韓國컴퓨터情報學會 論文誌
第16卷 第3號, 2011. 3.

2011-16-3-3-7

유비쿼터스 환경에서의 유사도 기반 곤충 종 추론검색시스템

전 응 섭*, 장 용 식**, 권 영 대***, 김 용 남****

A Similarity-based Inference System for Identifying Insects in the Ubiquitous Environments

Eung Sup Jun*, Yong Sik Chang**, Young Dae Kwon***, Yong Nam Kim****

요 약

곤충 종은 환경생태학적 종 다양성 보존과 국가적 생물자원 활용전략 관점에서 중요한 역할을 하기 때문에 생태계의 주요 구성요소로 인식되고 있다. 곤충 종 보존과 육성을 위해서는 곤충전문가는 물론 곤충비전문가인 일반인과 학생들도 곤충에 관심을 가질 수 있는 곤충관찰학습 환경이 요구된다. 그러므로, 곤충식별은 관찰학습에 있어서 주요학습의 동기유발 요인이 된다. 현재 서비스하고 있는 온라인 곤충 종 분류검색시스템은 시간 소모적이며, 곤충 종에 대한 지식이 부족한 일반인들이 곤충식별의 도구로 사용하기에는 많은 노력을 요구하기 때문에 비효율적이다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여, 일반인들이 자연 생태계에서 관찰한 내용을 바탕으로 곤충식별을 도와주는 스마트폰 기반의 유러닝시스템인 곤충 종 식별추론 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 사용자의 곤충관찰정보와 생물학적 곤충특성과의 유사도에 기반하여 추론검색을 수행한다. 이를 위해, 생물학적 곤충특성을 목, 과, 종 단위의 27개 항목으로 분류하고, 관찰 단계별 유사도 지표를 제안하였다. 또한, 본 연구의 유용성을 보이기 위하여 추론검색 프로토타입시스템을 개발하고, 기존의 분류검색시스템과의 곤충식별 비교테스트를 하였다. 실험결과, 본 연구의 추론검색 방법이 곤충식별의 효과성에 있어 더 우수함을 보였고, 검색시간에 있어서도 보다 효율적인 시스템이 될 수 있음을 보였다.

▸ Keyword : 환경생태; 곤충종 식별; 스마트폰; 유러닝; 곤충관찰학습; 추론검색; 유사도

Abstract

Since insects play important roles in existence of plants and other animals in the natural environment, they are considered as necessary biological resources from the perspectives of those biodiversity conservation and national utilization strategy. For the conservation and utilization of insect species, an observational learning

• 제1저자, 교신저자 : 전응섭
• 투고일 : 2011. 01. 25, 심사일 : 2011. 01. 31, 게재확정일 : 2011. 03. 18.
* 인덕대학 컴퓨터소프트웨어과(Dept. of Computer Software, Induk University)
** 한신대학교 e-비즈니스학과(Dept. of e-Business, Hanshin University)
*** 경기도산림환경연구소 나무연구팀(Gyeonggi-do Forest Environment Research Institute)
**** 엠비즈테크 기술연구소(mbiztech Co.)

environment is needed for non-experts such as citizens and students to take interest in insects in the natural ecosystem. The insect identification is a main factor for the observational learning. A current time-consuming search method by insect classification is inefficient because it needs much time for the non-experts who lack insect knowledge to identify insect species. To solve this problem, we proposed an smart phone-based insect identification inference system that helps the non-experts identify insect species from observational characteristics in the natural environment. This system is based on the similarity between the observational information by an observer and the biological insect characteristics. For this system, we classified the observational characteristics of insects into 27 elements according to order, family, and species, and proposed similarity indexes to search similar insects. In addition, we developed an insect identification inference prototype system to show this study's viability and performed comparison experimentation between our system and a general insect classification search method. As the results, we showed that our system is more effective in identifying insect species and it can be more efficient in search time.

▸ Keyword : Inference system, Smart Phone; Insect Identification; Natural Ecosystem, U-learning, Similarity; Observational Learning

Ⅰ. 서 론

최근 들어 무선통신기술 및 센서링 기술의 빠른 발전으로 정보 통신 기술환경이 급격하게 변화하고 있다. 우리 눈에는 보이지 않지만 어디서나 존재하며 활용될 수 있는 유비쿼터스 환경으로의 정보화 패러다임이 급변하고 있다. 이처럼 급격하게 변화하는 현재의 정보화 패러다임에 기반한 에코 그린정책, 저탄소 녹색성장, 그린환경보존정책, 미, 일, 유럽 등의 그린뉴딜정책, 그린비즈니스 및 녹색성장산업이 전 세계적인 화두가 되고 있다. 이러한 시류에 발맞추어 그린환경보존과 정부의 그린정책 개발 및 추진은 지구의 유일무이한 생태계자원을 보존하고 육성하는데 중요한 동인이 된다. 따라서 고도의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 도래한 시대에 다양한 유·무선 망 미디어를 활용하여 자연생태 환경교육의 확산을 유도하고, 더 나아가 그린 환경보전 정책을 확립할 필요가 있다. 이를 위해 유러닝(U-Learning) 자연생태 환경교육을 통한 곤충 종 보호와 국가적 생물자원의 효율적 극대화가 매우 중요한 의미를 갖는다.

자연 생태계에서 곤충의 역할은 건강한 에코시스템을 유지하게 하고, 건강한 자연생태계는 궁극적으로 인간들에게 광범위한 혜택과 서비스를 제공한다[11]. 여기서 곤충 종 다양성의 보존과 건강한 환경생태의 에코시스템을 유지하기 위해서는 곤충 생태학습에 직접 참여하는 학생과 비전문가 그룹인 일반인들의 곤충 종에 대한 식별과 관찰 학습에 필요한 정보 검색이 중요한 이슈로 대두된다. 곤충관찰 학습에서 곤충 종에 대한 식별은 곤충에 대한 관심과 보호에 매우 중요한 관찰학습의 동인이 된다. 일반적으로 관찰 학습자는 주위에 서식하는 곤충의 모습에서 관찰 개체의 모양과 특징을 기준으로 각 개인의 지식범위 안에서 곤충 종을 식별하게 되는데, 비전문가인 학생과 일반인들의 경우에는 곤충 종 식별의 지식범위가 매우 한정된 범위로 제약된다[23]. 따라서 이들에 대한 인식오류와 지식의 한계성으로 인해 관찰된 곤충 종에 대한 관심과 흥미가 저감됨으로써 관찰학습의 계속성이 중단되거나 더 이상의 관찰 학습의욕을 갖지 못하게 된다. 따라서 비전문가들이 곤충 관찰 현장에서 스마트폰을 이용하여 쉽게 곤충 종을 식별할 수 있는 유러닝 기반의 효율적인 곤충 종 검색시스템이 요구되고 있다.

