
개념 망 구조를 기반으로 한 문항 관리 시스템의 설계 및 구현

Design and Implementation of a Question Management System based on a Concept Lattice

김미혜

대구가톨릭대학교 컴퓨터교육과

Mi-Hye Kim(mihyekim@cu.ac.kr)

요약

이-러닝을 통한 교육에 있어 학습자의 학업 성취도를 향상시킬 수 있는 중요한 요인 중의 하나는 다양한 평가문항을 제공하여 학습자가 원하는 주제의 문제들을 용이하게 검색하여 학습할 수 있도록 지원하는 것이다. 그러나 평가문항을 위한 시스템은 주로 구문해석에 기반 한 키워드 검색과 영역별 단위 중심의 계층적인 분류체계에만 의존하고 있어 영역별 연관 관계에 의한 통합된 유형의 문항 검색에는 어려움을 지닌다. 본 논문에서는 C언어 프로그래밍 학습을 위한 문항을 웹상에서 쉽게 관리하고 유지할 수 있는 더불어 관리된 문항들을 효과적으로 검색하여 활용할 수 있는 문항관리 및 검색 시스템을 설계하고 구현하였다. 제안된 문항 검색 시스템은 사용자 질의가 가지는 의미로부터 문항간의 개념적 연관 관계에 의한 검색을 가능하게 함으로써 단일 주제의 문항뿐만 아니라 영역별 연관 관계에 의한 통합된 유형의 문항들을 편리하게 검색하여 학습에 활용할 수 있도록 하였다. 따라서 제안된 시스템은 교과의 기본적인 원리, 개념의 이해뿐만 아니라 종합적인 지식 활용 및 문제 해결 능력 향상을 지원하는 시스템으로 기대된다.

■ 중심어 : | 문항검색시스템 | 문항관리시스템 | 문항관리 및 검색 시스템 | 개념기반검색 |

Abstract

One of the important elements for improving academic achievement of learners in education through e-learning is to support learners to study by finding questions they want with providing various evaluation questions. However, most of question retrieval systems usually depend on keyword search based on only a syntactical analysis and/or a hierarchical browsing system classified by the topics of subjects. In such a system it is not easy to find integrative questions associated with each other. In order to improve this problem, in this paper we proposed a question management and retrieval system which allows users to easily manage questions and also to effectively find questions for study on the Web. Then, we implemented a system that gives to access questions for the domain of C language programming. The system makes it possible to easily search questions related to not only a single theme but also questions integrated by interrelationship between topics and questions. This is done by supporting to be able to retrieve questions according to conceptual interrelationships between questions from user query. Consequently, it is expected that the proposed system will provide learners to understand the basic theories and the concepts of the subjects as well as to improve the ability of comprehensive knowledge utilization and problem-solving.

■ keyword : | Question Management and Retrieval System | Question Management System | Question Retrieval System | Concept-based Retrieval |

I. 서론

정보 통신 기술의 발달과 더불어 이-러닝은 매우 보편화된 교수 학습 활동의 새로운 방법이 되었으며, 웹을 기반으로 하는 가상학교는 물론 한국교육과정평가원(KICE), 한국교육학술정보원(KERIS)을 비롯한 시도 교육청, 일반학원 등 거의 모든 교육 관련 기관들은 웹을 기반으로 하여 다양한 교수 학습 자료를 서비스해 주고 있다. 이러한 변화 요구에 부응하여 일선 교육현장의 교육환경도 교실 수업과 병행하여 학습활동을 보조할 수 있는 여러 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 제공해야 하며 학습자의 자율적이고 독립적인 학습 관리를 지원할 수 있는 학습자 주도의 학습 환경 제공 등으로 본다[1]. 이러한 웹 기반 교육의 특성을 지원하기 위해 다양한 분야와 방법론의 연구가 진행되고 있으며 그 중 하나가 평가문항이다[2]. 학습자는 웹 기반 평가문항을 통해 자신의 학업성취도를 확인하고 문제 해결을 통해 학업성취도를 향상시키며 자기 주도적 학습 능력을 신장시킬 수 있다. 다시 말해, 다양한 평가 문항을 제공하여 학습자가 원하는 문제를 쉽게 검색하여 자기 주도적 보충학습을 효과적으로 수행할 수 있도록 지원하는 것이 평가 문항 시스템이다. 이러한 기능을 지원하기 위해 대부분의 웹 기반 학습(Web-Based Instruction: WBI) 시스템은 학습 콘텐츠와 더불어 학습자 스스로 학업성취도를 평가하고 향상시킬 수 있는 평가문항을 제작하여 관리한 후 웹 기반 검색엔진을 제공하여 문항을 검색하여 활용할 수 있도록 서비스한다. 따라서 문항관리 시스템에 있어 쉽고 효과적인 문항 관리 및 검색은 아주 중요한 기능을 이룬다고 말할 수 있겠다.

그러나 대부분의 문항 시스템은 영역별 단원 중심의 계층적 트리 구조를 이용하여 문항을 관리하며 문항을 위한 검색 또한 주로 수작업으로 이루어지는 영역별 단원 중심의 계층적 분류체계에만 의존하고 있어[3-5] 학습자가 원하는 주제의 문제들을 효과적으로 검색하여 활용하는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 또한 영역별 내

용 요소 간에 통합적이고 상호연관성 있는 문항을 검색하여 활용하는 데에는 더욱 한계가 있다. 다시 말해, 계층적인 분류체계를 이용하여 문항을 관리할 경우, 문항은 가장 적절한 계층적 트리 경로 상에 색인되며 통합형 문항인 경우에는 여러 경로 상에 색인되어야 하고 중복 색인된 문항을 수작업으로 일관성 있게 유지 관리한다는 것은 어려운 일이다. 그 결과 수작업으로 구성된 계층적 트리 구조를 이용하여 단원 중심으로 문항을 관리할 경우 통합형 문항 및 영역별 상호연관성이 있는 문항을 효과적으로 정확하게 관리하고 검색하여 활용할 수 있도록 지원하는 것은 어려울 수밖에 없다. 이러한 문제점들을 극복하기 위해 퍼지 시소리스를 이용한 연구[6]와 시맨틱 웹을 기반으로 한 연구[7]가 수행되기는 하였으나 영역별 연관 관계에 의한 검색을 제공해 줄 수 있는 도구가 여전히 미흡한 현실이다.

따라서 본 논문에서는 대학교육 현장에서 교실 강의와 병행하여 학습활동을 보조할 수 있는 문항들을 웹상에서 누구나 쉽게 작성하여 유지 관리하고 더불어 관리된 문항들을 효과적으로 검색하여 활용할 수 있는 문항 관리 및 검색 시스템을 기계 학습의 한 기법인 FCA(Formal Concept Analysis)의 개념 망(Concept lattice)[8][9]을 이용하여 제안한다. 제안된 시스템은 문항을 문항의 키워드간의 연관 관계에 의한 개념 망으로 관리하며 키워드 검색뿐만 아니라 개념 망을 자유롭게 탐색하며 문항을 검색할 수 있도록 지원한다. 이는 계층적인 트리 구조의 한계를 넘어 사용자 질의가 가지는 의미로부터 문항간의 개념적 연관 관계에 의한 검색을 가능하게 함으로써 단일 주제의 문항뿐만 아니라 영역별 연관 관계에 의한 통합된 유형의 문항들을 쉽게 검색하여 학습에 활용할 수 있게 한다. 따라서 제안된 시스템은 교과와 기본적인 개념과 원리의 이해를 넘어 종합적인 문제 해결 및 지식 활용 능력 신장을 지원하는 시스템으로 활용가치가 높을 것으로 기대된다.

