웹 사이트의 구조와 항해가능성

민경실† · 천성규†† · 장기호†† · 정효숙††† · 박성빈††††

요 약

항해가능성은 사용자가 웹 사이트에서 원하는 정보를 얼마나 찾기 쉬운지를 말하며 웹 사이트 구조에 영향을 받는다. 본 논문에서는 세 종류의 웹 사이트, 즉 작은 세상 구조의 웹 사이트, 준 매트로이드 구조의 웹 사이트, 그리고 온톨로지를 이용한 웹 사이트를 제작하고 각 웹 사이트의 항해가능성을 두 가지 기준 (사용자가 원하는 정보를 찾기 위해 클릭한 하이퍼링크의 수 및 원하는 정보를 찾기 위해 걸린 시간) 으로 측정하였다. 세가지 구조를 선택한 이유는 각 구조마다 사용자가 정보를 찾기에 도움이 될 수 있도록 하이퍼링크를 만들 수 있기 때문이다. 실험 결과, 한 사용자가 정보를 찾기까지 거쳐 간 링크의 평균 개수는 준 매트로이드 구조의 웹 사이트 (100.37개) < 온톨로지 구조의 웹 사이트 (117.63개) < 작은 세상 구조의 웹 사이트 (236.17개) 순으로 나왔다. 그리고 한 사용자가 정보를 찾는데 소요된 평균 시간은 온톨로지 구조의 웹 사이트 (20분 26초) < 준 매트로이드 구조의 웹 사이트 (23분 6초) < 작은 세상 구조의 웹 사이트(30분 47초) 였다. 따라서 준 매트로이드 구조나 온톨로지 기반 구조의 웹 사이트가 상대적으로 작은 세상 구조의 웹 사이트보다 항해가능 하다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 실험 결과를 어떻게 교육용 웹 사이트 설계에 적용할 수 있을 지도 제안하였다.

주제어 : 항해가능성, 웹 사이트 구조, 교육용 웹 사이트 설계

The Structure of a Web site and Navigability

Kyungsil Min† · Sungkyu Chun†† · Giho Jang†† · Hyosook Jung††† · Seongbin Park††††

ABSTRACT

Navigability refers to how easy a user can find desired information in a web site and is influenced by the structure of a web site. In this paper, we created three types of Web sites, that is a Web site whose structure forms a small world, a Web site whose structure forms a semi-matroid, and a Web site based on an ontology and measured the navigability of each Web site based on two criteria (the number of hyperlinks clicked by users to find the desired information and the elapsed time for finding the desired information). The reason that we selected three structures is because hyperlinks can be created in a way that helps a user find desired information in each site. From the experiments, we found that the average number of hyperlinks which a user clicked to find out the desired information was as follows: a Web site that had semi-matroid property (100.37 hyperlinks) < a Web site that was created based on an ontology (117.63 hyperlinks) < a Web site that had small-world property (236.17 hyperlinks). In addition, we found that the average elapsed time during which a user found out the desired information was as follows: a Web site that was created based on an ontology (20 min 26 sec) < a Web site that had semi-matroid property (23 min 6 sec) < a Web site that had small-world property (30 min 47 sec). Therefore, we can consider a Web site that is created based on a semi-matroid or an ontology is relatively more navigable than a Web site that has small-world property. In this paper, we also propose a way by which our experimental results can be reflected in designing an educational Web site.

Keywords : Navigability, Web site structure, Educational Web site design

† 준 회 원: 고려대학교 수학교육과
†† 준 회 원: 고려대학교 컴퓨터교육과
††† 종신회원: 고려대학교 컴퓨터교육과 박사
†††† 종신회원: 고려대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)
논문접수: 2011년 04월 11일, 심사완료: 2011년 05월 04일

1. 서 론

인터넷의 발달로 정보의 생성 속도가 빠를 뿐만 아니라, 그 양도 매우 방대해지고 있어 필요한 정보를 효율적으로 찾아 활용할 수 있는 능력이 무엇보다 필요하다. 그러나 수많은 노드들과 링크들로 구성된 하이퍼공간을 항해하다 보면 하이퍼공간에 존재하는 정보 및 그들 간의 관계를 명확히 알지 못하여, 현재 자신이 어떤 위치에 있는지, 다음에 어디로 가야 할지 모르는 상태인 방향상실감에 빠지게 된다[1,2,3]. 하이퍼텍스트는 사용자가 주도적으로 정보를 자유롭게 탐색할 수 있는 선택권을 제공하지만, 수많은 정보로 구성된 하이퍼공간에서 자신에게 적절한 정보를 선택하지 못하여 결국 방향 상실을 경험하게 되는 것이다 [4].

하이퍼텍스트는 정보를 가지고 있는 노드들과 하이퍼링크들로 연결된 구조를 띄는데 같은 내용의 노드들이라도 어떻게 연결되는 가에 따라 사용자가 원하는 정보를 얼마나 효율적으로 찾을 수 있는가를 나타내는 항해가능성이 달라진다. 항해가능성이 높은 웹 사이트일수록 원하는 정보를 보다 성공적으로 찾아낼 수 있기 때문에, 잘 구조화된 웹 사이트를 설계하기 위해 고려해야 하는 중요한 요인으로 다루어지고 있다 [5].

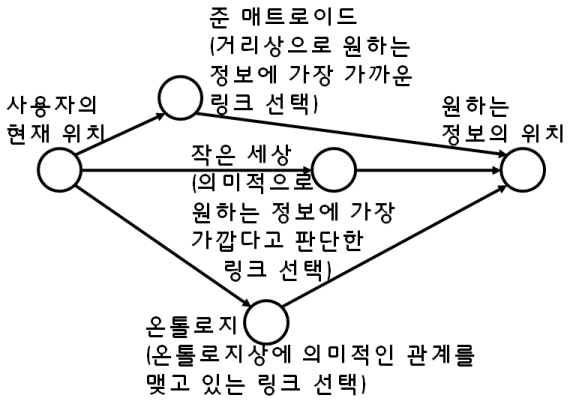
본 논문에서는 동일한 콘텐츠를 대상으로 웹 사이트의 링크 구조를 다르게 구성한 후, 어떤 구조에서 사용자가 원하는 정보를 쉽게 찾을 수 있는지를 알아보고자 한다. 특히, 준 매트로이드, 작은 세상, 온톨로지라는 세 가지를 구조를 이용하여 웹 사이트의 링크를 다르게 구성하였다. 세 가지 구조의 특징과 이를 선택한 이유는 다음과 같다.

첫째, 준 매트로이드 구조는 매트로이드 구조를 기반으로 구성된 구조이다. 매트로이드 구조를 갖는 계산 문제들의 경우 '전체 구조'에 대한 정보 없이 매 순간 최적의 선택을 함으로써 최적의 해를 찾을 수 있다 [6]. 이는 웹 사이트 전체 구조에 대한 정보 없이 사용자가 원하는 정보를 찾기 위해 웹 페이지들을 탐색하는 과정과 유사하다고 볼 수 있으므로 웹 사이트 링크 구조로써 매트로이드 구조를 선택하였다. 그러나 매트로이드 조건을 그대로 사용할 경우, 링크의 수가 너무 많아지게 되어 본 논문에서는 매트로이드 구조에 제약을 둔 준 매트로이드 구조로 웹 사이트의 링크를 설계하였다.

