

시공간 온톨로지를 이용한 능동 마이닝 프레임워크 설계

황정희^{1*}, 노시춘¹
¹남서울대학교 컴퓨터학과

An Active Mining Framework Design using Spatial-Temporal Ontology

Jeong Hee Hwang^{1*} and Si Choon Noh¹

¹Department of Computer Science, Namseoul University

요약 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자에게 최적의 서비스를 제공하기 위해서는 객체 그리고 사용자의 행위와 밀접한 연관이 있는 시공간 정보를 고려하는 것이 중요하다. 이를 위해 이 논문에서는 사용자의 상황을 고려하기 위한 시공간 온톨로지를 설계하고 이를 이용하여 사용자의 행동 및 서비스 패턴을 능동적으로 마이닝할 수 있는 시스템 구조를 제안한다. 제안된 시스템은 사용자의 시간에 따른 위치 및 객체와의 연관성을 고려하여 사용자의 행동과 서비스 패턴을 지능적으로 마이닝 하기 위한 프레임워크이고 트리거 시스템을 기반으로 한다.

Abstract In order to supply suitable services to users in ubiquitous computing environments, it is important to consider both location and time information which is related to all object and user's activity. To do this, in this paper, we design a spatial-temporal ontology considering user context and propose a system architecture for active mining user activity and service pattern. The proposed system is a framework for active mining user activity and service pattern by considering the relation between user context and object based on trigger system.

Key Words : Ontology, Context-awareness, Spatio-Temporal Ontology, Active Mining

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅의 개념은 사람을 포함한 현실 공간에 존재하는 모든 대상물들을 기능적, 공간적으로 연결하여 사용자에게 필요한 정보나 서비스를 즉시에 제공할 수 있는 기반 기술이다 [1,2].

유비쿼터스 환경에서는 정보수집, 처리, 통신 등의 기능을 지닌 각각의 컴퓨터들이 기능적, 공간적으로 연결되어 사용자에게 필요한 정보나 서비스를 즉시에 제공하기 위한 방법이 필요하다[2, 3]. 기존의 연구에서 사용자의 상황을 고려하는 컨텍스트 온톨로지 생성[1,4]과 온톨로지를 이용한 데이터 마이닝 기법에 대한 연구[7,8]들이 수행되었다. 본 논문에서는 사용자의 상황에 따른 행동

패턴과 그에 대한 최상의 서비스를 제공하기 위해 사용자의 행위와 밀접한 연관이 있는 시공간 정보를 온톨로지로 생성하고, 이벤트 기반의 지능적인 동작 수행의 트리거 기능을 이용하는 시공간 온톨로지 기반의 능동 마이닝 프레임워크를 제시한다. 이 프레임워크는 유비쿼터스 환경에서 사용자의 상황에 대한 최적의 서비스를 제공하기 위한 아키텍처이며, 사용자의 행동 및 사용자에게 제공되는 서비스 패턴을 자동으로 별견할 수 있으므로 지능적인 서비스를 제공하기 위한 기반 연구로서의 의미가 있다. 제안하는 프레임워크에서는 센서 디바이스로부터 수집된 사용자 컨텍스트에 따른 이벤트에 자동으로 반응할 수 있는 ECA(Event-Condition-Action) 규칙 기반의 트리거 시스템을 포함하는 특징을 가진다.

이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2008-331-D00486)

*교신저자 : 황정희(jhhwang@nsu.ac.kr)

접수일 10년 06월 19일

수정일 (1차 10년 08월 06일, 2차 10년 08월 31일)

게재확정일 10년 09월 08일

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 기술하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 사용자의 행동 및 상황을 고려하기 위한 시공간 온톨로지를 설명하고 4장에서는 능동 마이닝 프레임워크를 제시하며, 능동 규칙의 예를 보인다. 그리고 5장에서는 마이닝 알고리즘과 실험 및 결과를 기술한다. 마지막으로 6장에서 결론으로 맺는다.

2. 관련연구

유비쿼터스 컴퓨팅에서 주된 특징 중의 하나는 컨텍스트를 인식해서 사용자에게 가장 적합한 서비스를 제공할 수 있다는 점이다[1,3].

온톨로지는 특정 도메인 내에 존재하는 단어를 정형화하고 명확한 개념으로 기술함으로써 의미적인 요소를 부여할 수 있다[1,4]. 사용자의 환경과 배경을 개념적인 도메인으로 온톨로지를 구성하는 컨텍스트 온톨로지는 시간과 공간 그리고 사용자의 행동에 대한 정보를 모두 포함하므로 정확한 서비스를 제공할 수 있는 기초가 된다. 즉, 미리 정의된 컨텍스트 온톨로지 스키마를 사용하여 개인화된 서비스를 상황에 따라 언제 어디서나 제공할 수 있다.