본 논문에서는 C언어 프로그래밍 학습을 위한 문항을 웹상에서 관리한 후 수강 학생들이 활용할 수 있는 문항 시스템을 설계하고 구현하였다. 다른 교과목의 문항도 동일한 방법을 이용하여 서비스될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구

들에 대해 살펴보고 3장에서는 제안된 시스템의 주요 메커니즘인 FCA에 대해 간략히 소개한다. 또한 제안된 문항관리 및 검색 시스템의 설계와 구현에 대해 기술하고 4장에서는 제안된 시스템의 성능을 계층적인 트리 구조에 기반 한 시스템의 성능과 비교 분석하여 평가한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 함께 향후 연구 과제에 대해 논의한다.

II. 관련연구

문항 검색 시스템의 주요 목적중의 하나는 사용자가 요구하는 특정한 주제와 관련된 문항들을 정확하게 검색하여 제시하고, 제시된 문항을 해결해 가는 과정과 그 결과를 통해 학습자의 학업 성취도를 향상시킬 수 있도록 하는 것이다. 따라서 문항관리시스템에 있어 양질의 다양한 문항 제공 및 검색은 아주 중요한 기능을 이룬다고 볼 수 있다.

전통적인 평가문항시스템의 문항 검색 방법은 한국 교육과정평가원의 교수학습개발센터[4]와 한국교육학술정보원의 에듀넷 중앙교수학습센터[5]에서 사용하고 있는 학년별, 학기별, 과목별, 영역별 대단원 중심의 계층적 트리 구조에 기반 한 디렉터리 탐색에 의한 검색이다. 시·도 교육청의 사이버가정학습[10], 한국교육과정평가원의 각종 기출문제 자료실[11], 전문 자격증 취득[2] 및 대학 입시정보 기출 문제[12]를 위한 문제 은행 시스템들도 대부분 연도별, 분야별, 교과별, 영역별 트리 구조의 분류체계를 사용하여 문항을 서비스한다. 즉 현재 사용하고 있는 문항 시스템의 대표적인 검색 방법은 학년, 교과, 단원별 등에 기반 한 계층적 트리 구조를 이용하며 여기에 난이도(상·중·하), 문항유형(단답형, 서술형 등) 및 교과목에 따른 행동요소별 등으로 구분하여 상세 검색을 수행할 수 있도록 지원한다. 이 방법은 교과 영역의 전문가가 대단원 중심의 분류체계를 미리 정의 생성하고 그를 바탕으로 문항을 관리하고 검색하도록 한다. 이러한 계층적인 트리 구조에 기반 한 문항 검색은 문항 관리 구조 자체가 고정되어 있어 영역별 내용 요소간의 통합적이고 상호연관성 있는 문항

검색에 한계를 지니며 검색 주제어와 개념적으로 혹은 의미적으로 연관된 다른 주제어와 관련된 문항들을 검색할 수 없어 문항을 통한 종합적인 학습을 기대하기가 어렵다. 키워드 검색을 통해 특정 주제와 관련된 문항을 직접 검색할 수 있도록 지원하는 시스템도 있지만 문항 내용 자체의 의미와 관련된 검색이기보다는 분류 체계에 사용된 색인어와 일치하는 문항을 검색하여 제공한다. 따라서 계층적 트리 구조에 기반 한 검색과 동일한 문제점을 내포하고 있다고 볼 수 있다. 또한 사용자 질의어와 색인어가 정확하게 일치하지 않는 경우에는 문항을 검색할 수 없다는 문제점도 지닌다.

이러한 키워드 검색의 문제점들을 극복하기 위해 퍼지 시소러스(Thesaurus)를 이용하여 사용자 질의어의 의미와 개념적으로 상호 연관된 문제들을 검색하여 학습자의 연상학습을 지원할 수 있는 퍼지 검색 시스템이 연구 개발되었다[6]. 이 시스템은 사용자 질의어와 문항 관리에 사용된 색인어와의 용어 불일치로 인해 검색할 수 없었던 문항들을 퍼지 정도를 표현한 시소러스를 이용하여 검색 가능하게 하였다. 다시 말해 이 방법은 사용자 질의어와 색인어와의 용어 불일치 문제로 인한 낮은 검색 재현율을 퍼지 불리언 모델과 도메인 전문가에 의해 구성된 퍼지 시소러스에 의해 사용자 질의어를 확장하여 의미적으로 유사한 다른 문항들을 검색하여 검색 성능을 향상시키는데 역점을 두고 있다.

키워드 검색에 의한 문제점을 해결하기 위한 또 하나의 새로운 접근 방법으로 온톨로지를 기반으로 한 시맨틱 웹 기반의 문제은행 검색 시스템이 제안되었다[7]. 이 방법은 도메인 전문가가 문제은행 도메인의 온톨로지를 미리 정의 생성하고 OWL(Ontology Web Language) 온톨로지 언어와 SWRL(Semantic Web Rule Language) 추론 기술 언어를 이용하여 문항과 관련된 온톨로지를 문항 안에 내장하여 시맨틱 검색이 가능하도록 하였다. 이 접근 방법은 사용자 질의어와 관련된 정확한 문항 검색뿐만 아니라 추론 규칙에 의해 내재되어 있는 새로운 지식을 자동으로 추론할 수 있어 보다 향상된 문항 검색을 제공할 수 있다고 본다. 차세대 지능형 웹이라 불리는 시맨틱 웹과 함께 온톨로지를 기반으로 한 문항검색 시스템은 가장 최적의 접근 방법

이라 볼 수 있겠다. 하지만 이 방법은 온톨로지 구성, 사용자 질의 인터페이스 및 추론의 성능 향상 등 해결해야 할 여러 이슈들이 아직 남아 있다. 현재 JENA, Bossam 추론엔진만이 SWRL을 지원하며 이들 또한 SWRL 문법의 극히 일부만을 지원하고 있어[13] 추론으로부터 기인하는 검색 성능의 충분한 효과를 얻기에는 시간이 필요하리라 본다. 물론 유의어와 동의어에 대한 질의 확장만으로도 기존 키워드 검색의 문제점이 많이 향상될 수 있다고 본다.

본 논문의 목적 또한 연구 [6][7]과 같이 기존 키워드 검색의 문제점을 극복하고 더불어 계층적 트리 구조의 문제점을 개선하여 단일 주제의 문항뿐만 아니라 영역별 연관 관계에 의한 통합된 유형의 문항들을 쉽게 검색할 수 있게 하는데 있다. 하지만 본 논문의 목적은 방대한 양의 문제은행시스템에 초점을 맞추기보다는 대학교육 현장에서 교실 강의와 병행하여 학습활동을 보조할 수 있는 문항시스템에 역점을 두고 있으며 도메인 혹은 온톨로지 전문가의 도움에 의해서만 구축될 수 있는 [6][7]의 연구와는 달리 누구나 쉽게 문항을 작성하고 관리할 수 있는 시스템을 목표로 하고 있다. 본 논문의 주요 검색 메커니즘 FCA의 개념 망을 브라우징 하는데 있으며 더불어 검색된 문항을 난이도 및 문항유형별로 상세 검색을 수행할 수 있도록 지원한다.

[표 1]은 제안된 시스템과 기존 시스템과의 문항 시스템의 중요 기능을 비교한 것이며 기능의 일부를 지원하거나 만족하는 경우에는 기호 '△'로 표현하였다.

