

지능적인 홈네트워크 서비스 제공을 위한 사용자 패턴 분석 기법*

김학수^o, 최윤호, 이승미, 손진현

한양대학교 컴퓨터공학과

{hskim, ychoi, jmlee}@database.hanyang.ac.kr, jhson@hanyang.ac.kr

User-patterns Analysis Method to provide the Intelligent Home Network Service

Hak Soo Kim^o, Yun Ho Choi, Seung Mi Lee, Jin Hyun Son

Department of Computer Science and Engineering, Hanyang University in Ansan

요 약

오늘날 스마트 홈은 네트워크 센서, 가전 기기 등에 자동화된 서비스를 부여하여 사용자의 인지 없이 지능형 서비스를 제공하는 것이 목적이다. 이와 같은 지능형 홈 네트워크 서비스를 제공하기 위한 기존의 연구들은 온톨로지 기반의 컨텍스트 모델을 통해서 시맨틱 컨텍스트 표현, 추론, 지식 공유를 통해서 자동화된 서비스를 제공하는데 초점을 두고 있다. 그러나 이러한 연구들은 장치가 제공하는 서비스에 대한 자동화에 초점을 두고 있지만 진정한 지능형 홈 네트워크 서비스는 사용자의 다양한 패턴에 따라서 시간 순으로 서비스를 자동으로 제공해야만 한다. 이러한 관점에서 본 논문은 사용자 패턴에 따른 자동화된 서비스를 사용자에게 지능적으로 제공하는 지능형 홈 네트워크 서비스를 제공하는 시스템 설계에 초점을 둔다. 이러한 자동화된 서비스를 제공하기 위하여 본 논문은 데이터 마이닝 기법을 사용하여 사용자 패턴 분석 기법을 제안할 것이다.

1. 서 론

편재형 컴퓨팅 (Pervasive Computing) 솔루션들은 사용자 중심의 태스크를 제공하는 서비스기반의 애플리케이션 측면에서 수 많은 장치들로부터 사용자들을 디커플링함으로써 언제 어디서든지 컴퓨팅 환경을 제공하는데 목적을 두고 있다. 이러한 연구가 활발히 진행됨에 따라 가장 대표적인 연구 분야는 스마트 홈으로 불리는 지능형 홈 네트워크이다. 스마트 홈은 네트워크 센서, 가전 기기 등에 자동화된 서비스를 부여하여 사용자의 인지 없이 서비스를 제공한다.

최근에는 스마트 홈을 빌딩하기 위한 플랫폼으로서 SOA (Service Oriented Architecture) [1]를 기반으로 한 OSGi (Open Service Gateway Initiative) [2]가 널리 사용되고 있다. 이를 통해 홈 네트워크 애플리케이션 개발에 있어 가장 복잡하고 관리하기가 어려운 서비스 간의 상호 관계를 매우 효과적으로 관리할 수 있게 하는 것이 특징이다. 다시 말해서, 개발자는 홈 네트워크의 물리적인 계층에 상관없이 개발자가 사용자

중심의 지능형 서비스를 제공하는 애플리케이션 개발에 집중할 수 있도록 한다.

스마트 홈에서 OSGi가 널리 사용되면서 이를 기반으로 하는 서비스 기반 애플리케이션 개발에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 그 중에서 지능형 홈 네트워크 서비스를 제공하기 위해 홈 내에 존재하는 장치들을 컨텍스트 온톨로지로 모델링하여 서비스를 기술함으로써 사용자의 이벤트에 따라 적절한 서비스를 제공하도록 하는 SOCAM [3] 아키텍처가 제안되었다. 하지만 이러한 연구들은 각각의 장치에 국한되어서 서비스를 제공하도록 하는 문제점을 가지고 있다. 진정한 지능형 홈 네트워크 서비스는 사용자의 다양한 패턴에 따라서 스마트 홈 내에 있는 장치들이 제공하는 서비스들이 상호 협조하여 시간 순으로 적절한 시기에 사용자에게 서비스를 제공해야만 한다. 이러한 관점에서 본 논문은 사용자 패턴에 따른 자동화된 서비스를 사용자에게 지능적으로 제공하는 지능형 홈 네트워크 서비스를 제공하는 시스템 설계에 초점을 둔다. 위와 같은 지능형 서비스를 제공하기 위해서 본 논문은 사용자들의 패턴을 분석하기 위해 데이터 마이닝 기법을 사용한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 온톨로지,

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업(MITA-2006-C1090-0603-0031)의 연구결과로 수행되었음.

