

FCA 개념 망에 기반을 둔 적응형 학습 시스템

Adaptive Learning System based on the Concept Lattice of Formal Concept Analysis

김미혜

가톨릭대학교 컴퓨터교육과

Mihye Kim(mihyekim@cu.ac.kr)

요약

지식기반 환경의 변화와 더불어 이-러닝은 매우 보편화된 교수·학습 방법의 하나가 되었으며, 이와 관련한 여러 연구들이 진행되고 있다. 이-러닝의 주요 연구 분야 중의 하나는 학습자의 다양한 상황들을 반영하여 학습자 개개인의 특징에 맞게 학습내용을 지원하기 위한 적응형 학습 시스템에 관한 연구이다. 이와 관련하여 최근에는 적응적 학습내용을 보다 효과적으로 지원하기 위하여 온톨로지를 기반으로 한 적응형 학습 시스템에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 FCA의 개념 망을 기반으로 온톨로지의 접근 방법과 목적은 같이지만, 특정 영역의 학습에 적합한 사용자가 보다 자유롭게 쉽게 자신의 적응형 학습 시스템을 구축하여 사용할 수 있는 적응형 학습 시스템을 설계하여 제안한다. 제안된 시스템은 학습영역에 존재하는 학습객체와 학습개념들 사이의 연관 관계에 따라 이들을 개념 망 구조 안에 자동으로 계층화한다. 또한 학습자의 지식수준, 학습선호도, 학습스타일 및 학습개념의 학습상태에 따라 개념 망 학습구조를 적응적으로 구성하여 제시한다.

■ **중심어** : | 적응형 학습 | 적응형 학습 시스템 | 개념 망 |

Abstract

Along with the transformation of the knowledge-based environment, e-learning has become a main teaching and learning method, prompting various research efforts to be conducted in this field. One major research area in e-learning involves adaptive learning systems that provide personalized learning content according to each learner's characteristics by taking into consideration a variety of learning circumstances. Active research on ontology-based adaptive learning systems has recently been conducted to provide more efficient and adaptive learning content. In this paper, we design and propose an adaptive learning system based on the concept lattice of Formal Concept Analysis (FCA) with the same objectives as those of ontology approaches. However, we are in pursuit of a system that is suitable for learning of specific domains and one that allows users to more freely and easily build their own adaptive learning systems. The proposed system automatically classifies the learning objects and concepts of an evolved domain in the structure of a concept lattice based on the relationships between the objects and concepts. In addition, the system adaptively constructs and presents the learning structure of the concept lattice according to each student's level of knowledge, learning style, learning preference and the learning state of each concept.

■ **keyword** : | Adaptive Learning | Adaptive Learning System | Concept Lattice | Formal Concept Analysis |

* 본 연구는 대구가톨릭대학교 교내연구비 지원으로 수행되었습니다.

접수번호 : #100909-003

접수일자 : 2010년 09월 09일

심사완료일 : 2010년 10월 20일

교신저자 : 김미혜, e-mail : mihyekim@cu.ac.kr

I. 서론

정보통신기술의 발달과 더불어 정보로의 접근은 시·공간을 초월하여 언제 어디에서든지 누구나 원하는 정보를 얻을 수 있는 유비쿼터스 환경으로 변화되고 있다. 이러한 지식기반 환경의 변화와 더불어 이-러닝은 매우 보편화된 주요한 교수학습 방법이 되었으며, 기존 교육 환경은 이제 다양한 형태의 웹 기반 교육 콘텐츠를 제공해주며 새로운 교육 패러다임을 형성해 가고 있다.

웹 기반 교육의 주요 특성으로는 유용한 정보를 잘 선정하고 조직화하여 탐색 가능한 형태로 제공해 주어야 하며 자율적이고 독립적인 학습 관리를 지원할 수 있는 학습자 주도의 학습(self-directed learning) 환경을 제공해 주어야 한다[1]. 또한 학습자의 배경 지식, 학습수준, 학습스타일과 학습상황 정보 등을 고려하여 적응적 내용제시(adaptive presentation)와 적응적 항해(adaptive navigation)를 제공함으로써 방향 상실 및 인지적 과부하를 해결해야 한다[2][3]. 이러한 적응형 학습 시스템(adaptive learning system)은 학생들의 불필요한 탐색 활동을 줄이고 자신의 학습수준과 선호도에 따라 학습내용을 효과적으로 제시할 수 있기 때문에 외재적 인지적 부하를 줄일 수 있다[4]. 보다 효과적인 적응형 학습 시스템 지원을 위해서는 학습자들의 다양한 특성뿐만 아니라 학습개념들의 관련성을 파악하여 학습에 대한 적절한 가이드를 제공해 주어야 할 것이다. 적응형 학습 시스템에는 적응형 하이퍼미디어시스템(adaptive hypermedia system)[5], 컨셉맵 (concept map)[6] 등이 있으며, 최근에는 시맨틱 (semantic web) 환경의 온톨로지(ontology)를 기반으로 한 연구들이 있다[1][7-11].

온톨로지를 기반으로 하는 적응형 학습 시스템은 시맨틱 웹 기술을 기반으로 하고 있다. 차세대 지능형 웹이라 불리는 시맨틱 웹은 웹 내용에 기계가 처리 가능한 의미(semantic)를 내장함으로써 웹 자원을 강화하여 보다 정확한 정보 제공 및 보다 나은 지능적인 웹 서비스 향상에 목적이 있다. 이러한 시맨틱 웹을 구축하는 핵심 기반이 온톨로지이다. 온톨로지는 전산학적 측면

에서 특정 영역의 '공유된 개념에 대한 정형화되고 명시적인 명세'[12] 라는 의미로 사용된다. 온톨로지에 기반을 두고 의미론적으로 마크업(mark up)된 웹 자원은 보다 정확한 정보 제공의 기반이 될 수 있을 뿐만 아니라 의미들의 상호 연관성에 근거하여 새로운 지식을 자동으로 추론할 수 있어 보다 향상된 정보 제공의 토대가 될 수 있다. 교육 콘텐츠에 대한 온톨로지의 의미적 지식 표현은 추론을 가능하게 하여 다양한 형태의 학습 서비스를 가능하게 한다[5]. 다시 말해, 온톨로지 기술은 학습콘텐츠에 대한 의미부여 및 지식의 형태들을 효과적으로 조직화할 수 있고, 학습 요소들을 위한 개념 모델을 잘 정의할 수 있다[13]. 또한 학습 도메인 온톨로지와 학습자 모델 온톨로지에 근거하여 학습자 특성에 맞는 학습 요소를 추론할 수 있어 개인화된 학습내용 제공이 용이하다[1].

그러나 기존 온톨로지의 접근방법은 의미적 지식으로부터 학습상황에 적합한 추론 규칙을 생성하여 온톨로지 접근방법의 모든 잠재적인 장점을 충분히 살려 실용화하는 데는 많은 시간이 소요되며, 누구나 쉽게 접근하여 구축하기에는 어려움이 있다. 온톨로지를 기반으로 한 적응형 학습 시스템에 대한 많은 연구들이 진행되고는 있지만 이의 실용성 및 효율성을 뒷받침하는 실험적인 결과가 아직 미비하다는 사실이 이러한 논쟁의 여지를 뒷받침한다고 본다.

본 연구에서는 궁극적으로는 온톨로지의 접근 방법과 목적은 같아지지만, 기존 시스템과 같이 보다 광범위하고 보편화된 적응형 학습 시스템에 목적을 두기 보다는 누구나 쉽게 접근하여 구축할 수 있는 특정 영역의 학습에 적합한 보다 유연하고 자유로운 적응형 학습 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 학습영역(도메인)에 존재하는 학습개념들과 이들 사이의 연관관계를 개념 망(concept lattice) 구조 안에 자동으로 계층화하고 학습자의 특성 및 학습상황 정보에 따라 개념 망을 적응적으로 재구성하여 제시할 수 있는, 기계 학습의 한 기법인 FCA(Formal Concept Analysis)[14][15]를 이용하여 제안한다. 본 논문에서는 학습자들이 좀 더 효과적으로 C 언어를 학습할 수 있는 C 언어 프로그래밍 학습을 위한 적응형 학습 시스템을 설계하고 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 연구들에 대해 알아보고 제3장에서는 FCA에 대한 이론적 배경과 FCA의 개념 망과 온톨로지와의 관계에 대해 살펴본다. 제4장에서는 FCA를 기반으로 한 적응형 학습 시스템의 설계에 대해 기술한다. 제5장에서는 C 언어 프로그래밍 학습영역을 대상으로 구현한 학습 시스템에 대해 설명한다. 마지막으로 제6장에서는 결론과 함께 향후 연구 과제를 제시한다.

