

연관 규칙 생성 알고리즘 기반의 개인화 의류 추천 시스템

이중현¹ · 이석훈¹ · 김장원¹ · 백두권^{1*}

A Personalized Clothing Recommender System Based on the Algorithm for Mining Association Rules

Chonghyeon Lee · Sukhoon Lee · Jangwon Kim · Doo-Kwon Baik

ABSTRACT

We present a personalized clothing recommender system — one that mines association rules from transaction described in ontologies and infers a recommendation from the rules. The recommender system can forecast frequently changing trends of clothing using the Onto-Apriori algorithm, and it makes appropriate recommendations for each users possible through the inference marked as meta nodes. We simulates the rule generator and the inferential search engine of the system with focus on accuracy and efficiency, and our results validate the system.

Key words : Personalized Recommender, Ontology Inference, Mining Association Rules

요 약

이 논문에서는 온톨로지로 표현한 트랜잭션으로부터 연관 규칙을 생성하고 이를 기반으로 추론을 수행하여 개인화 의류 추천을 제공하는 시스템을 제안한다. Onto-Apriori 알고리즘을 이용한 연관 규칙 생성은 유행에 따른 구매성향 변동을 능동적으로 분석할 수 있다. 생성된 규칙은 온톨로지에 메타 노드로 표현하고 이를 기반으로 추론함으로써 사용자의 질의에 맞는 추천 항목을 찾아낼 수 있다. 시스템을 평가하기 위하여 추론 소요시간과 추천 정확도 2가지 요소를 기준으로 시물레이션을 수행하여 유효성을 증명하였다.

주요어 : 개인화 추천, 온톨로지 추론, 연관 규칙 생성

1. 서 론

최근 웹 2.0과 시맨틱 웹의 결합을 통해 개인화와 추천을 특징으로 갖는 웹 3.0시대로 나아가기 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다¹⁾. 개인화 맞춤 정보를 이용한 추천 시스템은 고객들에게 방대한 웹 데이터에서 원하는 정보를 제공 받을 수 있게 해줄 뿐만 아니라, 판매자에게는 대량 맞춤을 실현시켜준다²⁾. Amazon, yes24 와 같은 다양

한 전자 상거래 업체는 개인화 추천을 이미 적용하여 사용하고 있으며 이는 사업적 가치뿐만 아니라 학문적으로도 많은 관심을 불러일으키고 있다³⁻⁴⁾. 하지만 의류 분야에서는 여전히 개인화 추천의 성공적인 사례가 없다⁵⁻⁷⁾. 의류는 도서등과 달리 다양한 속성을 체계적으로 분류하기 어렵고, 구매자들의 의류 구매 성향의 유행에 따른 변동을 분석할 능동적인 시스템을 구축하기 어렵기 때문이다⁸⁻⁹⁾. 이 논문에서는 아래와 같은 방법을 통하여 위에서 언급한 문제점을 해결하고자 한다.

연관 규칙을 자동으로 생성하기 위해 온톨로지 기반의 Onto-Apriori 알고리즘을 사용하여 구매자들의 성향을 능동적으로 분석한다¹⁰⁾. Onto-Apriori 알고리즘은 기존의 Apriori 알고리즘과 달리 연관 규칙 생성 시 추론을 이용한다¹¹⁾. 생성된 연관 규칙은 시스템이 콘텐츠들의 내재된 의미를 파악해 검색하는 시맨틱 웹 기반의 추론적 검색의 기반이 된다¹²⁾.

*이 논문은 '2 단계 BK21 사업'과 정보통신산업진흥원의 SW공학 요소기술 연구개발사업에 의해 지원되었음을 밝힙니다.

