서비스 제공자 목록에 의한 사용자 프로파일 기반 웹 서비스 검색의 정확도 향상*

이재원°, 김응모
성균관대학교 컴퓨터 공학과
cabjaewon@paran.com, umkim@ece.skku.ac.kr

Improvement of Searching Accuracy for Web Service based on User Profile with Service Provider List

Jaewon Lee° , UngMo Kim
Department of Computer Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

웹은 단순한 텍스트와 이미지의 저장소에서 서비스의 제공자로 진화하고 있다. 사용자들은 자신이 필요로 하는 서비스를 찾기 위해 웹 검색을 이용한다. 그러나, 현재의 검색 엔진은 주어진 질의어에 대해 모든 사람들에게 보편적으로 타당한 문서에 높은 우선 순위를 부여해 검색 결과의 상위에 위치시키기 때문에, 사용자의 관심과는 무관한 정보가 검색 결과의 상위에 나타나게 되는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 사용자의 방문 내역을 사용자 프로파일에 저장하여, 이후 검색에서 사용자가 방문했던 웹 페이지들에 높은 우선 순위를 부여하여 검색 결과의 상위에 위치시키는 방식이 사용되고 있다. 기존의 사용자 프로파일은 단순 방문 페이지와 사용자가 실제 서비스를 제공받은 페이지에 대한 구별없이, 모든 검색 세션에 대해 동일한 방문 내역을 저장하고 있다. 그러나 이 경우, 잦은 방문 횟수를 가지나 실제 사용자가 서비스를 이용하지 않은 웹 페이지가 적은 방문 횟수를 가지나 실제 사용자가 서비스를 이용한 웹 페이지보다 높은 우선 순위를 갖게 될 수 있는 문제점을 지니고 있다.

본 논문에서는 필요로 하는 서비스를 웹에서 찾고자 할 때, 사용자가 과거에 이용했던 서비스 제공자들의 목록을 이용하여, 사용자 프로파일 기반 웹 서비스 검색의 정확도를 향상시키는 시스템을 설계하였다. 이를 위해 사용자가 웹 서핑 중 서비스를 이용했던 웹 페이지 정보를 서비스 제공자 목록에 저장하였다. 검색 엔진이 특정 질의어에 대해 제공하는 검색 결과는, 우선 사용자 프로파일을 이용해 과거에 자주 방문했던 웹 페이지가 높은 우선 순위를 갖도록 조정된 후, 서비스 제공자 목록을 이용해 과거에 사용자가 서비스를 이용했던 웹 페이지가 가장 높은 우선 순위를 갖도록 재조정된다. 사용자에게 제공되는 최종 검색 결과는 사용자의 과거의 방문 경향 및 실제 서비스 이용 경향을 모두 반영하게 된다.

1. 서 론

웹을 통한 전자 상거래가 활성화되고, 각종 예약 관련 업무가 웹을 통해 이루어지면서, 필요한 서비스를 제공하는 웹 페이지를 찾는 일의 중요성이 커지고 있다. 사용자가 원하는 웹 페이지를 찾기 위해 검색 엔진이 보편적으로 사용되나, 검색 엔진은 사용자 개인의 관심과는 무관하게 모든 사용자에게 보편적으로 타당한 정보를 검색 결과의 상위에 위치시키므로[1], 검색 결과의 상위에 위치한 웹 페이지가 사용자의 필요에 부합하는 서비스를 제공하지 않거나, 사용자 개인이 선호하지 않는 웹 페이지일 수도 있다는 문제점이 발생한다.