II. 관련연구

적응형 학습 시스템은 학습자 개개인의 지식수준, 학습스타일, 선호도, 학습이력, 학습상황 등에 따라 학습내용을 학습자에 맞게 개별화하여 제공하는 것으로, 많은 학습 시스템들이 이를 지원하기 위한 다양한 시도들을 하여 왔다[1]. 적응형 학습 시스템들은 학습자의 학습경험 및 학습이력에 따라 학습내용에 대한 링크를 숨기거나 학습자의 학습스타일을 고려하여 학습내용을 적응적으로 제공한다[16]. 적응형 학습 시스템에는 하이퍼미디어 기법을 이용한 적응형 시스템[5], 컨셉맵을 이용한 컨셉맵 모델[6] 및 시맨틱 웹 환경을 바탕으로 온톨로지를 이용한 모델[1][7-11]등이 있다.

적응적 학습내용을 보다 효과적으로 지원하기 위해서는 학습자 특성에 관한 정보뿐만 아니라 학습내용에 대한 보다 체계적인 관리가 필요하며, 이러한 조직화된 정보를 바탕으로 학습자 특성에 맞는 학습내용을 추천하여 좀 더 학습자의 상황에 적합한 개인화된 학습 서비스 제공이 가능할 수 있게 된다[1]. 이러한 필요성에 따라 온톨로지를 기반으로 한 적응형 학습 시스템에 관한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 온톨로지에 기반을 둔 적응형 학습 시스템에 관한 연구만을 살펴보기로 한다. 온톨로지에 기반을 둔 대표적인 적응형 학습 시스템으로는 [1]의 연구에서 기술한 바와 같이 Personal Reader[7], OntAware[8][9], TANGRAM[10]과 AdaptWeb[11] 및 [1]의 연구에서 제시한 적응형 학습 시스템 등이 있다.

Personal Readers[7]은 시맨틱 웹 기술에 기반 하여

개인화된 학습정보를 사용자에게 지원한다. 학습객체에 관한 부가적인 참고 자료, 보다 자세한 학습정보, 퀴즈와 연습문제 등을 학습자의 특성에 맞게 개인화하여 학습자에게 제공한다. 이를 위하여 다음과 같은 4개의 온톨로지를 정의하고 있다. 첫째, 한 도메인의 학습콘텐츠의 클래스들과 이들 사이의 개념적 관계를 정의하는 도메인 온톨로지, 사용자의 특성과 사용자 디바이스 정보를 제공하는 사용자 모델 온톨로지, 실행 시간에 사용자 관찰에 의해 발견된 다양한 상호 작용 정보를 정의하는 관찰 온톨로지(observation ontology)와 개인화된 서비스 지원을 위한 적응적 기능(functionality)을 기술하는 온톨로지 등을 지원한다. 이러한 온톨로지에 기반을 두고 사용자의 특성에 맞는 개인화된 학습내용을 구성하여 제공한다.

OntAware[8][9]는 시맨틱 웹 기술에 기반 하여 이-러닝 콘텐츠의 저작, 관리 및 적응적 학습내용 제공을 지원한다. 이 시스템은 사용자에게 온톨로지에 기반 한 항해 경로를 제공하여 주며, 학습 전·후 테스트를 통하여 결정된 학습자의 기반 한과 학습자들이 학습을 위해 클릭했던 개념들의 사용하여 실시간으로 학습자의 개인화된 항해 경로를 결정한다. 행 항해 자가 어느 한 개념을 클릭하였다면 그 학습자는 그 개념을 알고 있으며, 그것은 다시 방문할 필요가 없다는 가정을 바탕으로 적응적 학습내용을 구성하여 항해 경로를 안내한다.

TANGRAM[10] 또한 시맨틱 웹 기술을 바탕으로 학습자 개개인의 특정한 필요에 적합한 적응형 학습내용을 제공하고 있다. 이 시스템은 학습자의 학습 도메인에 대한 현재 지식수준 및 학습자의 학습스타일과 선호도에 따라 적응적 학습콘텐츠를 구성하여 제공한다. 적응형 학습 지원을 위해 세 가지 온톨로지를 정의하고 있으며, 도메인 내의 학습주제(학습개념) 사이의 의미적 관계를 정의하기 위한 도메인 온톨로지, 학습개념 사이의 교수적 연관 관계를 명시하기 위한 학습 경로 온톨로지(learning paths ontology) 및 사용자 정보를 나타내기 위한 사용자 모델 온톨로지를 정의하고 있다. 학습자의 학습스타일과 지식수준의 판별은 설문조사와 시험을 통해 이루어진다. 이 시스템은 학습자의 특성을 바탕으로 학습자에게 적합한 학습내용을 트리 구조 안

에 링크 주석과 링크 숨김(link hiding) 기법을 이용하여 시각적으로 표현하여 제공한다.

AdaptWeb[11]은 웹을 기반으로 한 교육과정에서 교육내용과 교육내용의 제시 방법 및 항해 구조를 적응적으로 지원하는 적응형 학습 시스템이다. 이 시스템은 학습자의 지식과 학습 배경, 경험, 학습목표 및 선호도 등의 기본적인 특성을 바탕으로 학습자의 문화적, 기술적, 교수학적 상황 정보를 반영한 적응형 학습 환경을 제공한다. 문화적 특성은 국가, 지역, 조직, 직업 및 개인적인 차원으로 구분되어 기술되며 기술적 특성은 디스플레이, 네트워크 대역폭, 장소와 시간 등의 기술적인 제약사항을 고려한다. AdaptWeb은 상황 정보를 모델링하기 위해 온톨로지를 이용로지를항 모델링(context modelling)과 이와 관련한 학습자 모델링을 바탕으로 적응형 학습 시스템을 지원한다. 상황 모델링은 상위 온톨로지(upper ontology)를 표현하는 메타-모델(meta model), 상황 정보를 여러 개의 온톨로지로 표현하기 위한 온톨로지 모델(ontology model) 및 실제 학습 객체를 제공하는 객체 모델(object model) 등 세 개의 레벨로 구성되어 있다.

[1]의 연구에서는 기존 온톨로지에 기반 한 적응형 학습 시스템에서 학습자의 자기 주도적 학습(self-directed learning)의 지원이 결여된 문제점을 보완하여 보다 효과적인 온톨로지 기반 적응형 학습 시스템을 설계하여 제시하고 있다. 이 시스템은 적응적 학습 지원을 위해 다음과 같 적세 개의 온톨로지를 지원하고 있다. 첫째, 학습 주제에 대한 학습 개념들의 분류와 학습 개념들의 관계를 나타내는 도메인 온톨로지, 각 개념들에 대한 학습 객체의 지식 구조를 표현하는 학습내용 구조 온톨로지와, 학습자의 학습 스타일, 학습 수준, 학습 이력, 학습 목표 및 학습상황 정보 등의 학습자의 특성을 나타내는 학습자 모델 온톨로지 등을 지원한다.

위에서 살펴본 온톨로지를 기반으로 한 적응형 학습 시스템들의 장점을 충분히 살리기 위해서는 학습영역에 존재하는 지식들을 잘 정의하여 도메인 온톨로지를 먼저 구축해야 한다. 그러나 온톨로지는 누구나 쉽게 접근하여 구축할 수 없고 온톨로지 엔지니어나 전문가

만이 구축할 수 있으며, 온톨로지를 구축하는데 또한 많은 시간이 소요된다. 따라서 상이한 학습영역마다 매번 각각에 해당하는 도메인 온톨로지를 생성하여 시스템을 구축하는 데는 많은 시간이 소요될 수밖에 없다. 본 연구에서는 온톨로지 접근 방법의 장점을 살리면서 누구나 쉽게 접근하여 사용할 수 있는 적응형 학습 시스템을 기계 학습의 한 기법인 FCA를 이용하여 제안하고자 한다. 또한 기존 시스템과 같이 보다 광범위하고 보편화된 적응형 학습 시스템에 목적을 두기 보다는, 특정 영역의 학습에 적합한 보다 유연하고 자유로운 누구나 쉽게 생성하여 이용할 수 있는 적응형 학습 시스템을 설계하고자 한다.

III. Formal Concept Analysis(FCA)

1. 이론적 배경

FCA[14][15]은 응용 도메인에 존재하는 객체들과 속성들 사이의 이항관계로부터 이들 사이에 존재하는 모든 개념들을 추출하여 추출된 개념들을 상·하위관계(superconcept-subconcept relationships)에 의해 개념망(concept lattice) 구조로 계층화시킬 수 있는, 특정 영역의 지식이나 자료를 모델화하기 위한 기계 학습의 한 방법이다. 개념은 객체와 속성 사이의 관계를 나타내며, 이들 사이의 관계에 의해 자동으로 추출된다. 개념 망은 객체집합과 속성집합 사이의 모든 연관 관계를 개념적 계층적 클러스터링으로 제공한 상속관계를 지닌 의미 망(semantic net)으로 볼 수 있다[14].