접수일(2010년 7월 3일), 심사일(1차 : 2010년 9월 7일, 2차 : 2010년 10월 19일), 게재 확정일(2010년 10월 29일)

¹⁾ 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과

주 저 자 : 이중현

교신저자 : 백두권

E-mail; baikdk@korea.ac.kr

의류 온톨로지를 정의해 의류의 속성을 효과적으로 표현한다. 의류 온톨로지는 의류를 정의할 때 기존의 어휘들을 활용하게 함으로써 재사용성을 증진시켜주고 의미의 모호성을 해결해준다¹³⁾. 또한 생성된 연관 규칙 기반의 추론을 통해 추천을 가능하게 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 관련연구에 대하여 언급하고 제3장에서 이 논문에서 제안하는 온톨로지 기반의 의류 추천 시스템의 전반적인 구조와 연관 규칙을 생성하기 위한 Onto-Apriori 알고리즘을 정의한다. 제4장에서는 제안 시스템을 평가하기 위하여 구현한 프로토타입 시스템에 대하여 기술한다. 제5장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 연관 규칙 생성 알고리즘

연관 규칙 생성에 사용되는 용어는 트랜잭션, 항목집합, 빈발 항목집합, 연관 규칙, 지지도, 신뢰도, 기여도 등이 있다¹⁴⁾.

연관 규칙 생성 문제는 AIS에 의해 처음 제안되었다¹⁵⁻¹⁶⁾. AIS는 데이터베이스를 읽는 동안 후보 항목집합들을 on-the-fly로 생성한다. 후보 항목들의 중복을 피하기 위해, AIS는 frontier set F를 맹목적으로 생성하지 않고 데이터베이스를 읽어가며 생성하는 방법을 사용한다. 하지만 AIS는 규칙들이 결과부에서 한 개의 항목으로 제한되는 단점을 가지고 있다.

SETM은 빈발 항목집합들을 찾기 위해 후보 항목 집합을 활용한다¹⁷⁾. AIS는 적은 양의 후보 항목집합을 생성함으로써 공간을 절약할 수 있지만 불필요한 후보 항목 집합을 고려하지 않는다.

Apriori는 AIS에서의 많은 수의 후보 집합 생성 때문에 개발된 Apriori-gen 전략을 처음 적용한 알고리즘으로서, 후보 항목집합의 수를 줄이는데 성공적이어서 많은 알고리즘에서 사용되고 있다¹⁸⁾. Agrawal에 의해 수행된 성능테스트는 Apriori의 성능이 AIS나 SETM보다 좋을 것을 보였다. 하지만 Apriori는 디스크와 데이터 스와핑은 줄일 수 있는 반면 이후의 패스들에서 소용이 없는 항목들을 제거해 내지 못하고 이러한 불필요 항목들의 지지도를 계산하기 위해 오버헤드가 발생하는 단점이 있다¹⁹⁾. Onto-Apriori 알고리즘은 이러한 문제점을 해결하기 위해 온톨로지 추론을 기반으로 항목 비교를 수행함으로써 불필요한 항목들이 후보 집합에 포함되지 않도록 한다.

2.2 개인화 추천 시스템

개인화 추천 시스템을 위한 필터링 기법들은 협력적 필터링, 내용 기반 필터링, 규칙 기반 필터링이 있다²⁰⁻²²⁾.

협력적 필터링 개인화 기법은 고객들의 상품 선호에 대한 데이터베이스를 구축하고, 고객의 구매내역에 기반을 두어 유사한 취향을 가진 이웃들을 찾아내어 이웃들의 선호하는 상품을 그 고객에게 추천하는 방법이다. 이는 개인화 알고리즘과 추천 제공의 성능 문제 때문에 방대한 데이터에 적용이 어려운 단점이 있다. 내용 기반 필터링은 항목의 속성과 사용자의 선호도를 비교하여 가장 동일한 항목을 추천하는 방식이다. 이는 항목의 속성이 다차원으로 표현되기 때문에 항목의 속성을 추출하는 전처리에 소요되는 시간이 길다는 단점을 가지고 있다. 규칙 기반 필터링은 고객의 성향을 일정한 규칙으로 정의하고 이를 상품의 특성과 연결시켜 추천을 제공하는 기법이다. 이 규칙은 전문가에 의해 미리 정의하여야 하는 단점이 있다.

