, 학습자는 자신의 학습전략이나 인지구조에 맞게 학습내용의 계열을 통제하게 된다. 이 경우에 정보의 크기, 정보의 구성, 정보의 연관관계에 따라 정보를 인지하는 방법은 달라진다[16]. 즉 학습자가 정보를 자신의 인지구조 속에서 받아들일 때는 정보에 따라 새로운 정보로 받아들이거나 학습자의 인지구조 속에 있는 기존 정보와의 연관관계 속에서 혹은 특정한 순서화해서 받아들인다[21].

이것은 학습자 통제를 허용하는 웹 기반 학습환경에서는 학습자의 특성(선수학습지식, 흥미/관심, 학습양식 등)에 따라 학습경로가 다르게 나타날 수 있다는 것을 의미한다. 학습경로란 학습자가 진행한 모든 학습활동을 기록하여 분석한 학습경로이며[18, 20]. 학습경로는 학습자 스스로 학습내용, 학습방법, 학습시간 등을 선택하고 조직할 수 있는 학습자 통제환경에서는 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 학습자 통제 환경에서는 하이퍼미디어의 비구조적인 특성 때문에 학습자들의 정보탐색 과정인 항해 유형에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다.

오상희[11]는 하이퍼미디어 환경에서의 노드 구조와 정보 유형에 따른 학습자의 항해 유형에 관하여 연구하였다. 이

연구를 통하여 단순목차 구조에서보다 위계목차 구조에서 효과적인 정보탐색의 유형을 관찰하였으며, 정보 유형에 따른 항해 유형이 존재함을 확인함으로써 하이퍼미디어 환경에서 학습자들이 학습 과정에서 혼란을 최소화할 수 있는 효과적인 설계를 위한 시사점을 도출하였다.

김영훈[4]은 하이퍼미디어 학습환경에서 학습자의 선수학습지식의 정도에 따라서 뚜렷한 경로 패턴이 나타난다고 하였다. 선수학습지식 정도가 상위 집단이 반응한 학습경로 패턴은 하위 집단보다 프로그램의 모든 노드에 적게 접근하였고, 어느 한 노드에 편중됨이 없이 골고루 접근하였다. 그러나 선수학습지식이 낮은 집단은 모든 노드에 걸쳐 많은 접근을 한다고 하였다.

김지일[6]은 링크 숨기기 기법을 적용한 경우가 일반 링크 제시기법을 적용한 경우보다 학습경로 패턴에 있어서 뚜렷한 차이가 나타난다고 하였다. 즉, 두 경우에 있어서 학습자에 따라 학습경로 패턴이 다르게 나타나며, 학습자의 항해를 돕기 위한 기법이 적용되면 더욱 뚜렷한 경로가 나타난다는 것을 의미한다.

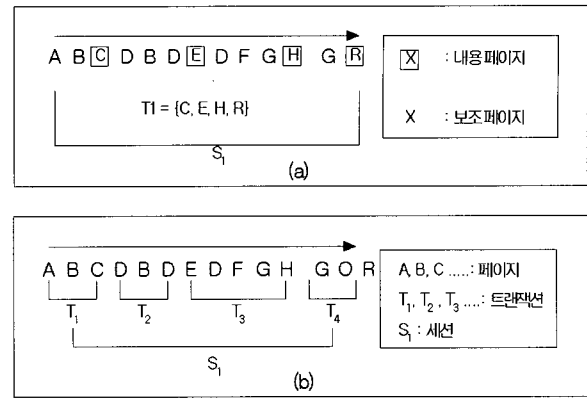
이러한 선행연구들은 하이퍼미디어 학습환경에서의 항해 패턴이 학습자의 특성과 학습과제의 유형에 따라 서로 다른 양상을 보여 준다는 것을 말해준다.

2.3 학습경로 패턴 분석 방법

학습자 통제 환경에서 학습경로 패턴 분석을 위해서 우선 되어야 할 가장 중요한 작업은 학습자의 학습활동을 정확히 기록하고 파악하는 것이다. 웹 기반 학습환경에서 학생들의 학습활동 데이터를 얻기 위하여 웹 로그를 이용하거나 IP를 이용하는 경우 학습자를 구분하기가 매우 힘들다. 정해진 컴퓨터를 사용하여 학습하는 학습환경을 생각하기가 어렵다. 따라서 웹 기반 학습환경에서 학습자를 가장 정확하게 인식하고 그에 따른 데이터를 얻기 위해서는 회원가입을 통하여 미리 제공된 ID, 학번 등을 이용하는 방법이 효율적이라고 할 수 있다. 학습자의 학습경로 패턴 분석을 위한 데이터를 얻기 위해서는 학습자들이 로그인 한 후 방문한 모든 페이지와 순서, 접속 후 처음 방문한 페이지, 학습 사이트를 빠져나갈 때 마지막으로 방문한 페이지, 접속 시간, 가장 많이 사용한 메뉴 등의 데이터를 기록해야 한다. 특별히 자료실, 게시판, 대화방 등 상호작용과 관련된 페이지에 대하여도 기록하는 것이 좋겠다. 이 같은 학습자의 활동을 정확히 살피고 그에 따른 학습경로 패턴을 분석하기 위해서는 세션과 트랜잭션의 구분이 가장 중요한 일이다.

세션은 한 사용자가 특정 웹사이트에 접속해서 연속적으로 페이지를 본 후 다른 사이트로 이동하는 과정을 하나의 방문으로 기록하는 것을 말한다. 학습을 위한 웹 코스웨어에서는 학습자가 학습을 시작해서 학습을 마치는 과정으로 생각할 수 있다.