표 1. 제안된 시스템과 기존 시스템과의 기능 비교

기능 문항검색방법	통합 검색	시멘틱 검색	사용 용이성	문항관리 용이성	연상학습 지원
계층적트리구조	×	×	○	△	×
퍼지기반검색	○	△	○	×	○
시멘틱웹기반검색	○	○	△	×	△
개념망기반검색	○	△	○	○	○

III. 개념 망 기반 문항 검색 시스템

1. 이론적 배경

제안된 시스템의 기본 메커니즘은 기계학습의 한 기법인 FCA의 개념 망[8][9]을 기반으로 한다. FCA는 특정 분야의 지식이나 자료를 모델링하기 위한 자료 분석의 한 이론으로 응용 도메인에 존재하는 객체와 속성사이의 이항관계로부터 객체·속성사이의 존재하는 모든 개념을 자동으로 추출하여 개념들을 개념들 사이의 상·하위관계에 의해 개념 망 구조로 계층화시킨다. 이러한 개념 망은 객체집합과 속성집합 사이의 모든 연관 관계를 표현한 의미 망(semantic net)으로 볼 수 있으며[8] 루트에서 일반화된 객체의 개념은 개념 망을 따라 아래로 내려 갈수록 더 많은 속성이 부여되며 세부화 된다. FCA는 다양한 응용 분야에 적용되었으며[14] 많은 연구들이 정보 검색의 메커니즘으로도 적용 발전시켰다 [15-17]. 본 논문에서 사용한 문항 관리 및 검색의 기본 메커니즘과 구현은 논문 [17][18]에서 사용한 방법과 유사하다.

[그림 1]은 본 논문에서 제안하는 시스템의 전체 구성도를 보여주고 있으며 교수자는 문항을 자유롭게 주석하고 동의어 및 유의어를 시스템에 등록할 수 있으며 시스템은 문항에 주석된 정보를 바탕으로 문항의 색인과 문항 검색의 기본 메커니즘이 되는 개념 망을 구성한다. 학습자는 키워드 검색 또는 최상위 개념으로 시작하여 개념 망을 항해하며 문항을 검색할 수 있다.

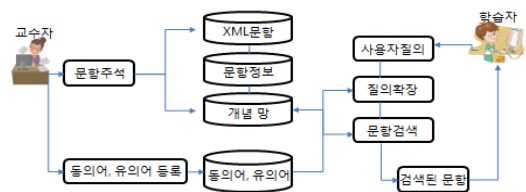


그림 1. 시스템의 전체 구성도

2. 개념 망 기반 문항 관리

2.1 문항의 의미 표현

FCA의 이론을 문항관리 시스템에 적용하기 위하여 문항은 객체로, 문항 분류에 사용된 색인어와 문항의 의미를 나타낼 수 있는 주제어들은 문항의 “키워드” 속성으로 가정한다. 따라서 FCA를 문항관리에 적용함에 있어 배경도 C는 (P, K, I)로 정의된다. 이때 P는 문항

집합이며 K는 키워드의 집합이고 I는 P와 K사이의 이항관계를 의미한다. 문항과 키워드 사이의 이항관계는 p_k 혹은 $(p, k) \in I$ 로 표현한다. 여기에 난이도(상, 중, 하)와 문항유형(선택형, 단답형, 서술형, 논술형)이 별도의 속성으로 처리된다. 기타 문항의 속성이 될 수 있는 저자, 작성일 등은 본 논문에는 포함시키지 않았다.

문항의 의미를 나타내는 키워드들을 지정하기 위해 검색엔진에서 사용하고 있는 상용화된 알고리즘을 이용하여 어휘를 자동으로 추출한 후, 추출된 용어를 키워드로 지정할 수도 있으나 문항의 내용은 일반 문서들의 내용과는 다른 특성을 가지고 있어 문항을 작성한 저자가 문항의 의미를 지정하도록 하였다. 예를 들어, 일반 문서는 문서의 의미를 설명하는 내용을 주로 다루므로 질의어와 일치하는 주제어들이 포함되는 경우가 많지만, 문항의 내용에는 문항의 의미와 관련된 단어나 어휘들이 포함되지 않는 경우가 많다. 특히 본 논문에서 다루는 C 언어 프로그래밍 영역에는 이러한 특성이 더욱 강하다. 예를 들어 “구조체 포인터 함수”를 다루는 문제에서 질문의 내용은 “다음 C 프로그램의 실행 결과가 아래와 같다고 가정할 경우 밑줄 친 부분을 완성하십시오.”이고 질문 다음에 C 프로그램 소스 코드를 기술한 문항이 있다고 가정할 때 문항 내용에는 주제어와 관련된 단어나 어휘가 전혀 포함되어 있지 않다. 따라서 자동화된 방법보다는 문제를 작성한 저자가 문항의 의미를 표현할 수 있는 어휘를 문항의 영역, 단위, 내용 요소 등으로부터 생성하여 지정하도록 하였다. 문항 작성자는 해당 분야의 전문가이고 따라서 문항의 의미를 지정할 수 있는 가장 적절한 에이전트라 보았다.

문항의 의미를 지정하는데 있어 또 하나 고려해야 점은 어휘의 사용이다. 같은 의미의 단어를 학습자와 저자가 다르게 사용할 수 있고 실제로 용어 불일치 문제로 인해 낮은 재현율을 보이는 경우가 많다[6]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 저자가 유의어와 동의어를 지정하여 사용할 수 있도록 하였다. 예를 들어, C 언어에서 “형 변환”, “캐스팅”, “casting” 등은 동의어로 “함수 인자”, “전달인자”, “매개변수”, “형식인자” 등은 유의어로 지정할 수 있으며 문항 검색 시 질의어를 확장하여 문항을 검색할 수 있도록 하였다. 또한 사용자 질의어

가 키워드의 어휘와 완전히 일치하지 않고 부분적으로만 일치하는 경우에는 문항에 사용된 키워드들 중 질의어의 일부 단어나 어휘를 포함하고 있는 키워드들을 제공하여 시스템과 상호작용을 통해 사용자가 질의어를 재 정의하여 검색을 진행할 수 있도록 구현하였다. 더불어 시스템에서 사용된 모든 키워드를 가나다순으로 제공하여 그 중 하나를 선택하여 검색을 진행할 수도 있다.

[표 2]는 일부 문항에 지정된 속성의 값들을 FCA의 배경도로 나타낸 것이며 키워드에서 명문자 a, b, c, d, e, f, g, h는 (a:배열, b:배열선언, c:포인터, d:포인터변수선언, e:포인터와 배열과의 관계, f:구조체, g:구조체변수선언, h:구조체 포인터)를 의미한다. 심벌 ‘X’는 해당 문항이 대응하는 키워드와 관계가 있음을 나타낸다. 즉, 문항 1은 키워드 {배열, 배열선언}, 문항 2는 {포인터, 포인터변수선언}, 문항 5는 {구조체, 포인터, 구조체 포인터}의 키워드들로 주석되었음을 의미한다. 따라서 배경도 $C = (P, K, I)$ 는 문항집합 $P = \{\text{문항1, 문항2, 문항3, 문항4, 문항5}\}$, 키워드 집합 $K = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}$ 와 관계집합 $I = \{(\text{문항1, 배열}), (\text{문항1, 배열선언}), \dots, (\text{문항5, 구조체}), (\text{문항5, 포인터}), (\text{문항5, 구조체 포인터})\}$ 로 표현할 수 있다.

표 2. 문항 속성에 대한 배경도

문항	키워드								난이도	문항 유형
	a	b	c	d	e	f	g	h		
문항1	X	X							하	선택형
문항2			X	X					하	단답형
문항3	X		X		X				중	서술형
문항4						X	X		하	단답형
문항5			X			X		X	중	서술형

2.2 문항의 색인

워드프로세서나 HTML로 작성된 문항은 문항의 의미를 표현한 키워드, 난이도, 문항유형의 값들을 포함하는 XML 문서로 변환하여 저장되며, 문항은 문항과 키워드 사이의 연관관계에 의해 FCA의 개념 망 구조로 색인화 되어 관리된다. XML 문서는 향후 다른 평가문항 시스템과의 상호운용성을 고려하여 관리하였으며

제안된 시스템의 검색 기반은 개념 망이다. 문항을 개념 망으로 색인하기 위해서는 우선 먼저 FCA의 주어진 수식을 이용해 문항과 키워드 사이에 존재하는 모든 개념을 추출하여야 하며 추출된 개념들은 개념들 사이의 상·하위관계에 따라 계층화된다.