이러한 필터링 기법들을 이용하여 개인화 의류 추천 시스템을 개발하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 시맨틱 웹의 기술들을 활용하여 개인화된 선호도를 이용한 의상 코드 시스템 개발을 위한 연구는 실험 결과 불필요한 검색시간이 줄어들고 선호 피드백을 통해 점차 만족도가 향상되는 결과를 보인다⁸⁾. 하지만 협력적 필터링에 의존한 추천을 기반으로 하기 때문에 사전에 아이템에 대한 평가 데이터가 필요하고 알고리즘의 추천 제공 성능 때문에 방대한 데이터에 적용하기 어려운 문제점이 있다. 텍스타일 기반의 기술으로는 협력적 필터링의 예측에 사용될 이웃의 수를 결정하기 위해서 Representative Attribute-Neighborhood 방법을 사용한다⁹⁾. 이 방법은 소재에 대한 사용자의 감성이나 선호도에 대한 텍스타일의 대표 감성어휘를 추출하는 데는 적합하지만 의류의 소재 이외의 다양한 속성들을 적용하기 어렵다.

이 논문에서는 기존 기법들을 사용하여 표현하기 어려웠던 소재 이외의 다양한 의류의 속성을 온톨로지를 통해 표현하고 협력적 필터링 알고리즘의 성능저하 문제를 해결하기 위하여 복잡도가 낮은 Onto-Apriori 알고리즘을 기반으로 한 시스템을 제안한다. 필터링 기법의 성능 평가는 분석 소요시간과 정확도의 반비례 관계를 어떻게 해결 하였는지가 중요하므로²³⁾, 이 논문에서는 제안하는 기법을 통한 규칙 생성의 분석 소요시간과 추천 의류 추론의 정확도를 중심으로 시뮬레이션 하여 시스템을 평가한다.

3. 온톨로지 기반의 의류 추천 시스템

3.1 의류 추천 시스템 아키텍처

시스템은 그림 1과 같이 질의 조정기, 추론적 검색기, 연관 규칙 추출기로 이루어져 있다. 사용자는 구매 내역이나 직접 작성한 질의문을 통해 질의를 할 수 있고 질의 조정기는 이러한 질의문을 추론에 알맞은 형태로 만들어 준다. 추론적 검색기는 연관 규칙 추출기에 의해 생성된 규칙들과 질의문을 이용하여 사용자에게 알맞은 의류를 추천한다.

3.2 Onto-Apriori 알고리즘

추론적 검색을 위한 규칙을 생성하기 위해 온톨로지 추론을 기반으로 하는 Onto-Apriori 알고리즘을 사용한다. Onto-Apriori 알고리즘에서는 기존 정의와 달리 알고리즘에서의 지지도(Support), 신뢰도(Confidence)를 아래 식과 같이 트랜잭션 집합 온톨로지로부터 추론을 통해 계산한다. 지지도는 전체 트랜잭션 중 추론 결과에 X와 Y가 모두 포함될 확률이며, 신뢰도는 X에 대한 추론 결과 트랜잭션 중에서 X와 Y가 모두 추론될 확률이다. 제안한 시스템은 지지도와 신뢰도를 규칙을 생성할 때 이용한다. 각 빈발 항목 집합들 중 최소 지지도(minsup) 이상의 지지도를 만족하는 항목들을 빈발 항목 집합에 포함시키며 최종 빈발 항목 집합으로부터 최소 신뢰도(minconf)을 갖는 항목들을 규칙으로 생성한다.

$$Support = \frac{(inference(X, T) \cup inference(Y, T)).count}{n}$$

$$Confidence = \frac{(inference(X, T) \cup inference(Y, T)).count}{inference(X, T).count}$$

아래 표 1은 연관 관계 분석 예제를 위한 트랜잭션 목록

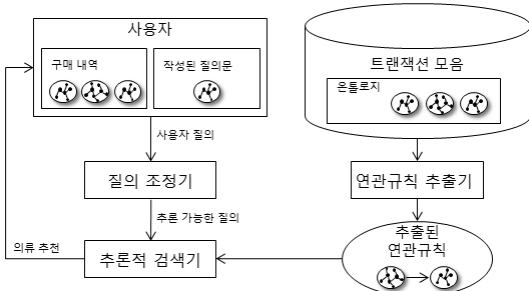


그림 1. 추천 시스템 아키텍처

목록이다. 각 트랜잭션의 항목들은 실제로 그림 2와 같이 온톨로지적으로 표현되어 있다.