학습자가 로그아웃을 하거나 같은 ID에서 다른 시간에 접속하는 경우, 이 세션은 다른 세션으로 보고, 학습자가 사



(그림 1) 트랜잭션 구분 방법

이트를 떠나는 시점을 파악하여 사용자의 요청이 있을 후 일정한 시간 동안 요청이 발생하지 않은 경우 역시 사이트를 떠난 것으로 가정하고 세션을 종료해야 한다.

트랜잭션은 세션에 의미를 부여한 학습자의 단위 동작으로 학습경로 패턴 분석의 기본단위가 된다. 트랜잭션에 의미를 부여하는 방법은 학습자가 머문 시간이 짧은 보조 페이지(auxiliary page)를 제외하고 상대적으로 페이지에 머문 시간이 긴 내용 페이지(content page)만으로 트랜잭션을 구성하는 방법이 있다. (그림 1)은 하나의 세션을 트랜잭션으로 구분할 때 내용만을 고려한 경우(a)와 내용·보조 페이지를 동시에 고려한 경우(b)의 예를 보여준다.

학습경로 패턴은 학습 사이트에 존재하는 페이지로 구성된 패스 중에서 사용자가 가장 빈번하게 방문하는 패스를 찾는 것이다. 학습경로 패턴 분석에서는 최소 지지도라는 변수 값이 있다. 최소 지지도는 사용자 세션에서 얻은 패스 중에서 패턴으로서 의미가 있는 최소 발생 빈도수를 의미한다. 학습경로 패턴은 Apriori 알고리즘을 이용하여 분석한다 [5, 12].

Apriori 알고리즘을 이용해서 연관 규칙을 발견하기 위해서 먼저 최소 지지도 이상을 만족하는 트랜잭션으로 구성된 아이템 집합을 구한다. 아이템 집합의 지지도는 아이템 집합을 포함하고 있는 트랜잭션의 수이고 최소 지지도를 가진 아이템 집합을 Large 아이템 집합이라고 부르며 나머지를 Small 아이템 집합이라고 부른다.

다음 단계에서는 전 단계에서 Large 아이템 집합으로 발견된 아이템 집합을 기반으로 잠재적으로 아이템 집합의 아이템 개수가 하나 증가된 새로운 Large 아이템 집합을 구하고 이를 후보 아이템 집합이라고 부른다. 후보 아이템 집합의 지지도를 계산하여 지지도 이상인 집합을 다시 다음 단계의 Large 아이템 집합으로 간주한다. 이러한 단계는 새로운 Large 아이템 집합이 발견되지 않을 때까지 계속된다. 다음은 Apriori 알고리즘을 나타낸 것이다.

```

L1={Large1-itemsets} ;
for (k=2 ; Lk-1 ≠ ∅ ; k++) do begin
    Ck=apriori-gen(Lk-1) ;

```

```

for all transactions  $t \in D$  do begin
     $C_t = \text{subset}(C_k, t)$ ;
    for all candidates  $c \in C_t$  do
         $c.\text{count}++$ ;
    end
     $L_k = \{c \in C_k \mid c.\text{count} \geq \text{minsup}\}$ 
end
Answer =  $L_1 \cup L_2 \cup \dots \cup L_k$ ;
    
```

k-itemsets은 k개의 아이템을 가진 아이템의 집합이고 L_k 는 최소 지지도를 가진 Large k-itemsets의 집합이다. L_k 의 구성원들은 Itemset과 Support count 2개의 필드를 가진다. C_k 는 k-itemsets의 후보 집합이고 C_k 의 구성원들은 Itemset과 Support count 2개의 필드를 가진다.

첫 번째, 과정에서 단순히 최소 지지도를 넘는 1개의 아이템으로 구성된 Large 1-itemsets을 결정한다. 이후 2-itemsets, 3-itemsets, …… k-itemsets으로 확장이 되는데 이 연속적인 과정에서 k-itemset을 만드는 과정을 보면 k개의 아이템으로 구성된 후보 아이템 집합인 C_k 를 구하기 위해서 k-1 번째 과정에서 발견되는 Large itemsets인 L_{k-1} 을 사용한다. 후보 아이템 집합인 C_k 를 구하는 함수를 apriori-gen으로 정의하는데 이 과정은 $C_k = \text{apriori-gen}(L_{k-1})$ 으로 표현된다. 후보 아이템 집합인 C_k 를 생성한 후 C_k 의 후보들이 최소 지지도를 만족하는지를 주어진 트랜잭션 t에서 점검하는데 이 과정은 $C_t = \text{subset}(C_k, t)$ 로 표현된다. 즉, 이 단계는 이전 단계에서 생성된 C_k 들로 구성된 데이터베이스를 스캔하면서 이들 중에서 최소 지지도 이상을 만족하는 후보들만을 선택하기 위해서 검사하는 단계다. 그런 다음 최소 지지도를 점검하여 최소 지지도를 넘는 후보들로 Large itemsets인 L_k 를 생성한다(그림 2).

Apriori에서 후보 아이템 집합을 만드는 함수인 Apriori-gen 함수는 모든 Large(k-1)-itemsets의 집합인 L_{k-1} 을 인수로 한다. Apriori-gen 함수는 Join단계와 Prune단계가 있다.