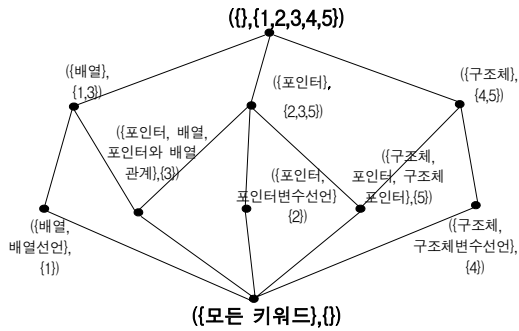


그림 2. 표 2에 대한 개념 망

하나의 개념은 배경도 $C = (P, K, I)$ 로부터 개념들을 추출하기 위해 정의된 수식들을 바탕으로 $X \subseteq P, Y \subseteq K, X' = Y$ 와 $Y' = X$ 를 만족하는 (X, Y) 의 쌍으로 정의된다. 개념들을 추출하기 위한 수식은 $X \subseteq P: X \rightarrow X' := \{k \in K \mid \forall p \in X: (p, k) \in I\}$, $Y \subseteq K: Y \rightarrow Y' := \{p \in P \mid \forall k \in Y: (p, k) \in I\}$ 로 정의된다. 문항집합 X 는 개념 (X, Y) 의 extent, 키워드집합 Y 는 intent라 부른다. 개념 망을 구성하기 위해서는 배경도에 존재하는 모든 개념들을 추출하여야 하며 우선 $k \in K$ 인 모든 extents $\{k\}'$ 를 결정하고 그 다음 각각의 extent에 대응하는 intent Y' 를 구한다.

개념 망은 형성하기 위해서는 개념들 사이의 상·하위 개념 관계를 찾아야 하며 주어진 두 개념 $c1=(X1, Y1)$ 과 $c2=(X2, Y2)$ 가 $(X1, Y1) \leq (X2, Y2) :\Leftrightarrow X1 \subseteq X2$ (또는 $\Leftrightarrow Y2 \subseteq Y1$)의 조건을 만족할 때 $c1$ 은 $c2$ 의 하위 개념, $c2$ 는 $c1$ 의 상위개념이라 부른다. [그림 2]는 [표 2]로부터 구성된 FCA의 개념 망 구조를 보여주고 있으며 각 노드는 하나의 개념에 대응되고 문항집합과 이들과 이항관계에 있는 키워드집합으로 이루어진다. 개념 $((배열), \{1, 3\})$ 으로부터 “배열”과 관계된 문항은 문항 1과 3이 있음을 알 수 있다. 이와 같이 문항들은 개념들 사이의 상·하위관계에 의해 개념 망 구조 안에 색인화

되어 관리된다. 개념 망은 하나의 부모 노드만을 허용하는 계층적 트리 구조와는 달리 여러 개의 부모 노드를 가지는 다중 경로의 네트워크 구조이다. 이러한 구조는 개념 망을 자유롭게 항해하며 개념들의 상호 연관 관계에 의한 문항 검색을 가능하게 한다. 개념 망을 따라 위로 올라 갈수록 개념은 일반화되고 아래로 내려갈수록 세부화 되며 더 특정한 검색 결과를 얻을 수 있게 된다.

새로운 문항은 일련의 키워드와 함께 언제든지 시스템에 등록될 수 있으며, 필요할 경우 등록된 문항의 키워드들 또한 언제든지 수정할 수 있다. 새로운 문항이 추가되거나 기존 문항의 정보가 수정될 때마다 개념 망은 개념들 사이의 계층적 상속관계를 일관성 있게 유지하며 자동적이고 점진적인 방법으로 재구성된다.

[표 3]은 새로운 문항이 시스템에 추가될 때 개념 망이 구성되는 즉, 문항이 색인되는 알고리즘에 대해 기술하고 있다. 앞에서 정의한 배경도 $C = (P, K, I)$ 와 개념 $c = (X, Y)$ 를 바탕으로 $\beta(C)$ 는 모든 개념 집합, $f(C)$ 은 개념 망, $\text{ext}(\beta(C))$ 는 배경도의 모든 extent의 집합 그리고 $\text{int}(\beta(C))$ 는 모든 intent의 집합을 나타낸다. 새로 추가되는 문항을 $\delta(\notin P)$, 문항의 키워드 집합을 Γ 라 할 때 수정된 배경도는 $P^+ = P \cup \{\delta\}$, $K^+ = K \cup \Gamma$ 그리고 $I^+ = I \cup \{(\delta, k) \mid k \in \Gamma\}$ 인 $C^+ = (P^+, K^+, I^+)$ 로 정의된다.

표 3. 문항 색인 알고리즘

```

Procedure addDocument( $C^+, f(C), \Gamma$ )
Input:  $C^+ = (P^+, K^+, I^+)$  //  $C=(P, K, I)$ 의 수정된 배경도
          $f(C)$  //  $(P, K, I)$ 의 개념 망
          $\Gamma$  // 추가할 문항의 키워드 집합
Begin
 $\beta(C) \leftarrow f(C)$ 를 구성하고 있는 모든 개념 집합
 $\beta(C^+) \leftarrow \text{computeNewConcepts}(C^+, \beta(C), \Gamma)$ ;
 $f(C^+) \leftarrow \text{reconstructLattice}(f(C), \beta(C^+), \Gamma)$ ;
return  $f(C^+)$ ; // 수정된 배경도의 개념 망
End

Procedure computeNewConcepts( $C^+, \mathcal{I}, \Gamma$ )
Input:  $C^+ = (P^+, K^+, I^+)$  //  $(P, K, I)$ 의 수정된 배경도
    
```

```

 $\mathcal{C}$  //배경도 C의 개념 집합
 $\Gamma$  //추가되는 문항  $\delta$ 의 키워드 집합
Begin
 $Y \leftarrow \Gamma$ ;  $X \leftarrow \{p \in P^+ \mid p \Gamma^k \text{ for all } k \in Y\}$ ;
 $\mathcal{C}^+ \leftarrow \text{addOneConcept}(\mathcal{C}, (X, Y))$ ;
for each  $Y \in \Gamma$  do
 $X1 \leftarrow \{p \in P^+ \mid p \Gamma^Y\}$ ;
 $Y1 \leftarrow \{k \in K^+ \mid p \Gamma^k \text{ for all } p \in X1\}$ ;
 $\mathcal{C}^+ \leftarrow \text{addOneConcept}(\mathcal{C}^+, (X1, Y1))$ ;
intersect( $X1$ ) =  $\{X1 \cap E \mid E \in \text{ext}(\mathcal{C}^+)\} \setminus \text{ext}(\mathcal{C}^+)$ ;
for each  $X2 \in \text{intersect}(X1)$  do
 $Y2 \leftarrow \{k \in K^+ \mid p \Gamma^k \text{ for all } p \in X2\}$ ;
 $\mathcal{C}^+ \leftarrow \text{addOneConcept}(\mathcal{C}^+, (X2, Y2))$ ;
}
}
return  $\mathcal{C}^+$ ; //수정된 배경도  $C^+$ 의 개념 집합
End

Procedure addOneConcept ( $\mathcal{C}, (X, Y)$ )
Input:  $\mathcal{C}$  //개념 집합,
(X, Y) //추가할 개념
Begin
 $\mathcal{C}^+ \leftarrow \mathcal{C}$ ;
if  $X \neq \emptyset$  {
if  $Y \in \text{int}(\mathcal{C})$  {
Let  $X' \in \text{ext}(\mathcal{C})$  such that  $(X', Y) \in \mathcal{C}$ ;
if  $(|X'| < |X|)$  then
 $\mathcal{C}^+ \leftarrow \mathcal{C} \setminus \{(X', Y)\} \cup \{(X, Y)\}$ ;
}
else  $\mathcal{C}^+ \leftarrow \mathcal{C} \cup \{(X, Y)\}$ ;
}
return  $\mathcal{C}^+$ ; //개념 (X, Y)이 추가되어 수정된 개념 집합
end

Procedure reconstructLattice ( $\mathcal{E}, \mathcal{C}, \Gamma$ )
Input:  $\mathcal{E}$  //개념 망,  $\mathcal{C}$  //개념 집합,  $\Gamma$  //키워드 집합
Begin
for each concept (X, Y)  $\in \mathcal{C}$  do
if  $Y \cap \Gamma \neq \emptyset$  then
 $\mathcal{E}^* \leftarrow \mathcal{E}$ 에 있는 개념 (X, Y)의 상·하위 개념 재구성
return  $\mathcal{E}^*$ ; //개념 망  $\mathcal{E}$ 의 수정된 개념 망
End

