

시각화 방법을 이용한 학습자의 학습 성향 진단 시스템의 개선

(Improvement of Learner's Learning Style Diagnosis System using Visualization Method)

윤 태 복 [†] 최 미 애 ^{**}
(Tae Bok Yoon) (Mi-Ae Choi)

이 지 형 ^{***} 김 용 세 ^{****}
(Jee-Hyong Lee) (Yong Se Kim)

요 약 지능형 학습 시스템은 학습자의 학습 과정에서 수집된 데이터를 분석하여 학습자에게 맞는 전략을 세우고 적합한 서비스를 제공하는 시스템이다. 학습자에게 적합한 서비스를 위해서는 학습자 모델링 작업이 우선시 되며, 이 모델 생성을 위해서 학습자의 학습 과정에서 발생한 데이터를 수집하고 분석하게 된다. 하지만, 수집된 데이터가 학습자의 일관되지 못한 행위나 비예측 학습 성향을 포함하고 있다면, 생성된 모델을 신뢰하기 어렵다. 본 논문에서는 학습자에게서 수집된 데이터를 시각화 분석 방법을 이용하여 비정상 데이터를 선별한다. 실험에서는 홈 인테리어 콘텐츠 기반에 학습자의 학습 행위에 대한 학습 성향을 진단하기 위한 DOLLS-HI를 이용하여, 수집된 학습자의 데이터에서 비정상 데이터를 분류하고 학습 성향 진단을 위한

모델을 생성하였다. 생성된 모델은 비 정상 데이터 분류전과 비교하여 신뢰가 향상된 것을 확인하였다.

키워드 : 지능형 교육 시스템, 학습자 모델, 시각화 분석 방법

Abstract Intelligent Tutoring System (ITS) is a procedure of analyzing collected data for learning, making a strategy and performing adequate service for learners. To perform suitable service for learners, modeling is the first step to collect data from the process of their learning. The model, however, cannot be authentic if collected data can contain learners' inconsistent behaviors or unpredictable learning inclination. This study focused on how to sort normal and abnormal data by analyzing collected data from learners through visualization. A model has been set up to assort unusual data from collected learner's data by using DOLLS-HI which makes possible to diagnose learner's learning propensity based on housing interior learning contents in the experiment. The created model has been confirmed its improved reliability comparing to previous one.

Key words : Intelligent Tutoring System, Learner Modeling, Visualization Analysis Method

1. 서 론

정보기술의 발달로 교육 시장 또한 빠르게 변화하고 있다. 종이를 이용한 학습 매체에서 비디오, 오디오, 텍스트, 동영상 등을 이용한 온라인 복으로 다양한 IT기술이 학습 콘텐츠 제작에 이용되고, 학교라는 공간에서 벗어나 집, 거리, 공원 등 장소에 구애 받지 않고 학습을 할 수 있는 u-Learning이라는 분야가 주목 받고 있다. 또한 교육 방법의 측면에서도 과거의 정적인 학습 구조(교수자/학습자의 단방향 교육)에서 동적인 학습 구조(교수자/학습자 양방향 교육)로 변화하고 있으며, 이를 고려한 지능형 e-Learning 시스템이 다양하게 연구 중이다. 특히 지능형 e-Learning 환경을 서비스하기 위해서는 학습자를 인지하는 과정이 동반되어야 하는데, 학습자의 능력, 성향, 환경에 따라 그에 맞는 교육 콘텐츠와 전략을 제시함으로써 학습 효과를 높일 수 있다. 또한, 학습자의 인지를 통한 결과물을 학습자 모델이라 할 수 있으며, 이 모델은 학습자의 다양한 정보를 내포하고 있어서, 지능적이고 적용된 교육 서비스를 위해 아주 중요하게 사용된다. 학습자 모델은 과거 학습자의 학습 과정에서 얻은 데이터를 수집/분석하여 생성하게 되는데, 상황이나 환경 등의 다양한 변수에 영향을 받는 학습자에게서 수집된 데이터는 분석에 어려움이 있다. 예를 들어 지능적인 학습 시스템을 만들기 위해 학습자의 학습 과정에서 발생한 학습 행위 데이터를 수집한다고 가정하자. 학습자에게 학습 콘텐츠를 제공

· 본 연구는 과학재단의 창의적연구진흥사업(R16-2004-002-01001-0(2007))과 성균관대학교 학술연구 지원사업(2006-0752-000)의 지원을 받았습니다.