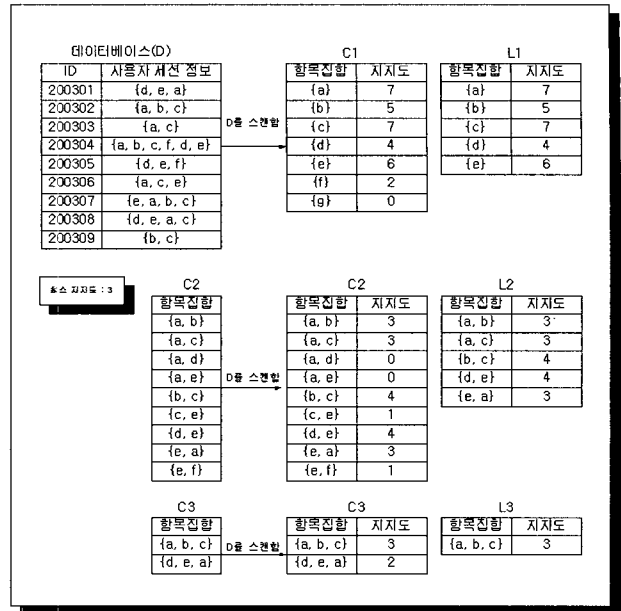
```

Join 단계는
insert into  $C_k$ 
select  $p.\text{item}_1, p.\text{item}_2, \dots, p.\text{item}_{k-1}, q.\text{item}_{k-1}$ 
from  $L_{k-1} p, L_{k-1} q$ 
where  $p.\text{item}_1 = q.\text{item}_1,$ 
 $\dots p.\text{item}_i, \dots p.\text{item}_{k-2} = q.\text{item}_{k-2},$ 
 $p.\text{item}_{k-1} < q.\text{item}_{k-1}$ 
    
```

```

Prune 단계는
for all itemsets  $c \in C_k$  do
    for all (k-1)-subset s of c do
        if (s  $\notin L_{k-1}$ ) then
            delete c from  $C_k$ 
    
```

Join 단계에서 만들어진 후보 아이템 집합 C_k 의 구성원인 c중에서 c의 (k-1)-subset이 L_{k-1} 에 속하지 않는 것을 찾아서 후보 아이템 집합에서 삭제한다. 예를 들어 Apriori 알고



(그림 2) apriori 알고리즘을 통한 웹 방문 패턴 도출 과정

리즘을 이용하여 웹 방문 패턴을 도출하는 과정을 나타내면 다음과 같다.

- i) 학습자 세션에서 각각의 페이지가 몇 번 발생했는지 카운트한다. 이 정보가 C_1 이 된다.
- ii) C_1 에서 최소 지지도를 넘지 않은 페이지는 제거한다. 이렇게 생성된 정보를 L_1 이라 부른다.
- iii) L_1 의 각각의 페이지에서 입출력 링크 페이지 집합을 이용해 생성할 수 있는 길이 2인 패스를 생성한다. 이 정보를 C_2 라 부른다.
- iv) 학습자 세션에서 C_2 가 몇 번 발생했는지 카운트해서 최소 지지도를 넘지 않은 C_2 를 제거한다. 이렇게 생성된 정보를 L_2 라 부른다.
- v) 앞의 i), ii), iii), iv)의 과정을 반복해 수행함으로써 $L_3, L_4 \dots$ 를 생성한다.

이와 같은 과정을 통하여 학습자의 웹 방문 패턴 즉, 학습자의 학습경로 패턴을 도출한다.

학습경로 패턴은 학습자의 학습특성을 결정하는 가장 중요한 변인의 하나가 된다. 본 논문에서는 학습경로 패턴이 하나의 차원이 되어 다른 차원들과 다차원적으로 결합되어 학습자들에게 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형 등을 제공하는 유용한 변인이 된다.

3. 설 계

3.1 차원

OLAP 데이터 모델에서 정보는 개념상 큐브로 간주된다. 큐브는 차원과 측정값으로 구분되는데 축을 차원으로, 좌표를 차원항목으로 생각할 수 있다. 다차원 데이터 모델에서는 복잡한 쿼리를 아주 간단하게 조작을 통하여 수행해 주

고, OLAP 데이터 모델의 각 차원에서 데이터의 세부 수준을 나타내는 계층 구조로 데이터를 조직할 수 있다. 즉, 큐브, 차원, 계층 구조 및 측정값은 OLAP을 통한 다차원 분석에 필수요소가 된다[10].

본 연구에서는 다차원 분석을 통하여 교사와 학생들에게 의미 있는 정보를 제공하기 위하여 학습내용(학습페이지), 학습경로, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형의 테이블을 갖는 데이터베이스를 설계하였다. 설계된 데이터베이스를 다차원적인 형태의 정보를 제공하기 위하여 5차원(학습내용, 학습경로, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형) 큐브(cube) 형태로 모델링하였다.

(그림 3)은 5차원을 갖는 학습활동 데이터 큐브를 나타낸 것이다.

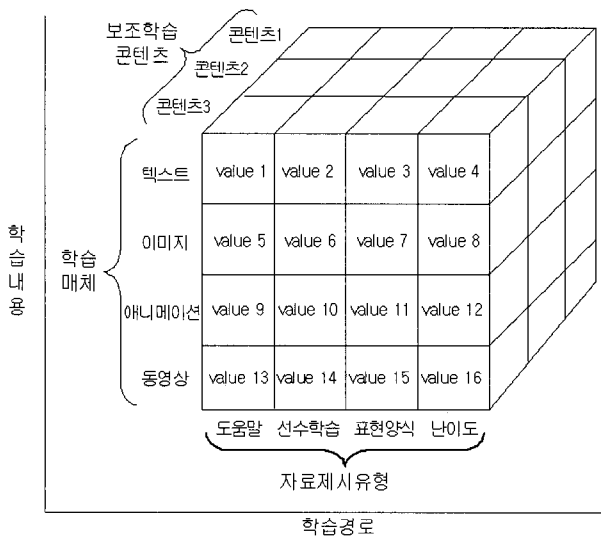
학습경로 차원은 학습자가 학습하면서 만들어낸 경로를 의미한다. 학습자의 특성에 따라 학습경로가 다르게 나타나며, 학습경로가 같은 학습자들로 그룹화한 것을 의미한다.