본 연구의 목적은 기존의 생물학자들만의 참여로 이루어지는 환경생태의 곤충 종 분야에 지식공학의 융합을 통하여 그들의 도움 없이도 언제 어느 곳에서도 전문가적 곤충 종 식별 추론체계 알고리즘을 사용할 수 있게 하고, 스마트폰 및 스마트패드 등 다양한 무선 모바일 단말기를 이용하여 보다 효율적인 유러닝 곤충관찰 학습을 지원할 수 있는 추론검색 시스템을 지원하는 데 있다. 이를 위하여 2장에서는 유러닝 곤충관찰 학습에 대한 기존 연구를 살펴보고, 3장에서는 유사도 기반 추론검색 방법을 기술하며, 4장에서는 프로토타입 시스템을 이용한 기존의 분류검색과의 비교분석 실험결과를 보이며, 마지막으로 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

Ⅱ. 관련 연구

1. 곤충 종 유러닝 검색지원 시스템

유러닝 학습모형은 유비쿼터스 기술을 이용하여 학습공간을 강의실 안으로 한정하지 않고 강의실 밖의 모든 생활공간을 학습체험의 장으로 삼아 학습자들이 원하는 정보를 언제 어디서든 얻을 수 있으며, 체험현장에서 즉시 자료를 분석하고 결론을 도출하거나 개념을 형성하여 실제 상황에 적용하여 피드백 하는 일련의 과정이다. 따라서 유비쿼터스 환경에서의 체험 학습은 USN(Ubiquitous Sensor Network)을 통한 사물과 공간의 센서 네트워킹과 Wibro의 광대역 초고속 무선 네트워크 , 휴대 단말기의 빠른 전송 속도 등 최첨단 장비의 기능을 이용하여 학습자들은 가정, 학교, 사회의 모든 공간에서 학습자 간 또는 사람과 사물 간에 손쉽게 의사소통이 가능하며 움직이는 공간에서도 많은 양의 정보를 빠른 속도로 실시간 주고 받을 수 있다.

유러닝 체험학습 모형은 유비쿼터스 환경의 실생활 속에서 최첨단 기술과 U-기기를 이용하여 학습자가 적극적이고 능동적으로 문제를 인식하고 해결한다는 점에서 큰 의미를 가진다. 즉, 유러닝의 체험학습의 가장 큰 특성은 체험현장에서 이동하기 편리하고, 유러닝 시스템을 통해 체험현장에서 모든 학습과정이 이루어지며, 체험의 장이 제한 없이 확대되어 실생활의 일상에서 정보수집과 동시에 자료를 분석하고 결론을 도출하여 즉시적으로 현장에서 적용 및 평가하는 효과적인 학습이 이루어질 뿐만 아니라, 다른 사람들과의 상호 교환 작용에 의해 학습의 성과를 수행해 나갈 수 있다.

곤충에 관한 자연 상태에서의 관찰학습 유형은 비정형화된 유러닝 학습형태로서, 학생, 관심분야의 교육생, 일반 시민, 어린이 등이 임의의 장소에서 구체적인 교육자료 및 학습도구의 준비 없이도 자연스럽게 학습이 수행되어야 한다[20].

그림 1. 자연생태에서의 유러닝 곤충식별 절차
Fig. 1. Procedure of Insects Identification based on U-learning Environment in Nature Ecosystem

유비쿼터스 환경에서는 언제 어디서나 자료 수집과 자료분석이 가능하므로 그림 1에서 보는 바와 같이 자연 생태에서의 관찰곤충 식별을 위한 관찰학습은 관찰 학습자에게 곤충 관찰정보를 바탕으로 하는 즉시적 검색 및 식별과 관련 콘텐츠의 제공이 요구된다. 기존의 체험학습이 현장에서 자료를 수집한 것을 학교 또는 가정에 돌아와 분석하고 일반화 및 적용시켰던 것에 반해 유비쿼터스 환경에서의 체험학습은 이처럼 체험현장에서 개인 휴대용 단말기로 학습의 모든 과정을 수행할 수 있게 된다. 최근 스마트폰 보급의 증가로 인해 이러한 환경은 더욱 절실히 요구되고 있다.

국내외의 많은 생물자원관리 사이트에서는 곤충정보 검색을 위한 다양한 방법을 지원하고 있다. 주로 분류체계별 검색, 곤충명 검색, 분포지역 검색 등이 이에 해당한다. 분류체계별 검색은 곤충의 목, 과, 종 분류별로 하위 단위로 접근하면서 곤충 종을 식별하는 방식이다. 그림 2는 국가생물종 지식정보시스템의 분류체계를 나타낸 것이다. 곤충 명 검색은 알고 있는 곤충명의 일부라도 입력하면 그 단어를 포함하는 곤충을 검색해 준다. 분포지역 검색은 분포지역을 지정하면 해당 지역에서 발견된 곤충들을 보여 준다.

그림 2. 분류체계 검색방법
Fig. 2. Classification Search Method

국내외의 곤충관련 주요 웹사이트들은 분류검색[1, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 34]을 지원하고 있다. 대부분 관찰 학습자가 검색을 통해 얻을 수 있는 자료가 정리되어 있기는 하나, 최소한의 분류체계 즉, 목명, 과명, 속명, 종명 등에 대한 지식이 있거나, 곤충의 이름에 대한 정보를 알고 있을 때만 빠른 검색이 가능하도록 되어 있다.

2. 곤충 종의 생물학적 분류와 관찰특성

웹사이트들의 분류체계 검색은 진화적인 배경이나 발생학적인 측면, 형태, 생리, 생태 등 생물들이 가지는 모든 특성을 종합하여 나타내는 생물학적 분류체계를 따르고 있다. 그 분류체계에 의하면 곤충은 키틴으로 이루어진 외골격을 가지며, 분절화된 다리 구조로 특징지어지는 절지동물문(Phylum

Arthropoda)의 하나인 곤충강(Class Insecta)에 속한다[13, 19].

곤충을 분류하는 목적은 곤충을 형태학적 및 생물학적으로 공통되는 유사성에 기초하여 종을 확정하는데 있으며, 종을 확정함으로써 곤충을 보다 자세히 이해할 수 있기 때문이다[18]. 곤충분류의 기본단위인 종(Species)이란, 형태와 생태적 습성이 기본적으로 같고 교미가 가능하여 후손을 생산할 수 있는 개체군을 뜻한다. 이러한 종을 기초로 하여 비슷한 종을 묶어 속으로, 속을 묶어 과로, 과를 묶어 목으로 각각 통합시킨다[3, 13]. 우리나라에서는 한국곤충학회와 한국응용곤충학회의 주도하의 곤충 종 분류체계를 사용하고 있다[3].

지구상에는 약 130만 정도의 생명체가 알려져 있으며, 약 75만종이 곤충에 속한다. 이는 전체 생물군 종 수의 50% 이상으로 동물 대비로는 75%에 해당하며, 전체 생물 군 중에서 다양성이 매우 높은 군이다[19]. 한국곤충명집[28]의 국내 곤충종의 다양성 및 곤충자원 정보현황을 보면, 한국산 곤충류는 31목 478과 10,991종이 밝혀져 있다. 이는 기록된 한국산 전체 동물 분류 군의 약 77%를 차지하는 매우 방대한 양이다. 또한 전 세계적으로 알려진 곤충 종 수와 비교하면 약 1.28% 정도에 해당하며, 현재까지 기록된 종 수는 실제 국내에서 서식할 가능성이 있는 곤충 종 수의 20~30% 수준이다.

이러한 방대한 양의 곤충 종에 대해 비전문가들이 곤충 명을 기억한다는 것은 불가능하며, 곤충검색과 식별을 위해 곤충 분류체계 방법을 사용한다는 것 역시 다소 복잡하고 상당한 노력을 필요로 하며, 시간 소모적이다. 따라서 학생과 일반인들이 보다 효과적으로 학습할 수 있도록 다양한 검색방법이 요구되고 있다. 실제로 자연 환경에서 비전문가인 관찰자가 곤충을 식별하기 위해 시작하는 정보는 생물학적 분류체계가 아니라, 그림 1과 같이 관찰자가 보는 곤충의 외형적인 모양과 색상, 생활특성 등이다. 그러므로 관찰자의 관찰정보를 바탕으로 하는 검색방법에 관심을 가질 필요가 있다.

