

정보검색 프로파일 학습 에이전트의 설계 및 구현

김영란¹⁾ 한현구
한국외국어대학교 컴퓨터 및 정보통신공학과

Design and Implementation of a Profile Learning Agent for Information Retrieval

Younglan Kim¹⁾ Hyungoo Han
School of Computer & Information Communications Engineering,
Hankuk University of Foreign Studies

요 약

분산컴퓨팅 환경에서 사용자는 원하는 정보 획득을 위하여 지능형 에이전트를 정보 습득 도구로 사용한다. 현재의 에이전트들은 객관적인 구조와 서비스를 제공하기 때문에 각 사용자별 다양한 요구사항을 수용할 수 없는 한계를 가지고 있다. 이 문제점을 해결하기 위해 사용자의 요구와 개별적인 특성을 반영하고, 사용자의 관심사항과 행위를 학습하여 보다 효율적인 검색 결과를 제공하는 개인 웹 에이전트들이 연구·개발되고 있다. 본 연구는 사용자의 기호에 부합하는 정보만을 검색하여 사용자에게 제공할 뿐 아니라 사용자의 선호도에 효과적으로 적응할 수 있는 정보 검색 에이전트를 위한 사용자 행위정보를 활용한 사용자 프로파일 학습방법을 제안한다. 시간경과에 따른 사용자의 기호 변화를 선행적으로 관리하는 잠재력을 제공한다. 또한 웹 문서를 대상으로 실험하여 제안한 방법의 성능을 검증한다.

1. 서론

인터넷은 접근 가능한 정보의 종류와 양, 접속하는 사용자 수, 네트워크 과부하 등으로 인해 그 규모가 급증하고 있다. 대량, 분산 그리고 이형질(heterogeneous)인 정보의 과다(information overload)환경에서 사용자가 원하는 특정 정보를 제한된 시간 내에 정확하게 찾는다는 것은 용이한 일이 아니다. 사용자의 편의를 돕기 위해 인터넷에서는 사용자를 대신하여 정보처리 작업을 수행하는 지능형 에이전트(Intelligent Agent)를 사용한다. 이것은 정보검색 에이전트(Information Retrieval Agent)와 정보필터링 에이전트(Information Filtering Agent)등으로 분류할 수 있다[10].

그러나 이 에이전트들은 매우 객관적인 구조와 서비스를 제공하기 때문에 각 사용자별 다양한 요구사항을 수용할 수 없는 한계를 가지고 있다. 이 문제점을 해결하기 위해 사용자의 요구와 개별적인 특성을 반영하고, 사용자의 관심사항과 행위를 학습하여 효율적이고 편리한 웹 환경을 제공하는 개인 웹 에이전트(Personal Web Agent)들이 연구·개발되고 있다.

본 논문에서는 검색결과에 대한 적합성 피드백(relevance feedback)으로 사용자의 웹 브라우징 행위(behavior)를 관측하여 관심도(interest)를 추출한 후 학습을 통하여 가장 최상의 상태를 갖는 사용자 선호도

프로파일을 유지함으로써 사용자의 기호변화에 적응하는 학습 에이전트를 제안한다.

사용자의 정보검색 결과에 대한 만족도를 극대화시키기 위하여 사용자 모델링(User Modeling)을 지속적으로 유지시켜야 한다. 사용자가 유사한 작업을 지시하면 작업 에이전트(Task Agent)는 학습된 결과인 현재의 사용자 프로파일을 근거로 작업을 수행함으로써 학습이전보다 수행결과가 향상될 수 있다. 본 연구는 학습 에이전트가 장기간 환경으로부터 받는 보상의 기대값을 최대화하여 단일 사용자의 개인 성향에 적응하는 능력(competence)을 갖게 한다

2. 관련연구

2.1. 개인 웹 에이전트

지능형 에이전트는 사용자를 대신하여 작업을 수행함으로써 과다한 정보와 작업을 감소시킬 수 있다[10]. 기계학습(Machine Learning)은 에이전트가 사용자 수준과 사용자마다의 요청 작업 수준에 따라 개인별로 보조(personal assistant)를 할 수 있도록 해주는 방법이다.