학습내용 차원은 학습자들이 방문한 페이지를 의미한다. 학습자의 특성에 따라 학습내용을 다르게 선택할 것이다. 즉, 학습내용 차원은 모든 학습 페이지가 될 수 있다.

학습매체 차원은 학습내용을 이해하기 위하여 학습자들이 이용한 매체를 의미한다. 학습매체에는 텍스트, 이미지, 애니메이션, 동영상 등이 있다. 학습자의 특성에 따라 같은 내용을 학습하지만 선택되어지는 매체는 다르게 나타날 수 있다.

보조학습콘텐츠 차원은 외부 사이트(다른 교육용 사이트)에는 현재 진행 중인 학습내용과 유사한 내용을 갖는 많은 페이지들을 의미한다. 같은 내용을 학습하고 있지만 학습자의 특성에 따라 선택되어지는 보조학습콘텐츠는 다르게 나타날 수 있다.

자료제시유형 차원은 학습하는 과정에서 선택한 자료의 유형을 의미한다. 자료제시유형 차원에는, 학습오류를 범하기 쉬운 부분에 대하여 교정적인 도움말을 제공하는 도움말 규칙, 이전 단계에서 학습해야 할 기본적인 필수적인 내



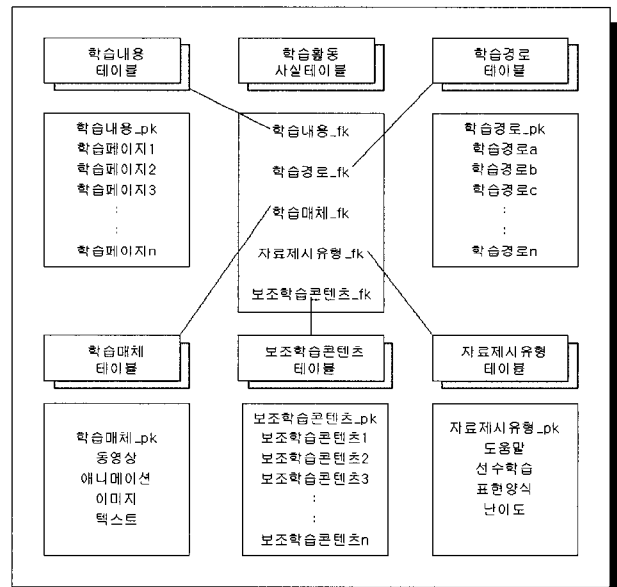
(그림 3) 분석 차원

용을 부가적으로 제공하는 선수학습요소 회상 규칙, 학습내용요소에 대하여 학습자의 특성에 맞게 다양한 표현양식을 사용하여 제시하는 표현양식 다양화 규칙, 현재 학습 중인 내용에 대하여 학습 수준에 따라 학습내용을 서로 다르게 제시하는 난이도 규칙이 있다.

3.2 스타스키마

데이터의 다차원 관점을 가장 쉽게 제공하는 방법은 스타스키마를 이용하는 것이다[13]. (그림 4)는 학습경로, 학습내용, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형, 학습활동에 대한 사실테이블로 구성된 스타스키마를 나타낸 것이다.

차원 테이블들은 학습활동에 대한 사실테이블을 중심으로 스타스키마 형태의 구조를 갖는다. 이때 각 차원테이블의 키 값은 학습활동에 대한 사실테이블에 의해 외래키로 연결되어 실제 분석할 때 참조되어진다. 사실테이블의 튜플에는 각 차원의 멤버를 나타내는 키가 저장되어 있고 그 키를 갖는 각 차원 멤버들은 해당 차원테이블에 하나의 튜플로 저장되어 있다.