유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 프레임워크로서 기존의 [1]은 상황인지 시스템을 위한 온톨로지를 제공한다. 특히 웹 언어들을 하나로 통합하여 정보를 공유하고 이들의 사실적인 정보들을 의미로 바꾸어 제공해 주는 서비스를 구현하였다. 그리고 [2]는 유비쿼터스 상황인지 시스템을 컨텍스트 온톨로지 및 추론 엔진, 컨텍스트 레벨조절 모듈, 컨텍스트 관리 모듈 등 3가지 구성요소로 나누어 컨텍스트 정보를 컴퓨터가 식별할 수 있는 수준의 정보로 가공하는 과정으로 구분하였다.

사용자 컨텍스트를 고려하기 위한 기존 연구에는 SUN의 Jini에 상황-인지를 첨가한 reggie[5]과 사용자 환경의 상황 중심 관리를 제안한 UBIDEV[6]이 있다. [6]은 애플리케이션이 상황의 변화에 따라 자동적으로 재구성하도록 하고, 동질 공간(homogeneous space)의 애플리케이션 레벨에서 자원, 서비스, 상황 정보에 대한 통합된 관리 모델을 나타낸다. 그리고 [7]는 전문가의 지식을 데이터에 접목하여 마이닝을 수행하는 방법론을 제시하였고, 이와 관련된 연구인 [8]에서는 온톨로지를 이용한 제약조건을 기반으로 멀티 레벨 연관규칙을 발견하는 방법을 제안하였다.

앞에서 살펴본 기존 연구[5-6]은 컨텍스트를 고려한 기본 서비스 집합의 제공에 초점을 두고 있고, [7,8]은 사

용자 컨텍스트의 고려보다는 일반적인 관심 도메인의 온톨로지를 설계하고 이를 이용하여 유용한 정보를 추출하는 데 중점을 두었다. 이러한 기존 연구들은 사용자 컨텍스트를 기반으로 새롭게 발견되는 유용한 지식과 서비스를 지속적으로 반영하지 못하는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 사용자 컨텍스트를 고려하여 마이닝하고, 결과로부터 새로운 정보를 자동으로 반영할 수 있는 능동 마이닝 시스템의 프레임워크를 제안한다.

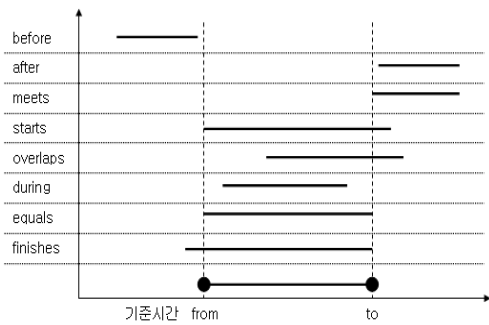
유비쿼터스 컴퓨팅에서 중요한 연구인 컨텍스트 인지 서비스를 위한 소프트웨어 아키텍처로 ECA 패턴[9], 멀티 에이전트 아키텍처, 블랙보드 패턴 등이 있는데 이 중에서 ECA 패턴은 이벤트를 중심으로 처리되는 경우에 매우 효과적으로 처리할 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 본 논문의 트리거 시스템과 결합되는 마이닝 엔진의 설계는 컨텍스트 정보를 기반으로 하여 사용자의 행동 및 서비스 패턴을 트리거의 이벤트에 의해 능동 마이닝을 수행하게 되므로 유비쿼터스 환경에서 필요로 하는 지능적인 정보 서비스를 제공하기 위한 기반 연구가 될 것이며, 사용자의 행동 패턴에 대응하는 최적의 서비스를 제공할 수 있는 기초 정보로 활용할 수 있다.

3. 시공간 온톨로지

컨텍스트 정보를 인지하기 위한 기초가 되는 것은 사용자 주변에 존재하는 환경과 객체들을 컨텍스트 온톨로지 로 모델링하고 이를 바탕으로 서비스를 제공하는 것이다.

시간은 공간과 함께 존재한다. 사람의 행동도 시간과 공간이 항상 결부되어 있다[10,11]. 시공간 이동 패턴은 이동하는 객체의 위치 패턴으로 고객의 위치 특성에 따른 개인화되고 알맞은 콘텐츠나 서비스 제공을 가능하게 하는 시공간 규칙이다[6,10]. 그러므로 시간과 공간을 함께 고려하는 온톨로지를 통해 사용자의 행동에 대한 서비스 제공이 필요하다. 즉, 시공간 관계는 시공간 객체와 관련된 사건들 간의 인과 관계(casual relationship)를 탐사하는 데 매우 중요한 의미를 가지므로 시공간 특성을 함께 고려하는 온톨로지 설계가 필요하다.