Personal Web Watcher[11]는 사용자가 현재 보고 있는 문서와 사용자의 브라우징 행위 (highlighting interesting hyperlinks)를 관측하여 현재 문서에 대한 관심도인 중요 키워드(Term Frequency-Inverse Document Frequency: TF-IDF)를 추출하여 비감독 학습을 한다. 학습결과를 기반으로 하여 관심문서에 대한

*본 연구는 2001학년도 교내학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

검색작업을 한 후 제공된 새로운 HTML페이지에 하이퍼링크를 제안하는 데 사용된다. 사용자 관심도 모델은 off-line으로 생성된다.

Letizia[8]는 사용자 행위를 추적하는 것으로 검색된 문서의 현재 위치에서 링크에 공존(concurrent)하거나 또는 자율적으로(autonomous) 탐색하여 관심도가 있는 사항을 예상하도록 한다. 에이전트는 Best-First Search로 구성된 브라우징 전략을 자동으로 조작할 수 있게 한다. 이 탐색전략은 사용자 행위로부터 나온 관심도를 휴리스틱 기법으로 추론하여 확장한다.

2.2 적합성 피드백

문서 검색 결과를 효율적으로 향상시키는 방법은 1. 적합성 피드백 시스템 2. 질의어, 프로파일, 문서, 그리고 검색 알고리즘(Retrieval Algorithm)을 사용하는 방법 3. 문서 명세화(Document Description)를 부분 변경하는 방법 4. 검색 알고리즘을 부분 변경하는 방법으로 분류할 수 있다[1].

적합성 피드백은 검색된 문서들에 대한 적합성 판정용으로 사용자 피드백을 적용하여 질의 용어 및 용어들의 가중치를 변경하여 검색 성능을 높인다[5]. 온라인 점진적 알고리즘인 Widrow-Hoff Algorithm과 Kivinen & Warmuth's EG Algorithm은 배치 알고리즘인 Rocchio Algorithm보다 용어선별 능력이 향상되었음을 보여준다[3][4][7].

사용자 모델링을 유지하는 것은 사용자 관심도가 변화하는 것에 대해 선행적인 관리(proactive management)를 할 수 있는 잠재력을 제공한다[1]. NetNews 필터링 시스템[9]은 필터링 된 결과에 대한 사용자의 행위를 분석하여 사용자의 프로파일을 갱신한다. 사용자의 행위는 문서에서 하이퍼링크를 따라 가거나 문서를 읽는 데 소비하는 시간 등으로 분류하여 관측하였다.

3. 학습 에이전트 시스템

3.1 시스템 구성

그림 1과 같이 본 시스템은 사용자 인터페이스 에이전트(User Interface Agent), 웹 문서 검색 에이전트(Web Document Retrieval Agent), 사용자 프로파일 학습 에이전트(User Profile Learning Agent)로 구성한다. 사용자 인터페이스 에이전트(UIA)는 사용자 프로파일 생성과 사용자의 웹 브라우징 행위를 관측하여 결과를 학습 에이전트에게 전달한다. 그리고 웹 문서 검색 결과를 디스플레이 해준다.

학습 에이전트(LA)는 사용자 인터페이스 에이전트에서 전달 받은 사용자의 행위를 결과로 하여 그에 따른 중요도 단계를 규칙베이스에서 추론·분류한다. 분류된 행동에 가중치를 부여하고 3.3절에서 설명하는 변형된 Q-Learning으로 보강학습을 하여 프로파일을 갱신한다. 갱신된 프로파일은 유사한 작업을 수행할 때 사용자의

선호도로 제공된다.

웹 문서 검색 에이전트(RA)는 UIA에서 입력된 질의어와 사용자 프로파일을 고려하여 후보 웹 문서를 검색한다. 검색 결과는 사용자 선호도에 적합한가 판단하여 적합도가 높은 순으로 정렬하며, 그 결과는 UIA를 통해 사용자에게 제공된다.