```

3. 개념 망 기반 문항 검색

제안된 시스템의 주된 검색 기법은 웹을 기반으로 한 개념 망 브라우징(browsing)에 있다. 개념 망 구조는 하나의 경로만 허용하는 계층적 트리 구조와는 달리 모든 색인 구조가 망으로 연결되어 있어 개념들의 상호 연관 관계에 의해 여러 경로를 자유롭게 향해하며 문항을 검색할 수 있게 한다. 예를 들어, [그림 2]의 개념 망으로부터 사용자 질의어가 “배열”이라고 가정할 경우 시스템은 개념 “(배열, {1, 3})”으로 이동하여 이 개념의 직속 상·하위 개념과 함께 이 개념을 브라우징 공간에 표시하고 검색 결과로 문항 1과 3을 보여준다. 이 때 사용자가 하위개념 중 개념 “(포인터, 배열, 포인터와 배열과의 관계), {3})”을 선택하게 되면 검색 결과가 바뀌면서 이의 직속 상위개념인 “(배열, {1, 3})”과 “(포인터, {2, 3, 5})”가 화면에 표시된다. 이 때 “배열”과 “포인터”의 상호 연관 관계에 의해 개념 “(포인터, {2, 3, 5})”를 선택하여 “포인터”와 관련된 문항을 검색하여볼 수 있다. 이는 특정 주제어나 키워드 검색으로 시작하여 검색 주제어와 상호연관성이 있는 다른 주제어와 관련된 문항들의 탐색에 의한 문항 검색을 가능하게 한다.

사용자는 특정한 질의어를 명시하지 않고 개념 망의 최상위 레벨의 노드로부터 시작하여 원하는 노드 정점으로 이동하며 문항을 검색할 수도 있다. 또한 전형적인 정보 검색의 부울리언 키워드 질의 인터페이스를 통해 질의어를 입력하여 문서를 검색할 수도 있으며 시스템에서 제공해 주는 주석에 사용된 키워드 리스트로부터 하나를 선택해 문서를 검색할 수도 있다. 사용자는 여러 개의 질의어를 코마(,)를 사용해 입력할 수 있으면 이는 “AND” 부울리언 연산자로 가정된다. 이러한 경우에는 일반적인 검색 엔진과 동일한 방법으로 질의어로부터 먼저 불용어를 제거하고 어간 클래스를 사용하여 질의어를 정규화 시킨 후 질의어에 가장 적합한 개념 망 노드를 규명한 후 그 노드로부터 시작하여 문항을 검색할 수 있게 한다. 만약 질의어와 관련된 개념 망 노드가 존재하지 않으면 문항의 내용으로부터 질의어와 관련된 문항을 검색하게 된다. 이때 검색된 문항의 키워드들을 이용하여 새로운 개념 망을 구성하게 되고 새로 구성된 개념 망을 바탕으로 문항 검색이 진행된다.

[표 4]는 사용자가 질의어를 입력한 경우의 문항 검색 알고리즘에 대해 기술하고 있다.

표 4. 문항 검색 알고리즘

```

C //배경도, f(C) //개념 망,
B(C) //모든 개념 집합, int(B(C)) //모든 intent의 집합
Procedure searchProblem(Q)
Input: Q //사용자 질의어
Begin
while(1) {
    Q' ← extendQueryAndStem(Q);
    concept ← findeNodeFromLattice(Q');
    if (concept) {
        move to the concept of the lattice (f(C));
        displaySuperSubConceptsOfTheConcept(concept);
        displaySearchResultsOfTheConcept(concept);
    }
    else {
        problems = findProblemsFromContext(Q');
        if (problems) {
            f'(C') ← formulateLatticeWithProblems();
            displayTopConceptOfTheNewLattice(f'(C'));
            displaySearchResultsOfTheTopConcept(topConcept);
            start navigation the lattice from the top concept
        }
        else return NoSearchResult;
    }
}
End
Procedure findeNodeFromLattice(Q)
Input: Q //확장된 사용자 질의어
Begin
for each concept c ∈ B(C) {
    if (Q ⊆ int(c)) then // int(c) = 개념 c의 intent
        for each set of keywords a ∈ int(B(C)) {
            if (Q ⊆ a && int(c) ⊆ a) return c;
            else return NULL;
        }
}
return NULL;
End
    
```

검색된 결과는 난이도와 문항유형에 의해 FCA의 개념적 축소(conceptual scaling)[9] 기법을 이용하여 보다 세부화 된 결과로 축소하여 볼 수 있다. [그림 2]에서 “포인터”와 관련된 문항은 문항 2, 3, 5이지만, 이 중 난이도가 “중”인 문항을 검색하면 검색 결과는 문항 2와 5로 축소되게 된다.

4. 시스템 구현

본 논문에서 제안한 문항관리시스템은 Windows XP 환경에 Tomcat과 Java 개발 툴을 설치한 후 Java, JavaScript 및 Java Servlets 을 이용하여 구현하였으며 데이터베이스는 MySQL를 사용하였다. 구현된 시스템은 Microsoft 사의 Explorer 5.0 이상의 웹 브라우저에서 실행될 수 있다.

4.1 문항 관리

교수자(혹은 문항관리자)는 여러 교과목의 문항을 별도로 관리할 수 있으며 문항 관리를 위해서는 우선 먼저 문항 등록을 원하는 교과목을 생성해주어야 한다. 시스템의 로그인 과정을 거쳐 문항 등록을 원하는 교과목을 생성한 후 문항관리시스템의 초기화면에서 “문항관리”를 선택하면 [그림 3]과 같은 문항 등록 화면이 나타나게 된다.

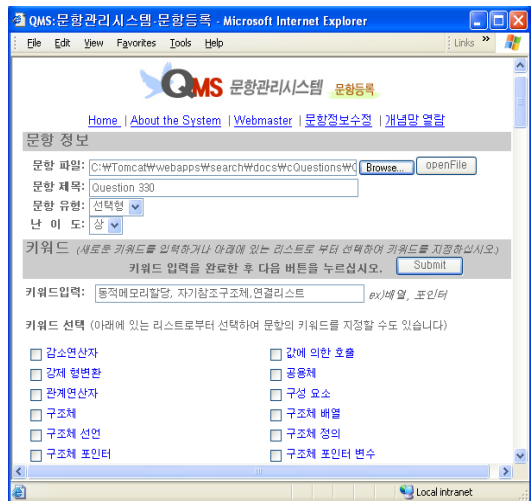


그림 3. 문항 등록 화면

등록하고자 하는 문항은 워드프로세서나 HTML 파일 등을 이용하여 자유롭게 작성할 수 있으며 작성한 문항을 시스템에 등록하기 위해 해당 문항 파일을 선택한 후 문항의 제목, 문항 유형, 난이도 및 문항의 의미를 나타낼 수 있는 키워드를 등록한다. 키워드는 직접 입력하거나 시스템에서 제공해주는 리스트로부터 선택하여 지정할 수 있다.