FCA는 세 개의 기본 구성요소로 되어 있다. 첫째, 특정 영역에 존재하는 모든 객체들과 속성들을 포함하는 배경도(formal context)이다. 배경도는 표(table)를 이용하여 표현되며 테이블의 행에는 객체들이, 열에는 속성들이 기술된다. 객체와 속성 사이에 연관 관계가 있을 경우 해당 난은 십자관계('x')로 표시된다. 배경도는 다음과 같이 정의되어 있다: $C = (O, A, I)$, O 는 객체 집합, A 는 속성 집합, I 는 O 와 A 사이의 이항관계를 의미한다. 하나의 객체 o 가 속성 a 와 이항관계를 있을 경우 oIa 또는 $(o, a) \in I$ 으로 표현된다. FCA의 두 번째 구

성요소는 개념(formal concept)으로 객체와 속성 사이의 관계를 반영하며 하나의 개념은 객체집합 X와 속성 집합 Y인 (X이에)의 쌍으로 표현된다. 배경도에 존재하는 모든 개념들을 추출하기 위하여 다음의 수식들이 정의되어 있다: $X \subseteq O$ 이여 $\subseteq A$ 인 곳다: $X \rightarrow X' := \{a \in A \mid \forall o \in X: (o, a) \in I\}$, $Y \rightarrow Y' := \{o \in O \mid \forall a \in Y: (o, a) \in I\}$. 이와 같이 정의된 수식을 바탕으로 $X \subseteq O$, $Y \subseteq A$, $X' = Y$ 와 $Y' = X$ 를 만족하는 모든 개념 (X, Y)을 추출하게 된다.

마지막 구성요소는 개념 망(concept lattice)으로 배경도로부터 추출된 모든 개념들을 상·하위관계에 의해 계층적으로 구조화시킨 것이다. 주어진 두 개념 $c1=(X_1, Y_1)$ 과 $c2=(X_2, Y_2)$ 가 $(X_2, Y_2) \leq (X_1, Y_1) ::= \Leftrightarrow X_2 \subseteq X_1$ (또는 $\Leftrightarrow Y_1 \subseteq Y_2$)의 조건을 만족할 때, $c1$ 은 $c2$ 의 상위개념, $c2$ 는 $c1$ 의 하위개념이라 부른다. 개념 망은 이러한 상·하위관계에 의해 모든 개념들을 라인 다이어그램을 나타낸 것이다. 자동으로 생성된 개념 망은 하나의 부모 노드만을 갖는 트리 구조와는 달리 여러 개의 부모 노드를 가지는 네트워크 구조로 여러 경로를 허용한다.

FCA는 여러 응용 분야에 성공적으로 적용되었으며 대표적인 응용 분야로는 자료 분석, 소프트웨어 공학, 도서관 시스템, 데이터베이스로부터의 지식 발견 및 다양한 분야의 지식, 정보 관리 및 검색 등이 있다.

2. FCA의 개념 망과 온톨로지와의 관계

온톨로지에 대한 정의는 여러 가지가 존재하지만 전산학적 측면에서 자주 인용되는 것은 Guarino의 “공유된 개념(shared conceptualization)에 대한 정형화되고 명시적인 명세(formal and explicit specification)”[12]라는 정의이다. 즉, 온톨로지는 특정 영역을 표현하기 위한 데이터 모델로서 특정 영역의 합의된 지식(shared knowledge)들에 대한 개념(concepts), 개념들 사이의 관계(relations), 제약조건(constraints), 추론규칙(axioms) 및 함수(function) 등을 명시적으로 명확하게 정의하고, 이들을 기계가 판독할 수 있는 형식으로 정형화하여 명세화하는 것을 의미한다.

온톨로지는 개념화 시키는 영역의 지식 표현의 일반화 수준(generalization levels)따라 여러 형태로 구분될

수 있다[17][18]. 즉, 매우 형식적인(formal) 온톨로지부터 비형식적인(informal) 것까지 여러 다양한 개념 레벨을 갖는 온톨로지들이 존재한다. 개념, 개념간의 관계, 추론 규칙 등을 명확하게 정형화하여 명시한 것에서부터 WordNet(<http://wordnet.princeton.edu>), Open Directory Project(<http://www.dmoz.org>) 또는 시소러스 등과 같이 개념(어휘 또는 용어) 및 개념간의 관계 정의에 의해 구성된 용어 온톨로지까지 광범위한 범위를 포함하고 있다. 후자의 경우에 대해서는 비형식적인 온톨로지(informal ontology), 경량 온톨로지(lightweight ontology), 용어 온톨로지(terminological ontology), 또는 분류계층(taxonomy) 이라는 용어로 사용되는 경우가 많다. 이와 같이 계층적 구조로 표현된 분류계층들을 온톨로지의 한 종류로 볼 것인가에 대해서는 의견이 분분하지만, 온톨로지로 간주되는 경우도 많으며 온톨로지의 초기 단계로 보는 경우도 있다. 그러나 이러한 분류계층이 명확한 상속 계층 관계[19]를 형성하는 경우에는 개념간의 연관 관계 등에 의한 추론을 가능케 하므로 용어 온톨로지 등으로 분류하는데 논란의 여지는 없다[20].

[그림 1]은 FCA의 개념 망의 한 예의 일부를 보인 것이다. 각 노드는 하나의 개념에 대응되면 노드에 있는 숫자는 객체를 의미한다. 하나의 개념은 객체집합과 속성집합의 쌍으로 표현된다. 예제에서 사용된 속성의 명칭은 응용 도메인에서 사용되는 지식의 용어나 어휘들로 이루어져 있으며, 분류계층으로 간주할 경우 분류계층구조 안의 있는 클러스터(cluster)의 명칭과 유사하다고 볼 수 있다. [그림 1]에서 $\{(1, 2), \{\text{Artificial Intelligence, Knowledge Engineering}\})$ 는 하나의 개념이며 두 개의 상위개념 $\{(1, 2, 7, 8), \{\text{Artificial Intelligence}\})$ 과 $\{(1, 2, 9, 10), \{\text{Knowledge Engineering}\})$, 4개의 하위개념 $\{(3), \{\text{Artificial Intelligence, Knowledge Engineering, Knowledge Acquisition}\})$ 등을 가진다. 이 때, 개념 $\{(1, 2), \{\text{Artificial Intelligence, Knowledge Engineering}\})$ 의 속성집합은 두 부모노드의 속성집합과 상속관계에 있으며, 두 부모노드로부터 상속되었음을 알 수 있다.

FCA의 개념 망은 이와 같이 객체집합과 속성집합 사

이의 모든 존재 가능한 일반화(generalization) 및 세부화(specialization) 관계를 보이며 개념간의 모든 연관 관계를 표현한 의미망으로 볼 수 있다. 따라서 FCA의 개념 망은 응용 도메인 내의 객체와 속성과의 연관관계 안에서 모든 상위개념과 하위개념간의 계층적 상속관계가 형성된 용어 온톨로지로서 분류되어 질 수 있다[21].

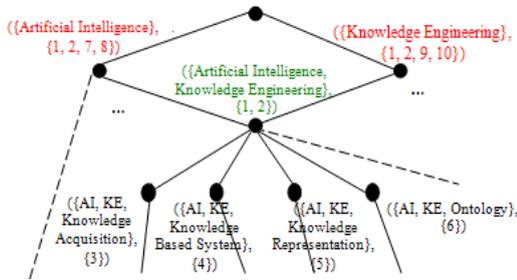


그림 1. FCA 개념 망의 계층적 내부구조

IV. FCA 기반 적응형 학습 시스템 설계

제안된 시스템은 적응형 학습 지원을 위해 영역 모델, 사용자 모델 및 적응 모델 등 크게 세 가지 모델로 구분하여 설계하였다.

1. 영역 모델 (domain model)

영역 모델은 학습영역에 대한 학습개념과 개념들 사이의 관계로 구성된다. 학습영역은 여러 개의 학습주제들과 각각의 주제에 대한 여러 학습개념으로 구성된다. 각 주제는 하나의 학습객체로 이루어지며 학습객체는 여러 형태의 학습콘텐츠 파일로 구성된다. 즉, 학습영역에 대한 전체 학습콘텐츠는 각 학습주제별로 나누어 관리되며 각 학습주제에 대응되는 학습콘텐츠는 여러 유형의 파일로 이루어진다.