둘째, 작은 세상 구조란 방대한 네트워크라도 임의의 두 지점 사이에 짧은 경로가 존재한다는 것으로써 [7,8,9], 네트워크의 '전체 구조'에 대한 정보 없이도 현재 위치한 지점에서 알 수 있는 지역적인 정보들만 가지고 원하는 지점을 찾을 수 있다는 것을 의미한다. 이는 사용자가 임의의 웹 페이지에서 원하는 정보가 있는 웹 페이지로 이동하려는 상황과 유사하기 때문에 본 논문에서는 작은 세상 구조로 웹 사이트의 링크 구조를 구성하였다.

셋째, 온톨로지는 개념과 개념 간의 관계를 정의한 데이터 모델로써, 온톨로지에 정의된 개념 간의 의미적 관계를 이용하여 웹 사이트의 링크 구조를 설계한다면, 사용자는 원하는 정보를 상대적으로 쉽게 찾을 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 온톨로지 구조를 기반으로 웹 페이지들을 의미적으로 연결시켜 웹 사이트를 구성하였다.

<그림 1> 은 사용자의 현재 위치에서 원하는 정보를 찾기 위해 서로 다른 세 가지 링크 구조(준 매트로이드, 작은 세상, 온톨로지의 링크 구조)를 탐색하는 과정을 나타낸다.



<그림 1> 세 가지 링크 구조

본 논문에서 구성한 웹 사이트들은 '도서'에 대한 100 개의 같은 노드들을 가지지만 링크들을 다르게 연결하여 작은 세상, 준 매트로이드, 온톨로지 기반 구조가 되었고 각각의 웹 사이트들에서 사용자가 같은 정보를 찾기 위해 거쳐 간 링크들의 수와 같은 정보를 찾기 위해 소요된 시간을 측정하였다.

실험 결과 같은 정보를 찾기 위해 거쳐 간 링크 수의 평균은 준 매트로이드 (100.37) < 온톨로지 (117.63) < 작은 세상 (236.17) 순으로 나왔다. 그리고 같은 정보를 찾는데 소요된 시간은 온톨로지 (20분 26초) < 준 매트로이드(23분 6초) < 작은 세상 (30분 47초) 이다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2 장에서는 관련 연구를 기술하고 3 장은 본 논문에서 구성한 하이퍼텍스트들의 구조들 (준 매트로이드, 작은 세상, 온톨로지 기반 구조) 을 설명한다. 4 장은 실험 방법 및 결과를 설명하고 5 장은 실험 결과를 활용할 수 있는 방안에 대해 기술한다. 6 장은 결론을 기술한다.

2. 관련연구

하이퍼공간에서의 방향 상실 이란 사용자가 하이퍼공간에 존재하는 정보 및 그들 간의 관계를 명확히 알지 못하여, 현재 자신이 어떤 위치에 있는지, 다음에 어디로 가야 할지 모르는 상태를 말한다[1]. 같은 내용을 가지고 웹 사이트를 제작한다 해도 구조가 복잡할 경우 사용자가 링크를 따라서 원하는 정보를 찾기 어려울 수 있고 하이퍼공간에서 방향 상실에 대해 어떻게 측정할 수 있을 지에 대해 정량적인 공식들이 제안되었다.

Aaronson [10]은 하이퍼미디어가 얼마나 유기적으로 잘 구조화되어있는가 혹은 얼마나 항해하기 쉬운가를 평가하기 위한 수치적 척도를 제안하였다. 이는 웹 페이지에 대한 사용자의 요구, 웹 페이지들 간의 관련성, 사용자가 하이퍼미디어의 경로를 따라 항해할 확률 등을 기반으로 측정한다. 제안된 공식은 웹 사이트를 제작할 때 사이트를 구성하는 페이지들 간의 내용을 고려하여 꼭 링크가 있어야 하는 페이지들 및 링크가 존재하면 전체 내용 이해에 도움이 될 수 있는 페이지들에 대해 알려져 있다는 가정 하에 항해가능성 값을 계산한다.

Smith [11]는 하이퍼미디어 시스템을 사용하는 동안 사용자의 방향 상실 정도, 항해 효율성 및 자신감에 대한 척도 및 평점 등에 대한 여러 가지 측정 기준을 제시하였다. [10] 의 경우 여러 사용자가 하나의 웹 사이트를 방문하여 원하는 정보를 찾을 때 사용자의 특성의 차이를 고려하지 않고 웹 사이트가 정해지면 항해가능성이 같은 값을 갖는 반면 [11] 은 같은 웹 사이트라도 사용자들에 따라 방향상실 정도가 어떻게 다를 수 있는 지에 대한 공식을 제안하였다.

Gwizdka와 Spence [12]는 웹 항해 동안 사용자의 방향 상실감과 과제 수행력을 예측할 수 있는 측정 기준을 제안하였다. 접속된 웹 페이지 수를 이용하여 재방문율이나 방향 상실 정도를 측정하고, 웹 항해 그래프의 통계적 특징을 이용하여 조밀성, 계층성, 최적 경로와의 유사성 등을 측정한다.

이러한 연구들은 특정 웹 사이트의 항해가능성을 어떻게 측정할 것인지에 초점을 두고 항해가능성을 측정하는 다양한 척도를 제안하고 있는 반면, 본 논문은 어떤 구조의 웹 사이트의 항해가능성이 높은가에 초점을 두고 세 가지 구조의 웹 사이트들의 항해가능성을 측정하여 비교하고자 한다. 이를 위해 기존의 연구들이 항해가능성 측정을 위해 공통적으로 사용한 두 가지 기준, 즉 정보를 찾는 동안 거쳐 간 링크의 수와 정보를 찾을 때까지의 탐색 시간을 기록하여 각 웹 사이트의 항해가능성을 측정하였다. 각 웹 사이트 설계에 영향을 준 세 가지 구조는 다음과 같다.

온톨로지란 개념화에 대한 명시적 기술로써, 컴퓨터 과학에서 온톨로지는 특정한 영역에 속하는 지식을 모델화하기 위한 대표적인 기본 어휘들의 집합으로 정의된다 [13]. Woukeu 등[14]은 기존의 웹 자원들 간의 의미적 링크를 제공하는 웹 기반 교육 포털 시스템을 개발하기 위해서 온톨로지와 하이퍼미디어를 결합한 온톨로지컬 하이퍼미디어를 이용한다. [15] 는 웹 사이트의 각 페이지를 온톨로지에 존재하는 특정 개념과 관련시키고, 온톨로지에 정의된 개념들 간의 관계를 고려하여 웹 페이지들 간의 새로운 링크를 생성하며 온톨로지를 기반으로 의미적 링크를 제공함으로써 웹 항해를 향상시키는데 초점을 두고 있다.