사용자 개인의 필요에 부합하는 웹 페이지를 검색 결과의 상위에 위치시키기 위해, 사용자 프로파일에 특정 질의어와 관련해 사용자가 방문한 웹 페이지 관련 정보를 저장하여, 이후 같은 질의어를 사용한 검색이 요청될 경우 사용자 프로파일에 저장되어 있는 웹 페이지들에 높은 우선 순위를 부여하여 검색 결과의 상위에 위치시키는 방법이 사용되어 왔다. 이러한 접근 방식에서는 과거에 자주 방문했던 페이지가 더 높은 우선 순위를 갖게 된다. 그러나, 자주 방문한 웹 페이지가 항상 사용자가 필요로 하는 서비스를 제공하는 것은 아니다. 실제로, 사용자는 오래전에 단 한 번 방문해 서비스를 제공받았던 웹 페이지를 원할 수도 있다. 이 경우, 만약 사용자 프로파일 내에 사용자에게 실제 서비스를 제공한 적은 없지만 해당 질의어와 관련해 사용자가 종종 방문했던 웹 페이지가 존재한다면, 사용자 프로파일을 참조하는 검색 엔진은 많은 방문 횟수를 가지는 웹 페이지에 높은 우선 순위를 부여하여 검색 결과의 상위에 위치시킬 것이다. 반면에, 사용자가 찾던 웹 페이지는 이용 시기 및 극히 적은 방문 횟수로 인해 유효기간이 만료되어 사용자 프로파일 내에 존재하지 않거나, 존재한다 해도 검색

* 본 연구는 한국과학재단 특정기초연구 (R01-2004-000-10755-0) 지원으로 수행되었음.

결과의 하위에 위치하게 될 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 서비스 제공자 목록을 사용하여 사용자 프로파일 기반 웹 서비스 검색의 정확도를 향상시키는 시스템을 설계한다. 사용자가 검색 엔진에 질의어를 입력하여 얻은 결과내에서 웹 서핑을 하는 동안, 방문한 웹 페이지의 서버로 보내는 HTTP 메시지가 실시간으로 분석되어, 사용자가 실제 웹 서비스를 이용한 웹 페이지와 단순히 문서를 읽기만 한 웹 페이지를 구별한다. 실제 서비스를 제공하는 웹 페이지에 대한 정보는 사용자 프로파일과 별도의 서비스 제공자 목록에 등록된다. 이후 같은 질의어를 사용한 검색이 수행될 경우, 검색 엔진이 제공하는 원래의 검색 결과내의 각 웹 페이지들에 대해 사용자 프로파일과 서비스 제공자 목록을 이용한 2차례의 우선 순위 재조정 작업이 일어난다. 사용자에게 제공되는 최종 검색 결과는 사용자의 과거 방문 경향 및 실제 서비스 이용 경향 모두를 반영하게 되어, 웹 페이지의 우선순위를 정함에 있어 과거의 방문 경향만을 반영하던 기존 사용자 프로파일 기반 웹 서비스 검색의 정확도를 향상시키게 된다.

2. 사용자 프로파일 관련 기존 연구 및 한계

Fang Liu et al.[1]은 검색의 질의어와 관련해 사용자가 과거에 방문했던 범주에 속하는 웹 페이지들에 높은 우선 순위를 부여하는 과정을 통해, 개인화된 검색을 구현하였다. 이를 위해 사용자 검색 내역과 사용자 프로파일이 사용되었다.

사용자 검색 내역은 트리 모델을 이용해 표현되며, 하나의 검색 내역 트리는 사용자가 수행하는 하나의 검색 세션이 끝날때마다 생성된다. 각 검색 내역 트리는 3가지 정보들(검색 질의어, 질의어와 관련해 사용자가 방문했던 웹 페이지, 웹 페이지가 속하는 해당 범주)로 구성된다. 각 노드는 정보 요소를 나타내며 노드와 노드간의 간선은 노드간의 관계를 나타낸다. 검색 내역의 루트 노드는 검색 질의어를 의미한다.

사용자 프로파일은 사용자가 관심을 갖고 있는 범주를 등록하고 새로운 질의어에 대한 사용자의 검색 의도를 추론하기 위해 사용된다. 사용자 프로파일은 범주의 집합과 각 범주에 대해 질의어가 갖는 가중치가 표시된 질의어 집합으로 이루어진다. 범주는 해당 범주에 대한 사용자의 관심을 나타내며, 질의어의 가중치는 사용자가 찾는 웹 문서가 어는 범주에 속하는지 결정하기 위해 질의어가 갖는 중요도를 반영한다. 사용자 프로파일은 사용자 검색 내역을 통해 자동으로 학습된다.

Mirco Speretta et al.[2]은 ODP(Open Directory Project)의 개념 계층을 참조 개념 계층으로 사용하여, 사용자 프로파일을 가중치가 부여된 개념 계층으로 표현했다. 사용자 프로파일의 작성을 위해 GoogleWrapper를 통해 검색 엔진에 입력된 질의어중 해당 검색 결과에 대해 최소한 한 번 이상 사용자가 조회한 질의어와, 사용자에 의해 선택된 문서의 제목과 문서 요약 정보로 이루어진 정보 조각(snippet)이 사용되었다.