FCA를 적응형 학습 시스템에 적용하기 위하여 학습영역의 학습주제는 FCA에서의 객체로, 학습주제의 의미를 나타낼 수 있는 지식어휘나 주제어들을 학습개념으로 정의하고, 이를 FCA의 속성에 대응시켰다. 즉, 배경도 $C = (O, A, I)$ 에서 O 는 학습주제(객체) 집합, A 는 학습개념(속성) 집합, I 는 O 와 A 사이의 이항관계로 정

의하였다. [표 1]은 C 언어 프로그래밍 영역을 대상으로 학습주제에 지정된 학습개념에 대한 FCA 배경도의 일부를 보인 것이다. 학습개념에서 영문자 a, b, c, d, e, f, g, h는 {a:배열, b:배열선언, c:포인터, d:포인터변수, e:포인터와 배열과의 관계, f:구조체, g:구조체정의, h:구조체 포인터}를 의미한다. 심벌 ‘x’는 해당 학습주제가 대응하는 학습개념과 관계가 있음을 의미한다. 학습구조의 순서는 학습주제를 등록할 때 교수가 정하게 된다.

표 1. 학습주제와 학습개념에 대한 배경도

객체ID	학습주제	학습개념							
		a	b	c	d	e	f	g	h
1	배열이란?	x							
2	배열선언	x	x						
3	포인터란?			x					
4	포인터변수			x	x				
5	포인터와 배열과의 관계	x	x		x				
6	구조체란?						x		
7	구조체 정의						x	x	
8	구조체 포인터			x			x		x

[그림 2]는 [표 1]과 학습구조 순서에 의해 구성된 FCA의 개념 망 구조를 보이고 있다. 각 노드는 하나의 개념에 대응되며, 노드에 표현된 개념의 형식은 FCA의 형식으로 표현하면 $(\{1, 2, 5\}, \{\text{배열}\})$, $(\{3, 4, 5, 8\}, \{\text{포인터}\})$, $(\{5\}, \{\text{포인터와 배열과의 관계}\})$ 등으로 나타나야 된다. 그러나 트리 계층구조와 유사한 표현을 위해 속성집합에서 상위개념에 있는 학습개념을 삭제하여 표현하였으며, 학습주제에 대응되는 객체집합은 문서도형 안에 기술하였다. 즉, {배열선언}은 {배열, 배열선언}을 의미하며 {포인터와 배열과의 관계}는 {배열, 포인터, 포인터와 배열과의 관계}를 의미한다. 여기에서 학습개념 ‘포인터와 배열과의 관계’와 연관된 학습객체는 1개(객체ID: 5)가 존재하지만, 학습개념 ‘포인터’와 관계되는 학습객체는 4개(객체ID: 3, 4, 5, 8)가 존재함을 알 수 있다. 이 때 학습개념 ‘포인터’와 관계되는 학습객체는 하위개념에 속해 있는 객체들(객체ID: 4, 5, 8)을 제외한 객체(3)이다. 그러나 학습객체 {4, 5, 8}도 상위개념에 속해 있는 ‘포인터’와 관계가 있음을 보인다.

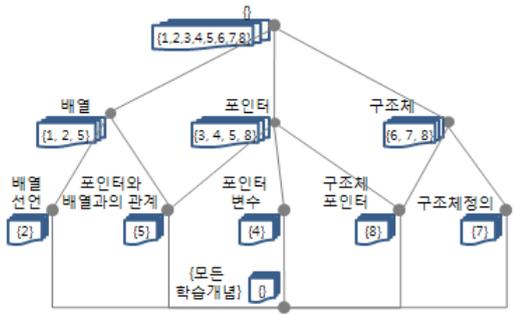


그림 2. [표 1]에 대한 FCA 개념 망 내부구조

여기에서 개념 망의 각 노드에서 하위개념에 속해 있는 학습객체를 제외할 경우 각 노드에 직접적으로 대응되는 학습객체는 하나임을 알 수 있다. 이는 학습콘텐츠(학습객체)를 학습주제 단위로 나누어 관리한 결과이다. 또한 개념 망의 각 노드에서 상위개념에 속해 있는 학습개념을 제거할 경우에도 각 노드와 직접적으로 관계되는 학습개념은 하나임을 알 수 있다. 일반적으로 FCA 응용분야에서 상위개념에 속해 있는 속성집합을 제외할 경우 반드시 속성집합의 개수가 1인 것은 아니다. 그러나 본 연구의 응용분야인 적응형 학습 시스템에서는 학습주제와 직접적으로 관계되는 학습개념은 하나로 정의한 결과이다. 학습주제에 정의된 나머지 학습개념들은 지식구조 안에서 상위지식에 속해 있는 것들이다. FCA를 적응형 학습 시스템에 적용함에 있어 이러한 원칙들을 준수하여 영역 모델을 정의해야 한다.

[그림 2]에서 학습개념 ‘포인터와 배열과의 관계’는 두 개의 부모개념(‘배열’, ‘포인터’)과 계층적 상속관계를 형성하고 있으며, 개념 망은 학습개념의 지식구조를 보이고 있음을 알 수 있다. 즉, FCA의 개념 망은 개념 간의 모든 연관관계 및 상속관계를 표현할 뿐만 아니라, 학습개념간의 지식구조를 표현하고 있음을 알 수 있다.

[그림 3]은 [그림 2]의 각 노드에서 상·하위개념에 속해 있는 학습객체와 학습개념들을 제외하여 표현한 것이며, 학습객체에 대한 학습콘텐츠 구성을 보이고 있다. 적응적 학습 시스템 지원을 위해 모든 학습주제는 이와 같이 텍스트중심, 예제중심, 문제중심 파일 및 파워포인트와 동영상 학습파일로 관리된다.

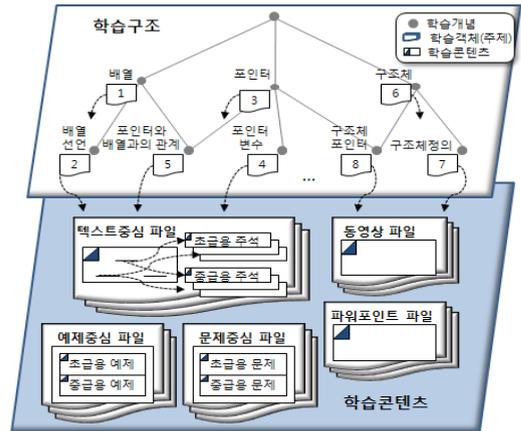


그림 3. 학습객체에 대한 학습콘텐츠 구성

텍스트중심 파일의 주요 단어와 용어는 하이퍼링크로 구성되며, 모든 하이퍼링크는 초급과 중급용 주석 파일로 구분되어 관리된다. 예제중심과 문제중심 파일 또한 초급과 중급용 파일로 구성되어 있다. 각 학습객체에 대한 전체 학습콘텐츠 파일들은 파일 종류별로 데이터베이스로 관리된다.

2. 사용자 모델 (user model)

학습자의 특성에 맞는 적응형 학습 시스템을 제공하기 위해서는 학습자의 특성 및 환경에 따라 학습내용을 제시해 주어야 한다. 따라서 학습자 각 개인의 어떠한 특성을 고려하여 반영할 것인가를 결정해야 한다.

2.1 기 분석된 학습자 상황 매개변수

많은 연구들이 다양한 측면의 학습상황 요소들을 적응형 학습 시스템에 반영하기 위한 시도를 하여 왔다. Das et al.는[22] 지금까지 이-러닝 시스템에서 고려되어 온 다양한 학습 상황 요소들(context parameters)을 [표 2]와 같이 4개의 카테고리로 분류하여 제시하고 있다.

이 밖에도 학습자의 문화적 배경[11] 및 학습자의 학습시간, 사회적 상황, 신체적 조건과 감정적 상태 등을 고려하여 반영한 경우도[5] 있다. 학습자의 학습수준과 학습스타일은 [표 2]에서 제시한 것과 다르게 제시한 경우도 많다. 예를 들면, Felder-Silvermann의 경우는

[23] 학습자의 학습스타일을 크게 4가지 차원(active/reflective, sensing/intuitive, visual/verbal, sequential/global)으로 나누어 제시하고 있으며, Kolb의 경우에는[24] 추상적인 개념을 선호하는 이론가(theorist), 실제적 경험을 선호하는 실용주의자(pragmatist) 및 정보를 내면화 시키는 선호도에 따라 활동주의자(activist)와 사색가(reflector)로 구분하여 제시하고 있다[1].