Onto-Apriori 알고리즘은 먼저 연관 규칙을 생성하기 위해 minsup 이상의 지지도 값을 갖는 빈발 항목집합들을 찾는다.

예제 트랜잭션을 50%의 minsup으로 구하면 {<제티드 텍시도>}, {<보타이>}, {<구두1>}, {<제티드 텍시도>, <보타이>}와 같은 빈발 항목집합들이 추출된다. 생성된

Algorithm Onto-Apriori(T)

```

1 C1 ← init-pass(T);
2 F1 ← {f | f ∈ C1, inferenceCount(f, T)/n ≥ minsup};
3 for (k = 2; Fk-1 ≠ ∅ k++) do
4 Ck ← candidate-gen(Fk-1);
5 for each transaction t ∈ T do
6 for each candidate c ∈ Ck do
7 if inference(c, T) is contained in t then
8 c.inferenceCount++;
9 endfor
10 endfor
11 Fk ← {c ∈ Ck | c.inferenceCount/n ≥ minsup}
12 endfor
13 return F ← ∪k Fk
    
```

표 1. 예제 트랜잭션 집합

트랜잭션	의류 온톨로지
T1	<제티드 텍시도>, <코트1>, <보타이>
T2	<제티드 텍시도>, <보타이>
T3	<패치 블레이저>, <아스코트 타이>, <구두1>
T4	<제티드 텍시도>, <구두1>

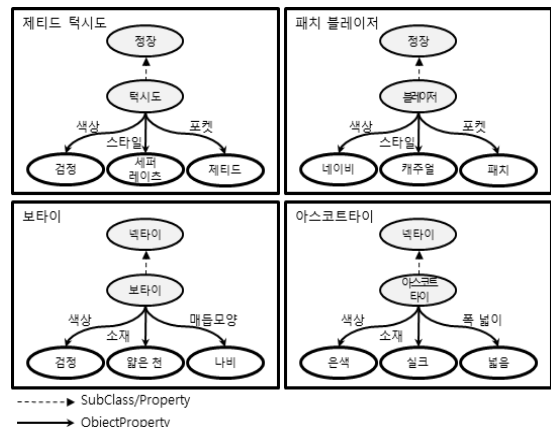


그림 2. 의류 온톨로지의 예

Function Onto-candidate-gen(F_{k-1})

```

1  $C \leftarrow \emptyset$ 
2 forall  $f, f_2 \in F_{k-1}$  // 모든 빈발 항목 집합의 쌍을 찾음
3 with  $f_1 = \{i_1, \dots, i_{k-2}, i_{k-1}\}$ 
4 and  $f_2 = \{i_1, \dots, i_{k-2}, i'_{k-1}\}$ 
5 and  $i_{k-1} < i'_{k-1}$  do
6  $c \leftarrow \{i_1, \dots, i_{k-1}, i'_{k-1}\}$ ; //  $f_1$ 과  $f_2$ 를 결합
7  $C \leftarrow C \cup \{c\}$ ; //  $c$ 를 새 항목으로 추가
8 for each  $(k-1)$ -subset  $s$  of  $c$  do
9 if  $(\text{inference}(s, F_{k-1}) \not\subseteq F_{k-1})$  then
10 delete  $c$  from  $C$  //  $c$ 를 후보에서 제외
11 endfor
12 endfor
13 return  $C$  // 생성된 후보 집합
    
```

표 2. 최종 빈발 항목 집합

항목 집합	지지도
{<제티드 텍시도>, <보타이>}	1/2

표 3. 생성된 연관 규칙

연관 규칙	신뢰도
<제티드 텍시도> → <보타이>	2/3
<보타이> → <제티드 텍시도>	2/2

빈발 항목 집합들과 Onto-candidate-gen 함수에 의해 최종 빈발 항목집합이 생성된다. 생성된 최종 빈발 항목 집합은 표 2와 같다.

최종 빈발 항목을 이용하여 표 3과 같은 연관 규칙을 생성한다. minconf보다 높은 값을 갖는 규칙을 추출해 추론적 검색을 위해 사용한다.