OSGi 플랫폼, SOCAM 아키텍처에 대해서 간략하게 설명한다. 3장에서는 사용자 패턴 분석을 위한 기법을 설명하고 4장에서 결론 및 향후 계획으로 마무리한다.

2. 관련 연구

2.1. 온톨로지

인공지능 분야에서 가장 많이 인용된 [Gruber 1993]은 온톨로지를 “an ontology is a formal, explicit specification of a shared conceptualization” 로 정의하였다. 정의에서 보는 것처럼 온톨로지는 특정 도메인 내에 존재하는 단어를 정형화되고 명확하게 개념으로 기술함으로써 의미적인 요소를 부여할 수 있다 [4]. 이와 더불어 W3C는 웹에 존재하는 동영상, 이미지, 텍스트 등과 같은 웹 자원을 기술하기 위해 Semantic Web Ontology Language인 RDF/S [5, 6]와 OWL [7]를 표준으로 제정하였다. RDF는 웹에 있는 임의의 자원을 트리플(주어, 서술어, 목적어)의 형태로 표현하는 프레임워크로서 제안되었다. 트리플로 표현된 RDF 문서를 기계가 쉽게 처리할 수 있도록 RDF 그래프로 표현할 수 있는데 주어와 목적어는 그래프 노드 (Graph Node)로, 서술어는 에지(Edge)로 표현될 수 있다. 결국, 웹 상에 존재하는 모든 자원들은 RDF로 기술된 그래프 모델로 표현할 수 있다. 한편, RDF는 단순히 웹 상에 존재하는 자원을 표현하는 언어로 스키마 정보, 자원 사이의 관계 정보, 제약 정보 등에 대한 표현이 미약하다. 이에 W3C에서는 좀 더 표현력이 풍부한 RDF Schema (RDFS)와 OWL을 추가적으로 제정하였다. RDF/S와 OWL은 XML과의 호환성으로 인한 온톨로지 공유의 표준을 제공할 수 있기 때문에 웹 자원을 기술하기 위한 언어로서뿐만 아니라 로봇, 텔레매틱스, 지능형 홈네트워크 등과 같은 지능형 환경을 필요로 하는 영역으로 사용을 확대시키고 있다. 본 논문에서는 지능형 서비스를 지원하기 위한 시맨틱 정보를 모델링하기 위해서 OWL을 사용할 것이다.

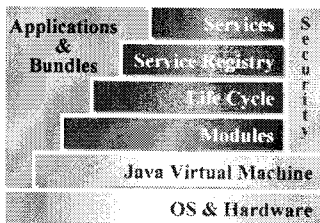


그림 1. OSGi 프레임워크

2.2. OSGi

OSGi는 SOA를 구현한 자바 기반의 프레임워크로서 홈 네트워크내의 애플리케이션 개발에 있어 가장

복잡하고 관리가 어려운 서비스간의 관계를 매우 효과적으로 관리할 수 있게 한다. OSGi의 프레임워크 구조는 그림 1과 같이 Modules, Life Cycle, Service Registry Services, Applications (Bundles)로 구성되어 있다. 이를 통해서 OSGi 프레임워크는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 플랫폼 독립적: 자바를 기반으로 하기 때문에 다른 타입을 가지는 하드웨어나 다른 운영체제에서도 쉽게 구현될 수 있다.
- 다양한 보안 레벨: 서비스 또는 장치의 제어에 대한 보안 레벨을 다양하게 설정할 수 있다.
- 효율적이고 통합된 컴포넌트 개발환경 제공
- 확장 가능성

2.3. SOCAM 아키텍처

SOCAM 아키텍처는 OSGi를 기반으로 하는 시스템으로서 상황 (Context) 인지 애플리케이션의 빠른 설계를 가능케 하도록 하기 위한 환경 및 룰 기반 추론 엔진을 제공한다. 즉, 상황 온톨로지를 OWL 온톨로지 모 델링 향으로써 사용자의 다양한 이벤트에 따른 적절한 서비스를 제공하도록 하는데 목적을 두고 있다. 예를 들어 이벤트 “A person lies down on the bed”가 들어오면 이를 정의한 룰에 의해 사용자는 “A person is sleeping”과 같은 상태를 추론하여 이에 맞는 서비스를 제공한다.

3. 동기 부여

SOCAM에서 정의한 룰들은 사용자의 현 상태에 대한 룰들이 미리 정의가 되어 있어야 하며 그 상황에 대한 단일 서비스만을 제공한다. 또 다른 문제점은 사용자의 현 상태에 대한 판단이 애매모호 하다는 것이다. 예를 들어 사용자가 침대에 누워있다고 해서 꼭 자고 있다고 판단할 수는 없기 때문이다.