표 2. 학습자 상황 매개변수

카테고리	서브 카테고리	매개변수
프로파일	학습자 프로파일	이름, ID, 생년월일, 성별, 주소, 이메일, 전화번호, 보유기술, 지식수준, 인터넷사용
	학습수준	초급, 중급, 고급
선호도	학습스타일	비디오, 오디오, 텍스트, 애니메이션, 슬라이드
	학습선호도	개념, 예제중심, 사례연구, 시뮬레이션, 데모
	학습의도	연구, 설문조사, 학습, 프로젝트, 과제, 세미나
인프라	학습상황	사적 장소, 공적 장소, 운전 중
	학습서비스 질	네트워크 대역폭, 응답시간, 신뢰성, 가용성, 비용
	네트워크	유선, 무선
	단말기	이동형 기기, PC, 노트북, PDA
학습상황	학습속도	느림, 보통, 빠름
	학습상태	학습됨, 학습해야 함, 보충해야 함
	이해수준	이해 못함, 약간 이해함, 잘 이해함, 완전히 이해함

2.2 제안된 시스템에 적용된 학습자 상황 매개변수

본 연구에서 고려된 학습 상황 매개변수들은 Das et al.[22]이 제시한 학습 상황 요소들을 기반으로, 적응형 학습 시스템에서 가장 많이 고려되고 있는 학습자 개인 프로파일, 학습자 지식수준, 학습상태, 학습스타일 및 학습자 선호도 등을 고려하여 사용자 모델을 설계하였다. [표 3]은 본 연구에서 고려하여 반영된 학습 상황 매개변수들을 나타내고 있다.

표 3. 제안된 시스템에 반영된 학습자 상황 매개변수

카테고리	매개변수
학습자 프로파일	이름, ID, 생년월일, 성별, 주소, 이메일, 전화번호, 선수과목
학습자 지식수준	초급, 중급

학습상태	학습된 개념, 학습해야 할 개념
학습자 선호도	이론중심, 예제중심, 문제중심
학습스타일	텍스트, 파워포인트, 동영상

학습자 개인 프로파일에서는 학습자의 기본정보를 관리하며 추후 학습자에 대한 E-포트폴리오 및 학업성취현황 등 각종 보고서 등에서 활용될 계획이다. 학습자의 지식수준은 ‘초급’, ‘중급’으로 구분하였으며 고급인 경우는 포함시키지 않았다. 전문가인 경우는 C 언어 학습이 아닌 C 언어를 선수지식으로 하는 다른 학습영역에 대한 학습이 필요하다고 보았다. 학습영역간의 연계 학습을 지원할 경우 고급인 경우도 포함시킬 수 있겠다. 학습자의 지식수준은 학습자 수준 판별을 위한 자체 평가 시험을 통해 결정되며 평가를 수행하지 않았을 경우에는 안내 메시지와 함께 초급으로 지정된다.

학습상태는 각 학습개념에 대해 두 가지(‘학습된 개념’과 ‘학습해야 할 개념’) 상태 값으로 유지된다. 각 학습개념에 대한 학습자의 학습상태 결정은 학습자가 시스템에 최초 등록 시, 각 학습개념의 초기 설정을 위한 자체 평가 시험을 통해 이루어진다. 이는 학습자 지식수준 결정을 위한 자기 평가 시험과 동일하며 총점이 60점 미만인 경우는 초급, 60점 이상인 경우는 중급으로 지식수준을 구분하였다. 90점 이상인 경우는 중급으로 분류하지만, C 언어 학습이 아닌 다른 학습영역을 수행할 것을 권고한다. 평가를 실시하지 않았을 경우는 모든 개념이 ‘학습해야 할 개념’으로 지정된다. 각 학습개념에 대한 학습자의 학습상태는 학습과정 안에서 실시간으로 변할 수 있도록 하였다. 즉, 학습자가 특정 개념을 학습한 후 학습한 개념에 대한 질문에 옳은 답변을 하였을 경우 해당 개념은 학습된 개념으로 변경되게 된다. 모든 학습내용은 개념이 학습된 후 그 개념에 대한 질문을 학습자에게 제시하도록 구성되어 있다.

학습자 선호도는 본 논문의 학습영역인 C 언어 프로그래밍 학습에 적합하다고 판단된 이론중심, 예제중심, 문제중심 등 3가지 유형으로 구분하였다. 기본 값은 학습자가 초기에 지정한 유형이다. 그러나 학습자가 필요에 의해 실시간으로 변경하여 사용할 수 있도록 하였다. 제안된 시스템은 대학 교육 현장에서 활용될 수 있

는 시스템을 목적으로 하였다. 따라서 학습스타일은 한 학습객체의 콘텐츠를 구성하고 있는 요소 단위들의 매체(텍스트, 비디오, 오디오, 애니메이션 등)에 대한 스타일보다는 대학 교육에 더 적합할 것으로 여겨진, 한 학습객체의 콘텐츠를 여러 요소 단위가 아닌 하나의 단위로 구성하여, 텍스트, 파워포인트 및 동영상으로 구분하였다. 파워포인트 자료는 학습내용에 대한 강의 노트이며, 동영상 자료는 교수자가 강의한 자료를 녹화한 강의 자료이다.

3. 적응 모델 (adaptation model)

적응 모델은 학습내용을 학습자의 지식수준, 학습상태, 학습선호도와 스타일에 따라 학습내용을 학습자에게 맞게 개별화하여 제공하기 위한 것이다. 적응적 학습 시스템 맞게를 위해 [그림 3]에서 보인바와 같이 하나의 학습객체에 대해 여러 유형의 학습콘텐츠 파일이 관리된다. 제안된 시스템의 적응모델 전략은 다음과 같다.

우선먼저, 각 학습개념에 대한 학습자의 학습상태(학습된 개념 및 학습할 개념)에 따라 학습자 개개인에 맞는 학습구조(학습경로)를 구성한다. 이러한 적응된 기본 학습구조를 바탕으로 다음 항목들의 규칙이 적용된다.

첫째, 학습자의 지식수준에 따라 학습객체에 대한 학습문서의 하이퍼링크의 내용을 다르게 제시한다. 초급일 경우는 부가적인 참고자료와 보다 자세한 학습정보를 제공하는 자세한 주석을, 중급인 경우는 간단한 주석을 제공한다. 둘째, 학습자 선호도(이론중심, 예제중심, 문제중심)에 따라 학습객체에 대한 학습문서 내용을 다르게 제시한다. 즉, 학습자 선호도가 이론중심인 경우는 텍스트 중심의 학습내용으로, 예제와 문제중심인 경우에는 각각 예제와 문제중심의 학습내용으로 학습객체에 대한 학습문서 내용이 다르게 제공된다. 이때, 학습자 지식수준과 자동 연계되어 이론중심인 경우에는 주석의 상세도 차이에 의해, 예제와 문제중심인 경우에는 초급, 중급용 예제와 문제로 구분되어 제시된다. 셋째, 학습스타일(텍스트, 파워포인트, 동영상)에 따라 학습객체에 대한 학습문서 유형을 다르게 제공한다. 텍스트인 경우는 학습자 선호도의 이론중심과 동일하

다. 파워포인트를 선택하였을 경우에는 연결된 학습문서 객체가 파워포인트 학습 자료로, 동영상인 경우는 동영상 학습 자료로 학습문서 형태가 동적으로 변경된다. 학습스타일이 파워포인트와 동영상인 경우에는 학습자 선호도의 경우와는 달리 학습자 지식수준과 연계시키지 않았다. 즉, 학습자 지식수준에 관계없이 동일한 파워포인트 또는 동영상 학습 자료가 제시된다. 추후, 학습자 지식수준에 대응할 수 있도록 파워포인트와 동영상 자료를 제작하여 보완할 수 있겠다.

적용된 각 사용자 특성에 대한 보다 자세한 적용 절차는 다음과 같다. 첫째로, 학습자 지식수준에 알맞게 학습콘텐츠를 제시하기 위해 학습영역에 대한 전체 학습내용을 학습주제 단위로 나누고 각 주제에 대한 학습문서는 XML(eXtensible Markup Language)을 이용하여 작성하였다. 학습문서의 주요 단어와 용어는 하이퍼링크(hyperlink)를 이용하여 주석을 제공하며 초급인 경우는 자세한 주석을, 중급인 경우는 간단한 주석을 제공한다.