사용자에 대해 수집된 정보는 ODP 계층을 기반으로 한 개념 계층으로 분류된다. 각 사용자에 대해 2개의 서로 다른 프로파일 - 분류된 질의어(입력된 키워드)에 기반한 것과 사용자에 의해 선택된 결과의 분류화된 정보 조각에 기반한 것 - 이 생성되고 비교된다. 사용자 프로파일은 많은 항목이 분류된 개념이 더 높은 가중치를 갖게 되는 가중치가 있는 개념 계층으로 표현된다. 검색의 평가 단계에서, 각 검색 결과의 정보 조각(snippet) 이 분류되어 사용자 프로파일과 동일한 형태의 문서 프로파일이 생성되고, 사용자 프로파일과 문서 프로파일과의 비교를 통해 검색 결과 얻어진 문서와 사용자의 관심사간의 개념적 유사도가 측정된다.

Jaime Teevan et al.[3]은 사용자 프로파일의 작성을 위해 사용자의 관심사와 컴퓨터 사용 내역으로 이루어진 개인 콘텐츠 인덱스를 이용했다. 개인 콘텐츠 인덱스는 S.T. Dumais et al.[4]이 기술한 데스크톱 인덱스나, Google Desktop Search, Windows Desktop Search, Yahoo! Desktop Search 등에서 제공하는 데스크톱 인덱스를 이용해 수집되었다.

Jaime Teevan et al. 이 사용한 시스템은 웹 페이지, 전자 메일, 클라이언트 컴퓨터에 저장된 문서등 사용자에 의해 생성, 복사되거나 사용자가 본 모든 정보에 대해 인덱스를 생성한다. 이 모든 정보가 사용자 프로파일을 만드는 데 사용된다.

이상 살펴본 바와 같이, 사용자 프로파일과 관련한 기존의 연구는 사용자가 검색을 함에 있어 단순히 웹 문서를 읽기 위해 검색을 수행하는 경우와 특정 웹 서비스를 이용하기 위해 검색을 수행하는 경우를 구분하지 않고, 사용자 프로파일을 작성하기 위해 모든 검색 세션에 대해 동일한 정보를 수집해 왔다. 본 연구는 웹 서비스를 검색하는 경우와 단순히 웹 문서를 읽기 위해 검색하는 경우를 구분하여, 웹 서비스를 검색하는 경우 서비스 제공자 목록을 추가로 작성하고, 이후 웹 서비스 검색에 활용함으로써 기존의 사용자 프로파일 기반 웹 서비스 검색의 정확도를 향상시키는 것에 초점을 맞추고 있다.

3. 사용자 프로파일 기반 웹 서비스 검색의 정확도 향상

3.1 사용자 프로파일 및 서비스 제공자 목록의 구조

본 논문에서는 개인의 필요 및 관심에 부합하는 결과를 제공하기 위해, 사용자 프로파일과 서비스 제공자 목록을 이용해 검색 결과내의 웹 페이지들의 우선 순위를 조정하는 작업이 이루어진다. 이를 위해 사용되는 사용자 프로파일과 서비스 제공자 목록의 구조에 대해 먼저 살펴보도록 한다.

3.1.1 사용자 프로파일

사용자 프로파일은 개인의 관심사를 나타내기 위한 척도로서 사용자의 과거 방문 패턴과 관련한 정보를 저장

한다. 본 논문은 사용자 프로파일을 사용자에 의해 생성된 사용자 검색 내역 트리의 리스트로 정의한다. 리스트의 각 요소는 사용자가 검색시 이용했던 질의어 및 질의어와 관련된 사용자 검색 내역 트리에 대한 포인터로 이루어진다. 사용자 검색 내역 트리는 Fang Liu et al.[1]이 제안한 구조를 이용한다. 사용자가 검색 결과내의 특정 웹 페이지를 방문할 때마다 하나의 사용자 검색 내역 트리가 생성된다. 그러나, 동일 질의어에 대한 검색 내역 트리가 이미 존재한다면 기존 검색 내역 트리에 새로운 검색 내역 트리를 병합하여, 확장된 사용자 검색 내역 트리를 사용자 프로파일에 저장하게 된다.