· 이 논문은 제34회 추계학술대회에서 '시각화 방법을 이용한 학습자 학습 성향 진단기의 개선'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것입니다.

[†] 학생회원 : 성균관대학교 컴퓨터공학과
tbyoon@skku.edu
^{**} 비 회원 : 성균관대학교 교육학과
cma1020@skku.edu
^{***} 종신회원 : 성균관대학교 컴퓨터공학과 교수
jhlee@ece.skku.ac.kr
^{****} 비 회원 : 성균관대학교 창의연구단 교수
yskim@skku.edu
논문접수 : 2008년 1월 4일
심사완료 : 2008년 12월 12일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

하고 아주 짧은 시간과 아주 긴 시간, 두 가지 경우의 학습 제한 시간이 주어진다고 할 때, 학습자 A는 본래 자기가 가지고 있는 학습 성향을 뒤로하고 시간이란 요소에 역매여 의도하지 않은 학습 데이터(Log data)를 만들어낸다. 이 데이터는 지능적인 학습 환경 제공을 위한 분석 데이터로 사용하기에 부족한 부분이 있다고 하겠다. 마찬가지로 제공되는 학습 콘텐츠의 수준이나 학습에 사용되는 장비, 주변 소음, 밝기 등 뿐만 아니라, 학습 상황에 발생 할 수 있는 모든 외적 요인을 들 수 있다. 또는 학습자 능력 변화에 따른 일관되지 않은 데이터들도 학습자 학습 데이터 수집에 좋지 않은 영향을 주는 요소라 할 수 있다. 이런 학습자의 일관되지 않은 정보는 생성된 모델의 신뢰성과 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 비정상적인 데이터를 선별하기 위한 방법이 요구된다. 본 논문에서는 학습자의 학습 과정에서 얻은 학습 행위 데이터를 이용하여 학습 성향을 진단하는 방법과 시각화 방법을 이용하여 비정상적인 데이터를 감소(Reduction)하여 진단기의 성능을 향상시키는 방법을 제안한다. 시각화로 표현된 학습자의 데이터는 전문가의 지식(Expert Knowledge)을 이용하여 분류/선별하고, 학습자 모델 생성에 이용한다. 전문가의 지식을 반영하여 분류/선별하여 생성한 진단기와 분류/선별하기 전의 데이터를 이용하여 만든 진단기의 성능을 비교/분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 학습자 성향 파악을 위해 구현된 DOLLS-HI(Diagnosis of Learner's Learning Styles Housing Interior)에 대해 이야기하고, 3장에서는 시각화 표현을 통하여 얻은 가설과 비정상적 학습 행위 데이터 분류를 소개한다. 4장에서는 제안하는 방법의 실험을 통한 유효함을 확인한다. 끝으로 5장에서는 결론과 향후 연구로 맺는다.

2. 학습자 성향 파악을 위한 환경 구현

2.1 학습자 성향 파악을 위한 연구

학습자는 학습 과정에서 정보를 받아들이고 이해하는 방식에서 다양한 모습을 보여주고 있다. 예를 들면 문자로 설명된 내용 보다는 그림으로 설명된 학습 콘텐츠를 더 선호하거나, 학습 과정에 있어서 순서대로 학습하는 것보다 순서에 상관없이 자신이 원하는 정보를 자유롭게 찾아보면서 학습하는 것을 더 선호하는 학습자가 있을 것이다. Felder & Silverman[1]은 앞의 예에서와 같이 학습 정보를 이해하는 차원에서 Global과 Sequential, 정보를 습득하는 차원에서 Visual과 Auditory, 정보를 인지하는 차원에서 Sensing과 Intuitive, 그리고 정보를 활용하는 차원에서 Active와 Reflective로 네 가지 영역에서 학습 성향을 표 1과 같이 분류하였다.