3.3 연관 규칙 기반의 추론

연관 규칙의 전제와 결론은 온톨로지 트리플이 나타나야 하는 문장 전체이기 때문에 단순한 노드가 아닌 메타노드를 설정하는 방법을 사용한다. 메타노드는 association rule이라는 술어를 연결 수단으로 사용하여 특정 의류 노드들의 관계를 표현한다. 의류 온톨로지의 스키마에 이러한 메타노드를 추가하고 Onto-Apriori 알고리즘에 의해 생성된 연관 관계는 그림 3과 같이 표기된다. 이를 기반으로 추론적 검색기는 사용자의 질의에 따라 해당 항목에 대한 규칙을 찾아내어 추론을 통해 추천 항목을 찾는다.

4. 시스템 구현

시스템 구현 환경은 표 4와 같다. 추론 엔진을 위해 Java 기반의 Jena 툴을 사용하였고 UI는 C#을 이용해 구

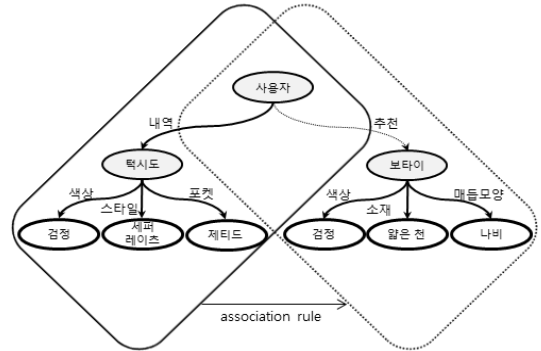


그림 3. 메타 노드를 통한 연관 규칙의 표현

표 4. 시스템 구현 환경

CPU	Intel(R) Core(TM)2 Duo E6750 2.66GHz, 2-way
Memory	3.25 GB
OS	Microsoft Windows 7 Enterprise K
Java	Java SE Runtime Environment <build 1.6.0_18-b07>
UI	C# .Net Framework 2.0
Inference Engine	Jena Semantic Web Framework2.6.3

```

Onto-Apriori algorithm has started.

Frequent 1-itemsets
[1, 2, 3, 4]
Frequent 2-itemsets
[1 2, 1 3, 1 4, 2 3, 3 4]
Frequent 3-itemsets
[1 2 3, 1 3 4]
Execution time is: 0.594 seconds.
    
```

그림 4. Onto-Apriori를 이용한 연관 규칙 추출

현하였다^[24].

4.1 연관 규칙 추출기 및 추론적 검색기

시스템의 연관 규칙 추출기는 그림 4와 같이 트랜잭션 모음으로부터 온톨로지간의 연관 규칙을 추출한다.

이를 바탕으로 추론적 검색기는 Jena 추론엔진을 기반으로 연관 규칙을 이용해 추론하여 사용자에게 그림 5와 같은 추천을 제공한다.

4.2 사용자 구매 내역을 이용한 질의

사용자는 자신의 구매 내역을 바탕으로 의류 추천을 받을 수 있다. 시스템이 이러한 사용자별 의류 온톨로지 트랜잭션을 분석하여 신뢰도가 높은 순으로 그림 6과 같

```

- start -
- get rules -
- http://ch.onto/Ontologies/clothes#rule
- http://ch.onto/Ontologies/clothes#rule2
- http://ch.onto/Ontologies/clothes#rule3
- http://ch.onto/Ontologies/clothes#rule1
- find Item -
- target Item : http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#JettedTux9
- http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#BowTie11
- target Item : http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#JettedTux5
- http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#BowTie13
- target Item : http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#JettedTux3
- http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#BowTie9
- http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#BowTie1
- target Item : http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#JettedTux1
- http://ch.onto/Ontologies/clothes_data#BowTie5
    
```