곤충의 일반적인 형태 및 구조는 그림 3에서 보는 바와 같이, 외골격의 분화된 특성에 의하여 몸은 머리, 가슴, 배로 구분된다.

그림 3. 곤충의 일반적 구조
Fig. 3. General Outer Constitutions of Insects

곤충의 머리에 있는 입구조물은 기본적으로 섭식을 위하여 한 쌍의 큰 턱이 있고 작은 턱과 아래 입술이 있으나, 성충기에 먹이를 먹지 않는 군은 이러한 구기 구조가 축소되었거나 기능을 상실하기도 하며 완전히 소실되기도 한다[30].

곤충의 가슴은 이동에 이용되는 날개와 다리를 가지고 있다. 곤충은 대부분 2쌍의 날개를 가지고 있지만, 일부 곤충군은 1쌍의 날개만을 가지고 있다. 다리는 일반적으로 3쌍이지만, 다리의 크기가 작아지거나 소실되는 경우도 있고, 앞다리만 소실되는 경우도 있다. 또한, 이동, 먹이잡기, 땅파기, 유영 등의 이용을 위해 다양한 형태의 다리를 가지고 있다[19].

자연환경에서는 이러한 곤충의 생물학적 특성에 관한 곤충 모양과 색상, 생활특성 들이 관찰된다. 따라서 관찰자 입장에서의 관찰정보로부터 곤충을 식별할 수 있는 곤충검색 방법과 시스템 환경 제공은 분류체계보다 더 사용자 친화적일 것이다.

국외에서는 바이오인포매틱스 분야에서 산림자원보호를 위해 나무해충 식별을 위한 전문가시스템[2, 4, 5, 6, 10, 15, 17, 24, 31, 33] 등이 연구되었으나, 국내에서는 IT 기반 곤충생물학에 관한 융합연구가 거의 이루어지지 않고 있다. 최근, 분류체계 방식을 극복하기 위하여 곤충 종 인식을 위한 추론검색 관련 연구가 발표되었으나[16], 일괄관찰에 의한 사용자의 입력 및 검색범위의 한계를 가지고 있다. 본 연구에서는 목, 과, 종 수준의 단계별 관찰을 통해 기존의 분류체계보다 우수성을 보이고자 한다.

III. 추론검색

1. 추론검색체계

추론검색체계는 그림 4와 같이 관찰속성의 분류 및 정의, 곤충특성의 분류, 추론검색의 세 단계로 이루어진다. 관찰속성은 관찰자 관점에서 곤충의 모양, 크기, 색깔 등, 곤충을 식별하기 위해 관찰 대상이 되는 항목을 의미하며, 지식공학자가 곤충학자의 도움을 얻어 분류한다. 곤충특성은 곤충학자가 관찰속성의 정의에 따라 각 곤충의 관찰 특성을 기술한 내용이다. 추론검색은 관찰자가 관찰속성별로 입력한 관찰정보와 곤충특성을 비교하는 추론과정을 거쳐 유사한 곤충들을 제시한다. 유사 곤충은 여러 개가 가능하며, 최종적으로는 관찰자가 판단하여 식별하게 된다.

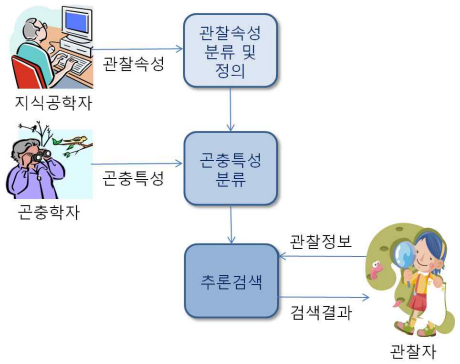


그림 4. 곤충 종 추론검색 체계
Fig. 4. Inference Search system of Insects

2. 관찰속성

곤충관찰은 관찰자의 시각, 청각, 촉각으로 이루어진다. 사진촬영에 의한 이미지의 경우 시각으로 관찰되며, 가까운 거리에서는 곤충이 내는 소리 등에 대해 청각으로도 일부 관찰이 가능하다. 날개의 인편은 촉각으로 가능하며, 곤충을 만져야 관찰할 수 있다. 자연 생태계에서 비전문가의 곤충관찰은 주로 사진촬영 또는 외관을 보고 판단하는 시각에 많이 의존하게 된다. 시각관찰은 곤충의 구조와 관련이 있다. 그림 3과 같이 곤충의 외관 구조를 보면, 머리, 몸통(가슴, 배, 꼬리), 날개, 다리로 관찰이 가능하며, 크기도 상황에 따라 측정 가능한 항목이 될 수 있다.

머리 부분에는 더듬이 모양과 길이, 뿔의 유무, 머리 모양, 입의 특성이 곤충식별의 속성으로 구분할 수 있다. 몸통은 앞다리 특성, 뒷다리 모양, 몸통 모양, 허리 모양, 등 무늬, 몸통 색상, 몸통 무늬, 꼬리 유무가 특성을 결정짓는다. 날개는 날개 노출여부, 날개 접는 모양, 날개 강도, 날개 투명도, 인편 유무, 날개 무늬, 날개 색상 등이 구별 특성이 된다. 곤충의 크기도 구별 특성의 하나이다. 생활특성인 활동시간, 이동특성, 서식지, 소리, 발견지역도 주요 관찰속성으로 구분할 수 있다. 관찰속성은 곤충분류별로 공통특성의 성격을 띤다. 즉, 목 단위의 곤충속성과, 과 단위의 곤충속성, 그리고 각 종별로 다른 값을 갖는 관찰속성이 있다. 그림 5는 각 곤충속성을 곤충의 목 관찰속성, 곤충의 과 관찰속성, 곤충의 종 관찰속성으로 분류한 클래스 다이어그램으로, 상속관계를 표현한 것이다. 관찰은 대부분 곤충들이 움직이지 않는 상태에서 이루어진다. 날개 관련 관찰속성 중에 인편유무를 제외한 관찰속성들은 날개노출여부에 종속적이다. 즉, 정지 상태에서 날개가 노출되는 곤충들에 대해 관찰이 가능하게 된다. 또한, 곤충들이 모든 관찰속성에 대해 특성을 가지고 있지는 않다. 즉, 날개는 주로 나비목, 날도래목, 파리목, 밑들이목, 벌목, 풀잠자리목, 매미, 강도래목, 잠자리목, 하루살이목을 구별하기 위한 속성이다.

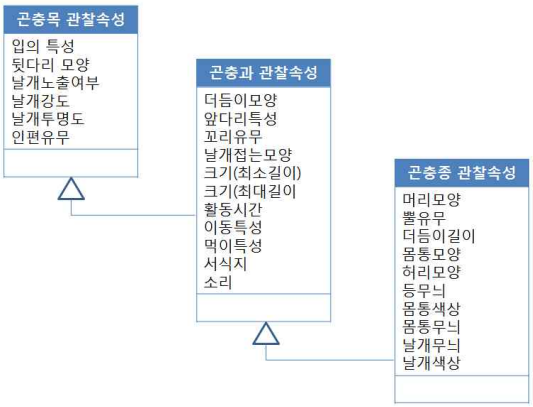


그림 5. 관찰속성 클래스 다이어그램
Fig. 5. Class Diagram of Observation Attributes

표 1은 곤충의 일반적 구조에 의한 관찰속성별로 관찰값, 곤충분류, 속성값 유형을 기술한 것이다[16].