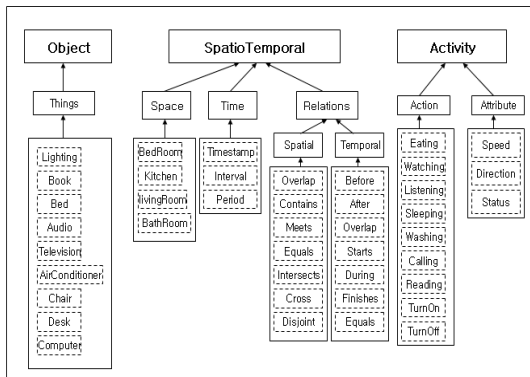
시간 관계를 분석하기 위한 시간 위상 관계는 공간에서의 위상관계와 비슷한 개념을 포함하는 데, Allen은 before, after, starts, started_by, finishes, finished_by, during, contains, meets, met_by, equals, overlaps, overlapped_by들을 포함하는 13가지의 시간 관계 연산자를 정의하였다[11]. 이 논문에서는 그림 1과 같은 주요한 8가지 기본 시간 관계 연산자를 이용한다.



[그림 1] Allen의 시간 관계

시공간 온톨로지는 시간적 위상관계, 공간적 위상 관계[10] 그리고 시공간 위상관계에 대한 사용자의 행위 및 객체와의 연관성을 함께 고려한다. 그림 2는 집안에서 사용자의 행동에 대한 컨텍스트 정보를 인지하고 이에 대한 서비스를 제공하기 위한 컨텍스트 온톨로지의 전체적인 설계 도메인을 보여준다.

시공간 온톨로지는 SPACE 온톨로지와 TIME 온톨로지 로 분류되고 시간과 공간과의 관계를 연결하는 Relation 온톨로지를 통해 사용자의 시·공간 정보로 일반화된다. 시공간 기반의 사용자 정보를 표현하기 위한 시공간 정보와 사용자 영역, 그리고 범위를 나타내는 기본 개념을 다음과 같이 정의한다.



[그림 2] Context Ontology

(정의 1) 시공간 기반의 사용자 U의 컨텍스트 정보는 객체, 시공간 정보, 행위의 3가지 차원을 가지며, 유일한 객체 식별을 위한 식별자를 포함한다. 이는 $U = \{OID, (S, T), A\}$ 로 표현한다. 여기서 OID(object identifier)는 사용자의 이용 대상 객체를 나타내는 식별자, S(space)는 공간, T(time)는 시간, A(activity)는 사용자의 행동 및 상황

을 의미한다.

사용자의 공간과 시간을 식별하는 시공간 정보는 사용자의 행동에 대한 대상의 객체 식별자 OID와 객체의 이동에 따른 위치 정보로 구성된다. 이동한 위치 정보는 공간상의 좌표에 대한 일반화 값과 실제 이벤트가 발생한 유효시간으로 구성되며, $\{(S_1, T_1), (S_2, T_2), \dots, (S_n, T_n)\}$ 으로 표현된다. 여기서 (S_n, T_n) 는 사용자 및 객체 이동에 대한 n번째의 위치와 시간 정보이다. S_n 는 공간상의 좌표 (x_i, y_i) 에 해당하는 일반화된 위치 정보이다.

위치 일반화는 공간의 좌표 값에 대해 일정한 구역(zone)으로 일반화하여 사용자 및 객체의 위치를 식별한다. 예를 들어 사용자 U가 현재 거실에서 텔레비전을 시청하고 있다면 사용자의 공간좌표는 거실의 위치에 해당하는 구역위치 값으로 일반화된다.