표 1 학습자의 학습 성향 및 설명

학습성향		설명
정보 이해	Global	Global 학습자는 부분적으로 보고 이해하지 못하며 전체 학습의 큰 그림이나 개요 등을 통해 더 잘 이해하는 경향이 있다.
	Sequential	Sequential 학습자는 세부내용을 참을성 있게 학습하며, 표준적으로 정해진 방법을 통해 더 잘 이해하는 경향이 있다.
정보 습득	Visual	Visual 학습자는 그림, 차트, 영화, 테도 등으로 본 것을 잘 기억하며, 글이나 말로 하는 설명보다는 실습 동영상 등을 통해 더 잘 이해하는 경향이 있다.
	Auditory	Auditory 학습자는 학습을 통해 들은 것, 말한 것을 좀 더 잘 기억하고 토론을 통해 많은 것을 얻는 경향이 있다.
정보 인지	Sensing	Sensing 학습자는 학습의 세부 내용을 주의 깊게 공부하며 구체적인 정보로 구성된 학습 자료를 활용할 때 효과적인 경향이 있다.
	Intuitive	Intuitive 학습자는 어떤 상징화된 것을 다루는데 익숙하며 추상화된 개념을 해석하는 것을 잘하는 경향이 있다.
정보 활용	Active	Active 학습자는 토론하고 설명하고 테스트하는 등의 실험적인 성향을 가지고 있다.
	Reflective	Reflective 학습자는 습득한 지식과 정보를 시험해보고, 처리하는 성향을 가지며, 혼자 또는 다른 사람과 짝을 지어 공부할 때 효과적이다.

2.2 학습자 성향 파악을 위한 학습 콘텐츠의 설계

Global & Sequential: 정보를 이해할 때 학습자의 선호에 의해 교육 콘텐츠를 선택하는지, 교육 전문가가 의도 하는 학습 순서에 따라 학습하는지를 알아보기 위하여 정해진 순서에 따라 학습 할 수 있는 방법과 학습자가 학습 순서를 정하여 학습 할 수 있는 방법이 가능하도록 그림 1과 같이 인터페이스를 설계하였다.

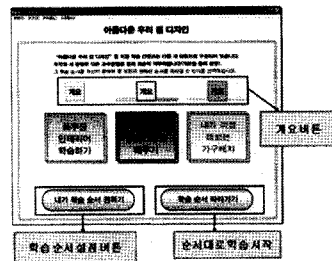


그림 1 Global & Sequential을 위한 인터페이스

Visual & Auditory: 정보를 습득할 때 그림위주의 설명을 선호하는지 텍스트 위주의 설명을 선호하는지를 알아보기 위하여 그림위주의 학습 설명 버튼과 텍스트 위주의 학습 설명 버튼을 그림 2와 같이 인터페이스에 설계하였다.