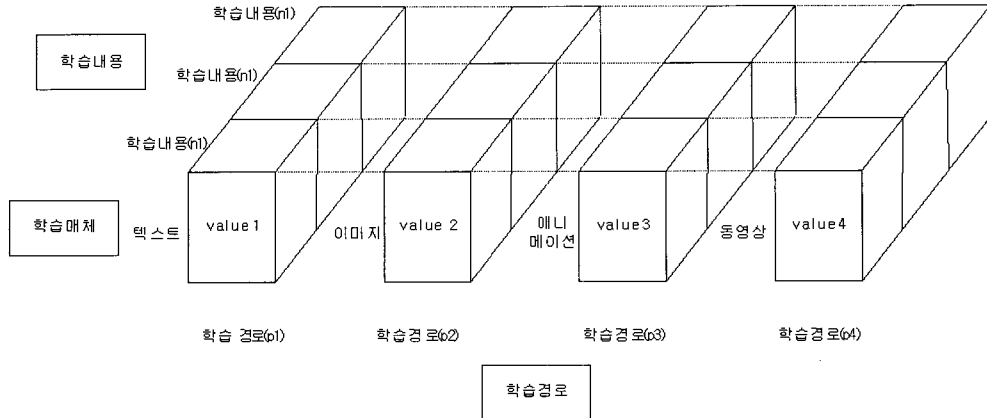


(그림 4) 스타스키마

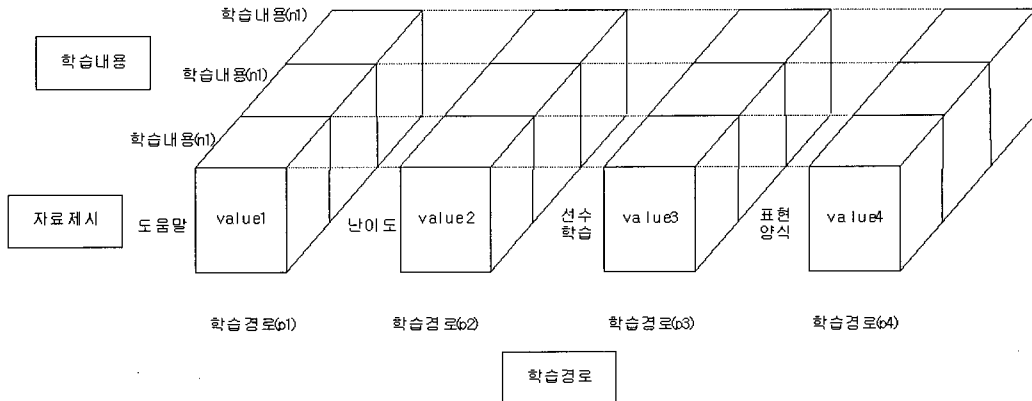
3.3 다차원 질의

다차원 데이터베이스는 활용방법에 따라 사용자의 관점에서 설계되며, 사용자는 피보팅과 드릴-다운, 드릴-업 등을 통하여 다양한 각도에서 문제를 분석할 수 있으며, 학습자의 특성을 고려하여 학습전략과 적절한 피드백을 다차원적으로 제공할 수 있는 전략적 대안을 제시할 수 있다.

사용자는 슬라이싱과 다이싱 기법을 통하여 큐브의 일부분을 절단하여 자신이 원하는 정보를 의미 있는 형태로 가공할 수 있다[7, 14]. 또한 피보팅함으로써 보고서의 열과 행, 그리고 페이지 차원들을 무작위로 바꾸어 다양한 형태로 학생과 교사가 원하는 정보를 얻을 수 있다. 사용자는 또한 각 차원항목들 사이의 계층구조에 따라 쉽게 상위항목



(그림 5) 학습내용-학습매체-학습경로 다차원 질의



(그림 6) 학습내용-학습경로-자료제시 다차원 질의

에서 하위항목으로 드릴-다운(drill-down)하거나 하위항목에서 상위항목으로 드릴-업(drill-up) 할 수 있다. 다차원 질의 결과로 사용자는 하나의 셀 값을 얻을 수도 있고, 2차원 혹은 3차원 이상의 서브 큐브를 얻을 수도 있다. 전통적인 어플리케이션이 고정된 화면상에서 정형화된 보고서를 단순히 보여주는 것과는 달리 사용자의 대화식 사용을 강조한다.

(그림 5)는 차원 학습내용, 학습경로, 학습매체로부터 다차원 질의를 한 것이다. (그림 6)은 차원 학습내용, 학습경로, 자료제시유형으로부터 필요한 정보를 얻기 위하여 다차원 질의를 한 것을 나타낸 것이다.

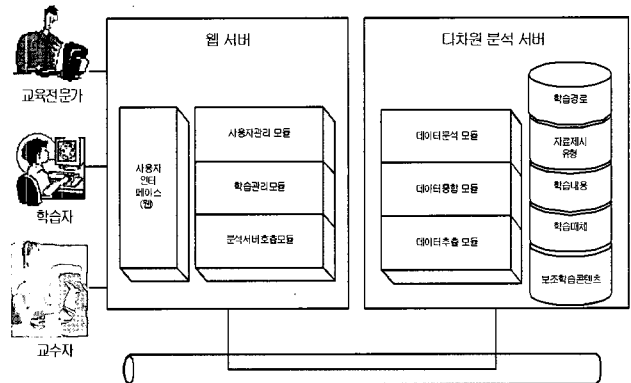
석된 데이터를 학습자 및 교수자가 웹에서 이용할 수 있는 형태로 변환시키고 서비스할 수 있도록 하는 역할을 한다. 다차원적으로 분석된 의미 있는 데이터는 Dcube.ocx를 통해서 학습자 및 교수자에게 다양한 각도로 제공된다.

다차원 분석 시스템은 비주얼베이직을 이용하여 구현한 후 웹에서 이용할 수 있도록 하기 위하여 ActiveX로 변환하였다. 다차원 분석을 위해서는 dcube.ocx이 이용되었다. (그림 7)은 다차원 평가 결과 분석 시스템의 구조도를 나타낸 것이다.

4. 구현

4.1 다차원 학습경로 패턴 분석 시스템의 구조

다차원 학습경로 패턴 분석 시스템은 다차원 분석 서버와 웹 서버로 구성되어 있다. 다차원 분석 서버는 학습자의 학습활동을 학습경로, 학습내용, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형으로 구분하여 저장할 수 있도록 되어 있다. 이를 통하여 데이터를 추출·정제하고 데이터를 통합한 후 데이터를 다차원적으로 분석할 수 있는 구조로 되어 있다. 웹 서버는 사용자관리모듈과 학습관리모듈, 분석서버호출모듈로 구성되어 있다. 웹 서버에서는 다차원 분석 서버에서 분



(그림 7) 다차원 학습경로 패턴 분석 시스템 구조

4.2 다차원 학습경로 패턴 분석 시스템의 구현

구현된 다차원 분석 시스템은 학습경로, 학습내용, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형 차원에 대한 데이터를 SQL을 이용하여 dcube.ocx에 로드될 수 있도록 구현되었다. OLAP의 중요한 기능인 드릴-업, 드릴-다운 기법을 이용하여 계층적으로 분석할 수 있도록 하며, dcube.ocx는 슬라이싱과 다이싱 기법을 지원해준다. 이 기능을 이용하면 학습자나 교수가 원하는 다양한 각도에서 학습활동을 다차원적으로 분석할 수 있다. 분석된 결과는 다양한 형태의 그래프로 표현 가능하며 스프레드시트로도 변환이 가능하도록 구현되었다.

(그림 8)은 dcube.ocx와 데이터베이스와의 연동을 위한 소스의 일부를 나타낸 것이다.