일반적인 시간 차원의 도메인은 실제계에 객체가 존재하는 시간을 의미하는 유효시간과 시스템에 기록된 시간을 의미하는 거래시간의 두가지 개념을 의미한다. 즉, 각 차원의 도메인 내에서의 범위를 갖는다. 시간 범위는 시간라인 상에서의 한 시공간 객체의 시점(Timestamp), 간격(interval), 기간(period)을 말한다. 예를 들면 사용자가 집에 들어온 시점이나 식사를 하는 데 걸리는 시간간격 및 주기적인 이벤트의 발생 등이 있다.

```

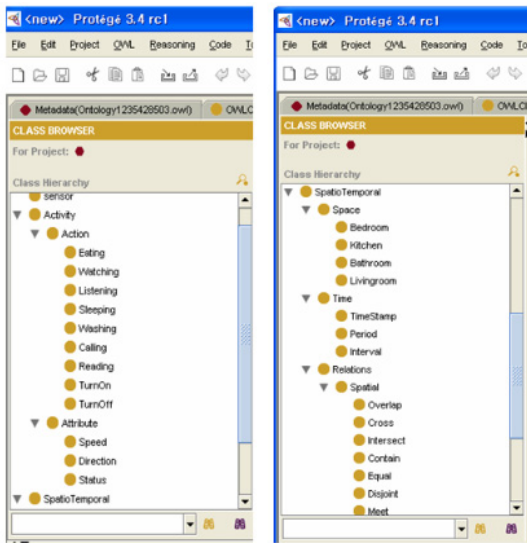
<owl:Class rdf:ID="Activity"/>
  <owl:Class rdf:ID="Overlap">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Spatial"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Finishes">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Temporal"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="SpatioTemporal"/>
  <owl:Class rdf:ID="Interval">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Time"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Bathroom">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Space"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>

```

[그림 3] 시공간 정보를 포함하는 컨텍스트 온톨로지의 OWL 표현

그리고 사용자의 컨텍스트 정보를 나타내는 데 있어 사용자의 행동 정보가 포함된다. 사용자의 행동 정보를 구체화시키는 것이 행동의 속성정보이다. 속성정보에는 속도(speed), 방향(direction), 상태(status)가 있다. 예를 들어 스위치 두 개가 나란히 있을 때 왼쪽 전등을 켜는 습관 등과 같은 행동을 속성 정보를 통해 의미 있는 정보로 저장하여 적절한 서비스를 사용자에게 제공할 수 있다.

컨텍스트 온톨로지를 표현하기 위해 W3C에서 제안한 OWL(Web Ontology Language)[12]을 이용한다. 그림 3은 모델링된 시공간 정보를 포함하여 컨텍스트 온톨로지를 나타내는 OWL 표현의 일부이다. 그리고 그림 4는 protege[13]을 이용하여 온톨로지를 구축한 모습을 보여준다.



[그림 4] protege를 이용한 온톨로지 생성

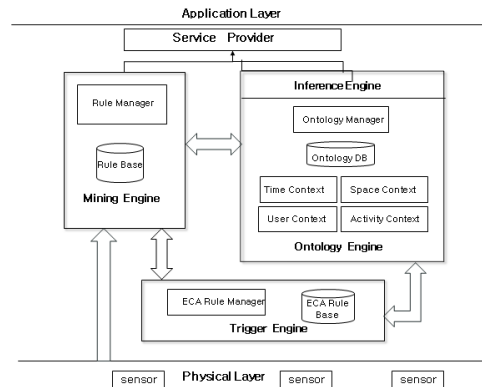
4. 시공간 온톨로지를 이용한 능동 마이닝 프레임워크

4.1 시스템 구조

사용자의 환경과 상황에 대해 지능적인 서비스를 제공할 수 있는 시공간 온톨로지 기반의 능동 마이닝 아키텍처에 대한 프레임워크를 그림 5에서 보여준다. 시스템 구조는 크게 어플리케이션 계층(application layer), 서비스 프로바이더 계층(service provider layer), 물리 계층(physical layer)으로 구성된다.

어플리케이션 계층은 사용자로부터 서비스 내용에 대한 질의 및 제공받은 최적의 서비스를 사용자에게 제공

해 주는 응용계층이다. 그리고 서비스 제공을 위해 가장 중요한 과정을 포함하고 있는 서비스 프로바이더 계층은 상황 정보의 기초를 구성하고 있는 컨텍스트 온톨로지 그리고 이를 기반으로 사용자 행동 패턴과 서비스 규칙을 발견하기 위한 데이터 마이닝 엔진으로 구성되며 새로운 서비스 생성 및 기존의 서비스 내용을 저장하고 있는 데이터베이스 등으로 세부의 구조를 포함한다. 물리 계층은 상황 정보를 센서네트워크를 통해 센서 정보를 수집하는 가장 하위계층이다.