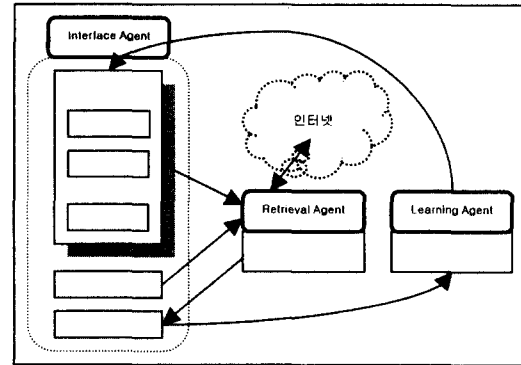


그림 1. 시스템 구조

3.2 문서 적합도

본 논문에서는 프로파일과 문서는 벡터공간 표현방법으로 표현하고 검색된 문서의 적합도는 다음 식과 같이 용어 빈도수와 프로파일의 용어 우선순위 값을 이용하여 산출한다. 적합도가 높은 순으로 검색 결과를 구성하여 사용자에게 제공한다.

$$V_{Dj} = \sum_{i=1, t=1}^{n, m} tf_{i,t,j} \times pri_{i,t,p}$$

$tf_{i,t,j}$: 검색된 문서 j 에 있는 주제 t 의 용어 i 의 빈도수

$pri_{i,t,p}$: 프로파일 P 에 있는 주제 t 의 용어 i 의 우선순위값

용어에 대한 피드백 가중치는 프로파일에 존재하는 용어를 우선 순위로 고려하여 산출하였으며, 적합도 산출 후 임계치 값 보다 적은 용어는 프로파일에서 제거한다. 이 방법은 새로운 용어가 추가될 가능성이 적은 단점이 있으나 기호도가 높은 것만을 유지할 수 있게 해준다

3.3 프로파일 학습

학습을 위한 사용자 모델링은 정보인지능력의 파악과 사용자의 초기 기호를 반영하기 위하여 사용자 인터페이스 에이전트에서 기초 프로파일을 작성하며, 사용자가 갱신할 수도 있다. 초기 작성 항목은 교육 수준(특정 분야에 대한 이해도), 질의 영역에 대한 숙지도, 언어 능력, 관심있는 복수의 주제와 그 주제의 용어 등으로 구성한다. 사용자의 교육수준등에 따라 주제의 종류와 개수, 각 주제에 대한 용어의 개수가 달라질 수 있으므로 프로파일의 항목 중 주제와 용어를 표현할 때는 사용자에 따라 벡터를 다르게 부여한다.

사용자의 웹 브라우징 행위 정보는 모두 의미 있는 것으로 간주하며, 사용자의 명시적인 개입없이 평가할 수 있는 중요한 자료가 된다. 행위정보는 웹 문서를 읽는 데 소요되는 시간, 프로파일에 주제 존재 여부, 하이퍼링크의 선택, 북마크 추가·삭제, 인쇄, 저장등으로 분류한다.

본 논문에서는 사용자 프로파일의 선호도를 최상의 상태로 유지하기 위하여 보강학습을 사용한다. 보강학습(Reinforcement Learning)은 현재의 상태에서 발생하는 행동에 주어지는 보상으로 학습을 수행하여 보상값의 합이 최대가 되는 방향으로 에이전트의 행동양식을 학습시키는 방법이다[2][6].

본 논문에서 현재 상태는 프로파일 벡터와 적합도가 반영된 사용자가 브라우징하고 있는 문서이며, 행동은 웹 브라우저상의 사용자 행위로 정의한다. 웹 브라우저에서 수행한 행동은 규칙베이스에서 사례별로 추론하여 사례의 중요도 단계별로 가중치를 적용한다.

학습 에이전트는 상태와 행동, 그에 따른 보상값으로 구성된 테이블 엔트리를 각 단계마다 갱신함으로써 사용자 목적에 따른 최적의 선호도를 유지한다. 앞에서 제안한 문서 적합도와 관측된 사용자 행위를 이용하여 기존의 Q-Learning을 변형한 학습 알고리즘은 다음과 같다.