매트로이드는 두개의 구성요소 S, I 로 이루어진 수학적인 구조인데 S 는 공집합이 아닌 유한 집합이고 I 는 공집합이 아닌 S 의 부분집합들의 집합으로 다음 두 가지 조건을 만족한다 [6].

가) 만일 어떤 I의 원소 A가 B를 부분집합으로 가진다면 B도 I의 원소이어야 한다.

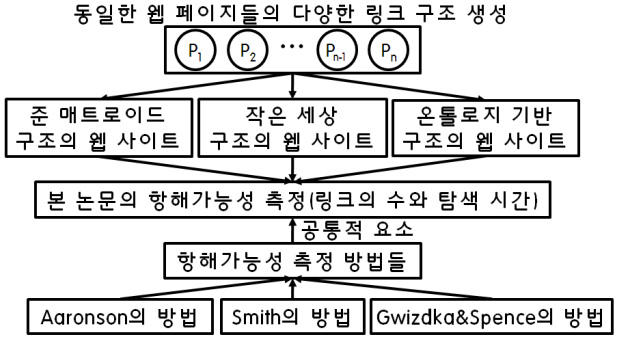
나) 만일 I의 원소 둘 A와 B에 대해 A의 원소

개수가 B의 원소 개수보다 많다면 {x}와 B의 합집합이 I의 원소가 되는 그런 원소 x 가 A-B에 존재한다.

예를들어, S={1,2,3} 이라고 하면 I = {Φ, {1,2}, {1}, {2}} 일때 (S,I) 는 위의 두 조건을 모두 만족하므로 매트로이드가 된다.

작은 세상이란 어떤 네트워크에서 임의의 두 노드들 사이에 그 네트워크를 구성하는 노드들의 개수에 비해 상당히 작은 수의 경로가 존재하는 네트워크를 말하며 보통은 전체 노드 개수가 N 일 경우에 경로의 길이는 (log N) 의 지수승의 정량적 특성을 갖는다. 작은 세상 특성을 갖는 네트워크 중 특히 2 차원 격자 형식의 네트워크에 특정 방법으로 링크들을 추가하면 그리디 알고리즘을 이용하여 임의의 노드에서 다른 노드까지 짧은 경로를 통해 메시지를 전달할 수 있게 된다. [7,8]

<그림 2> 는 기존 연구를 기반으로 세 가지 링크 구조를 띠는 각각의 웹 사이트를 설계하여 항해가능성을 측정하는 과정을 나타낸다. 동일한 웹 페이지들이 존재할 때, 준 매트로이드, 작은 세상, 온톨로지라는 구조를 기반으로 각기 다른 구조의 웹 사이트를 설계한 후, 사용자의 항해 가능성을 측정하였다. 본 논문은 Aaronson, Smith, Gwizdka & Spence 등이 제안했던 항해가능성 측정 방법으로부터 공통 요소들인 사용자가 원하는 정보를 찾는 동안 거쳐 간 링크의 수와 원하는 정보를 찾을 때까지의 탐색 시간을 기록하여 항해가능성을 측정하였다.



<그림 2> 관련 연구

3. 모델

본 장에서는 웹 사이트 구성을 위해 사용한 세 가지 모델들, 즉 준 매트로이드 모델, 작은 세상 모델, 그리고 온톨로지 기반 모델에 대한 설명을 한다. 특히 준 매트로이드 모델의 경우 실제 실험에 사용된 '도서' 에 관련된 100 개의 데이터 (<표 2> 에 있는)를 이용하여 설명할 경우 상당히 복잡해지기 때문에 간단한 예제를 이용하여 어떻게 사이트를 구성했는 지를 설명한다. 그러나 작은 세상 모델과 온톨로지 기반 모델의 경우는 실제로 작성된 웹 사이트에 대한 설명을 한다.

3.1 준 매트로이드 모델

본 논문에서 매트로이드 모델을 이용하여 웹 사이트를 구성하게 된 배경에는 매트로이드 구조가 유한 집합 (S) 과 그 유한 집합의 부분 집합들의 집합 (I) 로 이루어져 있는 특별한 수학적 구조인데 I 의 원소들, 즉 S 의 부분 집합들 중 특별한 조건들을 만족하는 집합들 안의 원소들은 서로 링크로 연결이 되어 있다고 해석할 수 있기 때문이다. 그러나 매트로이드 조건을 그대로 사용할 경우 웹 페이지의 수가 늘어남에 따라 링크의 수가 엄청나게 많아지게 되어 매트로이드와 비슷한 구조인 준 매트로이드라는 구조를 이용하여 실제 웹 사이트를 만들게 되었다.

준 매트로이드는 두개의 구성요소 S, I 들로 이루어진 수학적인 구조인데 S 는 공집합이 아닌 유한 집합이고 I 는 공집합이 아닌 S의 부분집합들의 집합으로 다음 세가지 조건을 만족한다.

가) Φ (공집합) 과 원소가 하나인 S 의 부분집합은 I 에 포함되지 않는다.

나) 만일 I 의 어떤 원소 A 가 B 를 부분집합으로 가진다면 B 가 Φ 가 아니고 원소 하나로 이루어진 집합도 아닌 한 I 에 속한다.

다) 만일 I 의 원소 둘 A 와 B 에 대해 A 의 원소 개수가 B 의 원소 개수보다 많다면 {x} 와 B 의 합집합이 I 의 원소가 되는 그런 원소 x 가 A-B 에 존재한다.

실험을 하기 위해 다음 두가지 가정을 한다.

첫째, 대상이 되는 데이터에 대하여 두 가지 이상의 분류가 가능하고 분류를 할 때는 서로소가 되도록 분류를 해야 한다. 예를 들어 <표 1> 에는 열 개의 데이터가 있으며 국가를 이용한 두가

지 분류 (한국,미국) 가 가능하고 한국에 속하는 데이터와 미국에 속하는 데이터에 겹치는 데이터는 없다. 또한 장르를 이용한 분류 (소설, 시) 의 경우도 마찬가지이다.

<표 1> 준 매트로이드 생성을 위한 예제

	한국	미국
소설	한국소설1 한국소설2 한국소설3	미국소설1 미국소설2
시	한국시1 한국시2	미국시1 미국시2 미국시3

둘째, S의 모든 원소는 I 의 원소들 중 하나에 포함이 되어야 한다. 그 이유는 링크로 연결이 안된 웹 페이지가 하나도 없도록 하기 위함이다.

<표 1> 을 이용하여 준 매트로이드를 어떻게 만들었는지를 설명하면 다음과 같다.

먼저 S 를 {한국, 미국, 소설, 시, 한국소설1, 한국소설2, 한국소설3, 한국시1, 한국시2, 미국소설1, 미국소설2, 미국시1, 미국시2, 미국시3} 라고 놓는다. 여기서 S 안에 있는 원소들은 사이트 구성에 필요한 웹 페이지들이고 특히 한국, 미국, 소설, 시는 각각 분류 페이지라 불린다.