표 1. 관찰 속성
Table 1. Observation Attributes

곤충 구조	관찰 속성명 (색인)	속성값 (속성값코드)	곤충 분류	속성값 유형
머리	입특성(1)	대롱 있음(1), 대롱 없음(0)	목	단일값
	머리모양(2)	삼각형 형태(1), 삼각형 아님(0)	종	단일값
	뿔유무(3)	있음(1), 없음(0)	종	단일값
	더듬이길이(4)	몸통 크기 이하 또는 보이지 않음(0), 몸통 크기 이상(1)	종	단일값
	더듬이모양(5)	곤봉모양(1), 곤봉모양이 아님(0)	과	단일값
몸통	앞다리특성(6)	다른 다리에 비해 아주 짧거나 보이지 않음(0), 다른 다리와 비슷함(1)	과	단일값
	뒷다리모양(7)	다른 다리와 비슷하거나 조금 긴 편임(0), 다른 다리에 비해 아주 긴 편임(1)	목	단일값
	몸통모양(8)	원형에 가까움(1), 타원형에 가까움(2), 길쭉함(3)	종	단일값
	허리모양(9)	잘록함(1), 잘록하지 않음(2)	종	단일값
	등 무늬(10)	있음(1), 없음(0)	종	단일값
	몸통색상(11)	주황색계통(1), 갈색계통(2), 흰색계통(3), 녹색계통(4), 검은색계통(5), 적색계통(6), 청색계통(7), 회색계통(8), 노란색계통(9), 보라색계통(10)	종	다중값
	몸통무늬(12)	원형(1), 삼각형(2), 다각형(3), 굵은 선(4), 가는 선(5), 점선(6), 점 무늬(7)	종	다중값
	꼬리유무(13)	있음(1), 없음(0)	과	단일값
날개	날개노출여부(14)	보임(1), 보이지 않음(0)	목	단일값
	날개접는모양(15)	수직으로 접고 있음(1),	과	단일값

		펼치고 있음(2), 몸쪽으로 붙이고 있음(3)		
	날개강도(16)	부드럽게 보임(1), 딱딱하게 보임(2)	목	단일값
	날개투명도(17)	투명한 편임(1), 투명하지 않음(0)	목	단일값
	인편유무(18)	있음(1), 없음(0)	목	단일값
	날개무늬(19)	원형(1), 삼각형(2), 다각형(3), 굵은 선(4), 가는 선(5), 점선(6), 점 무늬(7)	종	다중값
	날개색상(20)	주황색계통(1), 갈색계통(2), 흰색계통(3), 녹색계통(4), 검은색계통(5), 적색계통(6), 청색계통(7), 회색계통(8), 노란색계통(9), 보라색계통(10)	종	다중값
크기	최소길이(21)	(mm)	과	단일값
	최대길이(22)	(mm)	과	
생활 특성	활동시간(23)	낮(1), 밤(2)	과	단일값
	이동특성(24)	기어 다님(1), 튐(2), 날아 다님(3)	과	단일값
	먹이특성(25)	육식(1), 꿀(2), 나무 수액(3)	과	단일값
	서식지(26)	육상에서 살고 있음(1), 수서에서 살고 있음(2)	과	단일값
	소리(27)	옮(1), 옮지 않음(2)	과	단일값

3. 곤충특성과 식별규칙

각 곤충은 목, 과, 종 분류별로 곤충특성을 가지고 있다. 곤충강 하위의 31개 목 단위의 곤충분류에 대한 곤충특성은 표 2와 같다.

표 2. 곤충강의 목 분류 식별을 위한 곤충특성
Table 2. Class Identification Characteristics of Insects

목	곤충특성 ()는 관찰속성색인을 의미함					
	입의 특성 (1)	뒷다리 모양 (7)	날개노출 여부 (14)	날개 강도 (16)	날개 투명도 (17)	인편 여부 (18)
강도래목	0	0	1	1	1	0
귀뚜라미붙이목	0	0	0	2	0	0
나비목	1	0	1	1	0	1
날도래목	0	0	1	1	1	0
낫발이목	0	0	0	1	0	0
노린재목	1	1	0	2	0	0
다듬이벌레목	0	0	0	1	0	0
대벌레목	0	0	0	2	0	0
들좀목	0	0	0	1	0	0
딱정벌레목	0	0	0	2	0	0
매미목	0	0	1	1	1	0
메뚜기목	0	1	0	2	0	0
밑들이목	0	0	1	1	1	0
바퀴목	0	0	0	2	0	0
벌목	1	0	1	1	1	0
버룩목	0	0	0	1	0	0
부채벌레목	0	0	1	1	1	0
사마귀목	0	1	0	2	0	0
새털이목	0	0	0	1	0	0
이목	0	0	0	1	0	0
잠자리목	0	0	1	1	1	0
좀목	0	0	0	1	0	0
좀붙이목	0	0	0	1	0	0
집게벌레목	0	0	0	2	0	0
총채벌레목	0	0	1	1	0	0
털이목	0	0	0	1	0	0
톡토기목	0	0	0	1	0	0
파리목	1	0	1	1	1	0
풀잠자리목	0	0	1	1	1	0
하루살이목	0	0	1	1	1	0
흰개미목	0	0	0	1	0	0

각 목은 여러 과로 분류되는데, 나비목은 나비류와 나방류와 구분되는 34개 과로 분류되어 있다. 나비목 내의 5개 나비과와 5개 나방과의 곤충특성 예는 표 3과 같다.

표 3. 나비목의 과 분류 식별을 위한 곤충특성
Table 3. Family Identification Characteristics of Lepidoptera

과	관찰속성 ()는 관찰속성색인을 의미함										
	더듬이 모양(4)	앞다리 특성(6)	꼬리 유무(13)	날개 접는 모양(15)	크기[최소길이, mm](21)	크기[최대길이, mm](22)	활동시간(23)	이동특성(24)	먹이특성(25)	서식지(26)	소리(27)
네발나비과	0	0	0	1	30	110	1	3	2	1	2
누에나방과	0	1	0	2,3	30	60	2	3	2	1	2
독나방과	0	1	0	2,3	20	80	2	3	2	1	2
명나방과	0	1	0	2,3	15	30	2	3	2	1	2
박각시과	0	1	0	2,3	30	140	2	3	2	1	2
밤나방과	0	1	0	2,3	20	110	2	3	2	1	2
부전나비과	0	1	0	1	20	50	1	3	2	1	2
팔랑나비과	0	1	0	1	20	45	1	3	2	1	2
포충나방과	0	1	0	2,3	15	45	1	3	2	1	2
호랑나비과	0	1	0	1	40	130	1	3	2	1	2
흰나비과	0	1	0	1	30	70	1	3	2	1	2

각 과 하위에 역시 많은 종이 존재한다. 네발나비과는 49개의 종으로 분류되어 있는데, 5종에 대한 곤충특성의 예는 표 4와 같다.

표 4. 네발나비과의 종 식별을 위한 곤충특성
Table 4. Species Identification Characteristics of Nymphalid

종	관찰속성 ()는 관찰속성색인을 의미함									
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
거꾸로여덟팔나비	0	0	0	3	2	1	-	-	4,6	5,9
굴뚝나비	0	0	0	3	2	1	-	-	7	2,5
긴은점표범나비	0	0	0	3	2	1	-	-	6,7	5,9
네발나비	0	0	0	3	2	1	-	-	6,7	5,9
홍점알락나비	0	0	0	3	2	1	-	-	6,7	3,5,6

곤충식별은 목, 과, 종 분류 순으로 관찰자가 입력한 관찰정보와 곤충특성의 비교에 의해 결정된다. '홍점일락나비' 식별을 위한 규칙의 예는 표 5와 같다. 홍점일락나비는 나비목의 네발나비과에 해당한다. 따라서 나비목, 네발나비과, 홍점일락나비종 단위로 식별 과정을 거치게 된다.