[그림 5] 시공간 온톨로지 기반 능동 마이닝 아키텍처

마이닝을 통해 사용자의 행동 및 서비스 규칙을 찾아 내며, 기존에 사용자에게 제공된 서비스 이력도 온톨로지 DB에 저장한다. 사용자의 행동 패턴에 따른 서비스 규칙은 시공간 온톨로지를 기반으로 생성된다. 그리고 제안된 시스템의 ECA 트리거 엔진은 마이닝 수행 및 서비스 제공을 지능적으로 수행하기 위해 시공간 온톨로지를 포함하는 온톨로지 엔진과 마이닝 엔진이 통합되는 시스템 구조의 특성을 가지고 있다. 사용자 행동, 시간, 위치 감지 등의 이벤트를 통해 미리 주어진 규칙의 조건을 평가하고 사용자에게 적합한 서비스를 검색하여 자동으로 제공하기 위한 지능형 서비스의 기반이 된다. 또한 트리거 시스템은 사용자의 행동 이벤트에 따른 서비스의 검색 및 주기적인 마이닝 실행을 유도한다.

마이닝 엔진은 사용자의 행동과 더불어 행동과 연관된 서비스 규칙을 시공간 온톨로지를 기반으로 찾아낸다. 마이닝은 사용자의 행위 및 제공된 서비스에 대해 일정한 간격주기 및 특별한 상황에 대한 실행으로 반복적인 패턴의 규칙을 생성한다. 여기서 일정한 간격주기라는 것은 모아진 데이터의 양에 대한 시간 간격 주기 또는 윈도우 사이즈에 따른 주기가 될 수 있다. 윈도우 사이즈에 의한 마이닝은 일정한 트랜잭션 개수를 기반으로 윈도우 크기를 정하

고 마이닝을 수행한다. 그리고 마이닝을 수행할 때 온톨로지를 이용하여 더 구체적인 규칙을 찾을 수 있게 된다.

온톨로지 엔진은 사용자에게 제공되는 기존 서비스 이력을 저장하고 마이닝 결과로부터 얻어진 새로운 규칙을 지속적으로 추가되어 저장된다. 온톨로지는 마이닝 수행에 필요한 시공간 온톨로지 정보를 제공하여 사용자의 상황에 적합한 서비스를 추출하는 기반이 된다. 즉, 온톨로지 데이터베이스에는 기존에 제공된 서비스 규칙의 저장 및 마이닝에 의해 생성된 새로운 규칙을 저장한다. 그리고 새로운 규칙이 발견되면 기존의 규칙보다 더 높은 우선순위를 부여하여 최근에 발견된 새로운 규칙을 먼저 수행할 수 있도록 한다.

4.2 트리거 규칙

트리거 이벤트에 의한 주기적인 마이닝 수행을 위해 정해진 시간 또는 일정한 수의 트랜잭션이 모아지면 마이닝을 수행하도록 하는 트리거 규칙 정의의 예는 다음과 같다.

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER
    INVOKE_MINING_TRIGGER
AFTER INSERT
ON TRANSACTION_TABLE FOR EACH ROW
BEGIN
    IF DATE_TIME = RESERVED_TIME OR
        TRAN_SEQ_NUM ≥ SET_NUM THEN
        ALERT MINING_MANAGER
    END IF;
END;
```

그리고 새롭게 발견된 서비스 규칙을 추가하는 트리거 규칙 정의의 예로써 같은 컨텍스트 정보에 대한 기존의 규칙보다 더 높은 우선순위를 부여하여 새로운 서비스 규칙을 추가한다.

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER
    NEW_RULE_INSERT_TRIGGER
BEFORE INSERT ON
SERV_RULE_TABLE FOR EACH ROW
BEGIN
    IF NEW_RULE NOT EXIST
    ON SERV_RULE_TABLE THEN
        INSERT INTO SERV_RULE_TABLE
        VALUES
        (:new.ruleID, :new.ruleName,
        :new.ruleTime, :new.rulePriority)
    END IF;
END; /*ruleTime : rule 생성시간,
        rulePriority : rule 우선순위 */
```

서비스 제공을 자동화하기 위해 사용자 행동 이벤트가 발생하면 이와 연관된 서비스를 서비스 집합에서 검색하여 해당 서비스를 제공하기 위한 서비스 제공 테이블에 저장하는 트리거 규칙 정의이다.

```
CREATE OR REPLACE TRIGGER
    SEARCH_SERV_TRIGGER
AFTER INSERT ON EVENT_TABLE
DECLARE
    w_service_id INT; //서비스 id
    w_user_id INT; //사용자 id
BEGIN
    IF ACT_CONTEXT(OID, Space, Time, Activity)
    EXIST IN Rsrv_Table THEN
        w_service_id:= Rsrv_Service_id;
        w_user_id:= Rsrv_User_id;
        INSERT INTO SERV_TABLE VALUES
        (w_user_id, w_service_id);
    ENDIF;
END;
```