그리고 I 를 만들 수 있는 방법은 여러 가지이지만 의미적인 연결이 될 수 있도록 다음 단계를 거쳐서 I 에 속하는 원소들을 선택한다.

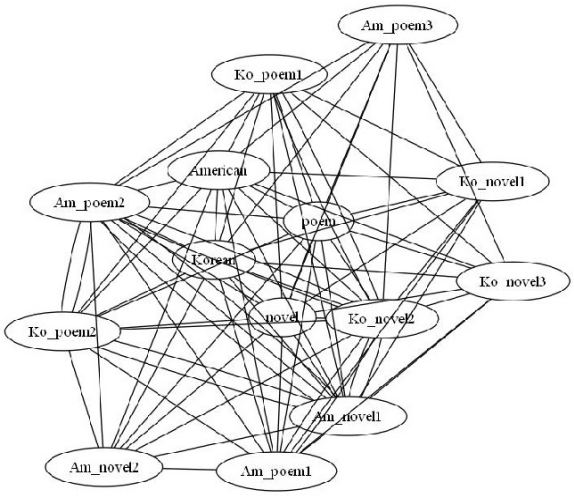
첫째, 각 분류 기준들끼리 연결한 집합들을 I 의 원소로 만든다. 예를 들면 {한국, 미국} 그리고 {소설, 시} 가 I 에 속하게 된다. 여기서 I 의 원소들끼리는 서로 링크로 연결이 된다.

둘째, 각 분류 안에 있는 데이터들 중 둘씩 연결한다. 예를 들면 '한국' 과 '소설' 이라는 분류 안에 있는 한국소설1, 한국소설2, 한국소설3 의 데이터를 가지고 {한국소설1, 한국소설2}, {한국소설2, 한국소설3} 을 만들 수 있다. 마찬가지로 '미국' 과 '시' 라는 분류 안에 있는 데이터로 {미국시1, 미국시2}, {미국시2, 미국시3} 을 만든다.

셋째, 위의 둘째 단계에서 만들어진 집합들에 각각 분류 명을 추가하여 집합을 만든다. 예를 들어 {한국, 한국소설1, 한국소설2}, {한국, 한국소설2, 한국소설3}, {소설, 한국소설1, 한국소설2}, {소설, 한국소설2, 한국소설3} 을 만들 수 있으며 마찬가지로 {미국, 미국시1, 미국시2}, {미국, 미국시2, 미국시3}, {시, 미국시1, 미국시2}, {시, 미국시2, 미국시3} 를 만들 수 있다.

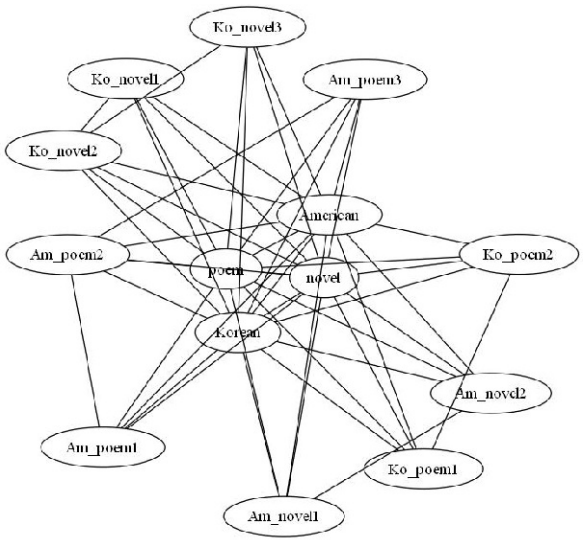
이런 방식으로 데이터들 간에 의미적인 연결이 되기위해 I 에 꼭 속해야하는 원소들을 만든 후 (S,I) 를 매트로이드로 만들기 위한 조건들을 체크하여 I 의 원소들을 만들다 보면 링크의 수가 상당히 많아지게 된다.

예를 들어 I 중 A 가 {미국시1, 미국시2} 이고 B 가 {소설, 한국소설1, 한국소설2} 라고 할 때 B 의 집합의 원소의 개수가 A 의 집합의 원소보다 많기 때문에 두 번째 매트로이드 조건에 의해 B - A 에 속하는 원소 중 하나와 A의 합집합이 I안에 들어가야 한다. 그런데, 이런 식으로 연결을 할 때 의미적으로 가장 관련이 있도록 분류 페이지와 연결을 시키면 (즉, 이 경우 "소설" 페이지) 모든 분류 페이지는 다른 모든 웹 페이지와 링크가 존재하게 된다. 따라서 모든 분류 페이지가 다른 모든 원소들과 관련을 가지는 I 의 원소들의 부분집합들이 I 에 속하고 매트로이드의 둘째 조건에 의하여 I 의 다른 원소들은 모두 원소의 개수가 1 과 같거나 많을 것이므로 모든 원소들끼리는 1/2 의 이상의 확률로 연결된다. 즉, 임의의 페이지에는 <그림 3> 과 같이 원소의 반 이상이 링크가 들어간다. 여기서 각 노드들은 S 의 원소들이다.



<그림 3> 매트로이드 조건을 만족하는 서로 반 이상 연결된 구조

따라서 노드의 수가 늘어날수록 페이지에 엄청난 수의 링크가 들어가게 되므로 매트로이드이기 위한 조건을 완화하여 준 매트로이드라는 구조를 정의하였고 위의 <표 1> 의 예제를 이용하여 만든 준 매트로이드 구조는 <그림 4> 와 같다.