따라서, 본 논문은 사용자의 다양한 패턴에 대해서 데이터 마이닝 기법을 적용하여 가장 적절한 서비스를 제공하는데 목적을 두고 있다. 데이터 마이닝 기법을 적용하는 가장 큰 장점은 사용자가 생활하면서 제공된 서비스들을 재조합하여 새로운 룰들을 생성할 수 있는 이점이 있다. 또한, 마이닝된 서비스들의 시간적 패턴을 기록함으로써 사용자의 인지 없이 적절한 서비스를 미리 제공할 수도 있다.

4. 시맨틱 정보 모델링 및 사용자 패턴 분석 기법

사용자 패턴을 분석하기 전에 스마트 홈 안의 객체들에 대한 시맨틱 정보 모델링을 먼저 해야 된다. 시맨틱 정보 모델은 각 객체에 대한 개념과 의미를 정의함으로써 SOCAM 아키텍처처럼 사용자의 상황에

따른 적절한 서비스를 제공할 수 있기 때문이다. 본 논문에서의 시맨틱 정보 모델링은 그림 2와 같은 단계로 진행된다.

Activity Tracker는 그림 4에서 보는 것처럼 OSGi-Life Cycle를 모니터링 하여 제공된 서비스에 연결된 Activity 온톨로지를 추출한 다음에 이에 대한

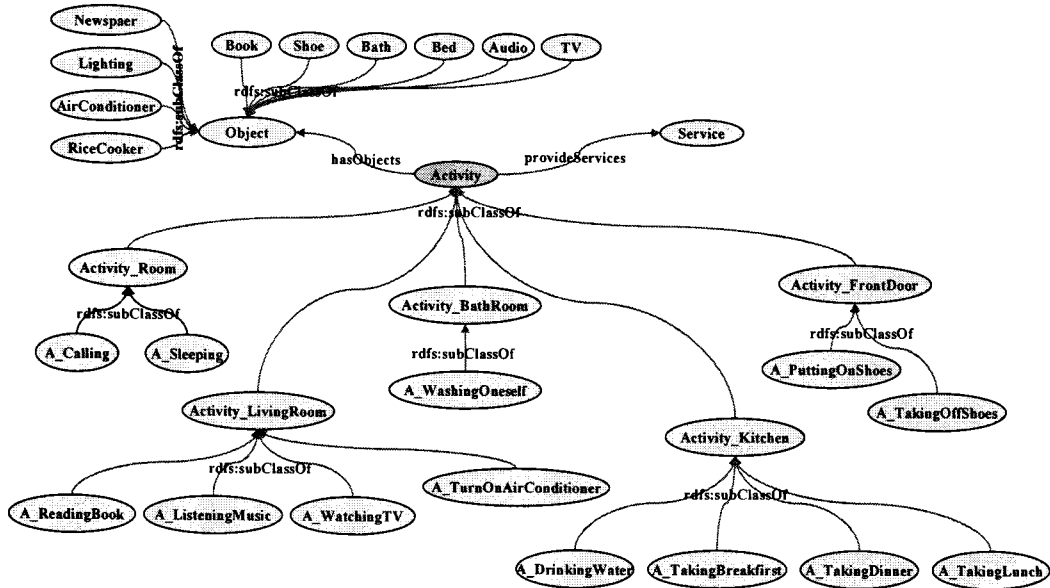


그림. 3. 스마트 홈 내의 Activity, Object 온톨로지

그림 2에서 보는 것처럼 스마트 홈 내의 사용자의 “Activity”와 “Device Object”에 대한 분석이 먼저 이루어진다. “Activity”는 사용자의 상황을 의미한다. 예를 들면, 사용자의 “잠을 잔다”, “TV를 본다”와 같은 사용자의 행동 및 상황을 예로 들 수 있다. “Device Object”는 스마트 홈 내의 객체를 나타내는데 가령 “신문”, “TV”, “Audio”와 같은 것이 될 수 있다. 이를 통해서 설계해야 되는 온톨로지 명세서를 작성할 수 있다. 분석된 환경에 대해서 사용자의 “Activity”와 스마트 홈 내의 “Device Object”를 추출하게 된다. 이를 통해서 OWL 온톨로지로 모델링을 하고 “Device Object” 온톨로지와 사용자의 “Activity” 온톨로지 사이의 연관성을 기술한다. 마지막으로 사용자의 “Activity”에 따른 OSGi 서비스를 제공하기 위해 “Activity” 온톨로지와 미리 정의된 OSGi 서비스 사이의 연관성을 기술한다. 그림 3은 위의 스텝에 따라 본 논문에서 설계한 온톨로지 들이다. 정의된 온톨로지의 세부 속성에 대해서는 지문의 제약상 생략하였다.