Sensing & Intuitive: 정보를 인지할 때 주위 깊게 문

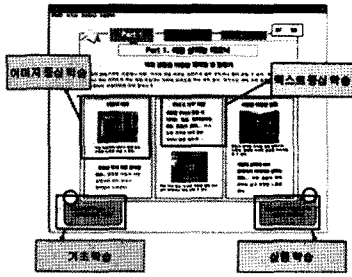


그림 2 Visual & Auditory를 위한 인터페이스

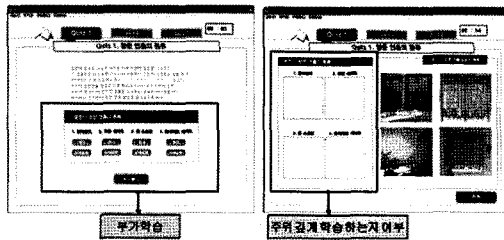


그림 3 Sensing & Intuitive를 위한 인터페이스

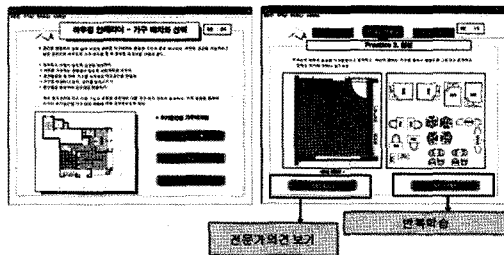


그림 4 Active & Reflective를 위한 인터페이스

제를 풀어나가는지 직관적으로 문제를 풀어나가는지를 알아보기 위하여 퀴즈 풀기와 부가 학습 및 학습에 소요 되는 시간을 측정할 수 있도록 그림 3과 같이 설계하였다.

Active & Reflective: 정보를 활용 할 때 적극적인지 수동적인지를 알아보기 위하여 학습 게시판에 의견 달기, 의견 보기 등의 기능을 그림 4와 같이 설계하였다.

그림 1~4는 학습 성향 관점에 따른 홈 인터리어 학습 콘텐츠인 DOLLS-HI(Diagnosis of Learner's Learning Styles Housing Interior)[2]에 인터페이스 일부분이다. 홈 인터리어 학습을 위한 DOLLS-HI는 학습과정에서 수집된 버튼 클릭 정보, 시간 정보, 퀴즈 풀이과정에서의 정답률 등을 수집하고 분석하여 학습자의 성향을 알아내는 데 이용된다.

3. 시각화 표현을 이용한 학습자 데이터의 분류

앞서 설명한 바와 같이 학습자의 데이터, 즉 인간으로부터 수집된 데이터는 매우 다양하고 복잡한 모습을 보

인다. 이 같은 데이터를 효율적으로 분석하여 유용한 정보 또는 지식을 생성할 수 있는 분석방법으로 본 논문은 시각화(Visualization) 방법을 사용하였다. 시각화는 본질적으로 시각적 표현이 불가능한 텍스트 기반의 데이터를 시각적으로 표현하고, 이를 통해 사용자의 멘탈 모델 형성을 지원하는 순환적 프로세스이다[3,4]. 다시 말해서, 시각적으로 표현이 불가능한 텍스트 기반의 데이터를 여러 시각적 요소(색, 위치, 선, 크기, 모양 등)를 사용하여 사용자가 이해하기 쉽도록 표현하여, 궁극적으로 사용자의 분석업무를 지원하는 것이 정보시각화라고 할 수 있다. 사용자는 정보시각화 기술을 사용하여 매우 빠르고 정확하게 시각적으로 표현된 대량의 데이터와 상호작용을 하게 되고, 그들로부터 의미 있는 지식을 발견하게 된다[5]. 인지과학 분야에서의 다양한 연구들은 정보시각화가 데이터 탐색을 통한 지식생성 또는 지식 획득에 효율적인 도구임을 뒷받침하고 있다. 시각화는 컨셉이나 그래픽적 표현의 의미를 가지게 되며, 머리의 내부속에서 설계하는 이미지에서 의사결정을 돕기 위한 외부적인 인공물로 그 범위가 확장되고 있다. 이러한 시각화의 특징을 살펴보면 아래와 같다.

- 시각화는 복잡한 구조 및 대용량 데이터의 이해를 돕는다.
- 시각화는 예측되지 못한 급작스런 속성의 인지를 가능하게 해준다.
- 시각화는 데이터가 가지고 있는 결함을 빠르고 분명하게 보여준다(데이터 수집의 오류, 시스템 오류 등)

3.1 학습자의 학습 행위 데이터의 시각화 분석

DOLLS-HI를 통하여 수집된 학습자의 학습 행위 데이터는 시간의 흐름에 따른 학습 행위 정보를 이용하여 시각화 표현하였다. DOLLS-HI에서 얻은 데이터를 시각화 표현으로 나타내기 위한 툴이다. 이 툴은 Visual C++를 이용하여 제작하였으며, 학습자의 학습 시간(1200초)에 따라 학습에 사용한 콘텐츠(학습하기, 퀴즈풀기, 실습하기 등) 클릭 정보를 이용하여 나타내었다. 또한 그림 5와 6은 학습자들의 8가지 유형에 대하여 보여주고 있다.