그림 5. 연관 규칙을 통한 규칙 추론

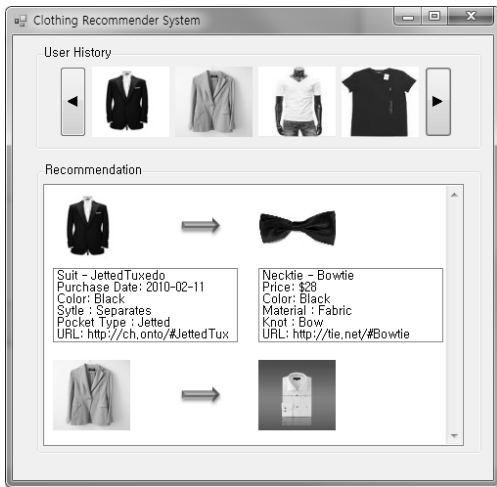


그림 6. 사용자 구매 내역을 이용한 추천

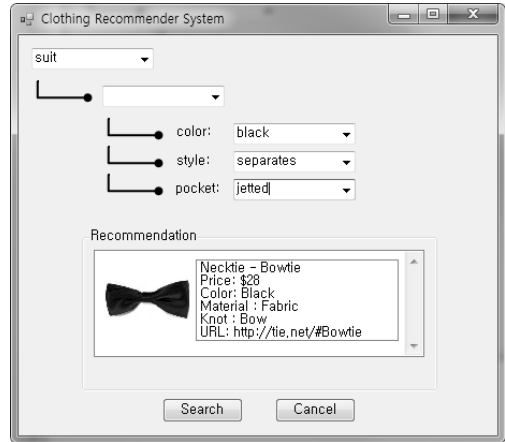


그림 7. 사용자 정의 질의를 이용한 추천

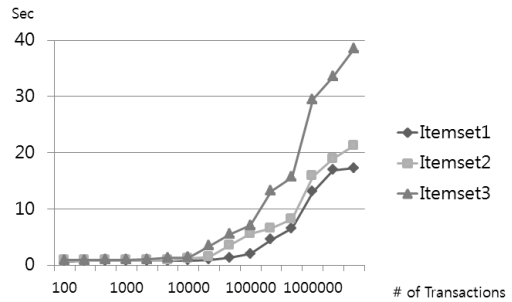


그림 8. 트랜잭션 수에 따른 실행 시간

은 추천 결과를 제공한다. 사용자의 구매 내역을 바탕으로 추론된 추천 결과들이 목록화 되어 제공됨을 알 수 있다.

4.3 사용자 정의 질의

특정 의류에 적합한 추천 항목을 얻기 위하여 그림 7과 같이 직접 질의문을 작성하여 추천 결과를 얻을 수 있다. 의류의 온톨로지 속성 값을 이용해 질의함으로써 URI나 식별자 없이 특정 의류와 유사한 속성을 가진 의류에 해당하는 추천 항목을 찾아낼 수 있다.

5. 시뮬레이션 및 분석

5.1 규칙 생성 성능 평가

제한한 연관 규칙 추출기의 적용 범위를 분석을 위하여 각각 Itemset1-10, Itemset2-20, Itemset3-30개의 항목을 갖는 세 가지 의류 항목 집합을 정의하고 트랜잭션을

증가시키며 시뮬레이션을 수행하였다. 실제 전자 상거래에서 사용되는 협력적 필터링은 기존 알고리즘의 복잡도 문제 때문에 약 70,000개의 트랜잭션 밖에 적용할 수 없는 문제를 가지고 있다¹²⁾. 이에 비해 Onto-Apriori 알고리즘을 이용한 시스템은 그림 8과 같이 1,000,000개 이상의 트랜잭션을 적용하여 더 많은 트랜잭션으로부터 규칙을 생성할 수 있음을 보였다. 제안한 시스템의 연관 규칙 추출은 더 많은 트랜잭션으로부터 규칙을 생성함으로써 각 규칙에 더 넓은 케이스들을 적용하여 규칙의 신뢰성을 높일 수 있다. 또 다양한 트랜잭션을 바탕으로 기존의 시스템 보다 더 많은 규칙들을 생성할 수 있다.