인스턴스를 생성하여 “Activity Instance Table”에 저장한다. “Activity Instance Table”은 (StartTime, EndTime, ActivityID)를 가지는 데 ActivityID는 미리 OWL 저장소에 저장된 ActivityID 값을 가지고 온다. OWL 저장소는 Jena [8], Sesame [9] 등과 같은 시스템을 사용하여 Activity, Object 온톨로지를 저장한다. Activity Tracker에 의해서 모니터링 된 모든 서비스에 연결된 Activity의 인스턴스를 시간 순으로 데이터베이스에 저장함으로써 사용자에게 제공한 서비스의 히스토리를 관리하게 된다.

SOCAM 아키텍처에서 제안한 것과 같은 방식으로 온톨로지를 이용한 플 추론을 통해서 사용자의 상황에 대한 적절한 서비스를 자동으로 제공해 줄 수 있다. 이때 본 논문에서는 사용자의 패턴을 분석하기 위해서 데이터 마이닝 기법을 사용한다. 사용자 패턴을 분석하기 위하여 “Activity Tracker”, “User-pattern Analysis”, “Service Provider”의 단계로 진행된다.

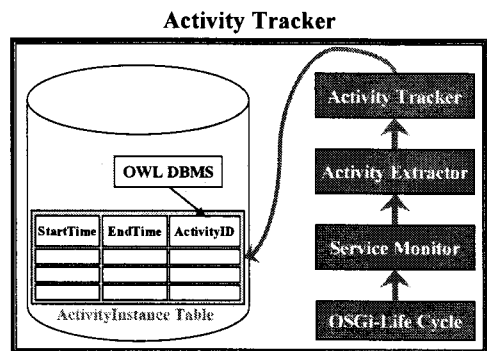


그림. 4. Activity Tracker

일단 제공된 서비스에 대한 히스토리가 저장되게 되면 사용자의 행동이 없는 시간에 히스토리 정보를 보고 User-pattern Analysis Module는 사용자 패턴을 분석하게 된다. 그림 5는 서비스 히스토리 정보로부터 사용자 패턴을 분석하는 기법을 보여준다. Activity Sequence Generator에 의해 서비스 히스토리 정보는 RDF 모델로 변환된다. 히스토리 정보는 StartTime과 EndTime에 의해 시간순으로 정렬되어 있기 때문에 루트(Root)로부터 RDF 속성인 "nextActivity"에 의해 그래프로 변환될 수 있다. 이때 사용자의 행동 특성상 트리형태로 그래프가 생성된다. 이와 같은 그래프는 RDF 모델이기 때문에 RDF/S 문서나 OWL 문서로 변환될 수 있다. Sequence Histogram Generator은 생성된 RDF 모델로부터 그래프의 단말 노드에서 사용자의 행동에 대한 히스토그램을 분석한다. 히스토그램은 루트로부터 시작해서 단말 노드까지 진행된 행동 순서에 대해 몇 번이 같은 패턴으로 진행되었는지를 나타내는 행동 패턴 지수를 나타낸다. 그림 5의 RDF 모델에서 a1-a2, a1-a3-a4, a5-a6-a7, a8-a9와 같이 사용자가 행동하며 이 패턴에 대해서 카운팅을 하게 된다. 분석된 사용자 패턴에 대해서 특정 패턴들은 사용자가 일시적으로 행동하였을 경우가 있기 때문에 특정 임계값(Threshold) 이상만을 사용자의 행동 패턴으로 마이닝하게 된다.