학습자의 학습 경로(Learning Path)를 통하여 분류된 8가지 분류(표 2)는 학습자 모델 생성에 사용되는 데이터를 선정하는데 사용된다. 시각화 표현을 통한 분석 방법은 학습자 데이터를 분류할 때 다음과 같은 기대효과를 가져올 수 있다. 첫째, 기존에 정의되지 않은 학습자의 학습 패턴을 찾는 데 유용하며, 둘째, 수집 데이터의 전체리 과정이 기존에는 대부분 은닉화 되어 있다면, 시각화 방법은 투명성을 보장하고 직관성을 높여주어 해석이 용이하다. 셋째, 교육 전문가의 지식을 이용한 데이터 분류 방법이 가능하며, 분석의 신뢰성을 높인다. 넷째, 복잡하거나 대량의 학습자 데이터를 이해하기 쉽게 표현할 수 있다.

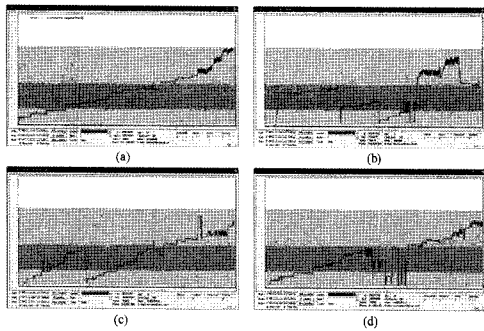


그림 5 정상 학습 데이터의 시각화

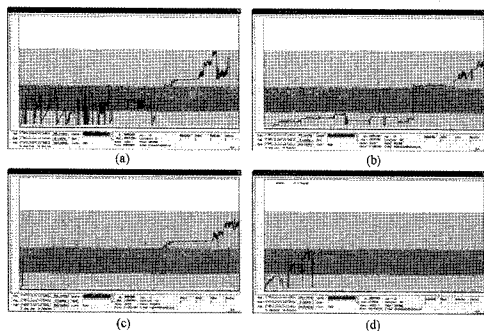


그림 6 비정상 학습 데이터의 시각화

표 2 시각화 분석을 통한 학습자의 학습 형태 분류

	분류	설명
정상 학습	시간적 순서적 정상	시간 및 순서가 정상적인 학습 패턴을 가짐(그림 5(a))
	학습 순서가 이상적	다른 학생들과 학습 순서가 다른 모습을 보이나, 학습 성향이라 보여지며 정상적인 학습(그림 5(b))
	잔여 학습 시간의 반복사용	학습 후 남은 시간을 다시 학습에 사용(그림 5(c))
	잔여 학습 시간의 비사용	학습 후 남은 시간을 비효율적으로 사용(그림 5(d))
비정상 학습	의미 없는 학습 순서	주어진 학습 콘텐츠의 순서가 랜덤한 모습을 보임(그림 6(a))
	일부분 학습	작은 부분을 학습하고 나머지는 학습하지 않음(그림 6(b))
	학습하지 않음	한곳 또는 두 곳에만 학습시간 내내 머물러 있음(그림 6(c))
	시스템 오류	시스템 오류로 인한 수집데이터의 오류(그림 6(d))

4. 시각화 표현을 이용한 학습자 데이터의 분류

4.1 시각화 분석 방법을 이용한 학습자 학습 스타일 진단 과정

학습 성향을 분류하기 위한 전체 프로세스는 Felder & Silverman이 제시한 학습 성향을 기반으로 학습 성향을 미리 알아보기 위한 ILS(Index of Learning

Styles) Questionnaire 프로세스와 학습 성향 데이터를 수집하기 위한 홈 인터리어 학습용 교육 콘텐츠 인터페이스 학습 프로세스로 구성되어 있다. 우선 학습자는 ILS 온라인 설문에 참여하여, 학습 성향별(Global & Sequential, Visual & Auditory, Sensing & Intuitive, Active & Reflective)로 선호도를 알아본다. ILS 설문을 지는 Felder & Silverman의 웹 사이트에서 제공하며, 설문을 완료하면 학습 성향별 LoP(Level of Preference: 1,3,5,7,9,11)로 나타난다.