트리거는 관심 대상의 테이블에 대한 조작 연산(삽입, 삭제, 수정)을 모니터링하여 적절한 행동을 정의하는 데 사

[표 1] 시스템의 기본 정보

사용자ID - 그룹	시간ID-시점	공간ID - 위치	객체ID - 객체명	Activity-행동
U1 사용자	T1 오전 4-6	Z2 부엌	O1 Light	A1 Turn-on
U2 사용자	T2 오전 7-9	Z4 침실	O2 TV	A2 Sleeping
U3 사용자	T3 오후 6-8	Z5 욕실	O3 침대	A3 Watching
A1 감독자	T4 오후 9-11	Z7 거실	O4 Audio	A4 listening

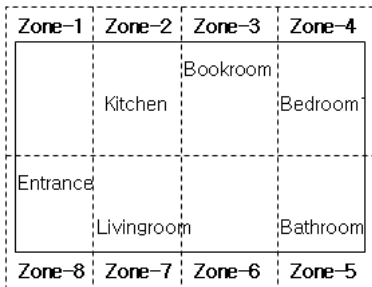
용된다. 테이블에 미리 정의된 사건(데이터 조작 작업)이 검출되면 데이터베이스에서 능동적으로 이를 감지하고 규칙에 정의되어 있는 조건을 검사하여 동작을 수행한다. 이 논문에서는 INSERT 트리거를 사용하여 트리거 규칙의 조건과 액션을 수행하여 새롭게 입력된 서비스 유형이 같을 경우 새로운 서비스 규칙의 우선순위를 더 높게 부여하여 추가한다. 추가된 새로운 규칙들은 서비스와 연관된 사용자에 대해 동일한 컨텍스트 이벤트가 감지되면 마지막으로 삽입된 우선순위가 높은 서비스 정보를 사용자에게 먼저 제공하게 되는 효과를 유도한다.

5. 알고리즘 및 실험

5.1 마이닝 알고리즘

시스템은 사용자 컨텍스트의 입력에 따라 온톨로지에 저장된 규칙 서비스를 바탕으로 사용자의 상황에 적합한 서비스를 제공한다.

그림 6은 사용자 홈의 실내 공간에 대한 공간적 위치의 일반화를 통한 구역(Zone)을 나타내며, 표 1은 사용자가 시간에 따라 이동한 위치 정보와 사용자의 행동에 대한 상황 정보를 기초데이터로 획득하는 데 필요한 모니터링 시스템이 가지고 있는 기본 정보의 예이다.



[그림 6] 공간 위치 일반화

사용자의 시공간 정보와 함께 상황 정보에 대한 데이터를 STi(Stream Transaction)로 표현하고, 기본정보의 입력력에 대한 해석은 다음과 같다. 여기서 i는 시간의 흐름에 따라 획득하는 데이터의 일련번호를 의미한다.

U1-ST₁{O3, (Z4, T1), A2} : 사용자 U1은 T1시점(오전 4-6)에 Z4(침실)에서 O3(침대)를 사용하여 A2(Sleeping)한다.

U1-ST₂{O4, (Z7, T2), A4} : 사용자 U1은 T2시점(오전 7-9)에 Z7(거실)에서 O4(Audio)를 사용하여 A4(Listening)

한다.

이와 같이 시스템에 내장되어 있는 기본 정보를 바탕으로 사용자의 컨텍스트 데이터를 획득한다. 컨텍스트 정보는 온톨로지에 의한 시간과 공간 정보를 포함하고 있기 때문에 시간에 따른 사용자의 행동 패턴 규칙을 마이닝을 통해 발견할 수 있다. 그리고 발견된 행동 패턴에 적합한 서비스 규칙을 온톨로지 규칙베이스에서 검색하여 서비스를 제공한다.

사용자의 행동 패턴을 탐색하는 마이닝 알고리즘은 다음과 같다. 시간에 따른 연관성을 탐색하는 순차패턴 알고리즘[14]를 이용하므로 발견된 규칙을 이용하여 다음 행동을 예측할 수 있으므로 서비스 제공에 효율성을 가져온다.