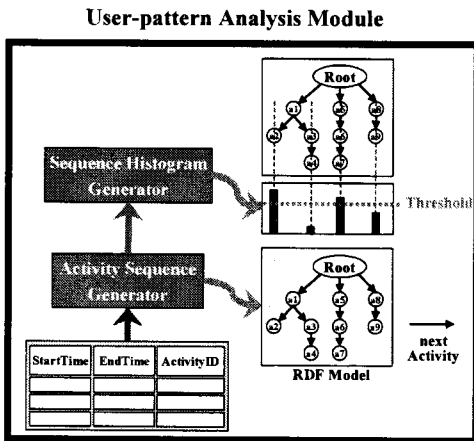


그림 5. User-pattern Analysis Module

마지막으로 그림 6에서 보는 것처럼 Service provider는 사용자 패턴이 분석된 다음에 사용자가 어떤 행동을 취하게 되면 이 행동으로부터 시작하는 행동 패턴이 있는지를 검사하게 되고 이에 맞는 패턴이 있으면 이 패턴에 따라서 서비스를 제공하는 모듈이다. 이 모듈은 사용자의 행동을 모니터링하면서 특정 Activity로부터 사용자 패턴이 시작되면 이 Activity에 기술된 서비스를 OSGi 서비스 매니저에게 서비스를

요청하게 된다. 예를 들면, 그림 6에서 현재 행동이 a1이라고 했을 때 다음 행동은 a2또는 a3가 될 수 있다. 하지만 임계값에 의해 a2 행동이 발생할 확률이 높기 때문에 a2에 관련된 서비스를 제공하게 된다.

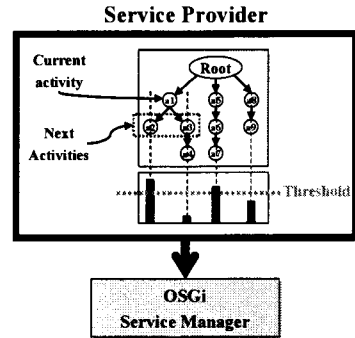


그림 6. Service Provider

위에서 설명했던 것처럼 사용자 패턴에 따라 적절한 서비스를 제공할 수 있지만 사용자의 행동이 이러한 패턴을 항상 따르는 것이 아닐 수도 있기 때문에 잘못된 사용자 패턴에 따라 서비스를 제공하다 보면 사용자의 행위에 맞는 적절한 서비스를 제공할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 예를 들면 그림 6에서 사용자의 현재 행동이 a1이라고 하면 그 다음 행위는 a2가 되어서 a2에 맞는 서비스를 제공하였다. 하지만, 사용자는 a3를 취하였다면 이는 잘못된 서비스 제공이 된다. 이를 보정하기 위해서 Service Provider는 특정 행동 패턴을 따라 사용자가 행동하는지를 항상 모니터링 하면서 이 패턴을 벗어날 경우는 서비스 제공을 중지하게 된다. 즉, Activity Tracker에 의해서만 서비스 히스토리 정보만을 기록하게 된다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 데이터 마이닝의 히스토그램 분석 기법을 통해서 사용자의 다양한 행동 패턴을 마이닝하여 사용자의 인지없이 지능형 서비스를 제공할 수 있는 기법을 제안하였다. 또한 제안된 기법은 스마트 홈에서 많이 사용되는 서비스 프레임워크인 OSGi를 지원하기 때문에 이 플랫폼을 사용하는 환경에서 쉽게 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다.

향후 계획으로는 User-pattern Analysis Module의 임계값에 대한 확률적 분석을 진행할 것이다. 또한, 사용자 패턴의 RDF 모델 자체에 대한 데이터 마이닝을 통해 4장의 마지막에서 논의했던 문제점을 보완할 예정이다.

참고 문헌

- [1] "OASIS Reference Model for Service Oriented Architecture V 1.0", Official Committee Specification approved Aug 2, 2006.
- [2] About the OSGi Service Platform, Technical Whitepaper, Open Service Gateway Initiative (OSGi), Revision 4.1 (2007), Available at: <http://osgi.org/>.
- [3] Tao Gu, Hung Keng Pung, Da Qing Zhang: Toward an OSGi-Based Infrastructure for Context-Aware Applications, IEEE CS and IEEE ComSoc (2004) 66-74.
- [4] Dieter Fensel, "Ontologies : A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce", Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co.K, 2004.
- [5] Graham Klyne, Jeremy Carroll, "Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax W3C Recommendation", Feb 2004. Available at <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>.
- [6] Dan Brickley, R.V. Guha, "RDF Vocabulary Description Language 1.0 : RDF Schema W3C Recommendation", Feb 2004. Available at <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [7] Deborah L. McGuinness, Frank van Harmelen: OWL Web Ontology Language Overview W3C Recommendation(Feb 2004), Available at: <http://www.w3.org/TR/owlfeatures/>.
- [8] Jena Semantic Web Framework, Available at: <http://jena.sourceforge.net/>.
- [9] Sesame: RDF Schema Querying and Storage, Available at: <http://www.openrdf.org/>.