둘째로, 학습상태에 따라 학습콘텐츠에 대한 학습구조(학습경로)를 다르게 제시하며 이는 다음과 같은 절차에 의해 이루어진다. 먼저 FCA의 배경도에 있는 각 학습주제의 학습개념들 중 해당 학습자가 알고 있는 개념들, 즉 학습된 개념들을 전부 삭제한다. 학습된 개념들이 삭제된 배경도로부터 개념 망을 재구성하여 제시한다. 예를 들어, [표 1]의 배경도에서 ‘배열’, ‘배열선언’, ‘포인터’ 및 ‘포인터변수 선언’의 개념들이 이미 학습되었다고 가정할 경우 이러한 학습개념을 포함하고 있는 학습주제에서(객체 ID: 1, 2, 3, 4, 5, 8) 해당 학습개념을 삭제한 후, 개념 망을 재구성한다. 구성된 ‘포인망은 [그림 4]와 같으며 이는 [그림 2]와는 다른, 학습자에게 학습주‘포인망 구조이다. 학습자가 학적 학습구조가 아닌 전체 학습내용에 대한 학습구조를 원할 경우에는 언제든지 자유롭게 선택하여 사용할 수 있도록 시스템을 설계하였다.

셋째로, 학습자의 학습선호도(이론중심, 예제중심, 문제중심)와 학습스타일(텍스트, 파워포인트, 동영상)에 따른 적응형 학습 시스템 지원은 학습콘텐츠의 하이퍼링크에 연결된 문서객체를 학습자 개개인의 학습선호

도와 스타일에 따라 다르게 제시함으로써 이루어진다. 대부분의 적응형 학습 시스템의 경우에는 학습스타일과 선호도 등은 설문지 문항을 통해 자동 유추하여 사용된다. 그러나 제안된 시스템에서는 기존 시스템과는 달리 학습자 스스로 개인의 학습스타일과 선호도를 선택하여 사용할 수 있도록 설계하였다. 학습스타일과 선호도 등은 학습자의 상황, 기분, 시간에 따라 언제든지 변할 수 있는 요소들이며[1], 학습을 수행하는 과정 안에서 이러한 학습자 요구 변화를 실시간으로 자동 추론하여 학습내용을 동적으로 적응시켜 제공하는 것은 그리 쉬운 일은 아니다. 그러므로 본 연구에서는 학습자 스스로 필요에 의해 자유롭게 선택하여 자기 주도적 학습을 수행할 수 있도록 하였다. 따라서 학습자는 학습을 수행하는 과정 중에 자신의 학습스타일과 선호도를 언제든지 변경할 수 있으며, 시스템은 변경된 학습자 요구에 따라 연결된 문서 객체를 동적으로 변경하여 제시하게 된다.

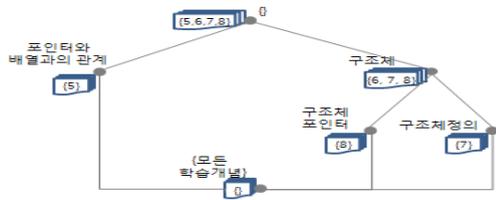


그림 4. 학습자에 적용된 개념 망 내부구조

V. 적응형 학습 시스템 구현

제안된 적응형 학습 시스템은 Windows 환경에 Tomcat과 Java 개발 툴을 설치한 후 Java, JSP 이용하여 구현하였으며 데이터베이스는 MySQL을 사용하였다. 구현된 시스템은 Microsoft사의 Explorer 5.0 이상의 웹 브라우저에서 실행될 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 학습영역은 대학 교육에서 적용하여 사용할 수 있는 C 언어 프로그래밍 학습을 위한 것이다.

1. 영역 모델을 위한 학습콘텐츠 관리

교수자는 우선 학습영역에 대한 각 학습주제별로 다

양한 형태(텍스트, 예제와 문제중심 및 과워포인트와 동영상 강의 자료)의 학습콘텐츠를 제작하여야 한다. 본 시스템에서는 학습콘텐츠 제작을 위한 별도의 편집 도구는 개발하지 않았으며 동영상 등의 다양한 형태의 학습콘텐츠를 제작할 수 있는 기 개발된 학습콘텐츠 저작 도구 및 멀티미디어 편집 도구[25]를 이용하였다. 교수자는 학습콘텐츠를 제작한 후 학습주제(학습객체)에 대한 학습콘텐츠 파일 및 학습개념들을 등록해야 한다. 교수자는 여러 교과목의 학습 시스템을 개발할 수 있으며 시스템의 로그인 과정을 거쳐 원하는 학습영역 교과목을 생성한 후 시스템의 초기화면에서 ‘학습콘텐츠 관리’를 선택하면 [그림 5]와 같은 학습콘텐츠 관리 화면이 나타나게 된다.

교수자는 학습주제를 입력한 후 이에 대해 미리 제작해 놓은 다양한 형태의 학습콘텐츠 파일들을 업로드 하여 연결하고, 해당 학습주제의 학습개념을 등록해야 한다. 학습개념은 직접 입력하거나 리스트로부터 선택하여 등록할 수 있다. 리스트에서 제공된 개념들은 다른 학습주제의 학습개념으로 사용된 것들이며, 개념들의 재사용 및 사용 편의성 측면에서 제공하였다. 교수자는 ‘학습콘텐츠 수정’ 항목을 통해 등록된 학습주제와 관련된 학습객체 파일 및 학습개념 등을 언제든지 수정할 수 있다. 또한 ‘학습콘텐츠구조 열람’ 항목을 통해 FCA 개념 망으로 구조화된 학습개념들의 구성을 열람하여 볼 수 있다. 학습구조의 순서는 학습주제를 등록한 순서에 의해 정의된다. 학습주제 입력 항목 우측에 존재하는 ‘등록된학습주제열람’ 링크를 통해 등록된 학습주제에 대한 학습구조의 순서를 조정할 수 있다. 예를 들어, [표 1]에 있는 학습주제와 이에 대한 학습개념들을 객체ID 순으로 입력하게 되면 [그림 2]와 같은 구조의 개념 망이 생성되게 된다. 이 때 학습구조의 순서는 최상위에 존재하는 학습개념으로 볼 때, ‘배열’ → ‘포인터’ → ‘구조체’이다. 이는 입력 순서에 의해 정해지며, 입력 순서를 학습구조의 순서에 관계없이 입력한 경우에는 ‘등록된학습주제열람’ 링크를 통해 수정할 수 있다. 이러한 과정을 통해 학습영역의 학습주제에 대한 학습구조는 자동적이고 점진적인 방법으로 구성되어 간다.

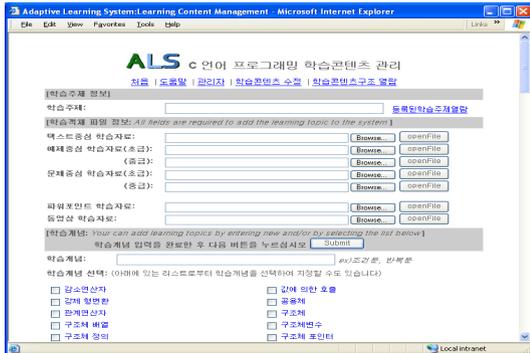


그림 5. 학습콘텐츠 및 학습개념 등록 화면

2. 사용자 모델을 위한 학습자 상황 정보 관리

학습자는 학습 시스템을 이용하기 전에 개인 프로파일 정보(이름, ID, 생년월일, 성별, 주소, 이메일, 전화번호, 선수과목)와 학습개념에 대한 학습상태 및 지식수준 판별을 위해 자체 평가 시험을 실시하게 된다. 개인 프로파일 정보는 강의 지원 시스템 등과 연계할 경우 자동 입력될 수 있겠다. 시스템은 학습자가 자체 평가 시험을 수행할 때 우선먼저 평가 여부를 묻게 된다. 평가를 원하지 않을 경우에는 학습자의 지식수준은 초급으로, 모든 학습개념의 학습상태는 ‘학습해야 할 개념’을 자동 지정된다. 자체 평가를 수행하지 않고 학습 시스템을 이용할 경우에도 이와 동일하다. 자체 평가를 원할 경우에는 학습영역에 대한 개념 망의 노드 구성 순서에 따라 좌, 우, 상, 하 방향 순으로 각 학습개념과 관련된 질문을 하게 된다. 만약 부모노드가 여러 개인 경우에는 모두 부모노드에 대한 질문을 수행한 후 실시하게 된다. 예를 들면, [그림 2]의 개념 망 노드에 대한 질의 순서는 ‘배열 → 배열선언 → 포인터 → 포인터변수 → 포인터와 배열과의 관계 → 구조체 → 구조체 정의 → 구조체 포인터’이다. 이 때 상위 학습개념에 대한 질문에 오답을 하였을 경우에는 하위개념에 대한 질문은 수행하지 않고 오답으로 자동 처리된다. 예를 들어, [그림 2]의 개념 망에서 ‘배열’에 대한 질문에 오답을 하였을 경우에는 하위 개념 ‘배열선언’과 ‘포인터와 배열과의 관계’에 대한 질문은 하지 않게 된다. 즉, 오답의 개념과 관련된 모든 학습개념들의 학습상태는 ‘학습해야 할 개념’으로 자동 지정된다.