Algorithm ActPatterns

Input : Transaction Database(Context Data): TCD

Output : Activity Sequential Patterns

- 1 Initialize Activity Patterns
- 2 **For each** transaction $t \in TCD$
- 3 Activity Patterns = **PrefixSpan**($\alpha, \beta, S|\alpha$)
//extract activity patterns using PrefixSpan algorithms
- 4 **If** Activity Patterns not exists in RuleBase **then**
// check the existence of searched rule in ActivityRuleBase
- 5 **add** Activity Patterns to ActivityRuleBase
- 6 **End if**
- 7 **End for**

다음 알고리즘은 서비스 사용 이력을 이용하여 연관된 서비스 규칙을 탐색하는 마이닝 알고리즘이다. 서비스 연관 규칙은 사용되는 서비스의 연관성을 기반으로 하며, Apriori 알고리즘[15]를 이용하고, 사용자의 행동에 대한 서비스를 제공할 때 서비스 연관 규칙의 제공 및 추천이 가능하다.

Algorithm ServiceRule

Input : Transaction Database(Service History Data): TSD

Output : Service Rule

- 1 Initialize Service Rule
- 2 **For each** transaction $t \in TSD$
- 3 Service Rule = **apriori_gen**(t)
//extract service rule using Apriori algorithms
- 4 **If** service rule not exists in OntologyRuleBase **then**
// check the existence of searched service rule in

OntologyRuleBase

```

5   add Service Rule to OntologyRuleBase
6   End if
7   End for
    
```

5.2 실험 평가

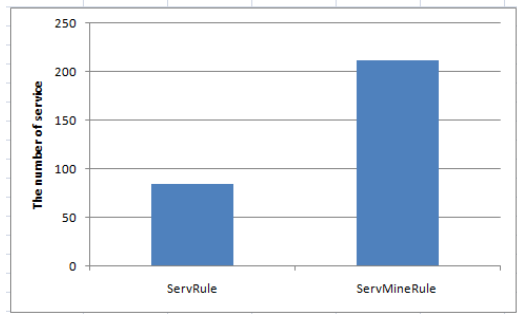
본 논문에서 제시한 능동 마이닝 프레임워크 설계에서의 마이닝 수행은 사용자에게 최적의 서비스를 제공하기 위한 기본 자료의 추출을 위한 중요한 과정이다. 따라서 실험에서는 마이닝에 의한 서비스 연관 규칙 탐색의 의미를 통해 제안한 시스템의 효율성을 보이고자 한다. 실험환경은 Pentium 4 CPU 2GHz, 1GB RAM의 Window XP상에서 JAVA와 Oracle9i를 이용하였다. 그리고 온톨로지 규칙 베이스에는 사용자의 행동(Ai)에 따른 제공 서비스(Si) 규칙이 저장되어 있다고 가정하며, 표 2는 규칙의 일부를 나타낸다.

[표 2] 서비스 규칙

Activity	Service Rule
A1	S101, S103
A2	S110, S125
A3	S115, S106, S108
A4	S107, S112
A5	S108, S116

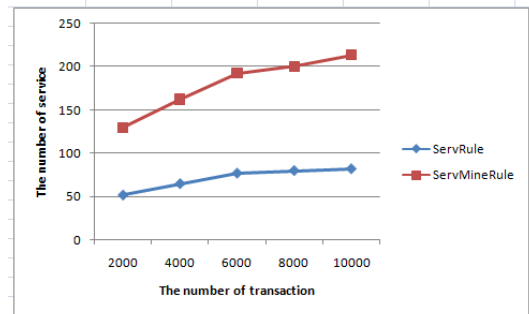
서비스 연관 규칙을 발견하기 위해 일정한 시간 동안 발생하는 서비스 사용 이력정보를 트랜잭션으로 간주하고 10000개의 트랜잭션에 대해, 각 트랜잭션에는 랜덤하게 2-3개의 기본 서비스 정보를 포함하도록 하고 Apriori 알고리즘을 이용하여 연관된 서비스 규칙을 발견하였다. 그림 7은 온톨로지에 저장되어 있는 제공 가능한 서비스 규칙의 수(ServRule)와 마이닝 수행으로 인해 제공 가능한 서비스 규칙의 수(ServMineRule)를 비교한 결과이다.

실험결과는 마이닝 수행에 따른 서비스 규칙의 수가 온톨로지에 저장되어 있는 서비스 수보다 평균적으로 2.5 배의 서비스를 제공할 수 있음을 보여준다. 이는 온톨로지에 이미 저장된 서비스 규칙이외에 서비스 사용이력을 기반으로 연관 서비스 규칙을 새롭게 발견함으로써 서비스 조합 또는 제공 가능한 서비스를 추가하여 사용자에게 더 좋은 서비스와 추천이 가능하다는 것을 보여준다.