이후 학습자는 학습자 성향 수집을 위한 홈 인터리어 학습용 콘텐츠(DOLLS-HI)를 학습하며, 이 인터페이스에서 제공하는 홈 인터리어 학습, 퀴즈 풀기, 인터리어 배치 경험하기 등을 수행한다. 이때 학습자의 데이터(시간, 이동, 학습을 위한 버튼의 클릭 등)는 XML 파일로 기록된다. 이후 전체 피 실험자의 XML 데이터가 수집이 되면, 전처리 과정을 거쳐 제안하는 방법인 가시화 분석 기법을 이용하여 이상치를 제거한다. 이상치가 제거된 데이터는 의사결정 트리 방법을 이용하여 학습시키고, 생성된 결과는 학습자 진단을 위한 기반 정보로 사용한다. 그림 7은 위에서 설명한 작업흐름을 표현한 것이다[6].

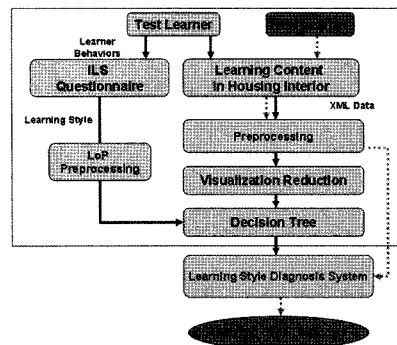


그림 7 학습 성향 진단을 위한 전체 흐름도

4.2 학습자 데이터 수집 및 데이터 분석

실험을 위하여 DOLLS-HI 학습 콘텐츠를 이용하여 성균관대학교 신입생중 372명을 대상으로 실험을 실시하였다. 먼저 실험 대상학생들에게 ILS 온라인 설문지를 통하여 학습 성향(Global & Sequential, Visual & Auditory, Sensing & Intuitive, Active & Reflective)을 파악하였다. 표 3은 실험에 참가한 학생들의 학습 성향별 분포이다.

그리고, 학생들에게 DOLLS-HI를 이용하여 20분 동안 학습하게 하였다. 학습 후에 수집된 학생들의 데이터는 XML파일로 저장된다. 그 파일에는 시간에 따라 학습한 학습 콘텐츠의 정보가 순서대로 저장되어 있다. 앞서 설명한 시각화 분류 방법을 이용하여 비정상적인 학

표 3 ILS온라인 설문지를 통한 학습자 학습 성향 분포 (개수와 비율)

	Global	Sequential	Visual	Auditory
Num.	193	179	300	72
%	52	48	81	19
	Sensing	Intuitive	Active	Reflective
Num.	283	89	186	186
%	76	24	50	50

표 4 의사 결정 트리를 이용한 에러율(%)

	Active & Reflective		Global & Sequential		Sensing & Intuitive		Visual & Auditory	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	50	44	44	44	27	41	24	26
2	45	39	45	42	32	33	36	26
3	42	44	50	47	42	42	30	27
4	56	49	52	42	45	33	21	28
5	50	48	47	43	35	37	25	32
6	56	45	53	40	44	40	29	29
7	36	47	48	39	32	33	28	25
8	44	37	42	44	36	35	30	27
9	53	44	50	35	31	36	27	24
10	52	48	49	47	43	34	26	27
avg.	48.4	44.5	48	42.3	36.7	36.4	27.6	27.1
style rate	186/186	134/125	193/179	146/113	283/89	192/67	300/72	212/47
training/test	248/124	172/87	248/124	172/87	248/124	172/87	248/124	172/87

* Before : Before Visualization Reduction Method, After : After Visualization Reduction Method.