(그림 9)는 학습경로, 학습내용, 학습매체를 갖는 다차원 분석을 구현한 것이다. 학습경로 p1을 갖는 학습자 그룹은 학습페이지 n1에서 학습매체 동영상을 가장 선호하였으며, 학습페이지 n2에서도 동영상을 가장 선호하였다. 학습경로 p2를 갖는 학습자 그룹은 학습페이지 n1에서 학습매체 텍스트를 가장 선호하였으며, 학습페이지 n2에서도 텍스트를 가장 선호하였다. 만약 학습자 A의 학습경로 패턴이 p1에 속

```

Private Sub FillSourceFields()
Dim iProgress As Long
Dim iField As Long

On Error GoTo ehLocal
lstSourceFields.Clear

iProgress = 10
IF CT_DAO = m_ConnectType Then
do
Dim db As Object 'DAO.Database
Dim rs As Object 'DAO.Recordset
Dim dbeng As Object 'New ODEngine

iProgress = 13
On Error Resume Next

Set dbeng = CreateObject("DAO.DBEngine.36")
IF dbeng Is Nothing Then
MsgBox "DAO 3.6 is not installed try 3.5x"
Set dbeng = CreateObject("DAO.DBEngine.35")
IF dbeng Is Nothing Then
MsgBox "DAO is not installed as far as we can tell, so raise an error and exit"
Err.Raise VBObjectError + 129789, "FraCubeP12:FillSourceFields", "DAO does not opper"
Exit Sub
End IF
End IF

On Error GoTo ehLocal

iProgress = 20
open database

Set db = dbeng.OpenDatabase(Me.txtDCDatabaseName.Text, , True, m_ConnectString)

iProgress = 30
Const DDbOpenForwardOnly = 8
Set rs = db.OpenRecordset(Me.txtDCRecordSource.Text, DDbOpenForwardOnly)
iProgress = 40
enum fields
For iField = 0 To rs.Fields.Count - 1
With rs
    
```

(그림 8) dcube.ocx와 데이터베이스 연동 소스

학습경로	n1			n2		
	동영상	애니메이션	이미지	동영상	애니메이션	이미지
p1	84.00	23.00	8.00	57.00	172.00	23.00
p2	52.00	19.00	44.00	92.00	207.00	23.00
p3	96.00	9.00	22.00	61.00	168.00	91.00
p4	44.00	51.00	22.00	164.00	281.00	50.00
p5	154.00	7.00	42.00	60.00	263.00	134.00
Total	430.00	109.00	138.00	434.00	1111.00	387.00

(그림 9) 다차원 분석(학습경로 패턴-학습매체)

학습경로	학습매체			지지도
	동영상	애니메이션	이미지	
차량구조의 개념(n1)	배열(n2)	선형일차 방정식(n3)	정렬일차(n5)	82
차량구조의 개념(n1)	배열(n2)	행렬곱(n4)	정렬일차(n5)	66

(그림 10) 학습경로 패턴에 따른 학습매체

학습경로	n1			n2		
	동영상	애니메이션	이미지	동영상	애니메이션	이미지
p1	30.00	49.00	5.00	84.00	10.00	19.00
p2	13.00	18.00	21.00	52.00	19.00	19.00
p3	51.00	22.00	23.00	96.00	9.00	9.00
p4	25.00	8.00	11.00	44.00	22.00	27.00
p5	85.00	48.00	21.00	154.00	7.00	7.00
Total	204.00	145.00	61.00	430.00	67.00	61.00

(그림 11) 다차원 분석(학습경로 패턴-자료제시)

한다면 학습페이지 n1과 n2에서 학습매체 동영상을 학습자 A에게 추천하도록 구현하였다. 이와 같이 같은 학습내용을 학습하더라도 학습자의 학습경로에 따라 학습매체를 다르게 제공할 수 있도록 구성되어 있다.

(그림 10)은 다차원 분석 결과에 따라 학습경로 패턴에 따른 학습매체를 추천하기 위한 예를 나타낸 것이다.

(그림 11)은 위에서 설명한 방법과 마찬가지로 학습경로와 학습내용에 따라 학습자료제시유형을 다르게 제시할 수

학습경로	자료제시유형			지지도
	동영상	애니메이션	이미지	
차량구조의 개념(n1)	배열(n2)	선형일차 방정식(n3)	정렬일차(n5)	76
차량구조의 개념(n1)	배열(n2)	행렬곱(n4)	정렬일차(n5)	68

(그림 12) 학습경로 패턴에 따른 자료제시유형

(그림 13) 차원별 다차원 분석

이도록 구현하였다. 즉, 학습자의 학습특성에 따라 학습경로, 학습내용이 다르고 그에 따라 요구되는 학습자료제시유형도 다르게 나타남을 의미한다. 같은 학습내용 n1을 학습하더라도 학습경로 패턴 p1, p2에 따라 선택되어지는 학습자료유형이 다르게 나타난다.

(그림 12)는 다차원 분석에 의하여 학습경로 패턴에 따른 학습자료제시유형을 제공하는 예를 나타낸 것이다.

(그림 13)은 학습내용, 학습경로에 따른 학습매체, 자료제시유형, 보조학습콘텐츠의 선호도를 다차원적으로 분석한 것을 나타낸 것이다.

5. 결 과

학습자 60명(2개 학급)을 대상으로 학습경로, 학습매체, 학습내용, 자료제시유형, 보조학습콘텐츠에 대하여 만족도 검사를 실시하였다. 만족도의 내용은 다차원적으로 제공되는 차원들에 대하여 학습하는 과정에서 유용한지를 묻는 것이었다. 만족도 검사는 상위학습자(30등 이내)와 하위학습자(30등 이후)로 구분하여 나타내었다.