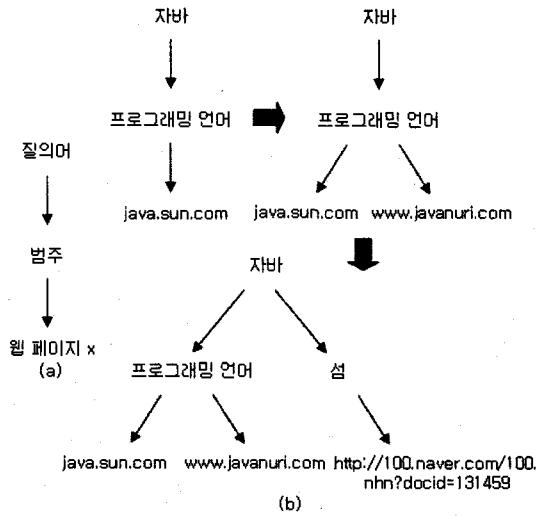

그림 1. 사용자 검색 내역 트리 및 트리의 확장예

그림 1 은 사용자 검색 내역 트리 및 트리의 확장예를 나타낸다. 그림 1. (a) 는 하나의 웹 페이지를 방문할 때마다 생성되는 사용자 검색 내역 트리이다. 그림 1. (b) 는 ' 자바' 라는 질의어를 이용해 검색을 수행하는 과정에서 사용자 검색 내역 트리가 확장되는 과정을 나타내고 있다. ' 자바' 와 관련된 검색 결과중에서 사용자가 방문한 웹 페이지와 해당 웹 페이지가 속하는 범주가 질의어 ' 자바' 와 함께 사용자 검색 내역 트리에 저장된다. 만약, ' 자바' 라는 질의어와 관련된 검색 내역 트리가 이미 존재하고, 기존에 저장된 범주와 같은 범주내의 웹 페이지를 방문한 경우, 해당 범주에 새로운 웹 페이지가 자식 노드로서 추가된다. 기존에 저장되지 않은 범주에 대한 페이지를 방문할 경우, ' 자바' 질의어에 대해 새로운 범주가 자식노드로서 추가된다.

그림 2 는 사용자 프로파일의 구조를 나타낸다. 사용자 프로파일은 사용자가 검색에 사용했던 질의어와 질의어와 관련된 사용자 검색 내역 트리에 대한 포인터들의 목록을 저장한다. 사용자 프로파일내의 각 질의어와 연관된 사용자 검색 내역 트리는 해당 질의어에 대한 사용자의 과거 검색 경향을 나타내며, 사용자의 주된 관심영역을 반영한다. 사용자가 한 번이라도 방문한 모든 웹 페이지는 사용자 프로파일에 저장된다.

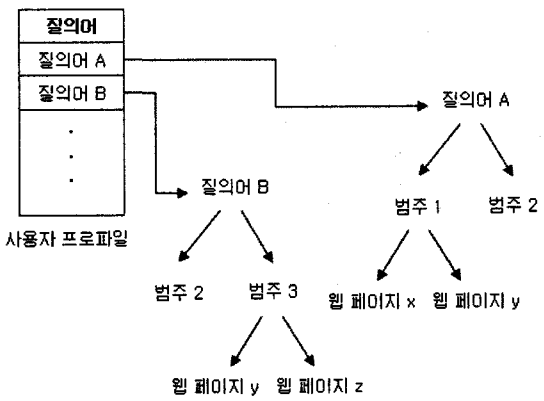

그림 2. 사용자 프로파일 구조

3.1.2 서비스 제공자 목록

서비스 제공자 목록은 사용자에게 실제 서비스를 제공했던 웹 페이지들을 저장하며, 본 논문에서는 서비스 제공자 기록 트리의 리스트로 정의한다. 사용자 검색 내역 트리와 동일하게, 서비스 제공자 기록 트리 역시 Fang Liu et al.[1] 이 제시한 트리 구조를 사용하여 표현된다.