시스템에서 제공해주는 키워드 리스트는 다른 문항 등록 시에 사용된 키워드들이며 이는 키워드들의 표준화, 재사용성 및 편의성을 위한 목적으로 제공하였다. 교수자는 “[문항정보수정](#)” 링크를 통해 등록된 문항의 정보를 언제든지 수정할 수 있다. 또한 “[개념망 열람](#)” 링크를 통해 개념 망 구조로 색인화된 문항을 검색하여 볼 수 있으며 이를 통해 색인에 사용된 키워드의 적절성 여부와 다른 문항과의 연관관계에 의해 새로운 키워드 추가 여부 등을 확인하여 지정한 키워드를 재정의할 수 있다. 이러한 과정을 통해 개념 망의 구조는 자동적이고 점진적인 방법으로 해당 교과목의 분류체계로 형성되어 가게 된다.

교수자는 [그림 4]의 화면을 통해 동의어와 유의어를 시스템에 등록할 수 있으며 문항 검색 시에 시스템에 등록된 동의어와 유의어를 바탕으로 사용자 질의어를 확장하여 검색을 수행한다.

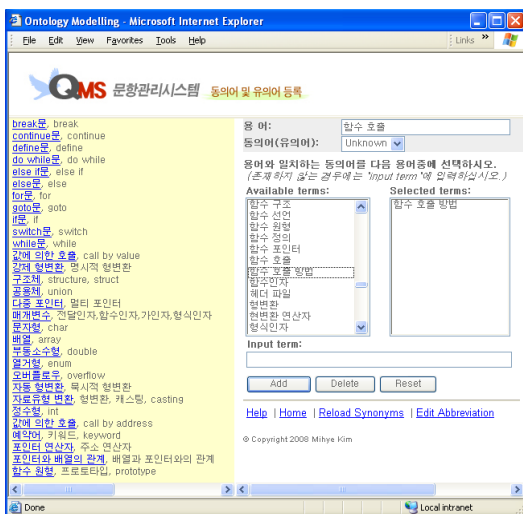


그림 4. 동의어 및 유의어 등록 화면

4.2 문항 검색

시스템에 등록된 문항은 문항에 지정된 키워드를 바탕으로 FCA의 개념 망 구조로 색인되며 제한된 시스템의 주된 검색 기법은 이 개념 망 구조의 내비게이션을 통해 이루어진다. 개념 망 브라우저는 하이퍼링크 기법을 이용하여 구현하였다.

[그림 5]는 문항관리시스템 초기화면에서 “문항검색”을 선택하면 나타나게 된다. 화면 하단에 있는 내용은 최상위 레벨의 있는 개념 망의 개념을 가나다순으로 나열한 것이다. 사용자는 특정한 질의어를 명시하지 않고 이 중 하나를 선택하여 문항 검색을 진행할 수 있으며 일반 검색엔진과 동일한 방법으로 질의어를 입력하여 검색을 시작할 수도 있다. 개념 옆의 괄호 안에 있는 숫자는 해당 개념과 관련된 문항의 개수를 의미한다. 즉, “구조체”와 관련된 문항은 26개, “함수”와 관련된 문항은 52개가 시스템에 등록되어 있음을 나타낸다. 사용자는 또한 문항 등록에 사용된 키워드중 하나를 선택하여 문항의 검색을 진행할 수도 있다.

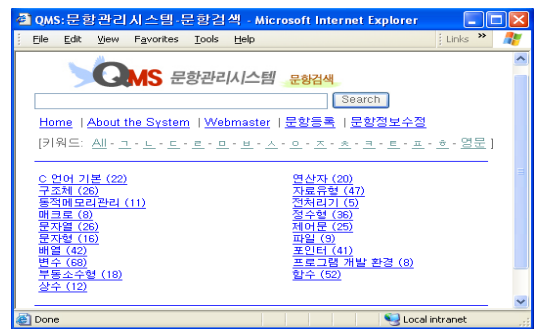


그림 5. 최상위 레벨의 문항검색 화면

[그림 6]은 [그림 5]에 있는 질의어 입력 항목에 “포인터”를 입력하였거나 혹은 최상위 레벨의 개념들 중 “[포인터 \(41\)](#)”을 선택하였을 경우의 검색 결과를 보여준다. 검색 결과는 화면 하단에 표시되며 하이퍼링크로 연결되어 있는 문항 제목을 클릭하면 문항의 내용이 팝업화면으로 나타나게 된다. 화면 중간에 있는 개념들은 개념 망에 있는 “포인터”의 직계 서브 개념들을 하이퍼링크로 나타낸 것이며 괄호 안에 있는 숫자는 각 개념 노드에 존재하는 문항의 수를 의미한다.



그림 6. 문항 검색 화면

각 개념의 왼쪽에 위치한 폴더이미지를 클릭하면 각 개념에 대응하는 검색결과가 팝업화면으로 나타나게 된다. 다시 말해 “포인터”와 관련된 문항 중 “void형 포인터”와 관련된 문항은 1개가 존재하며 “구조체”와 관련된 문항은 3개가 존재함을 알 수 있으며 폴더이미지를 통해 그 결과를 확인하여 볼 수 있다. 또한 하이퍼링크 “**포인터 (41)**” 옆에 존재하는 난이도(상, 중, 하)와 문항유형(선택형, 단답형, 서술형, 논술형) 중 하나를 선택하여 검색 결과를 세부화 하여 열람 할 수도 있다. 사용자는 화면 중간에 있는 서버 개념들 중 하나를 선택하여 검색을 진행하거나 화면 상단의 입력 항목에 새로운 키워드를 입력하여 검색을 시작할 수도 있다.

[그림 7]은 사용자가 [그림 6]에서 서버개념 “배열 (11)”을 선택하였을 경우, 즉 “**포인터, 배열 (11)**”에 대한 검색 결과를 보여주고 있다. [그림 7]의 두 번째 단락에 표현된 키워드들은 문항 등록에 사용된 키워드들 중 질의어 “포인터”를 포함하고 있는 키워드들이며 그 중 하나를 선택하여 좀 더 구체적인 검색 결과를 얻을 수도 있다. [그림 7]을 통해 여러 개의 부모 노드를 가지는 다중 경로의 개념 망 구조를 확인할 수 있다. 즉 화면 7은 개념 “**포인터, 배열 (11)**”에 대한 검색 결과이며 부모 개념은 화면의 셋째 단락에 있는 “**배열 (42)**”와 “**포인터 (41)**”이며 자식 노드는 다섯째 단락에 표시된 “**다차원 배열 (1)**”, “**배열 주소값 (1)**” 등이다. 이와 같이 현재 개념을 중심으로 직계 부모 노도와 자식 노드만을 화면에 보여주도록 설계하였다.