만족도 검사 방법은 Likert 5단계 척도의 설문을 통하여 실시하였다. 설문은 학습경로 3문항, 학습내용 3문항, 학습매체 2문항, 보조학습 콘텐츠 3문항, 자료제시유형 2문항 총 13문항으로 구성되어 있다.

설문 분석은 학습자 수준이 “상”인 학습자 30명과 학습자 수준이 “하”인 학습자 30명으로 구분하여 실시하였다. 분석 방법은 학습자 수준별 사례 수 30에 대하여 각 차원의 설문에 대한 응답자 수에 대한 평균을 구하고, 차원별 평균을 백분율로 나타내었다.

그 결과 보조학습콘텐츠 제공이 “매우 만족” 24.5%, 만족 35.17%로 가장 높게 나타났으며, 학습경로가 “매우 만족” 16.5%, 만족 28.5%로 가장 낮게 나타났다. 특성이 같은 학습자들에게 다차원적으로 제공되는 보조학습콘텐츠는 매우 유용한 것으로 나타났다. 그 밖의 차원들에 대해서도 만족도가

<표 1> 만족도 검사 결과

차원	만족도	학습자 수준	사례수	만족도(%)				
				매우 만족	만족	보통	불만족	매우 불만족
학습 경로	상		30	16.00	27.67	22.00	19.33	15.00
	하		30	17.00	29.33	20.00	20.67	13.00
	평균			16.50	28.50	21.00	20.00	14.00
학습 내용	상		30	19.00	28.67	20.00	22.33	10.00
	하		30	20.00	31.67	18.00	21.33	9.00
	평균			19.50	30.17	19.00	21.83	9.50
학습 매체	상		30	17.00	29.00	23.00	19.33	11.67
	하		30	19.00	31.00	24.00	15.33	10.67
	평균			18.00	30.00	23.50	17.33	11.17
보조 학습 콘텐츠	상		30	23.00	33.67	16.33	18.00	9.00
	하		30	26.00	36.67	16.33	15.00	6.00
	평균			24.50	35.17	16.33	16.50	7.50
자료제시 유형	상		30	17.00	23.67	23.00	27.33	9.00
	하		30	19.00	27.33	19.00	27.67	7.00
	평균			18.00	25.50	21.00	27.50	8.00
전체 평균	상		30	18.40	28.54	20.87	21.26	10.93
	하		30	20.20	31.20	19.47	20.00	9.13
	평균			19.30	29.87	20.17	20.63	10.03

대체로 높게 나타났다(전체 평균 “매우 만족” 19.3%, “만족” 29.87%).

학습자의 수준에 따라서는 상위수준의 학습자들의 “매우 만족” 18.4% “만족” 28.54% 보다 하위수준의 학습자들의 만족도가 “매우 만족” 20.2% “만족” 31.2%로 높게 나타났다. 상위학습자들은 자신의 생각에 따라 학습경로와 학습내용을 결정하고, 다차원적으로 제공되는 학습매체나 보조학습콘텐츠 등에 의존하는 경향이 적은 것으로 생각된다. 하지만 학습수준이 낮은 학습자들 스스로 학습경로와 학습내용을 선택하고 결정하는 능력이 부족하여 다차원적으로 제공되는 학습매체, 자료제시, 보조학습콘텐츠에 대한 의존도가 높은 것으로 생각된다

<표 1>은 다차원적으로 제공되는 차원들에 대한 만족도 검사 결과를 나타낸 것이다.

6. 제 언

본 연구에서는 웹 기반 학습자 통제 환경에서 Apriori 알고리즘을 이용하여 학습자의 학습경로 패턴을 분석하였다. 분석된 학습경로 패턴에 따라 OLAP 기술을 이용하여 다차원적으로 학습내용, 학습경로, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형을 제공하는 다차원 학습경로 패턴 분석 시스템을 설계하고 구현하였다. 그 결과 다음과 같은 효과가 있을 것으로 기대된다.

첫째, 학습자 개인의 특성에 적합한 학습내용, 학습경로, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형을 제공할 것이다. 즉, 학습자 개인에 적합한 최적의 학습시간, 학습전략 등을

통하여 최고의 학습효과를 높일 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 학습자가 선택해야할 최적의 학습내용, 학습경로, 학습매체, 보조학습콘텐츠, 자료제시유형을 제공함으로써, 학습자 통제 환경에서 흔히 경험하게 되는 방향감 상실과 인지적 과부하를 해결할 수 있을 것이다.

셋째, 다양한 특성을 지닌 학습자가 학습자 통제 환경에서 어떠한 학습 경로를 선택했는지를 알 수 있을 것이다. 즉, 학습자 통제 환경의 학습에서 학습자가 이용 가능한 짧은 학습경로를 취하였을 때와 똑같은 처지에서 이용 가능한 모든 노드를 선택했을 때의 차이를 설명할 수 있을 것이다.

넷째, 학습경로 패턴 분석을 통하여 학습자 개인에게 적응적인 학습환경을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 즉, 학습자가 스스로 선택의 자유를 가지고 자신의 인지구조에 맞게 학습할 정보를 선택하고 이를 자신의 지식구조에 통합하여 새로운 지식구조로 재구성할 수 있는 상황에서 학습자가 선택해야 할 가장 바람직한 경로만을 알려줄 것이다.

넷째, 학습자 학습경로 패턴을 분석하여 학습자 개인의 학습특성에 적합한 적응적 학습경로를 제공하는 것이다. 이렇게 함으로써 학습자 스스로 학습내용, 방법, 순서 등을 선택할 수 있는 환경에서 탐색과정의 편리성을 제공하고 학습 효과를 높일 수 있을 것이다.