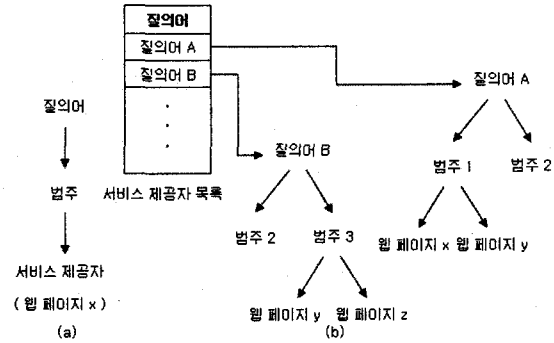

그림 3. 서비스 제공자 기록 트리 및 서비스 제공자 목록

그림 3. (a) 에 나타난 서비스 제공자 기록 트리는 서비스를 제공한 웹 페이지와 웹 페이지가 속한 범주, 검색시에 사용된 질의어로 구성되며, 사용자가 실제 서비스를 이용한 웹 페이지가 발생할 때마다 하나의 서비스 제공자 기록 트리가 생성된다. 사용자 검색 내역 트리와 마찬가지로 서비스 제공자 기록 트리 역시 서비스를 제공받은 웹 페이지의 수가 늘어날수록 확장되며, 확장 과정은 사용자 검색 내역 트리의 확장 과정과 동일하다.

그림 3. (b) 는 서비스 제공자 목록의 구조를 나타낸다. 서비스 제공자 목록의 각 요소는 서비스를 찾기 위해 검색시에 이용된 질의어 및 질의어와 연관된 서비스 제공자 기록 트리에 대한 포인터로 이루어진다.

사용자가 방문한 웹 페이지는 기본적으로 사용자 프로파일에 기록되므로, 서비스 제공자 목록에 저장된 웹 페이지는 사용자 프로파일에도 존재한다. 서비스 제공자

목록은 사용자 프로파일과 구조 및 생성 방식이 유사하나, 저장되는 웹 페이지가 단순 방문 페이지가 아닌 서비스를 실제 제공한 페이지로 한정된다는 차이점을 지닌다. 단순 방문 페이지와 서비스를 제공한 페이지를 구별하는 방식은 3.2절에서 제시될 것이다.

3.2 단순 방문 페이지와 서비스 제공 페이지의 구별

사용자에게 서비스를 제공한 페이지와 관련한 정보를 단순 방문 페이지와 구별하여, 서비스 제공자 목록에 저장하기 위하여, 클라이언트가 해당 웹 페이지의 서버에 보내는 HTTP 요청(request) 메시지를 모니터링한다. 그림 4 는 클라이언트가 보내는 HTTP 요청 메시지의 형식을 나타낸다.[5]

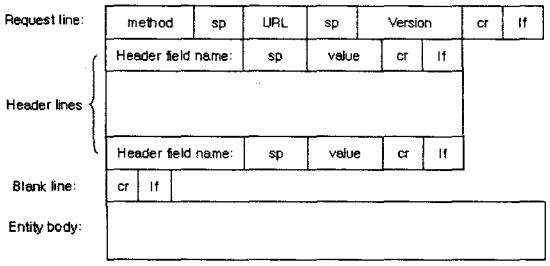

그림 4. HTTP 요청 메시지 형식

클라이언트가 웹 서버로 보내는 메시지의 내용을 분석하여 다음의 두 가지 규칙중 어느 하나를 만족시키는 경우, 사용자가 해당 웹 페이지의 서비스를 이용하고 있다고 판단하게 된다.

> [서비스 제공 페이지 식별 규칙]
>
> (I) HTTP 요청 메시지의 요청 라인 (Request line) 내의 메소드 필드가 GET 을 값으로 취하고, URL 필드가 ? 로 시작하는 문자열을 포함할 경우, 사용자는 해당 웹 페이지의 서비스를 이용하고 있다.
>
> (II) HTTP 요청 메시지의 요청 라인 (Request line) 내의 메소드 필드가 POST 를 값으로 취하고, 엔터티 몸체 (Entity body) 가 비어 있지 않을 경우, 사용자는 해당 웹 페이지의 서비스를 이용하고 있다.

위의 식별 규칙에 언급된 두 경우, 사용자는 웹 페이지가 사용자가 이용하려는 서비스와 관련해 특정한 처리를 해 줄 것을 기대하며 정보를 HTTP 요청 메시지에 포함시켜 보낸 것으로 볼 수 있다. 따라서, 사용자가 해당 웹 페이지의 서비스를 이용하고 있다고 간주하고, 3.1.2 절에서 제안된 서비스 제공자 목록에 해당 웹 페이지와 관련된 정보를 저장한다. 식별 규칙에 나타난 두 경우를 제외한 나머지 경우에 대해선 단순히 웹 페이지의 문서를 읽기만 하는 경우로 간주한다.