그림 7. 다중 부모 노드를 보여주는 문항 검색 화면

개념 간의 상호 구분을 위해 현재 노드는 녹색으로, 부모 노드는 빨강색으로, 자식 노드는 파랑색으로 표시 하였다. 사용자는 “포인터”와 “배열” 그리고 “다차원 배열”을 다루는 문항은 1개가 존재하며 “이차원 배열”과 관련된 문항은 4개가 등록되어 있음을 알 수 있다. 학습자는 좀 더 일반적인 다른 주제에 관한 검색을 원할 경우는 부모 노드로, 좀 더 구체적인 주제의 세부적인 혹은 통합형 문제의 검색을 원할 경우에는 자식 노드 중 하나를 선택하여 검색을 진행할 수 있다. 즉 부모 노드인 “**배열 (42)**”을 선택하게 되면 “배열”을 중심으로 검색을 다시 시작할 수 있고 자식 노드인 “**함수 (2)**”을 선택하게 되며 배열과 포인터 그리고 함수와 관련된 종합적인 통합형 문제를 검색하여 학습에 활용할 수도 있다. 이는 FCA 개념 망이 객체와 속성 사이에 존재하는 모든 관계, 즉 개념을 추출하여 표현하였기 때문에 가능한 일이다. 이 때 개념 “**포인터, 배열, 함수 (2)**”는 3개의 부모 노드 “**배열 (42)**”, “**포인터 (41)**”, “**함수 (52)**”를 갖게 되고 학습자는 “함수”와 관계된 다른 문항을 검색하여 학습을 진행할 수도 있다. 이와 같이 하나의 부모 노드만을 허용하는 계층적 트리 구조와는 달리 여러 개의 부모 노드의 다중 경로와 개념간의 연관 관계를 중심으로 검색을 허용함으로써 개념간의 연관 관계에 의한 검색이 가능함을 알 수 있다.

IV. 실험 평가

제안된 시스템의 실험 평가를 위해 C언어 프로그래밍 학습을 위한 337개의 문항을 작성하여 구현한 시스템에 등록하였다. 제안된 접근 방법의 타당성 평가를 위해 우선 먼저 개념 망 안에 형성되어 있는 분류체계의 적합성 여부를 살펴 본 후 계층적 트리 구조에 기반한 시스템과의 검색 성능을 비교 분석하였다.

1. 개념 망 구조의 분류체계

앞의 관련 연구에서 살펴보았듯이 문항시스템의 대표적인 검색 방법은 교과 영역의 전문가가 정의한 영역별 대단원 중심의 계층적 트리 구조에 기반한 것이다. 제안된 시스템의 주된 검색 메커니즘은 개념 망 구조를 브라우저 하단에 있으며 개념 망은 여러 개의 부모 노드를 허용하는 망구조이지만 자식 노드만을 고려하면 계층적 트리 구조에 대응될 수 있다. 따라서 망구조를 자식 노드만을 참조하여 계층적 트리 구조로 표현하였을 경우에 전문가가 수작업으로 정의한 단원별 트리 구조와 유사하다면 자동으로 구성된 개념 망 분류체계는 해당 영역을 적합하게 개념화 하였다고 볼 수 있겠다.

우선 먼저 [그림 5]에 제시되어 있는 최상위 레벨에 존재하는 개념을 살펴보면 C 언어 프로그램의 대단원에 해당하는 영역들이 모두 나타나 있음을 관찰할 수 있다. 여기에 개념 “문자형”, “부동소수형”, “정수형”이 추가 되어 있음을 알 수 있다. 이 개념들은 “자료유형”의 서브 개념으로도 존재하지만 다른 개념들과도 상호관련성이 높고 따라서 이러한 개념들을 중심으로도 계층구조가 형성되었음을 유추해 볼 수 있다. 즉, 이들은 개념간의 상호 연관 관계에 의해 형성된 개념들이며 이러한 부분이 바로 기존의 계층적인 트리구조와의 차이점을 보인다. 또한 일반적으로 C 언어 프로그램의 대단원에 존재하는 “조건문”과 “반복문”은 [그림 5]의 최상위 레벨에 존재하지 않고 반면에 “제어문”이 존재함을 알 수 있다. 이는 문항관리자가 제어문은 대단원으로, 조건문과 반복문은 그의 서브 단원으로 보았고 이에 따라 조건문, 반복문과 관련된 문항을 시스템에 등록할 때 “제어문”도 문항의 키워드로 함께 지정한 결과이다.

[그림 8]은 개념 망을 중심으로 한 문항 검색에서 몇몇 개념들의 자식 개념들을 보여준 화면을 캡처한 일부를 보여 주고 있다. 이를 통해 자식 개념으로 분류된 개념들이 일반적인 C 언어 분류체계와 유사함을 관찰할 수 있다.



그림 8. 개념 망 구조의 분류체계

예를 들어, “변수 (68)”의 서브 개념들을 살펴보면 “C 언어 기본”, “구조체 변수”, “배열”, “포인터 변수”를 제외한 나머지 개념들은 일반적인 경우와 거의 동일함을 알 수 있다. 추가된 “C 언어 기본”, “구조체 변수”, “배열”, “포인터 변수” 등은 문항간의 상호 연관관계에 의해 형성된 개념 구조이며 이러한 개념들이 영역별 연관관계에 의한 통합된 유형의 문항 검색을 가능하게 한다. 이러한 개념들은 기존 영역별 대단원 중심의 검색 계층 구조에는 일반적으로 포함되지 않는 개념들이다. “제어문 > 조건문 (15)”의 반복문, “제어문 > 반복문

(14)”의 조건문, “포인터 (41)”의 구조체와 포인터, “함수 (52)”의 구조체, 배열 그리고 포인터 등도 이러한 상호 연관 관계에 의해 형성된 개념들이다. 이와 같이 FCA의 개념 망은 문항 간에 존재 가능한 모든 관계를 반영하며, 이러한 특성이 바로 개념들 사이의 연관 관계에 의한 검색을 가능하게 하는 근원이 된다. 개념 망은 새로운 개념들이 추가될 때마다 새로운 관계를 형성하며 점진적으로 구조화되어 가게 된다.

2. 성능평가

계층적인 트리 구조에 기반 한 기존 시스템과 제안된 방법으로서의 검색 성능 비교를 위해 일반적으로 사용하는 정보 검색 성능 평가 방법인 정확률(Precision)과 재현율(Recall)중 재현율의 이진 척도만을 평가 요소로 사용하였다. 정확률은 검색된 문항들 가운데 검색 질의어와 관련이 있는 문항의 비율을 나타내며 재현율은 관련 있는 문항들 가운데 검색된 문항의 비율을 나타낸다. 재현율만을 고려한 이유는 문항을 단원별 계층 구조로 관리할 경우 일반적으로 문항은 가장 적절한 하나의 계층 구조 안에 색인화 된다. 다시 말해, 하나의 문항을 여러 경로 상에 색인화 시키지 않고 가장 적절한 하나의 클러스터 상에 존재하도록 수작업으로 구조화 시킨다. 이러한 구조에 기반 한 문항 관리 시스템에서의 디렉터리 검색은 정확률이 있어 완전하다고 가정할 수 있다. 따라서 정확률의 비교 평가는 무의미하다고 보았다.