- I. 3.2절에서 구한 적합도에 의해 정렬된 문서중 사용자가 브라우징하는 모든 문서 D 에 대하여 다음을 수행한다.
1. 문서 D 의 상태와 행동에 대한 테이블을 초기화한다.
 2. 문서 D 의 현재 상태 s 를 인지한다.
 3. 문서 D 에 대한 모든 행동 $a_i (i=0 \text{ to } n)$ 에 대하여 다음을 수행한다.
 - 1) 사용자의 행동 a_i 에 대한 사례를 추론하여 보상값 $r_i = a_{i_w}$ 을 구한다.
 - 2) 1)에서 구한 r_i 와 a_i 이전의 모든 행동에서 a_i 와 같은 유형인 행동들의 보상값중에서 가장 큰 값을 적절한 감소인자로 곱한 값을 서로 합하여 문서 D 의 행동 a_i 의 보상값 테이블 엔트리 $Q(s_i, a_i)$ 을 갱신한다.
 - 3) $s_i \leftarrow s_{i+1}$
 4. 문서 D 에 대한 모든 행동 a_0 부터 a_n 까지 같은 유형의 행동들의 보상값중에서 가장 큰 값만 더하여 행동 유형 개수로 나눈 값으로 프로파일의 용어 우선순위를 갱신한다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 사용자의 웹 브라우징 행위를 관측하여 획득한 정보를 가지고 사용자의 선호도를 학습하는 방법을 제안하였다. 사용자의 기호를 효과적으로 학습하

기 위하여 적합성 피드백과 사용자의 행위정보를 활용하여 지속적인 사용자 프로파일을 유지하였다. 행위정보 피드백은 중요도에 따라 세분화하고 각각에 적절한 가중치를 부여하여 학습효과를 높였다. 사용자의 관심 영역을 대표하는 키워드의 가중치가 점진적으로 증가하여 수렴함을 확인하였고 사용자의 기호변화를 선행적으로 관리하는 개인 웹 에이전트로 진화할 수 있음을 보았다.

현재까지의 연구결과에 성능향상을 위해 보완해야 할 점은 사용자의 선호도에 좀 더 동적으로 적응하기 위하여 행위정보를 적합한 사례로 추론할 수 없을 때 새로운 사용자 모델링을 생성할 수 있는 연구와 학습 알고리즘을 개선하는 연구가 진행되어야 한다.

그리고 텍스트 이외의 정보를 효과적으로 처리하는 방법과 사용자의 기호를 정보표현 방법과 동일한 형태 또는 상호간 유사도 측정이 용이한 형태로 표현하는 방법이 연구되어야 한다. 이러한 표현 방법에 기반하여 사용자의 특성을 효과적으로 반영한 개인 웹 에이전트는 다양한 분야에 적용 가능할 것이다.

5. 참고문헌

[1] Robert R. Korfhage, Information Storage and Retrieval, Wiley, 1997.
 [2] Tom M. Mitchell, Machine Learning, McGraw-Hill, 1997.
 [3] M. Balabanovic, "An Interface for Learning Multi-topic User Profiles from Implicit Feedback", ACM/SIGIR '98, 1998.
 [4] Jamie Callan, "Learning While Filtering Document", ACM/SIGIR'98, 1998.
 [5] Christos Faloutsos, Douglas W. Oard, "A Survey of Information Retrieval and Filtering Method", CS-TR-3524, ee.umd.edu/medlab/filter/papers/umir.html, 1995.
 [6] Leslie Pack Kaelbling, et al., "Reinforcement Learning: A Survey", Journal of Artificial Intelligence Research Vol.4, pp 237-285, 1996.
 [7] David D. Lewis et al., "Training Algorithms for Linear Text Classifier", ACM/SIGIR'96, 1996.
 [8] Henry Lieberman, "Letizia: An Agent That Assists Web Browsing", IJCAI-95, pp.475-480, 1995.
 [9] M. Morita, Y. Shinoda, "Information Filtering Based on User Behavior Analysis and Best Match Text Retrieval", ACM/SIGIR '94, 1994.
 [10] Pattie Maes, "Agents that reduce work and information overload", Communications of the ACM, Vol.37, No.7, pp.31-40, 1994.
 [11] Dunja Mladenic, "Personal WebWatcher: Design and Implementation", Technical Report IJS-DP-7472, 1996.