5.2 추천 정확도 평가

이 논문에서 제안한 시스템의 추천 정확도를 평가하기 위하여 추천결과와 예측의 1:1 비교 방법을 사용하였다²⁵⁾. 전문가가 미리 예측 결과를 정의하고 추출된 연관 규칙을 통해 추론된 결과를 비교하여 나타난 결과는 그림 9와 같

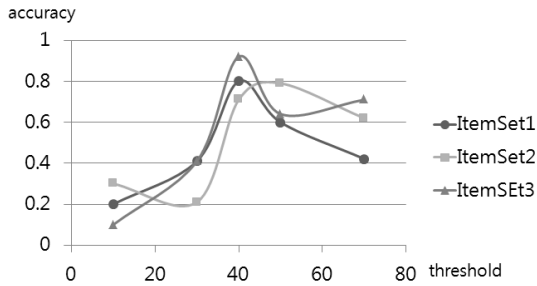


그림 9. minsup, minconf에 따른 추천 정확도

다. 결과의 정확도는 minsup, minconf의 값을 어떻게 정하느냐에 따라 크게 변동 되는 것을 확인할 수 있다. 본 시스템의 minsup, minconf 값은 사람이 직접 지정해 주어야 하기 때문에 각 항목 집합의 특징에 부합하는 적절한 값을 분석하여 정확도를 향상시키는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

6. 결 론

이 논문에서는 온톨로지 트랜잭션으로부터 연관 규칙을 추출하여 규칙으로 정의하고 이를 기반으로 의류 추천을 제공하기 위해 추론을 수행하는 시스템을 제안하였다. 능동적인 시스템을 구축하기 위하여 복잡도가 높은 협력적 필터링 알고리즘 대신 Onto-Apriori 알고리즘을 이용하여 연관 규칙 추출을 하였으며 메타노드를 통한 연관 규칙 기반의 추론으로 개인화 의류 추천을 가능하게 하였다. 실제 시스템을 구현하여 제안한 기법의 연관 규칙 생성과 추론적 검색은 기존의 필터링 기법들을 이용한 시스템보다 더 많은 항목과 규칙을 적용할 수 있음을 검증하였다.

참 고 문 헌

1. M. Davis, "Semantic Wave 2007: Industry Roadmap to Web 3.0", Tutorial of Semantic Technology Conference, 2007.
2. A. Felfernig, M. Mandl, J. Tihonen, M. Schubert, G. Leitner, "Personalized user interfaces for product configuration", ACM Proceeding of the 14th international conference on Intelligent user interfaces, 2010, pp 317-320.
3. Linden, G., Smith, B., and York, J, "Amazon.com recommendations: item-to-item collaborative filtering", Internet Computing, IEEE Computer Society, 2003, pp. 76-80.

4. J Choi, HJ Lee, YC Kim, "The Influence of Social Presence on Evaluating Personalized Recommender Systems", Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS), AIS Electronic Library (AISeL), 2009.
5. J. L. Herlocker, J. A. Konstan, L. G. Terveen, J. T. Riedl, "Evaluating collaborative filtering recommender systems", ACM Transactions on Information Systems (TOIS), 2004, pp. 5-53.
6. J. Ben Schafer, Joseph Konstan, John Riedi, "Recommender systems in e-commerce", Proceedings of the 1st ACM conference on Electronic commerce, 1999, pp. 158-166.
7. J. Ben Schafer, Dan Frankowski, Jon Herlocker, Shilad Sen, "Collaborative filtering recommender systems", Lecture Notes In Computer Science, 2007, pp. 291-324.
8. 은채수, 정경용, 조동주, 이정현, "시맨틱 웹에서 개인화된 선호도를 이용한 의상 코드 시스템 개발", 한국콘텐츠학회 논문지 제7권, 2007, pp. 66-73.
9. K. Jung, Y. Na, and J. Lee, "FDRAS: Fashion Design Recommender Agent System Using the Extraction of Representative Sensibility and the Two-Way Combined Filtering on Textile", Lecture Notes in Computer Science, 2003, pp. 631-640.
10. 이종현, 이석훈, 김장원, 백두권, "Onto-Apriori 알고리즘을 이용한 개인화 의류 추천 시스템", 한국시물레이션학회 2010 춘계학술대회 논문집, May 2010, pp. 134-138.
11. Pollock, Stephen, "Rule-based message filtering system", ACM transactions on office information systems, 1988.
12. Kim, W., Lee, S.K., and Choi, D.W., "Semantic web based intelligent product and service search framework for location-based services", Lecture notes in Computer Sciences, Vol. 3483, 2005, pp. 103-112.
13. Mike Uschold and Michael Gruninger. "Ontologies: principles, methods and applications", The Knowledge Engineering Review, 11, 1996, pp. 93-136.
14. A. Muller, "Fast sequential and parallel algorithms for a s sociation ruleminin g : a comparison", University of Maryland-College Park CS Technical Report, CS-TR-3515, 76 pages, August, 1995.
15. R. Agrawal, T. Imielinski, and A. Swami, "Mining association rules in large databases", In Proceedings of ACM SIGMOD Conference on Management of Data, Washington D.C., May 1993, pp. 207-216.
16. R. Agrawal, T. Imielinski, and A. Swami, "Database mining: a performance perspective", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 5, No. 6, Dec. 1993, pp. 914-925.
17. M. Houtsma and A. Swami, "Set-Oriented mining for association rules", IBM Research Report, RJ 9567 (83573)