표 5. 곤충종 식별규칙의 예시
Table 5. Identification Rules of Insect Species

```
[나비목의 식별 규칙]
If  입에 대롱이 있다 AND
    뒷다리가 다른 다리와 비슷하거나 조금 긴 편이다 AND
    날개가 보인다 AND
    날개가 부드럽게 보인다 AND
    날개가 투명하지 않다 AND
    날개에 인편이 있다
Then 목분류은 나비목이다
```

```
[네발나비과의 식별 규칙]
If  목분류가 나비목이다 AND
    더듬이모양이 곤봉모양이다 AND
    앞다리가 아주 작거나 보이지 않는다 AND
    꼬리가 없다 AND
    날개를 수직으로 접고 있다 AND
    크기가 30 ~ 110mm 사이이다 AND
    활동시간은 주행성이다 AND
    이동특성은 날아다닌다 AND
    먹이특성은 꿀을 빤다 AND
    서식지는 육지이다 AND
    소리는 내지 않는다 AND
Then  과분류는 네발나비과이다
```

```
[홍점일락나비종의 식별 규칙]
If  과분류가 네발나비과이다 AND
    머리모양이 삼각형이 아니다 AND
    뿔이 없다 AND
    더듬이 길이가 몸통크기 이하 또는  보이지 않는다 AND
    몸통모양이 길쭉하다 AND
    허리모양이 잘록하지 않다 AND
    날개무늬가 점선, 점무늬이다 AND
    날개색상이 흰색계통, 검은색계통이다
Then 종분류는 홍점일락나비종이다
```

4. 유사도 기반 추론검색

곤충식별은 관찰자의 곤충에 대한 관찰정보로 시작한다. 관찰정보에 오류가 있거나 곤충특성과 무관한 정보가 입력되면 정확한 해가 주어지지 않게 된다. 실제, 비전문가가 각 곤충별로 정확한 관찰정보를 작성하기는 쉬운 일이 아니며, 자연생태계에서 빠른 시간 내에 검색을 요하는 상황에서 규칙기반의 접근은 해를 찾는 적당한 기법으로 활용되기가 어렵다. 이에 비해 관찰자의 관찰정보와 곤충특성의 유사도 기반의 곤충식별은 관찰오류에 의한 검색오류를 피할 수 있는 방법 중에 하나이다.

유사성 기반의 추론은 목, 과, 종별 관찰속성 순으로 관찰정보와 곤충특성 간의 유사성을 비교하여 검색범위를 좁혀 가는 방법이다. 유사도는 크게 두 가지 관점으로 분류할 수 있다. 하나는 관찰정보와 관련 있는 관찰속성 수 대비 각 관찰속성별 관찰정보와 곤충특성 간 일치율에 대한 합을 지표화하는 것이다. 이는 곤충들이 가지고 있는 관찰특성과 일부 무관한 관찰속성에 대한 관찰로 인해 검색오류가 생길 수 있는 여지가 높다. 두 번째는 관찰정보 중 각 곤충특성과 관련있는 관찰속성 수 대비 각 관찰속성별 관찰정보와 곤충특성 간 일치율에 대한 합을 지표화하는 것이다. 이는 곤충특성과 관련있는 관찰속성만을 이용하기 때문에 첫 번째 경우에 비해 검색오류를 낮출 수 있는 여지가 있다. 따라서, 본 연구는 두 번째 방법으로 접근하기로 한다. 유사도를 정의하기 위해 필요한 표기는 다음과 같다.

i: 관찰속성 색인, $i \in \mathbf{I}$.

s: 목, 과, 종 내의 곤충색인.

$\mathbf{I}_s$: 곤충색인 s 곤충을 기술하는 관찰속성 집합, $\mathbf{I}_s \subset \mathbf{I}$.

$\mathbf{I}_{obs}$: 관찰자의 관찰값을 가지는 관찰속성 집합, $\mathbf{I}_{obs} \subset \mathbf{I}$.

$\mathbf{J}[i]$: 관찰속성 i의 속성값 집합.

$\mathbf{J}_s[i]$: 곤충색인 s 곤충이 관찰속성 i에 대해 가지는 속성값 즉, 곤충특성 집합, $\mathbf{J}_s[i] \subset \mathbf{J}[i]$.

$\mathbf{J}_{obs}[i]$: 관찰속성 i에 대한 관찰자의 관찰값 집합, $\mathbf{J}_{obs}[i] \subset \mathbf{J}[i]$.

유사도는 표 1의 속성값 유형별로 다르다. '단일값' 유형의 경우, 각 관찰속성별로 관찰값과 곤충특곤충특성의 일치여부에 따라 유사도는 0과 1, 둘 중 하나의 값을 가지게 된다. 그러나, '다중값'의 경우에는 각 관찰속성별로 입력한 다수 관찰값 대비 일치하는 곤충특성의 유사도는 [0, 1]의 범위를 갖게 된다. 즉, 각 관찰속성 i에 대한 관찰정보와 곤충특성 간 일치율 $\mathbf{R}[i]$는 단일값과 다중값을 포함하여 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\mathbf{R}[i] = |\mathbf{J}_{obs}[i] \cap \mathbf{J}_s[i]| \ / \ |\mathbf{J}_{obs}[i]| \quad \cdots\cdots (1)$$

한편, 관찰정보 중 곤충 s의 곤충특성과 관련 있는 관찰속

성 수 N_s는 식 (2)와 같다.

$$N_s=|I_{obs} \cap I_s| \quad \cdots\cdots (2)$$

따라서, 유사도는 식 (3)으로 표현할 수 있다. 각 관찰속성별로 가중치는 동일하다고 가정한다.

$$Sim(s) = \sum_{i \in I_{obs} \cap I_s} R[i] \times 100 / N_s \quad \cdots\cdots (3)$$

과 단위의 곤충분류 s는 목 단위의 관찰속성을 포함하는 N_s[목]과 Sim(s[목])의 값으로 하며, 종 단위의 곤충분류 s는 목, 과의 관찰속성을 포함하는 N_s[과[목]]과 Sim(s[과[목]])의 값으로 한다.

'홍점일락나비종'에 대한 관찰정보를 바탕으로 한 유사도의 예시는 다음과 같다. 우선, 관찰자가 목 단위 관찰속성 중에 눈에 잘 띄는 날개노출여부, 날개강도, 날개투명도에 대한 관찰정보를 표 6과 같이 입력했다고 가정한다. 31개 목 중에서 나비목과 노린재목의 곤충특성을 식 (3)의 유사도 관점에서 계산하면 각각 100%와 33.3%이다.

표 6. 목 단위의 관찰정보
Table 6. Observation Information of Class Level

관찰속성 (관찰속성 색인 i)	관찰자의 관찰정보 (속성값[코드])	곤충 s의 관찰특성	
		나비목 (R[i])	노린재목 (R[i])
입의 특성(1)		1	1
뒷다리 모양(7)		0	1
날개 노출 여부(14)	보임(1)	1(1)	0(0)
날개 강도(16)	부드럽게 보임(1)	1(1)	2(0)
날개 투명도(17)	투명하지 않음(0)	0(1)	0(1)
인편 여부(18)		1	0
Ns		3	3
Sim(s)		(1+1+1)X100/3= 100(%)	(0+0+1)X100/3= 33.3(%)

유사도가 높은 나비목은 목 단위에서 과단위를 식별하기 위한 후보가 된다. 관찰자는 다음으로 과 단위의 관찰속성 중에 날개 접는 모양, 활동시간, 서식지에 대해 표 7과 같이 관찰값을 입력하면, 나비목 내의 네발나비과와 누에나방과의 과 단위의 유사도는 각각 100%와 33%이다. 그러나, 과 단위의 곤충은 목의 속성을 상속받기 때문에 총 목의 관찰정보를 포함한 총 유사도는 각각 100%와 66.6%가 된다.