기존 시스템과 제안된 시스템과의 검색 성능 비교를 위해 한명의 문항 관리자가 C언어 프로그래밍 교재들을 참조하여 단원별 계층구조를 구성하였다. 그리고 실험에 사용된 337개의 문항에 대해 가장 적절한 클러스터 항목을 결정한 후 그 경로 상에 문항들을 색인하였다. 단원별 계층구조의 클러스터 상의 용어들은 문항의 의미를 표현하기 위해 사용된 키워드들을 이용하였다. 그리고 문항의 키워드로 사용된 키워드들 중 개념 망의 최상위 레벨과 최상위 레벨의 직속 하위 레벨에 존재하는 135개의 키워드에 대해 문항 관리자가 구성한 단원별 계층구조에서의 재현율을 계산하였다. 계산된 재현율의 평균 검색 성능 결과는 0.66으로 나타났다. 문항관리자에 의해 지정된 키워드들은 각각의 문항을 분석한

후 문항의 의미를 대표할 수 있는 키워드를 지정하였기에 제안된 시스템의 재현율을 1로 가정하였다. 따라서 재현율은 기존 검색 시스템에 비해 34% 향상되었다고 볼 수 있으며, 이는 FCA 개념 망의 상호 연관 관계에 의해 자동으로 형성된 망구조에 의한 결과라고 예측할 수 있다. 좀 더 구체적으로 설명하기 위해 [그림 5]의 최상위 레벨에 나타나 있는 용어의 일부에 대해 제안된 시스템과 기존의 계층적 트리 구조에 의해 검색된 문항의 수를 [표 5]에 제시하였다. 제안된 시스템에서는 “구조체”와 관련된 문항은 26, “배열”과 관련된 문항은 42, “함수”와 관련된 문항은 52개가 존재함을 알 수 있다. 기존의 계층적 트리구조를 이용한 경우에는 각각의 용어에 대해 15, 22, 28개의 문항이 검색되었다.

이러한 검색 결과의 차이점이 제안된 시스템의 재현율의 향상을 보인 것이다. 검색 수의 있어 큰 차이점을 보인 용어들은 문항 및 키워드간의 개념적 연관 관계가 많이 형성된 결과라 볼 수 있다. 따라서 제안된 개념 망 구조에 의한 검색 방법은 문항간의 개념적 연관 관계에 의한 검색을 가능하게 할 뿐만 아니라 검색 성능에 있어서도 향상된 결과를 보이는 요인이 됨을 알 수 있다.

표 5. 두 비교 시스템에서 검색된 문항의 수

키워드	제안된 시스템	계층적 트리구조	키워드	제안된 시스템	계층적 트리구조
구조체	26	15	연산자	20	17
문자열	26	22	자료유형	47	38
배열	42	20	전처리기	5	4
변수	68	40	포인터	41	38
상수	12	9	함수	52	28

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 대학교육 현장에서 교실 강의와 병행하여 학습활동을 보조할 수 있는 문항들을 교수자가 웹 상에서 쉽게 작성하여 관리하고 학생들은 단일 주제의 문항뿐만 아니라 영역별 연관 관계에 의한 통합된 유형의 문항들을 효과적으로 검색하여 학습에 활용할 수 있는 문항 관리 시스템을 제시하였다. 제안된 시스템의 문항 관리 및 검색은 FCA의 개념 망 구조에 기반을 둔 것이며 C 언어 프로그래밍 학습을 위한 문항을 대상으

로 시스템을 구현하였다. 제안된 시스템의 타당성 평가를 위해 337개의 문항을 구현한 시스템에 등록된 결과 개념 망 구조에 의해 형성된 분류체계는 해당 영역을 적합하게 개념화 하였으며 보여주었다. 더불어 제안된 시스템의 검색 방법은 영역 및 문항간의 개념적 연관 관계에 의한 검색을 가능하게 할 뿐만 아니라 검색 성능에 있어서도 기존의 계층적 트리 구조에 기반 둔 검색 시스템보다 향상된 결과를 보였다.

여기에서 언급해야 할 점은 현장 일선 초·중·고등학교 교사의 평가문제지 제작을 목적으로 한 문항 검색 방법의 중요 요구사항은 대·중·소단원을 포함한 단원 별 검색이며[2] 이는 컴퓨터에 익숙하지 않은 교사가 많고 실제로 현재 사용하고 있는 트리 구조, 항목 앞에 '+' 기호가 있는 경우 더블 클릭하면 하부 항목이 보이고 '-' 기호인 경우 더블 클릭하면 하부 항목이 사라지는, 기능을 이해하지 못하여 트리 구조를 화면이 허용하는 범위에서 풀어 직관적으로 표현할 것으로 요구하고 있다[19]. 하지만 제안된 방법은 대학 교육 현장에서 활용할 수 있는 시스템을 목적으로 하고 있으며 컴퓨터 활용 능력 교양 필수를 이수한 학생들에게는 개념 망 구조가 트리 구조보다 다형화 되었을 지라도 사용에 큰 어려움이 없을 것으로 여긴다. 실제로 한 대학의 연구학생과 교수를 대상으로 한 설문 조사에서 트리 구조보다 개념 망구조를 통한 정보 검색이 더 유용하였다는 답변이었다[17].

본 연구의 향후 과제로는 문항을 통한 학습 지원뿐만 아니라 학습자 스스로 문제지를 생성하여 평가에 응시한 후 그 결과에 대한 피드백을 교수자로부터 받을 수 있는 부가 서비스 지원 및 실제로 수시시험이나 퀴즈 등의 시험을 웹상에서 응시할 수 있는 시스템으로의 확장이 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] 나일주 편저, *웹기반 교육: 웹기반 교수-학습 체제 설계 모형: 정인성*, 교육과학사, 1999.
- [2] 정성무, 강신천, *평가문항 상호운용성 표준화 방안 연구*, 한국교육학술정보원, 연구보고 KR 2006-11, 2006.
- [3] 심춘보, 신용원, 구봉오, "CT 전문방사선사 교육을 위한 웹기반 문항관리 시스템의 설계 및 구현", *한국콘텐츠학회논문지*, 제5권, 제1호, pp.27-35, 2005.
- [4] <http://www.edunet4u.net/index.jsp>
- [5] <http://classroom.re.kr/>
- [6] 최재훈, 김지숙, 조기환, "문제 은행에서 연상학습을 지원하는 퍼지 검색 시스템", *정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용*, 제29권, 제4호, pp.278-288, 2002.
- [7] 오경진, 김홍남, 배인경, 조근식, "시맨틱 웹 기반의 협업적 교육을 위한 문제은행 시스템", *한국지능정보시스템학회 춘계학술대회 논문집*, pp.270-276, 2006.
- [8] 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.
- [9] B. Ganter and R. Wille, *Formal Concept Analysis: Mathematical Foundations*, Heidelberg, Springer, 1999.
- [10] <http://webtest.cein.or.kr/iosrch/index.jsp>
- [11] <http://www.kice.re.kr/kice/article/data/subject/univ/list>
- [12] <http://high.inet-school.co.kr/>
- [13] 정성무, 차재혁, *KEM 고도화를 위한 온톨로지 기반 시맨틱 웹 연구*, 한국교육학술정보원, 연구보고 KR 2006-10, 2006.
- [14] U. Priss, "Formal Concept Analysis in Information Science," *Annual Review of Information Science and Technology*, Vol.40, pp.521-543, 2006.
- [15] R. Godin, R. Missaoui, and A. April, "Experimental Comparison of Navigation in a Galois Lattice with Conventional Information Retrieval Methods," *International Journal of*

- Man Machine Studies, Vol.38, No.1, pp.747-767, 1993.
- [16] R. J. Cole, P. W. Eklund, and G. Stumme, "Document Retrieval for E-Mail Search and Discovery Using Formal Concept Analysis," Applied Artificial Intelligence, Vol.17, No.3, pp.257-280, 2003.
- [17] M. Kim and P. Compton, "Evolutionary document management and retrieval for specialized domains on the web," International Journal of Human-Computer Studies, Vol.60, No.2, pp.201-241, 2004.
- [18] 김미혜, FCA 개념 망 기반 개인정보관리, 한국인터넷정보학회논문지, 제6권, 제6호, pp.163-178, 2005.
- [19] 박형국, 홍선주, "교사용 평가문항 서비스 사이트의 개선을 위한 사용편의성 평가 사례 연구", 교육과정평가연구, 제9권, 제2호, pp.139-162, 2006.

저 자 소 개

김 미 혜(Mi-Hye 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, 컴퓨터교육, HCI