<그림 4> 준 매트로이드 조건을 만족하는 구조

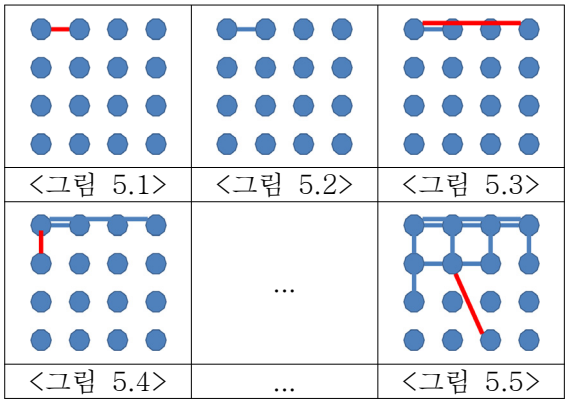
3.2 작은 세상 모델

본 논문에서 작은 세상 모델을 이용하여 웹 사이트를 구성한 배경에는 네트워크가 작은 세상의 특징을 가질 경우 네트워크 안의 임의의 두 지점 사이에 짧은 경로가 존재하며 그 사실이 메시지 전달에 사용될 수 있다는 사실이다 [7,8]. 실제로 본 논문의 실험을 위해 '도서' 에 관련된 100 개의 데이터 (<표 2> 에 나타난) 를 [7,8] 에 제안된 방법으로 10 행 10 열의 격자에 위치시킨 후 링크를 연결하였으며 그 작업에 사용된 의사코드는 다음과 같다.

```
for (nRow = 0 to n)  {
 for (nCol = 0 to n)  {
   for (sRow = nRow to n)  {
     if (sRow == nRow)   {
        for (sCol = nCol to n) {
          [0,|sRow - nRow|+|sCol - nRow|) 의
            제곱 - 1]의 영역에서 정수 난수생성하고
            생성된 난수가 0 이면,
             ((nRow + 1),(nCol+ 1))의 페이지와
             ((sRow+ 1),(sCol+ 1)) 사이의 link 생성 } }
     else {
        for (sCol = 0 to n)  {
          [0,(|sRow - nRow|+|sCol - nRow|) 의
            제곱-1]의 영역에서 정수 난수생성하고
            생성된 난수가 0이면,
             ((nRow+ 1),(nCol+ 1))의 페이지와
             ((sRow+ 1),(sCol+ 1)) 사이의 link 생성 } }
   }
  }
}
```

이러한 의사코드를 바탕으로 프로그램을 제작하였는데 동작원리는 다음과 같다.

1) 격자의 (1,1) 의 웹 페이지 (즉, 1 행 1 열에 위치하는 웹 페이지) 부터 각 페이지들 간의 거리를 좌표간의 차의 절댓값을 이용해 구한다. 예를 들어 (1,1) 위치에 있는 웹 페이지와 (3,4) 위치에 있는 웹 페이지 사이의 거리는 |3 - 1| + |4 - 1| = 5 이다.
2) 1)에서 구한 거리를 제곱한 후, 1을 빼서 폐구간의 우측 끝으로 한다. 좌측 끝은 0이다. 이렇게 구간을 설정하는 이유는 두 페이지 사이에 링크가 존재할 확률이 두 페이지 사이의 거리의 제곱에 반비례하기 때문이다 [7,8].
3) 2)에서 생성한 폐구간 [0,거리제곱-1]에서 임의의 정수 1개를 뽑는다.
4) 3)에서 생성한 정수가 0이면 두 페이지를 연결시킨다. 이 단계에서 거리가 1인 페이지들은 자연스럽게 [0, 1^2-1 = 0] 구간 내에서 뽑을 수 있는 수는 0 밖에 없으므로 100%연결되게 되며, 나머지 거리가 2 이상인 페이지들은 폐구간 [0,거리제곱-1] 안의 임의의 정수가 0과 일치할 확률, 즉 1/(거리의 제곱) 의 확률로 연결 된다. 이 단계들을 웹 페이지 16 개를 이용하여 설명하면 <그림 5> 와 같다.



<그림 5> 작은 세상 구조의 설명

[그림 5.1] 에서 [그림 5.4] 는 페이지 (1,1) 이 페이지 (1,2) 부터 페이지 (2,1) 까지 각각 거리를 확인하며 확률에 비례하여 링크를 생성하는 모습이다. [그림 5.5] 의 경우는 페이지 (2,2) 와 페이지 (4,3) 을 확인하는 단계를 보여준다.

3.3 온톨로지 모델

온톨로지는 대상이 되는 영역에 사용되는 개념들과 그들의 관계를 표현하므로 본 논문에서 사용한 <표 2>의 데이터에 대해 먼저 분류들에 의한 계층 구조로 표현한다. 즉, 여섯 개의 분류 (국내, 일본, 기타, 문학, 사회과학, 자연과학) 각각에 분류에 속하는 데이터들을 나열한다. 이 계층 구조가 간단한 온톨로지 역할을 하며 다음과 같은 방식으로 링크들이 만들어졌다.

첫째, 같은 분류에 속하는 데이터들끼리는 모두 링크로 연결한다. 즉, 같은 분류에 있는 “하늘과 바람과 별과 시, 토지, 태백산맥, 열하일기, 야생초 편지, 아리랑, 쉬리, 수레바퀴 앞에서, 수난 이대 외, 눈길, 꺼삐딴 리, 감자 먹는 사람들” 끼리는 양방향으로 연결이 되어 서로 링크를 모두 가지고 있다.

둘째, 분류 페이지들끼리 는 모두 연결한다. 분류 페이지인 ‘국내’는 “일본, 기타, 문학, 사회과학, 자연과학”의 모든 분류 페이지를 링크로 가지고 있다.

셋째, 각 페이지는 그에 해당하는 분류페이지와도 연결되어 있다. 예를 들어, ‘토지’ 는 “하늘과 바람과 별과 시, 태백산맥, 열하일기, 야생초 편지, 아리랑, 쉬리, 수레바퀴 앞에서, 수난 이대 외, 눈길, 꺼삐딴 리, 감자 먹는 사람들, 국내, 문학”에 링크를 가지고 있다.

4. 실험

본 논문에서 제안한 모델의 항해가능성을 측정하기 위해서 사용자가 임의의 링크를 클릭하였을 때 목적 링크 페이지의 URL과 특정 페이지에 머문 시간을 데이터베이스에 저장하는 프로그램을 작성하였다. 이 프로그램을 이용하여 피실험자가 선택한 웹 사이트를 탐색하면서 남긴 기록으로부터 특정 정보를 찾는 동안 거쳐 간 링크의 수와 특정 정보를 찾는데 걸린 시간을 측정한다. 그리고 세 가지 모델에서 측정된 링크의 수와 걸린 시간을 비교한다. 이때, 거쳐 간 링크의 수가 적고 걸린 시간이 짧을수록 항해가능성이 높은 웹 사이트로 판단한다.