표 7. 과 단위의 관찰정보
Table 7. Observation Information of Family Level

관찰속성 (관찰속성 색인 i)	관찰자의 관찰정보 (속성값[코드])	곤충 s의 관찰특성 (나비목)	
		네발나비과 (R[i])	누에나방과 (R[i])
더듬이 모양(5)		0	0
앞다리 특성(6)		0	1
꼬리 유무(13)		0	0
날개 접는 모양(15)	수직으로 접고 있음(1)	1(1)	2,3(0)
크기(21,22)		30~110	30~60
활동시간(23)	주행성(1)	1(1)	2(0)
이동특성(24)		3	3
먹이특성(25)		2	2
서식지(26)	육상에서 살고 있음(1)	1(1)	1(1)
소리(27)		2	2
Ns		3	3
Sim(s)		(1+1+1)X100/3= 100(%)	(0+0+1)X100/3= 33.3(%)
Ns[나비목]		6	6
Sim(s[나비목])		(1+1+1+1+1+1)X100/6= 100(%)	(1+1+1+0+0+1)X100/6= 66.6(%)

검색범위는 유사도가 높은 네발나비과로 좁혀지게 된다. 관찰자는 다음으로 종 단위의 관찰속성 중에 표 8과 같이 뿔 유무와 날개 색상을 관찰하고, 날개 색상의 경우에는 곤충이 가지고 있는 날개의 일부 색상으로 '검은색계통'과 '적색계통'을 입력하였다. 네발나비과에 속하는 거꾸로여덟팔나비와 홍점일락나비의 종 단위 유사도는 각각 75%와 100%가 된다. 그러나, 목, 과 단위의 관찰정보를 포함한 총 유사도는 각각 93.75%와 100%가 된다. 관찰자는 유사도가 높은 종을 중심으로 먼저 관찰하고 해가 없다면, 유사도가 낮은 순으로 검색하면서 식별할 수 있다.

표 8. 종 단위의 관찰정보
Table 8. Observation Information of Species Level

관찰속성 (관찰속성 색인 i)	관찰자의 관찰정보 (속성값[코드])	곤충 s의 관찰특성 (네발나비과)	
		거꾸로여덟팔나비 (R[i])	홍점일락나비 (R[i])
머리 모양(2)		0	0
뿔 유무(3)	없음(0)	0(1)	0(1)
더듬이 길이(4)		0	0
몸통 모양(8)		3	3
허리 모양(9)		2	2
등 무늬(10)		1	1
몸통 색상(11)			
몸통 무늬(12)			
날개 무늬(19)		4,6	6,7
날개 색상(20)	검은색계통(5) 적색계통(6)	5,9(1/2)	3,5,6(2/2)
Ns		2	2
Sim(s)		(1+1/2)X100/2 =75(%)	(1+2/2)X100/2= 100(%)
Ns[네발나비과[나비목]]		8	8
Sim(s[네발나비과[나비목]])		(1+1+1+1+1+1+ 1+1/2)*100/8= 93.75(%)	(1+1+1+1+1+1+ 1+2/2)*100/8= 100(%)

IV. 효과측정

1. 프로토타입 시스템

본 연구의 추론검색과 현재 대부분 곤충 관련 사이트에서 제공하는 분류검색과의 성능을 비교하기 위해 두 시스템을 모바일웹으로 구현하였다. 웹시스템은 Windows OS를 기반으로 하며, DB는 SQL Server로 어플리케이션은 JSP로 개발하였다. 곤충DB는 생물학적 분류원칙에 따라 31개 목, 하위 143개과, 1,417종에 대해 작성하였다.

어플리케이션은 크게, 곤충특성의 입력, 분류검색, 추론검색으로 구분되어 있다. 분류검색시스템은 목, 과, 종 단계로 관찰자가 하나씩 하나씩 목록을 보면서 비교하여 식별하는 방법이다. 그림 6은 나비목의 목록과 네발나비과에 해당하는 종의 목록을 보여주는 예이다.

(a)나비목의 목록 (b)네발나비과의 목록

그림 6. 분류검색의 예
Fig. 6. Instances of Classification Search Method

(a)목의 관찰정보 입력 (b) 2위 까지의 높은 유사성을 가진 종 목록

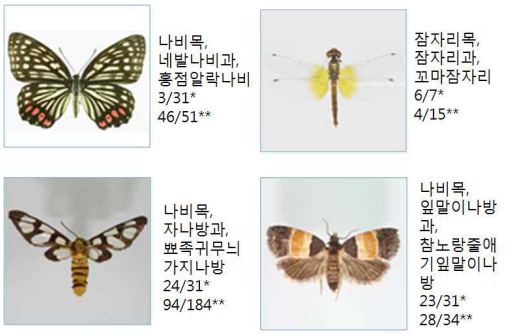
그림 7. 추론검색의 예
Fig. 7. Instances of Inference Search Method

추론검색시스템은 목, 과, 종 단계로 관찰정보를 입력하고 각 단계별로 곤충특성과 유사도를 비교하여 종 단계에서 유사성이 높은 종들을 해로 제시한다. 그림 7은 목, 과, 종 단위의 관찰속성에 대해 관찰정보를 단계적으로 입력하고, 최종으로 2위까지의 유사성이 높은 종이 제시된 예이다.

2. 성능 비교

테스트 요원은 총 22명의 도시에서 거주하는 대학생으로 구성하였으며, 각 11명씩 두 그룹으로 나누어 각각 분류검색과 추론검색을 실시하였다. 곤충 종 검색은 대부분 처음 접하고, 추론검색 또한 생소하기 때문에 테스트 시작 전에 활용 방법에 대한 간단한 설명과 연습을 하였다. 분류검색의 경우에는 목, 과, 종을 알고 있는 경우 해당 분류로 바로 검색하되, 인식이 부족한 경우에는 배치된 순에 따라 차례대로 검색하도록 하였다. 분류검색과 추론검색의 효과성을 비교하기 위하여 과의 분류가 앞 쪽에 배치되어 있는 2종과 뒤쪽에 위치한 2종으로 선정하였다.

구축된 시스템의 경우, 나비류가 많기 때문에 앞과 뒤쪽의 배치 효과를 극대화할 수 있으며, 잠자리류의 수는 적으나 잘 알려진 곤충이기 때문에 배치 효과는 앞 쪽에 위치한 것으로 볼 수 있어 나비류와 잠자리류에서 표본을 선정하였다. 그림 8은 선정된 네 가지의 표본을 나타낸 것이다.



*는 (과의 배치 위치)/(과의 수), **는 해당 과 내의 (종의 배치 위치)/(종의 수)를 의미함.

그림 8. 테스트용 곤충표본 정보
Fig. 8. Insect specimen Information for Test

두 집단의 테스트 구성원 수 제한으로 윌콕슨 순위합 검정을 통해 두 집단 간의 중앙값의 차이를 검정한다. 네 가지 곤충표본에 대한 귀무가설(H_0)과 연구가설(H_1)은 다음과 같다.