그 다음, 시스템은 학습자에게 학습자의 학습스타일과 선호도를 묻게 된다. 학습자에 의해 지정된 학습스타일과 선호도는 학습자의 기본 값으로 사용된다. 그러나 IV절에서 언급한바와 같이, 학습자는 학습을 수행하는 과정 중에 언제든지 자신의 학습스타일과 선호도를 실시간으로 변경하여 사용할 수 있도록 하였다. 사용자 모델과 관련된 모든 자료는 데이터베이스로 관리된다.

3. 학습자 상황에 따른 적응적 학습 지원

학습자는 자체 평가 등의 초기 단계를 거친 후에 학습 시스템을 사용할 수 있다. 시스템은 학습자의 상황에 맞게 학습개념을 구조화하여 제시하게 된다. [그림 6]은 C 언어 프로그래밍 학습을 위한 학습 시스템의 첫 화면을 보여주고 있으며, 이는 모든 학습개념이 학습되지 않았을 경우의 예를 보인 것이다.

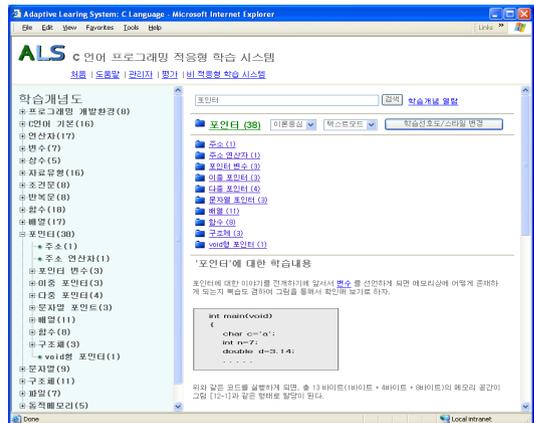


그림 6. 적응형 학습 시스템의 첫 화면

학습 시스템은 크게 상단의 메뉴 부분과 하단의 학습을 위한 화면으로 구분되어 있다. 하단의 학습 화면은 또 다시 좌측과 우측 화면으로 구분되어 있으며 우측 화면은 3개 영역으로 나누어져 있다. 좌측 화면에는 FCA 개념 망에 기반을 둔 학습개념도가 계층적 트리구조로 변환되어 제공된다. 이는 전체 학습개념도를 총괄적으로 보여 주고, 일반 트리구조에 익숙한 사용자들의 편의성을 지원하기 위한 것이다. 각 학습개념 옆의 괄호 안에 있는 숫자는 해당 개념과 관련된 학습객체의

수를 의미한다. 학습자는 학습하고자 하는 학습개념을 좌측 화면의 학습개념도에서 선택하거나 또는 우측 화면 상단에 있는 질의어 인터페이스에 직접 입력하여 검색한 후 학습을 수행할 수도 있다. 질의어 인터페이스를 통해 학습개념을 입력할 경우, 학습자는 코마(,)로 구분된 여러 키워드를 동시에 입력할 수 있으며, 이는 'AND' 부울리언 연산자로 가정되어 검색이 수행된다. 학습자는 '학습개념 열람'을 통해 시스템에 등록되어 있는 학습개념들을 열람하여 질의어를 구성할 수 있다.

우측 화면의 중간에는 학습하고자 하는 학습개념과 이에 대한 개념 망 구조에서 직계 상·하위 노드의 학습개념들을 하이퍼링크로 구성하여 제공한다. [그림 6]은 학습개념 '포인터'에 대한 예를 보인 것이다. '포인터'에 대한 학습내용은 우측 화면 하단에 표시된다. [그림 6]은 중요 단어 등이 하이퍼링크로 구성된 이론중심의 텍스트로 이루어진 학습내용의 예를 보이고 있다. 하이퍼링크의 내용은 선택 시 팝업 화면을 통해, 학습자의 지식수준에 따라 다르게 제시된다. 학습자는 학습을 수행하는 과정 중에 자유롭게 자신의 학습스타일과 선호도를 변경하여 사용할 수 있다. 학습내용의 형태는 선택한 유형에 맞게 자동으로 변경되어 표시된다.

[그림 7]은 사용자가 [그림 6]의 우측 화면에서 서브개념 '배열 (11)'을 선택하였을 경우에 대한 결과를 보여주고 있다. 개념 간의 상호 구분을 위해 현재 노드의 개념은 녹색으로 부모 노드는 빨강색으로, 자식 노드의 개념은 파랑색으로 표시하였다. [그림 7]을 통해 여러 개의 부모 노드를 가지는 다중 경로의 개념 망 구조를 확인할 수 있다. 이러한 학습구조를 통해 학습자는 현재 학습개념인 '포인터'를 학습하면서, 이와 관련이 있는 '배열'의 학습개념보여주다 쉽게 복습할 수 있다. 즉 부모 노드 개념인 '배열 (11)'을 선택하게 되면 '배열'을 중심으로 학습을 다시 시작할 수 있다. 이와 같이 하나의 부모 노드만을 허용하는 계층적 트리 구조(좌측 화면에서 제공된 트리 구조의 학습 개념도)와는 달리 다중 부모 경로를 허용하는 개념 망은 개념 간의 연관 관계를 중심으로 학습을 가능하게 함을 알 수 있다. [그림 7]에서 '포인터 -> 배열 (11)'에 대한 학습내용(즉, 학습객체)은 존재하 노드는다. 따라서 부모 개념에 대

한 학습내용, 즉 '포인터'에 대한 학습내용이 제시되어 있다.

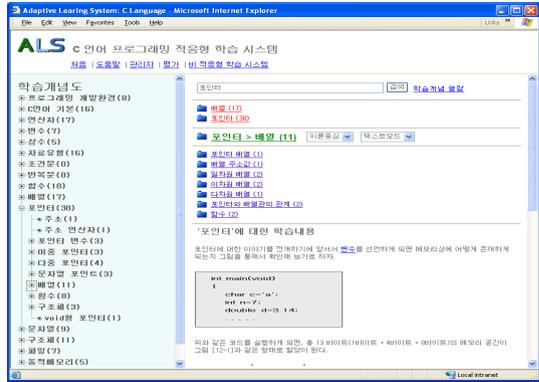


그림 7. 다중 부모 노드 구조를 보이는 화면 예제

[그림 8]은 학습자가 '배열'에 대한 학습을 이미 수행하였다고 가정할 경우의 학습구조, 즉 적응형 학습구조를 보인 것이다. [그림 6]은 '배열'을 학습하지 않았을 경우의 학습 구조를 보인 것이며 이때 '배열 (11)'은 '포인터 (38)'의 서브개념으로 포함되어 있다. 그러나 '배열'을 학습한 [그림 8]에서는 '배열 (11)' 대신 '배열 주소값(1)', '포인터 배열 (3)', '포인터와 배열과의 관계 (3)' 등이 '포인터 (34)'의 서브개념으로 구성되어 있다. 일반적으로 '배열'을 학습한 경우에는, 학습개념도에 있는 '배열' 이전의 개념들 (즉 C언어 기본, 연산자, 변수, 상수, 자료유형 등) 또한 학습되는 것이 보통이다. 그러나 [그림 8]에서 보인 예제는 '배열'만 학습되었다고 가정한 것이다.

제안된 시스템은 적응형 학습 시스템을 목적으로 하였지만, 학습자의 자율성을 허용하기 위하여 학습자가 '적응형 학습 시스템'이 아닌 '비 적응형 학습 시스템'을 원할 경우에는 자유롭게 언제든지 선택하여 사용할 수 있도록 설계하였다. 화면 상단 메뉴 부분의 '비 적응형 학습 시스템' 링크를 선택하여 이용할 수 있으며, 토글 방식으로 구현되어 있다. 즉 '비 적응형 학습 시스템'을 선택하면 메뉴 항목의 내용은 '적응형 학습 시스템'으로 바뀌게 된다. 앞서 언급한바와 같이 개념간의 연관 관계를 중심으로 이미 학습한 개념들을 복습하면서 새로

은 내용들을 학습하고자 할 경우에 이용될 수 있으리라 본다.