<표 2> 웹 페이지 제작을 위한 데이터

	문학	사회과학	자연과학
국내	하늘과 바람과 별과 시 토지 태백산맥 열하일기 야생초 편지 아리랑 쉬리 수레바퀴 앞에서 수난 이대 외 눈길 꺼삐딴 리 감자 먹는 사람들	군대생활매뉴얼 교사 전문성 컴퓨터 게임 : 중독증의 이해와 치료 위장된 학교 교육과정과 교육평가 엄마의 관심만큼 자라는 아이 젊은이의 정신건강 공부9단 오기10단 (과외혁명)2개월만의 기적 나는 샌프란시스코로 출근한다	과학 콘서트 뇌를 자극하는 Java 프로그래밍 누워서 읽는 퍼즐 북 생명이 있는 것은 다 아름답다 세 바퀴로 가는 과학 자전거 에너지 소사이어티 웹2.0 시대의 기회 시맨틱웹 이공계연구실 이야기 지퍼에서 자동차까지 통계의 미학 패턴 그리고 객체지향적 코딩의 법칙 하리하라의 생물학 카페
일본	국경의 남쪽 태양의 서쪽 허니문 한눈팔기 하드 보일드 에그 토파즈 키친 지금은 없는 공주를 위하여 지금, 만나러 갑니다 아르헨티나 할머니 살로메 유모의 이야기 빙점 미안해, 스이카	그림으로 읽는 아이들 마음 유쾌한 발견력 애플의 법칙 왜일하는가 논어와 주판 제1권력 지식의 편집 한반도주 심리첩보전	물은 답을 알고 있다 70일간의 별자리 여행 동적 평형 면역처방 101 왜 나는 수학이 어려울까 인간이 만든 위대한 속임수 식품첨가물 평행 우주 한 권으로 충분한 우주론
기타	폭풍의 언덕 죄와 벌 제인에어 이방인 오만과 편견 샬롯의 거미줄 마지막 잎새 동물농장 돈키호테 대지 노인과 바다	창의성과영재성 생각하라! 그러면 부자가 되리라 금융시장의 기술적 분석 부자 아빠, 가난한 아빠 현명한 인생의 선택 모리와 함께한 화요일 힐러리의 선택 북유럽 신화 이야기 (성공하는 사람들의)대학생활백서 넛지(똑똑한 선택을 이끄는 힘)	미분적분학-11판 수학자 컴퓨터를 만들다 시간여행자 아름다움은 왜 진리인가 양자컴퓨터 이기적 유전자 종의 기원 지구온난화에 속지마라 해커와 화가

4.1 실험 방법

본 실험에서는 세 가지 웹 사이트마다 동일한 학력 수준을 갖고 있는 20대 성인 남, 여 30명을

실험 대상으로 선정하였으며 실험 과정은 다음과 같다.

① 피실험자는 실험자로부터 실험에 대한 설명을 들은 후, 세 가지 모델(준 매트로이드, 작은 세상, 온톨로지)의 구조 중 하나의 웹 사이트에 접속한다.

② 피실험자는 실험자가 제공한 문제지를 읽고 접속한 웹 사이트의 페이지들을 항해하면서 각 문제에서 요구하는 특정 정보를 검색한다. 문제는 모두 15개로 구성되어 있으며 빈 칸에 알맞은 단어를 써 넣는 단답식 문항이다.

③ 피실험자는 정답을 찾을 때까지 웹 항해를 수행한다. 즉, 문제를 해결한 후, 답안지를 제출하며 실험자가 채점을 실시한다. 이때, 제출한 답이 모두 맞는다면 실험을 종료하고 그렇지 않다면 다시 웹 사이트를 항해하여 정답을 찾아야 한다.

실험시 주의사항은 다음과 같다.

① 각 웹 사이트의 구조적 특성을 반영하여 원하는 정보를 얼마나 잘 찾을 수 있는지를 알아보는 실험이므로 피실험자의 배경 지식으로 문제를 풀지 않도록 실험 전에 안내한다.

② 문제에서 요구하는 정보가 웹 페이지에 있는지 직접 접속하여 확인한 후 답안을 쓰도록 한다.

③ 피실험자의 독해력에 의하여 결과가 달라지지 않도록 윈도우의 찾기기능 사용 (ctrl + F) 이 가능하다.

4.2 실험 결과 및 분석

본 실험에서는 2 장의 <그림 2> 관련연구에 나타난 여러 가지 항해가능성 측정 방법들이 공통적으로 측정하는 요소들, 즉 정보를 찾기까지 거쳐 간 링크 수 및 정보를 찾는데 걸린 시간을 이용하여 각 웹 사이트의 항해 가능성을 측정하였고 실험 결과는 <표 3>과 같다.

본 실험에 참여한 피실험자들은 각 사이트 당 30 명씩 총 90 명이었으며 대단위 실험은 아니었으나 일관된 결과를 얻을 수 있었다. 즉, 각 사이트 당 정보를 찾는데 걸린 시간 및 하이퍼링크를 클릭한 수에 큰 편차가 없었다.

구체적으로, 링크의 수는 준 매트로이드 < 온톨로지 < 작은 세상 구조 순으로 나타났는데 다음과 같이 해석을 할 수 있다.

<표 3> 실험 결과

비교 항목 / 구조	정보를 찾기까지 거쳐 간 링크의 수 (소수 셋째 자리 반올림)	정보를 찾기까지 걸린 시간 (분, 초)
준 매트로이드	100.37	23분 6초
작은 세상	236.17	30분 47초
온톨로지	117.63	20분 26초

먼저, 준 매트로이드는 분류 페이지에서 모든 다른 페이지로 갈 수 있는 링크를 가지고 있다. 따라서 사용자는 문제를 풀 때 분류 페이지만을 이용하여 그 페이지에서 원하는 정보와 관련된 페이지라고 예상한 곳을 클릭했을 가능성이 높다. 그리고 항해를 하다가 언제든 분류페이지로 돌아와 다시 모든 웹 페이지로 갈 수 있는 길을 열어두고 있으므로 굳이 여기저기 링크를 클릭해보지 않아도 된다. 이는 웹 페이지가 100개라는 이 실험의 특성으로 인한 것이라 볼 수 있다. 실제 웹 사이트에서 한 페이지에 모든 페이지의 링크를 다 모아 두고 관련된 링크를 따라가도록 구성된 경우는 드물기 때문이다.

하지만 작은 규모의 웹 사이트의 경우 사이트 맵을 통하여 원하는 정보를 찾는 경우도 있으므로 분류 페이지가 사이트 맵의 기능에 해당하는 정도라고 해석할 수 있다. 그리고 꼭 사용자가 분류 페이지만을 통해서 이동하지는 않았기 때문에 준 매트로이드의 구조적 특성상 적은 링크를 통해 원하는 정보에 도달할 수 있었다는 결론에 도달하게 된다.

원하는 정보를 찾기 위해 소비한 시간이 온톨로지 < 준 매트로이드 < 작은 세상 구조 순으로 나타났는데 이는 다음과 같이 해석할 수 있다.

온톨로지 구조는 의미적으로 연관이 있으며 누구나 공감할 수 있는 의미구조를 띠고 있다. 따라서 유의미한 링크를 따라가다 보면 원하는 정보를 찾는 구조이고 사람이 원하는 정보를 찾기 쉬웠을

가능성이 있다. 그리고 작은 세상 구조는 의미적으로 연관있는 것을 가까운 곳에 배치하려고 노력하였지만, 각 페이지가 가지는 링크의 수는 격자무늬이기 때문에 최소 2개에서 4개였으며, 확률로 연결을 하기 때문에 원하는 정보가 있을 가능성이 그리 높지 않다. 이럴 경우 사용자는 당황하고 하이퍼공간에서 방향 상실 현상에 봉착하게 될 가능성이 크다. 따라서 온톨로지 구조에서 탐색 시간이 가장 적게 걸리고, 작은 세상 구조에서 가장 많이 걸렸을 것이다. 준 매트로이드는 분류 페이지에 다른 모든 페이지로의 링크가 있기때문에 하이퍼공간에서 방향 상실 현상이 발생하였을 때 제자리로 돌아갈 수 있으므로 작은세상보다 상대적으로 적은 시간이 걸렸다고 해석할 수 있다.