H_0 :분류검색의 곤충식별 중앙값 = 분류검색의 곤충식별 중앙값

H_1 :분류검색의 곤충식별 중앙값 ≠ 분류검색의 곤충식별 중앙값

네 가지 곤충표본에 대한 두 집단의 실험결과는 표 9와 같다. 각 곤충별로 분류검색과 추론검색 집단의 시간 변화에 따른 곤충식별 수(누계)의 변화와 식별에 걸린 평균시간과 표준편차, 그리고 추론검색의 경우 관찰정보 입력에 걸린 평균시간을 보여주고 있다.

표 9. 분류검색과 추론검색에 의한 테스트결과
Table 9. Test Results of Classification Search Method and Inference Search Method

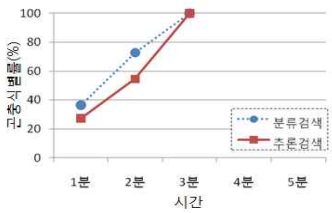
곤충 표본	관찰 및 식별 시간		검색시스템		가설검정
			분류검색	추론검색	
홍점알락나비	식별수	1분	4명(36.4%)	3명(27.3%)	$t_{추론검색순위합}$ = 0.755 t(0.25,21) =2.08 귀무가설 기각
		2분	8명(72.7%)	6명(54.5%)	
		3분	11명(100%)	11명(100%)	
	평균(관찰)		-	55.5초	
	평균(식별)		88.5초	116.1초	
	표준편차(식별)		52.6초	71.9초	
꼬마잠자리	식별수	1분	10명(90.9%)	5명(54.5%)	$t_{추론검색순위합}$ =3.513 t(0.25,21) =2.08 귀무가설 기각
		2분	11명(100%)	11명(100%)	
		3분	-	-	
	평균(관찰)		-	43.6초	
	평균(식별)		25.0초	68.7초	
	표준편차(식별)		16.2초	15.6초	
뾰족귀무늬 가지나방	식별수	1분	0명(0%)	0명(0%)	$t_{추론검색순위합}$ = -1.026 t(0.25,19) =2.093 귀무가설 채택
		2분	1명(9.1%)	4명(36.4%)	
		3분	5명(54.5%)	8명(72.7%)	
		4분	8명(72.7%)	10명(90.9%)	
		5분	9명(81.8%)	11명(100%)	
	평균(관찰)		-	46.2초	
	평균(식별)		181.9초	157.5초	
	표준편차(식별)		42.6초	56.3초	
참노랑줄애기잎말이나방	식별수	1분	0명(0%)	2명(18.2%)	$t_{추론검색순위합}$ = -3.396 t(0.25,17) =2.11 귀무가설 기각
		2분	1명(9.1%)	10명(90.9%)	
		3분	2명(18.2%)	11명(100%)	
		4분	4명(36.4%)	-	
		5분	7명(63.6%)	-	
	평균(관찰)		-	44.5초	
	평균(식별)		217.7초	76.4초	
	표준편차(식별)		65.1초	22.4초	

2.1 효과성 측정

각 곤충별로 5분의 제한 시간 내에 식별하는 정도를 비교지표로 하였다. 추론검색의 경우, 곤충 종의 배치 위치에 관계없이 곤충을 식별하였으나, 분류검색의 경우는 배치 위치가 곤충식별에 영향을 줌을 알 수 있다. 홍점알락나비와 꼬마잠자리는 배치 위치가 식별 단계에서 가까운 거리에 있기 때문에 제한 시간 내에 모두 감색하였으나, 상대적으로 먼 거리에 위치하고 있는 뾰족귀무늬가지나방과 참노랑줄애기잎말이나방은 검색에 시간을 요하기 때문에 제한 시간 내에 식별한 비율은 각각 81.8%와 63.6%로 추론검색에 비해 낮게 나타나고 있다.

2.2 효율성 측정

식별에 걸린 시간 비교를 통한 효율성을 측정한다. 측정지표는 두 가지로 시간변화에 따른 식별 수의 변화와 두 집단 간의 식별시간에 대한 중앙값 차이 검정에 관한 것이다. 먼저, 각 곤충별로 시간(분)의 증가에 따른 식별 수(%) 변화는 그림 9와 같다. 홍점일락나비와 꼬마잠자리는 종의 배치 위치가 탐색에 가까운 거리에 있기 때문에 분류검색에 의한 식별이 더 짧은 시간 내에 끝나게 된다. 이에 비해, 뾰족귀나무가지나방과 참노랑줄애기잎말이나방은 종의 배치 위치가 탐색하기에 시간이 걸리는 먼 거리에 배치되어 있기 때문에 분류검색보다는 추론검색으로 유사한 종을 걸러내어 식별하는 것이 더 효율적임을 알 수 있다.



(a) 홍점일락나비

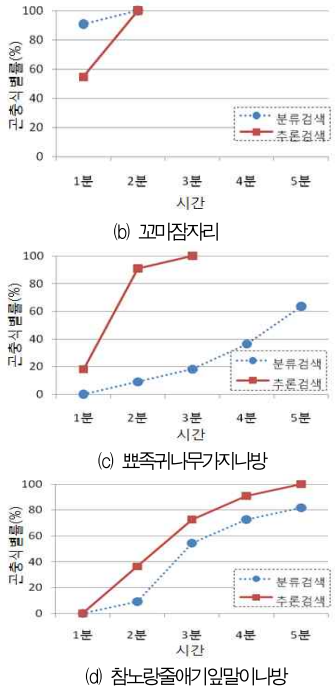


그림 9. 시간(분)의 변화에 따른 곤충식별률(%)의 변화
Fig. 9. Insect Identification Ratio Change by Elapsed Time(Minutes)

표 9의 가설검정 결과에 의하면, 뾰족귀무늬가지나방 외에는 모두 귀무가설이 기각되어, 분류검색과 추론검색에 의한 검색시간의 중앙값이 서로 다르다고 판단할 수 있다. 즉, 홍점알락나비와 꼬마잠자리는 분류검색에 의한 검색시간이 짧은 위치에 종이 배치되어 있기 때문에 분류검색이 더 효율적임을 알 수 있으며, 반대로 참노랑줄애기잎말이나방은 멀리 배치되어 있으므로 추론검색이 더 효율적임이라고 할 수 있다. 멀리 배치되어 있는 뾰족귀무늬가지나방의 경우는 통계학적으로는 가설검정에 의하면 추론검색이 더 효율적이라고 할 수는 없지만 식별 평균시간은 더 작은 것을 볼 수 있다.

이상의 효과와 효율성 분석결과, 종의 수가 많은 실제적인 검색사이트의 경우에는 분류검색을 통한 식별이 더 시간소모적임을 예상할 수 있다. 또한, 식별에 많은 시간이 소모되면 주어진 시간 내에 식별의 가능성은 낮아지며, 때로는 식별을 포기하는 상황이 되기도 한다.

V. 결 론

일반적으로 전문지식이 없는 일반 사용자의 검색체계는 생물학자에 의한 분류체계와 다르다. 본 연구에서는 자연 생태환경에서의 곤충 종 식별을 위해, 관찰자 관점에서 27개의 관찰속성을 분류하였다. 또한, 곤충 종 분류체계인 목, 과, 종 단위로 검색하는 전방향 추론 절차와 유사도 기반의 유사종 검색 체계를 제안하였다. 프로토타입 시스템에서는 31목, 143과, 1,417종의 곤충 콘텐츠를 DB로 구축하였고, 추론검색 방식과 일반적으로 웹사이트에서 제공되는 분류검색 방식을 비교하였다. 곤충 식별률은 추론검색이 더 효과적이며, 신속 검색의 효율성 측면에서는 검색이 까다로운 위치에 있는 종에서는 더 유용한 결과가 나타났으며, 이는 방대한 곤충종의 데이터를 가지는 실제 상황에서는 더 유용할 수 있음을 보여주고 있다.