습자를 모두 분류하였다. 전체 수집데이터 372명중에서 의미 없는 학습, 부분 학습, 학습하지 않음, 데이터 수집 오류에 해당하는 학생을 제외하고 남은 데이터의 수는 259명이었다. 선별된 학생들의 데이터는 전처리 과정을 거쳐 의사 결정 트리[6,7]를 이용하여 분석하였다. 의사 결정 트리 학습을 위해 정의된 속성에는, Visual & Auditory 성향의 경우 18개의 속성을 가지이며, 이중에서 "VA1_MainImgClick"의 경우 학습 화면에서 이미지 콘텐츠를 클릭한 수를 나타내는 속성이다. 또한, "VA9_Relevant-ButImgClick"는 학습과 관련된 이미지 콘텐츠를 보기 위하여 버튼을 클릭한 수를 의미한다. 다른 속성들도 Visual & Auditory와 같이 학습자의 학습 의도를 파악하기 위한 요소를 의사 결정 트리 방법을 위해 사용하였다. 전체 372명의 데이터 중에서 가시적 선별법을 통해 선별된 259명의 데이터를 의사결정 트리를 이용하여 분석한 결과를 표 5와 같이 정리하였다. 교차검증방법(Cross-Validation)을 이용하여 10회 실시하였으며, 학습 데이터의 비율은 65%이고, 나머지 35%의 데이터는 테스트로 이용하였다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 학습자의 학습과정에서 얻은 학습 행위 데이터를 분석하여 학습자의 학습 성향을 진단하는 방법을 소개하였다. 또한 학습자의 데이터를 분석하는 과정에서 시각화(Visualization) 방법을 이용하여 비정상 학습자 데이터 선별하였다. 선별후 데이터를 이용한 분석에서는 표 4의 실험결과와 같이 Active & Reflective와 Global & Sequential의 에러율이 각각 3.9%, 5.7% 향상되었다. Sensing & Intuitive와 Visual & Auditory는 각각 0.3%, 0.5% 향상하였는데, 시간에 따른 학습자의 행위 정보를 이용한 시각화 표현 방법과 속성 특징(Sensing & Intuitive와 Visual & Auditory)의 연관성이 떨어지는 것으로 생각된다.

만약 비정상 학습자 데이터를 제거하지 않은 결과를 진단 모델로 사용한다면, 새로운 학습자에 대한 진단 결과의 신뢰성을 의심하지 않을 수 없을 것이다. 비정상 학습자 데이터 선별 방법을 이용하여 생성된 진단 모델의 신뢰성을 높이고 서비스의 질적 향상을 예상할 수 있다.

향후 연구로는 시각화 방법으로 표현된 학습자의 데이터를 분류하는 방법을 전문가의 지식을 활용하여 자동으로 처리 할 수 있는 기법과, 시각화로 표현된 학습 경로(Learning Path)간의 유사도 측정을 이용한 데이터 분석 방법이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Felder, R., Silverman, L. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education, Engineering Education, 78(7), pp. 674-681.
- [2] Cha, H. J., Kim, Y. S., Park, S. H., Yoon, T. B., Jung, Y. M., and Lee, J. H. (2006). Learning Styles Diagnosis based on User Interface Behaviors for the Customization of Learning Interfaces in an Intelligent Tutoring System, Proc. 8th Int'l. Conf. on Intelligent Tutoring Systems (ITS).
- [3] Spence, R., Information Visualization, Addison-Wesley, 2001.
- [4] Wiss, U., Carr, D. and Jonsson, H.(1998). Evaluating three-dimensional information visualization designs: A case study of three designs, Proceedings of the IEEE Conference on Information Visualization, London, England, pp. 137-144.
- [5] Card, S. K., Mackinlay, J. D., and Schneiderman, B.(1999). Information visualization: Using vision to think, San Francisco, Morgan-Kaufmann.
- [6] Constantine, S., Charalampos, K., Adamantios, K. (1997). Decision Making in Intelligent User Interface, Intelligent User Interface 1997 Conf., pp. 195-202.
- [7] Margaret, H. D. (2003). Data Mining Introductory and Advanced Topics, Pearson Education Inc., New Jersey.