5. 실험 결과 활용

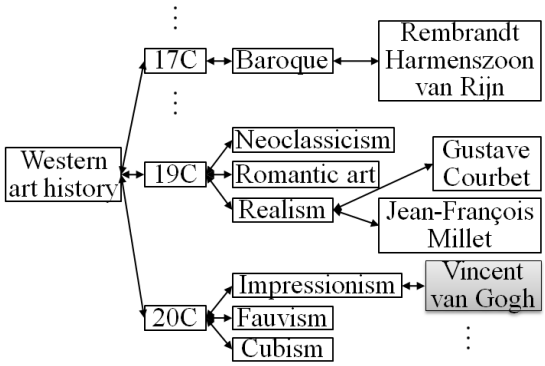
본 장에서는 실험 결과를 토대로 어떻게 학습에 도움이 되는 웹 사이트를 설계할 수 있을지에 대해 설명한다.

5.1 준 매트로이드 구조

실험 결과를 살펴보면 원하는 정보를 찾기 위해 사용자가 거쳐 간 링크의 수는 준 매트로이드 구조가 가장 적었다. 즉, 가능한 적은 웹 페이지를 방문하여 원하는 정보를 얻을 수 있으므로 효율적으로 원하는 정보를 탐색할 수 있는 구조라고 할 수 있다. 매트로이드는 그리디 알고리즘으로 최적의 해를 찾을 수 있는 구조로 알려져 있다 [6]. 본 논문에서 제안한 준 매트로이드 구조는 링크 수가 현저하게 많아질 것을 고려해서 매트로이드 구조에 특별한 제한 (즉, 공집합과 원소가 하나인 집합들을 포함 시키지 않은 것) 을 둔 것으로 구조상으로는 매트로이드와 매우 비슷하다.

따라서 이를 웹 페이지 구조를 설계할 때 활용할 경우, 거쳐 간 링크의 수를 최소화시키기 위해서 현재 사용자가 위치해 있는 노드에서 가장 가까운 거리에 있는 노드를 따라갈 수 있도록 구성한다면 최적의 해 즉, 사용자가 찾길 원하는 정보를 보다 쉽게 찾을 수 있을 것이다. 예를 들어, 준 매트로이드 구조의 웹 사이트를 설계하고 사용자가 위치한 현재 노드에서 가장 가까운 거리에 있는 노드를 추천 노드로 제공함으로써 사용자가 가까운 거리에 있는 노드를 쉽게 선택할 수 있도록 한다.

예를 들어, 어떤 학습자가 서양 미술사에 대한 내용을 학습하고 있다. 20세기 인상주의 화가인 반 고흐에 대해 소개하는 웹 페이지를 읽는 동안 '반 고흐가 밀레의 영향을 많이 받았다'는 내용을 읽고, 밀레에 대해 정보를 제공하는 웹 페이지를 찾고자 한다. 여기서는 학습자는 밀레가 어느 미술 사조에 속하는지 모른다고 가정한다. 이때, 시스템이 학습자의 현재 위치에서 가장 가까운 거리에 있는 웹 페이지로 가는 링크를 제공해 준다. (<그림 6>)



<그림 6> 준 매트로이드 구조

1. 시스템은 현재 학습자가 위치한 'Vincent van Gogh'에서 거리가 '1'인 노드인 'Impressionism'을 추천해 준다.
2. 학습자가 'Impressionism' 페이지를 선택한다.
3. 시스템은 'Impressionism'에서 거리가 '1'인 노드인 'Fauvism', 'Cubism', '20C' 페이지를 추천한다.
4. 학습자가 '20C' 페이지로 이동한다('Fauvism'와 'Cubism'은 'Impressionism' 이후에 등장한 미술사조 이므로 '20C'를 선택함).
5. 시스템은 '20C'에서 거리가 '1'인 노드인 '19C', '18C', '17C' 등의 페이지들을 추천한다.
6. 학습자가 '19C' 페이지로 이동한다(반 고흐에게 영향을 준 선대 화가를 찾아야 하므로 'Impressionism'이 등장한 '20C' 바로 전 시대인 '19C'를 선택함).
7. 시스템은 '19C'에서 거리가 '1'인 노드인 'Realism',

'Romantic art', 'Neoclassicism' 등의 페이지들을 추천한다.

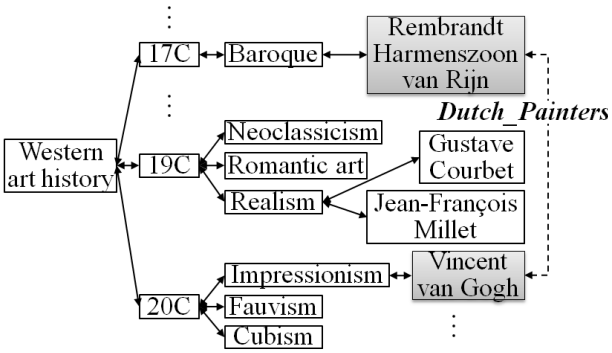
8. 학습자가 'Realism' 페이지로 이동한다('19C' 미술 사조 중에서도 'Impressionism'과 시대적으로 가장 가까운 'Realism'을 선택함).
9. 시스템이 'Realism'에서 거리가 '1'인 노드인 'Gustave Courbet'와 'Jean-François Millet'를 추천해 주면 학습자는 원하는 페이지인 'Jean-François Millet'를 찾게 된다.

5.2 온톨로지 기반 구조

실험 결과에서 원하는 정보를 찾기 위해 소비한 시간은 온톨로지 구조가 가장 적었다. 즉, 가능한 적은 시간 내에 원하는 정보를 찾을 수 있으므로 사용자가 효율적으로 웹을 탐색할 수 있는 구조라고 할 수 있다. 온톨로지는 의미적으로 관련된 개념들을 연결시켜 놓은 구조이다. 따라서 웹 사이트 구조를 설계할 때, 온톨로지에 정의된 개념들 간의 관계에 따라 웹 페이지들을 연결시킨다면 사용자는 관련된 페이지들을 선택하게 되므로 원하는 정보를 빠르게 찾아낼 수 있을 것이다.

예를 들어, 웹 사이트를 항해하는 동안 탐색 시간을 최소화하기 위해서 온톨로지 구조로 웹 사이트를 구성한다. 즉, 온톨로지에 중요한 학습 개념을 클래스로 정의하고 학습 개념들 간의 의미적 관련성을 표현하기 위해 다양한 속성을 정의한다. 클래스들 간의 관계에 따라 웹 페이지들을 연결시킨 후, 학습자가 현재 위치한 웹 페이지와 의미적으로 관련성을 갖는 웹 페이지로 이동할 수 있는 링크를 제공한다.