- October 22, 1993.
18. R. Agrawal and R. Srikant, "Fast algorithms for mining association rules", In Proceedings of the 20th VLDB Conference, Santiago, Chile, Sept., 1994.
 19. R. Agrawal, T. Imielinski, and A. Swami, "Database mining: a performance perspective", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 5, No. 6, Dec. 1993, pp. 914-925.
 20. P. Resnick, et. al., "GroupLens: An Open Architecture for Collaborative Filtering of Netnews", In Proc. of ACM CSCW'94 Conference on Computer Supported Cooperative Work, 1994, pp. 175-186.
 21. J. Herlocker, J. Konstan, A. Borchers and J. Riedl, "An Algorithm Framework for Performing Collaborative Filtering", In Proc. of ACM SIGIR'99, 1999.
 22. J. S. Breese and D. Heckerman and C. Kadie, "Empirical Analysis of Predictive Algorithms for Collaborative Filtering", In Proc. of the 14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence, 1998.
 23. B. M. Sarwar, G.Karypis, J. A. Konstan, and J. Riedl, "Analysis of Recommender Algorithms for ECommerce", ACM E-Commerce Workshop, 2000.
 24. Jeremy J. Carroll, Ian Dickinson, Chris Dollin, "Jena: Implementing the Semantic Web Recommendations," Hewlett-Packard Company Technical Report, 2003.
 25. C. Romero, Sebastián V., J. A. Delgado, and P. D. Bra, "Personalized Links Recommendation Based on Data Mining in Adaptive Educational Hypermedia Systems", Creating New Learning Experiences on a Global Scale, 2007.



이 중 현 (momoline@korea.ac.kr)

2009 고려대학교 컴퓨터정보학과 학사
2010 고려대학교 컴퓨터·전파통신 공학과 석사과정

관심분야 : 시맨틱 웹, 온톨로지 엔지니어링, 데이터마이닝, 개인화 추천 시스템



이 석 훈 (leha82@korea.ac.kr)

2009 고려대학교 전자 및 정보공학부 학사
2009 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 석사과정

관심분야 : 시맨틱 웹, 온톨로지, 데이터마이닝, 메타데이터 레지스트리



김 장 원 (ikaros1223@korea.ac.kr)

2005 상명대학교 소프트웨어공학과 학사
2005 한국과학기술연구원(KIST) 위촉연구원
2008 고려대학교 컴퓨터학과 석사
2008 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 박사과정

관심분야 : 온톨로지, 시맨틱 웹, GIS, 데이터베이스, 메타데이터 등



백 두 권 (baikdk@korea.ac.kr)

1974 고려대학교 수학과 학사
1977 고려대학교 산업공학과 석사
1983 Wayne State Univ. 전산학과 석사
1985 Wayne State Univ. 전산학과 박사
1989~2007 (사)한국정보과학회(이사/평의원/부회장)
1986~현재 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과 교수
1991~현재 (사)한국시뮬레이션학회(이사/부회장/감사/회장/고문)
1991~현재 ISO/IEC JTC1/SC32 전문위원회(위원장)
2001~현재 (사)도산아카데미(원장)
2002~2004 고려대학교정보통신대학(초대학장)
2004~2005 (사)정보처리학회(부회장)
2009 고려대학교 정보통신대학 학장

관심분야 : 메타데이터, 소프트웨어공학, 데이터공학, 컴포넌트 기반 시스템, 메타데이터 레지스트리, 프로젝트 매니지먼트등