3.3 최종 검색 결과내의 우선 순위 조정 방식

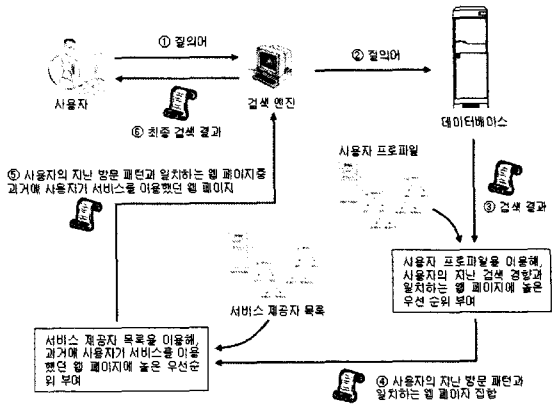

그림 5. 검색 결과 운선 순위 조정의 개략도

그림 5 는 본 논문에서 제안된 방법론을 이용해, 웹에서 특정 서비스를 찾는 사용자에게 최종 검색 결과를 제공하기까지의 과정을 나타내고 있다. 사용자가 검색 엔진에 질의어를 입력하면, 검색 엔진은 고유의 알고리즘을 사용하여 내부 데이터베이스로부터 질의어와 관련된 웹 페이지들을 추출한다.

검색 엔진으로부터 얻게되는 초기 검색 결과는 보편적으로 타당하다고 여겨지는 웹 페이지들에 높은 우선 순위가 부여된 상태이다. 이 초기 검색 결과에 대해, 사용자 프로파일을 이용하여 사용자가 과거에 방문했던 웹 페이지들이 검색 결과의 상위에 위치하도록, 검색 결과내의 웹 페이지들이 갖는 우선 순위를 조정한다.

그 후, 자주 방문한 웹 페이지가 반드시 사용자의 필요에 부합하는 서비스를 제공하는 것은 아니므로, 서비스 제공자 목록을 이용해 사용자가 과거에 방문했던 페이지들 중에서 실제 서비스를 제공했던 웹 페이지들이 검색 결과내에서 가장 상위에 표시되도록 페이지들이 갖는 우선 순위를 재조정한다.

사용자가 모니터를 통해 확인하는 최종 검색 결과는, 동일 질의어를 이용한 과거의 검색에서 방문한 적이 있는 웹 페이지들 중에서 사용자에게 실제로 서비스를 제공했던 웹 페이지들에 가장 높은 우선 순위를 부여하여, 해당 페이지들을 검색 결과의 최상위에 위치시키게 된다.

3.4 맞춤형 검색 시스템 구조

그림 6 은 사용자가 필요로 하는 웹 서비스를 찾기 위해 본 논문이 제안한 방식을 이용한 맞춤형 검색 시스템의 구조를 나타낸다. 제안된 시스템은 크게 3가지 주요 부분으로 구성된다.

① 웹 검색을 수행하는 검색 엔진
② 사용자의 개인 정보를 수집 모듈
③ 웹 페이지 우선 순위 조정 모듈

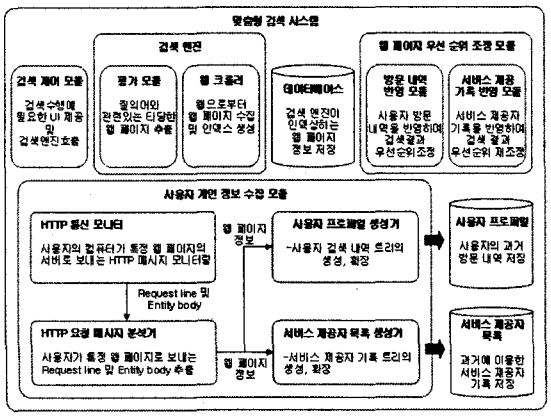

그림 6. 맞춤형 검색 시스템

검색 엔진은 기본적인 웹 검색을 수행하며, 사용된 검색 엔진의 내부 알고리즘에 따라 웹 페이지들이 검색 결과내에서 갖는 화면 표시상의 우선 순위를 결정한다. 검색 엔진이 사용하는 데이터베이스는 웹 크롤러(crawler)가 웹에서 수집한 웹 문서들에 대한 정보를 저장한다.