앞의 예제와 같이 서양 미술사에 대한 내용을 학습하는 어떤 학습자가 현재 반 고흐에 대한 정보를 읽고 있다. 이때, 반 고흐와 '같은 국가 출신의 화가들'에 대한 정보를 찾고 싶다. 미술 사조에 따라 구별되어 있는 웹 사이트 구조에서 이러한 정보를 찾기 쉽지 않지만, 온톨로지에 'Vincent van Gogh'와 같은 국가(네덜란드) 출신 미술가인 'Rembrandt Harmenszoon van Rijn'가 'Dutch_Painters'라는 속성으로 연결되어 있으므로, 시스템은 렘브란트의 정보가 있는 웹 페이지를 관련된 페이지로 추천해준다. 학습자는 렘브란트의 웹 페이지로 이동하여 원하는 정보를 얻게 된다. 온톨로지를 기반으로 학습 콘텐츠를 구성한다면 학습자의 흥미나 관심에 따라 관련된 정보를 탐색할 수 있도록 링크를 제공할 수 있으므로 원하는 정보를 쉽게 찾을 수 있을 뿐만 아니라, 의미적으로 관련된 정보를 탐색해 나가므로 학습 내용을 이해하는데 도움을 줄 수 있다. (<그림 7>)



<그림 7> 온톨로지 기반 구조

6. 결 론

본 논문에서는 같은 내용이지만 다른 구조를 띠는 웹 사이트들의 항해가능성이 어떻게 달라지는가를 작은 세상 구조, 온톨로지 기반 구조, 그리고 준 매트로이드 구조를 띠는 웹 사이트들을 대상으로 실험하였다. 실험 결과, 원하는 정보를 찾기 위해 거친 링크의 수는 준 매트로이드 < 온톨로지 < 작은 세상, 정보를 찾기 위해 소비한 시간은 온톨로지 < 준 매트로이드 < 작은세상 구조 순으로 나타났다. 따라서 정보를 탐색하는데 소비한 시간으로 비교하면 온톨로지 기반 웹 사이트의 항해가능성이 가장 높으며, 그 다음이 준 매트로이드 구조를 띈 웹 사이트, 작은세상 구조의 웹 사이트 순이다. 또 정보를 탐색하는 동안 거쳐간 링크의 수로 비교하면 준 매트로이드 구조와 온톨로지 기반 구조의 링크 수는 비슷하였고 작은 세상 구조의 링크 수는 이들의 두 배가 넘게 나왔다. 따라서 온톨로지 기반 구조의 웹 사이트가 항해가능성이 가장 높으며 다음으로 준 매트로이드 구조, 그리고 작은 세상 구조 순으로 나타났다.

웹 사이트의 링크 구조를 어떻게 설계하느냐에 따라 정보 접근성에 차이가 발생하므로, 이는 웹

사이트를 디자인할 때 고려해야하는 중요한 요소 중 하나이다. 특히, 지식을 체계적으로 전달하고자 하는 교육용 웹 사이트를 구축하고자 할 때, 더욱 중요한 영향을 끼치게 된다. 본 논문의 결과를 반영하여 교육용 웹 사이트의 구조를 온톨로지 기반이나 준 매트로이드 구조를 띠게 설계한다면 학습자들이 원하는 정보를 찾기에 수월할 것이라 기대한다.

참 고 문 헌

[1] Elm, V. C. & Woods, D. D. (1985). Getting lost: a case study in interface design, *Proceedings of the Human Factors Society 29th Annual Meeting*, 927-931

[2] Yatim, N. (2002). A Combination Measurement for Studying Disorientation, *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE Computer Society, 138-144.

[3] Otter, M. & Johnson, H. (2000). Lost in hyperspace: metric and mental models, *Interacting with Computers*, 13(1), 1-40.

[4] Jones, S. & Burnett, G. E. (2007). Children's navigation of hyperspace: are spatial skills important?, *Proceedings of the sixth conference on IASTED International Conference Web-Based Education*, 643-648

[5] Zhang, Y., Zhu, H. & Greenwood, S. (2004). Website complexity metrics for measuring navigability, *Proceedings of the 4th International Conference on Quality Software*, 172-179

[6] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L. & Stein, C. (2002). Introduction to Algorithms, second edition, *MIT press*.

[7] Kleinberg, J. M. (2000) Navigation in a small world, *Nature*, 406, 845.

[8] Costa, A. R. & Barros J. (2006). Network Information Flow in Navigable Small-World Networks, *Proceedings of the 4th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks*, 1-6

[9] Adamic, L. A.(1999). Small World Web, *Proceedings of the Third European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries* (ECDL '99), 443-452

[10] Aaronson, S. (1997). Optimal Demand-oriented Topology for Hypertext Systems, *Proceedings of the 20th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 168-177.

[11] Smith, P. A. (1996). Towards a practical measure of hypertext usability, *Interacting with Computer*, 8(4), 365-381

[12] Gwizdka, J. & Ian Spence, I.(2007). Implicit measures of lostness and success in web navigation, *Interacting with Computers*, 9(3), 357-369.

[13] Gruber, T. (2008). http://tomgruber.org/writing/ontology-definition -2007.htm

[14] Woukeu, A., Wills, G., Conole, G., Carr, L., Kampa, S. & Hall, W. (2003), Ontological Hypermedia in education : A framework for building web-based educational portals, *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, 349-357

[15] 정효숙, 김희진, 민경실, 박성빈 (2009). 온톨로지 기반 웹 항해 안내 시스템, 한국컴퓨터교육학회논문지, 제12권, 제5호

민 경 실

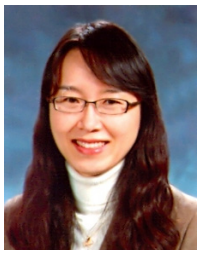
2009~현재 고려대학교 수학 교육과 학부과정
관심분야: 컴퓨터교육, 시맨틱 웹, 하이퍼텍스트
E-Mail: silsily2@korea.ac.kr

천 성 규

2008~현재 고려대학교 컴퓨터 교육과 학부과정
관심분야: 컴퓨터교육, 시맨틱 웹
E-Mail: krcvic@korea.ac.kr

장 기 호

2009~현재 고려대학교 컴퓨터 교육과 학부과정
관심분야: 컴퓨터교육, 시맨틱 웹
E-Mail: janggiho@korea.ac.kr



정 효 숙

1998 서울교육대학교 초등교육과(교육학사)
2001 서울교육대학교 교육대학원 초등컴퓨터 교육학과(교육학석사)
2010 고려대학교 컴퓨터교육학과(이학박사)
관심분야: 시맨틱 웹, 적응형 하이퍼미디어, 컴퓨터 과학 교육
E-Mail: est0718@korea.ac.kr

박 성 빈

1990 고려대학교 전산과학과(이학사)
1993 University of Southern California(전산학석사)
1999 University of Southern California (전산학박사)
2006~현재 고려대학교 컴퓨터교육과 부교수
관심분야: 하이퍼텍스트, 컴퓨터 과학 교육, 알고리즘, 계산이론
E-Mail: hyperspace@korea.ac.kr