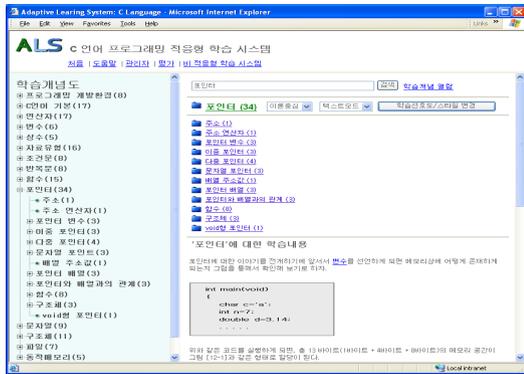


그림 8. 적응형 학습구조를 보이는 화면 예제

학습한 개념이 ‘학습한 개념’으로 변경되기 위해서는 학습자는 학습한 개념에 대한 평가를 실시해야 한다. 이를 위해 모든 학습내용의 맨 마지막에 해당 학습개념에 대한 평가 질문을 연결시켜 학습개념을 학습한 후 바로 평가를 실시할 수 있도록 하였다. 또한 학습자는 여러 학습주제에 대해 학습을 수행한 후 일괄적으로 평가를 후에 수행할 수도 있다 (화면 상단 메뉴 항목에 있는 ‘평가’ 항목을 통해). 이를 위해 시스템은 학습자가 학습한 개념에 대한 모든 정보를 자동 저장하고, 학습자가 평가를 실시할 경우 저장된 학습 정보를 바탕으로 학습자에게 평가 질문을 제시하게 된다.

VI. 결론

적응형 학습 시스템은 학습자의 다양한 특성에 따라 학습내용을 학습자 개개인에 맞게 개별화하여 지원하기 위한 것이며, 많은 학습 시스템들이 이를 지원하기 위한 다양한 시도들을 하여 왔다. 최근에는 적응적 학습내용을 보다 효과적으로 지원하기 위하여 시맨틱 환경의 온톨로지를 기반으로 한 적응형 학습 시스템에 대한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 온톨로지를 기반으로 한 적응형 학습 시스템은 학습개념들의 상호 연관성, 추론에 의한 새로운 지식 창출, 학습개념의 공유 및

재사용 등으로 보다 향상된 학습 서비스 제공이 가능하다. 그러나 기존 온톨로지의 접근 방법은 온톨로지의 잠재적인 모든 장점을 살려 실용화하는 데는 많은 시간이 소요되며, 누구나 쉽게 접근하여 구축하기에는 어려움이 있다.

본 연구에서는 온톨로지의 장점을 살리면서 누구나 쉽게 접근하여 구축할 수 있는 특정 영역의 학습에 적합한 보다 유연하고 자유로운 적응형 학습 시스템을 기계 학습의 한 기법인 FCA를 이용하여 설계하였다. 제안된 시스템은 학습영역에 존재하는 학습객체와 개념 사이의 연관 관계에 따라 이들을 개념 망 안에 자동으로 계층화하고 학습자의 지식수준, 학습개념의 학습상태, 학습선호도와 스타일에 따라 개념 망 학습구조를 학습자 개개인에 맞게 적응적으로 구조화하여 제시할 수 있도록 지원한다. 또한 계층적 트리 구조와는 달리 다중 부모 노드 경로를 허용함으로써 학습개념간의 연관 관계를 중심으로 학습을 가능하도록 하였다. 본 논문에서는 C 언어 프로그래밍을 좀 더 효과적으로 학습할 수 있도록 지원하는 적응형 학습 시스템을 설계하고 구현하였다.

본 연구의 향후 과제로는 대학 교육현장에 직접 적용하여 교수자와 학생들의 피드백을 바탕으로 하여 이에 대한 효과성 분석이 필요하다고 본다. 또한 학습개념간의 연관 관계를 넘어, 추론규칙 등을 정의하여 FCA 개념 망을 정형화된 온톨로지(formal ontology)로 확장하여 이용할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하리라 본다.

참고 문헌

[1] 최숙영, “적응형 학습을 위한 온톨로지 기술의 적용 방안”, 한국컴퓨터교육학회논문지, 제12권, 제6호, pp.53-66, 2009.

[2] P. D. Bra, P. Brusilovsky, and G. J. Houben, “Adaptive Hypermedia: From Systems to Framework,” ACM Computing Surveys, Vol.31, No.4es, pp.1-6, 1999.

- [3] H. Wu, E. D. Kort, and P. D. Pra, "Design Issues for General-Purpose Adaptive Hypermedia Systems," Proc. of the ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, Aarhus, Denmark, August, pp.141-150, 2001.
- [4] 정효숙, 박성빈, "초보자들의 프로그래밍 학습을 위한 웹 기반 적응형 하이퍼미디어 시스템", 한국컴퓨터교육학회논문지, 제7권, 제6호, pp.37-45, 2004.
- [5] P. Brusilovsky and E. Millan, "User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems," Springer, LNCS, Vol.4321, pp.3-53, 2007.
- [6] 최숙영, "컨셉맵을 이용한 적응형 교수 시스템", 한국컴퓨터교육학회논문지, 제9권, 제1호, pp.29-39, 2006.
- [7] N. Henze, "Personal Readers: Personalized Learning Object Readers for the Semantic Web," Proc. of the 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED '05), pp.15-22, 2005.
- [8] E. Holohan, M. Melia, D. McMullen, and C. Pahl, "Adaptive E-Learning Content Generation based on Semantic Web Technology," Proc. of the Application of Semantic Web Technology for E-Learning, pp.29-36, 2005.
- [9] C. Pahl and E. Holohan, "Applications of Semantic Web Technology to Support Learning Content Development," Interdisciplinary J. of E-Learning and Learning Object, Vol.5, pp.1-25, 2009.
- [10] J. Jovanovic, D. Gasevic, and V. Devedzic, "TANGRAM for Personalized Learning Using the Semantic Web Technologies," J. of emerging technologies in web intelligence, Vol.1, No.1, pp.6-21, 2009.
- [11] I. Casparini, A. Bouzeghoub, J. P. M. de Oliveira, and M. S. Pimenta, "An adaptive e-learning environment based on user's context," Proc. of the Third International Workshop on Culturally-Aware Tutoring Systems (CATS 2010), pp.1-12, 2010.
- [12] T. R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specification," Knowledge Acquisition, Vol.5, No.2, pp.199-220, 1993.
- [13] P. Drucker, "Need to Know: Integrating e-Learning with High Velocity Value Chains," A Delphi Group White Paper, pp.1-12, 2000.
- [14] R. Wille, "Restructuring lattice theory: an approach based on Hierarchies of concepts," In: Ivan Reval (ed.), Ordered sets, Reidel, Dordrecht-Boston, pp.445-470, 1982.
- [15] B. Ganter and R. Wille, *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*, Springer, 1999.
- [16] K. Thyagarajan, and R. Nayak, "Adaptive Content Creation for Personalized e-Learning Using Web Services," J. of Applied Sciences Research, Vol.3, No.9, pp.828-836, 2007.
- [17] G. van Heijst, A. T. Schreiber, and B. J. Wielinga, "Using Explicit Ontologies in KBS Development," Int. J. of Human and Computer Studies, Vol.46, No.2-3, pp.183-292, 1997.
- [18] N. Guarino, "Understanding, Building, and Using Ontologies," Int. J. of Human and Computer Studies, Vol.46, No.2-3, pp.293-310, 1997.
- [19] D. H. Fischer, *From thesauri towards ontologies?*, Advances in Knowledge Organization (ipsi.fhg.de), 1998.
- [20] 심경, "온톨로지(Ontology)", 도서관문화, 제5권, 제10호, pp.49-59, 2009.
- [21] M. Kim and P. Compton, "The perceived ontology of standard ontologies in document management for specialized domains," Int. J. of Human Computer Studies, Vol.64, No.1,

pp.15-26, 2006.

- [22] M. M. Das, M. Bhaskar, T. chithralekha, and S. sivasathya, "Context Aware E-Learning System with Dynamically Composable Learning Objects," *Int. J. on Computer Science and Engineering*, Vol.2, No.4, pp.1245-1253, 2010.
- [23] D. Kolb, *Experience learning: Experience as source of learning and development*, Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984.
- [24] R. Felder and L. Silverman, "Learning styles and teaching styles in engineering education," *Engineering Education*, Vol.78, No.7, pp.674-681, 1998.
- [25] 성동욱, 이미숙, 박준호, 박형순, 박찬, 유관희, 유재수, "학습활동 중심의 u-러닝 콘텐츠 저작 시스템의 설계 및 구현", *한국콘텐츠학회논문지*, 제9권, 제1호, pp.475-483, 2009.

저자 소개

김 미 혜(Mihye Kim)

정회원



- 1984년 2월 : 전북대학교 전산통계학과(이학사)
- 1999년 2월 : New South Wales 대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2003년 7월: New South Wales 대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 2004년 9월 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터교육과 교수

<관심분야> : 지식관리 및 검색, 온톨로지, HCI, 알고리즘, 컴퓨터교육, 이-러닝