효율적 환경생태 교육을 위한 유러닝 관찰학습기반 곤충 종 식별의 지식분류와 추론체계는 환경생태의 생물 자원과 IT의 지식공학적 융합을 통해 21세기 국가의 중요 자원인 생물종 자원을 체계화하고, 이의 범용적 활용을 극대화하는데 있다. 또한, 생물 종에 관련된 전문가나 학자 외에도 학생 및 일반인들이 언제, 어느 곳 에서도 생물 종에 대한 유러닝 학습이 가능하도록 생물 종 콘텐츠의 개발과 정보검색을 활성화하는데 있다. 그러므로, 향후에 유러닝 곤충 관찰 추론검색이 보다 실질적으로 활용되기 위해서는 곤충 콘텐츠 DB를 확대하고, 위치기반과 이미지 패턴인식을 활용한 하이브리드형의 검색방법에 대한 연구가 필요하다.

Acknowledgments

본 연구는 2010년도 환경부 차세대 핵심기술개발사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

[1] Aquatic Insects of Korea, *http://www.waterinsect.org.*

[2] F. Arrignon, M. Deconchat, J.-P. Sarthou, G. Balent, and C. Monteil, "Modelling the Overwintering Strategy of a Beneficial Insect in a Heterogeneous Landscape using a Multi-agent System," EcologicalModelling, Vol. 205, pp.423-436, 2007.

[3] M. G. Baek et al., "Korean Insects List," Nature and Ecology, 2010.

[4] W. D. Batchelor, R. W. McClendon, D. B. Adams, and J.W. Jones, "Evaluation of SMARTSOY: An Expert Simulation System for Insect Pest Management,"

AgriculturalSystems, Vol. 31, pp.67-81, 1989.
[5] H. W. Beck, P. Jones, and J. W. Jones, "SOYBUG: An Expert System for Soybean Insect Pest Management," Agricultural Systems, Vol. 30, pp.269-286, 1989.
[6] Bric, *http://bric.postech.ac.kr*.
[7] Digital Insect Collection of Seoul National University, http://insect.snu. ac.kr.
[8] Ecological Information System, *http://ecoinfo.seoul.go.kr*.
[9] Encyber, *http://www.encyber.com*.
[10] F-L. Francis, "Qualitative Reasoning and Integrated Management of the Quality of Stored Grain_a Promising New Approach," Journal of Stored Products Research, Vol. 38, pp.191-218, 2002.
[11] T. L. Friedman, "Code Green", 21 Century Books, 2008.
[12] Green Gyeonggi-do with Beautiful Forests, *http://forest.gg.go.kr*.
[13] K. S. Han, "Introduction to Entomology and Insect Utilization Cases Applied to Industry," Shingu University, 2008.
[14] Insect Collection, *http://insect.naac.go.kr*.
[15] A.T. Jozsef, "Kenneth M. Ford and Patrick J. Hayes, eds., Reasoning Agent in a Dynamic World: The Frame Problem," Artificial Intelligence, Vol. 73, pp.323-369, 1995.
[16] E. S. Jun, Y. S. Chang, Y. D. Kwon, C. S. Ko, and Y. N. Kim. "Smart phone-based Inference Framework for Identifying Insect Species in the Environment of U-Learning Observational Study", in Proceedings of the 2010 Autumn Conference, Korea Intelligent Information Systems Society pp.324-334, 2010.
[17] S. Kaloudis, D. Anastopoulos, C. P. Yialouris, N.A.Lorentzos, and A.B.Sideridis, "Insect Identification Expert System for Forest Protection," Expert Systems with Applications, Vol. 28, pp.445-452, 2005.
[18] Y. D. Kim, "The Reality of Insect Diversity: The Biological Classification," NaverCast, *http://navercast.naver.com/ science/biology/*
[19] J. I. Kim and W. G. Lee, "Korean Insects in the Neighborhood," Heonamsa, 1999.
[20] C. S. Ko, E. S. Jun, S. K. Park, S. B. Kim, and S. T. Chung, "WEB-Mobile Service Systems for the Ecology of Insects and the Environment Information based on U-Learning," The Journal of Korea Information Processing Society, Vol. 4, No. 3, pp. 207-224, 2009.
[21] Korean Bioinformation Center, *http://www.kobic. re.kr*.
[22] Korean Insects Society, *http://insectkorea.kr*.
[23] G. O. Kwon, "The Concept of Insecta that Teachers of Elementary Schools Understand," Master's Thesis, Daegu National University of Education, 2007.
[24] D. P. McKenzie and R. S. Forsyth, "Classification by Similarity: An Overview of Statistical Methods of Case-based Reasoning," Computersin Human Behavior, Vol. 11, No. 2, pp.273-288, 1995.
[25] Michigan State University, *http://animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/information/insect.html*.
[26] The Mystery of ButterFlies, *http://nabisinbi.com*.
[27] National Academy of Agricultural Science, *http://goodin.sect.naac.go.kr*.
[28] National Biological Species Knowledge Information Systems, *http://www.nature. go.kr*.
[29] National Institute of Biological Resources, *http://www.nibr.go.kr*.
[30] G. T. Park, Y. S. Bae, and Y. D. Kwon, "Biological Resources in Gyeonggi-do(Insects)," Gyeonggi-do Forest Environment Research Institute, 2004.
[31] G. M. Pasqual, and J. Mansfield, "Development of a Prototype Expert System for Identification and Control of Insect Pests," Computers and Electronicsin Agriculture, Vol. 2, pp.263-276, 1988.
[32] U-EREMS, *http:// new.induk.ac.kr*.
[33] C. Wen, D. E. Guyer, and W. Li, "Local Feature-based Identification and Classification for Orchard Insects," BiosystemsEngineering, Vol. 104, pp.299-307, 2009.
[34] The Wonderful World of Insects. *http://www.earthlife.net/insects*.

저 자 소 개

전 응 섭

1999 : KAIST 지능정보 공학박사
1985-1989 : KAIST 시스템공학센터 연구원
1989-1991 : 한국 HP 시스템 컨설턴트
현재 : 인덕대학교 컴퓨터소프트웨어과 교수
현재 : 한국디지털컨버전스학회 부회장
관심분야 : U-러닝, 유비쿼터스 응용, 전문가시스템
Email : esjun@induk.ac.kr

장 용 식

2002 : KAIST 테크노경영대학원 공학박사
1991-1995 : (주)POSDATA
현재 : 한신대학교 e-비즈니스학과 부교수
관심분야 : 경영의사결정모형, 유비쿼터스 비즈니스
Email : yschang@hs.ac.kr

권 영 대

1992 : 강원대학교 농생물학 이학사
2004 : 강원대학교 곤충학 박사
현재 : 경기도산림환경연구소 연구사
관심분야 : 곤충분류, 산림해충 방제, 수목보호
Email : kwyd@gg.go.kr

김 용 남

1985 : 건국대학교 물리학과 이학사
1984-1991 : 쌍용정보통신
현재 : 엠비즈테크 시스템연구소 소장
관심분야 : 영상처리, 유비쿼터스 기술, U-러닝
Email : frog600@mbiztech.co.kr