다섯째, 학습내용을 구성하는 각 노드가 어떠한 학습자의 부류에 가장 흥미가 있는지를 가능하게 함으로써, 학습자의 관심과 특성에 적합한 학습경로를 제공할 수 있을 것이다. 또한 교수설계를 위한 형성평가에서 불필요한 노드를 제거 함으로써 최적의 프로그램 설계에도 사용될 수 있을 것이다.

이상에서 살펴보았듯이 다차원 학습경로 패턴 분석을 통하여 학습자에게 최적의 학습내용, 학습경로, 학습매체, 보조 학습콘텐츠, 자료제시유형 등을 제공함으로써 학습자의 특성에 따른 개별화 학습을 가능하게 할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 학습자 통제 환경에서는 모든 학습자의 특성을 고려한 웹 코스웨어를 만들기란 거의 불가능하다. 왜냐하면 학습자 변인이 너무 많고, 특히 학습자 특성 중 정의적인 요인을 수량화하는 데 어려움이 많기 때문이다. 앞으로 이와 관련된 연구를 위해서 더욱 정확하고 다차원적인 학습경로 패턴 분석을 위한 과학적이고 정확한 알고리즘을 개발할 필요성이 있다.

참 고 문 헌

[1] 강이철, "교육공학의 이론과 실제", 서울: 학지사, 2001.
 [2] 권혁일, "적응적 웹 기반 수업의 학습 효과성 고찰", 교육공학 연구, 제16권 제4호, pp.23-50, 2000.
 [3] 김성수, "데이터 웨어하우스 구축과 활용", 서울: 하이테크 정보, 1996.
 [4] 김영훈, "하이퍼미디어환경에서 단서제시와 선행학습정도가 학습경로패턴 및 학습성취도에 미치는 영향", 한양대학교 석사학위논문, 1994.

[5] 김종달, "웹 로그에서 웹 방문 패턴을 이용한 사용자 웹 방문 패스 클러스터링", 포항공과대학교 석사학위논문, 2000.
 [6] 김지일, "웹 학습 사이트에서 링크 제시 기법의 효과", 한양대학교 석사학위논문, 2000.
 [7] 류승범, "효율적인 의사결정지원을 위한 온라인분석처리(OLAP)시스템 구축", 연세대학교 산업대학원 석사학위논문, 1998.
 [8] 박미현, 김명, "OLAP 기술을 이용한 학업성취도 분석 시스템(SAAS)의 설계 및 구현", 정보과학회논문지(소프트웨어 및 응용), 28(6), pp.450-459, 2001 .
 [9] 백장현, "웹 기반의 다차원 설문 분석 시스템의 설계 및 구현", 컴퓨터교육학회 논문지, 제2권 제1호, pp.155-164, 1999.
 [10] 서원석, "웹 기반교육의 학습평가를 위한 OLAP 기반 다차원 분석 시스템의 설계", 2001 하계 한국컴퓨터교육학회 학술대회 논문집, 제6권 제1호, pp.503-513, 2001.
 [11] 오상희, "하이퍼텍스트 환경에서 노드 구조와 정보 유형에 따른 학습자의 항해 유형에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문, 1994.
 [12] 이준규, "인터넷 개인화 아이템 추천 알고리즘에 대한 연구", 연세대학교 석사학위논문, 2000.
 [13] 장동인, "실무자를 위한 데이터 웨어하우스", 서울: 대청, 2001.
 [14] 조재희, "데이터 웨어하우스와 기업정보시스템. 정보과학회지", 제15권 제5호, pp.22-30, 1997.
 [15] 조재희, 박성진, "데이터 웨어하우스와 OLAP", 서울: 대청, 1998.
 [16] Chase, W. G., "Elementary information processes," In W.h. Estes(ED.), Handbook of learning and cognitive processes, Vol.5. Hillsdale, NJ.: Lawrence Erlbaum Associates, 1978.
 [17] Codd, E. F., S. B. Codd, & C. T. Shalley , "Providing OLAP to User-Analysts," AN IT Mandate, White Paper, Codd & Date inc, 1993.
 [18] Grabinger, R. S., "Screen layout design:Research into the overall appearance of the screen," Computer in Human Behavior, Vol.5, pp.175-183, 1989.
 [19] Jonassen, D. H., & Grobowski, B. L., "Hnadbook of individual Differences, Learning, and Instruction," Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1993.
 [20] Misanchuk, E. R., & Schwier, R. A., "Representing Interactive Multimedia and Hypermedia Audit Trails," Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, Vol.1, pp.355-372, 1992.
 [21] Steinberg, E. R., "Cognition and learner control," Journal of computer-Based Instruction, Vol.16, No.4, pp.117-121, 1989.



백 장 현

e-mail : lousuk@chol.com
1988년 충남대학교 공업화학교육과
(교육학사)
1999년 한국교원대학교 컴퓨터교육과
(교육학석사)
2004년 한국교원대학교 컴퓨터교육과
(교육학박사)

1989년~현재 농소고등학교 교사
관심분야: 컴퓨터교육, u-learning, 웹 마이닝



김 영 식

e-mail : kimys@cc.knue.ac.kr
1982년 서울대학교전기공학과(공학사)
1987년 노스캐롤라이나주립대학교 전기및
컴퓨터공학과(공학석사)
1993년 공과대학 전기및컴퓨터공학과
(공학박사)

1993년~1994년 한국전자통신연구소 선임연구원
1995년~1996년 한국전자통신연구소 위촉연구원
1996년~1998년 한국전자통신연구원 초빙연구원
1994년~현재 한국교원대학교 컴퓨터교육과 교수
관심분야: 컴퓨터교육, e-learning, 디지털 영상처리, 컴퓨터 구조