사용자가 수행하는 매 검색 세션에 대해 사용자 정보 모듈은 사용자가 검색 결과내의 웹 페이지들에 대한 웹 서핑 중, 특정 웹 페이지의 서버로 보내는 HTTP 요청 메시지를 모니터링한다. 3.2절에서 제시된 방식을 사용하여 웹 페이지의 서비스를 사용자가 이용하는지 여부를 결정하며, 단순히 문서를 읽기만 한 웹 페이지에 대해서는 사용자 프로파일과 관련한 사용자 검색 내역 트리만 생성되나, 사용자에게 서비스를 제공중인 웹 페이지에 대해서는 사용자 검색 내역 트리와 별개로 서비스 제공자 기록 트리가 추가 생성되어 서비스 제공자 목록에 저장된다.

웹 페이지 우선 순위 조정 모듈은 사용자 프로파일과 서비스 제공자 목록을 이용하여, 검색 결과내의 웹 페이지들의 우선 순위를 재조정한다.

4. 결 론

웹을 통해 다양한 서비스가 제공됨에 따라, 필요한 서비스를 제공하는 웹 페이지를 찾기 위해 검색 엔진이 사용되고 있다. 그러나, 검색 엔진은 모든 사람들에게 보편적으로 타당한 문서를 검색 결과의 상위에 위치시키기 때문에, 같은 질의어에 대해 항상 같은 결과를 제공한다는 단점을 가진다. 사용자의 관심과 일치하는 웹 페이지를 검색 결과의 상위에 위치시키기 위해 사용자 프로파일 기반의 검색이 수행되고 있으나, 과거에 자주 방문한 페이지가 더 높은 우선 순위를 갖게 되는 특성상 자주 방문하지는 않았지만 실제 사용자에게 서비스를 제공했던 웹 페이지가 검색 결과의 하위에 위치한다는 문제점이 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문은 기존의 사용자 프로파일 기반 웹 서비스 검색에 서비스 제공자 목록 확인 절차를 추가함으로써, 사용자가 방문했던 웹 페이지들 중 실제 사용자에게 서비스를 제공했던 웹 페이지들에 가장 높은 우선 순위를 부여하는 구조를 설계하였다. 이를 위해 사용자 프로파일 및 서비스 제공자 목록의 구조와, 이들을 구성하는 요소인 사용자 검색 내역 트리 및 서비스 제공자 기록 트리의 생성 및 확장 방식을 제시하였다. 또한, HTTP 요청 메시지 분석을 통해 사용자가 서비스를 이용한 웹 페이지를 구별하는 방식에 대해서도 제안하였다.

본 논문에서 제안된 맞춤형 검색 시스템은 현재 계속 진행중인 연구로서, 향후 대용량 데이터베이스 환경에서 사용자 프로파일 및 서비스 제공자 목록에 저장된 특정 웹 페이지를 찾기 위한 기법과 사용자와 서버간의 HTTP 메시지 모니터링에서 발생할 수 있는 예외 상황 처리 기법에 대해 보다 자세한 연구가 진행될 것이다.

[참 고 문 헌]

[1]Fang Liu, Clement Yu, Weiyi Meng, Personalized Web Search for Improving Retrieval Effectiveness, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 16, No. 1, pp.28-40, January 2004.

[2]Mirco Speretta, Susan Gauch, Personalized Search Based on User Search Histories, In the proceedings of the 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI' 05), pp.622-628, 2005.

[3]Jaime Teevan, Susan T. Dumais, Eric Horvitz, Personalizing Search via Automated Analysis of Interests and Activities, In the proceedings of the 28th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pp.449-456, 2005.

[4]Dumais, S.T., Cutrell, E., Cadiz, J. J., Jancke, G., Sarin, R., and Robbins, D., Stuff I' ve Seen: A System for personal information retrieval and re-use, In the Proceedings of SIGIR ' 03, pp. 72-79, 2003.

[5]James F. Kurose, Keith W. Ross, Computer Networking, Addison Wesley, 2003.