[그림 7] 제공 가능한 서비스의 수

다음 실험에서는 시간에 따라 제공 가능한 서비스 수의 증가 변화를 알아보기 위한 실험을 위해 트랜잭션을 1000개 단위로 순차적으로 입력하여 발견되는 서비스 수의 변화를 측정하였다. 그림 8의 결과로부터 시간에 따라 트랜잭션 수가 많아지면 발견되는 서비스의 수가 비례적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 즉, 트랜잭션 수가 많아지면 제공되는 연관된 서비스 수가 많아지므로 일정 임계치를 만족하는 서비스 연관 규칙의 수도 증가하는 것임을 알 수 있다.



[그림 8] 시간에 따른 서비스 수의 변화

6. 결론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자의 컨텍스트를 파악하여 적합한 서비스를 발견하기 위해서는 변화하는 환경과 상황에 따라 서비스 내용도 새롭게 갱신될 수 있는 자동화된 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 시공간 정보를 포함하는 온톨로지를 기반으로 사용자의 행동 패턴 및 서비스 연관 규칙을 마이닝하고, 지능화된 자동화 서비스 제공을 위해 ECA 트리거 시스템을 사용하는 능동 마이닝 프레임워크 설계를 제안하였다. 그리고 실험을 통

해 서비스 연관 규칙 발견의 효율성을 입증하였다. 향후 연구에서는 제안된 프레임워크를 상세히 구현하여 서비스를 제공하는 방법 및 트리거를 이용한 시스템의 효율성에 대한 정량적 평가 등에 대한 추가 연구가 진행될 것이다.

참고문헌

[1] C. Harry, F. Tim, "An Ontology for Context-aware Pervasive Computing Environments," Workshop Ontologies and Distributed Systems, IJCAI Press, 2003.

[2] M. Khedr, A. Karmouch, "Negotiating Context Information in Context-aware Systems," IEEE Intelligent Systems, 2004.

[3] M. Strimpakou, et al., "Context Modeling and Management in Ambient-Aware Pervasive Environments," Workshop on Location and Context-aware, 2005.

[4] M. A. Strimpakou, L. G. Roussaki, M. E. Anagnostou, "A Context Ontology for Pervasive Prevision," National Technical University of Athens, 2004.

[5] C. H. Lee, S. Helal, "Context Attributes: An Approach to Enable Context-Awareness for Service Discovery," Symposium on Applications and the Internet, pp.22-30, 2003.

[6] S. Maffioletti, S. K. Mostefaoui, B. Hirsbrunner, "Automatic Resource and Service Management for Ubiquitous Computing Environments," The Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, 2004.

[7] L. Brisson, M. Collard, "An Ontology Driven Data Mining Process," The Tenth International Conference on Enterprise Information Systems, 2008.

[8] A. Bellandi, B. Furletti, V. Grossi, A. Romei, "Ontology-driven Association Rules Extraction: a Case of Study, The International Workshop on Contexts and Ontologies: Representation and Reasoning, 2007.

[9] W. Beer, et. al. "Modeling Context-Aware Behavior by Interpreted ECA Rules," Mobile and Ubiquitous Computing, LNCS, 2004.

[10] T. Abraham. Knowledge Discovery in Spatio-Temporal Databases, School of Computer and Information Science, University of South of Australia, Ph. D dissertation, 1999.

[11] J. F. Allen, H. A. Kautz "A Model of Native

Temporal Reasoning," In Formal Theories of The Commonsense World, 1985.

[12] <http://www.w3.org/2004/OWL>

[13] <http://protege.stanford.edu>

[14] J. Pei, J. Han, et. al, "PrefixSpan: Mining Sequential Patterns by Prefix-Projected Growth," The International Conference on Data Engineering, 2001.

[15] R. Agrawal, R. Srikant, "Fast Algorithms for Mining Association Rules," The 20th International Conference on Very Large Data Bases, 1994.

황 정 희(Jeong Hee Hwang)

[정회원]



- 2001년 8월 : 충북대학교 전자계산학과(이학석사)
- 2005년 8월 : 충북대학교 전자계산학과(이학박사)
- 2001년 8월 ~ 2006년 2월 : 정우씨시스템(주) 연구소장
- 2006년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 컴퓨터학과 전임강사

<관심분야>

XML 및 웹 데이터베이스, 유비쿼터스컴퓨팅, 데이터마이닝

노 시 춘(Si Choon Noh)

[정회원]



- 1990년 2월 : 고려대학교 경영정보학(석사)
- 2005년 2월 : 경기대학교 정보보호기술(박사)
- 2002년 3월 : KT 시스템보안부장
- 2004년 12월 : KT 충청전산국장
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야>

차세대통신, 정보보호, 컴퓨터네트워크