

비정기적 데이터 수집 모드에 기반한 효율적인 홈 네트워크 서비스 제어 시스템의 설계

우 현 제[†] · 이 미 정^{††}

요 약

유비쿼터스 홈 환경의 사용자에게 보다 개인화되고 친화적인 서비스를 제공하기 위해, 사용자의 서비스 이용 패턴에 기반하여 홈 네트워킹 서비스를 제어하는 연구가 진행되었다. 사용자의 서비스 이용 패턴에 기반한 홈 네트워크 제어 시스템은 정기적으로 맥내 사용자들의 서비스 이용에 대한 포괄적인 행위 정보를 수집해야 한다. 그러나 이러한 기법은 사용자의 서비스 이용 패턴을 알아내기 위한 센서들의 센싱 비용과 전송 오버헤드가 매우 크므로 시스템이 비효율성으로 동작하게 된다. 이를 보완하기 위해, 본 논문에서는 사용자의 피드백에 따라 동적으로 사용자의 서비스 이용 행위를 수집하는 비정기적 수집 모드를 지원하는 시스템을 제안한다. 또한, 제안 시스템은 수집된 다양한 데이터로부터 사용자의 서비스 이용 패턴을 추출한 후에 일, 주단위로 유사한 시간에 반복적으로 실행되는 서비스를 자동으로 제공한다. 맥내 사용자는 일반적으로 일련의 서비스들을 순서대로 이용하면서 이를 반복하는 서비스 이용 패턴을 가지므로, 홈 네트워크 제어 시스템은 이러한 서비스들을 자동으로 제공함에 따라 한정된 서비스만을 제어하면서도 사용자들의 생활에 편리를 제공할 수 있다. 제안한 홈 네트워크 서비스 제어 시스템 방식의 성능 검증을 위해, 시뮬레이션을 통해 맥내 사용자들의 서비스 이용 패턴 추출에 대한 효율성을 평가해 본 결과 60% 이상의 데이터 수집 오버헤드를 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

키워드 : 유비쿼터스, 홈 네트워크 제어 시스템, 서비스 이용 패턴, 상황 인지

Design of An Efficient Home Network Service Control System based on Non-Periodic Data Collection Mode

Woo, Hyunje[†] · Lee, Meejeong^{††}

ABSTRACT

Recently, researches have been developed for controlling home networking service based on usage patterns of the users to support user-friendly personalized service in ubiquitous home environment. Home network control system which is based on service usage patterns of users should collect comprehensive information periodically about service usage of users at home. This method, however, operates ineffectively because sensing cost and transmission overhead is very high for evaluating service usage pattern of users. To complement this problem, in this paper, we propose the system which supports non-periodic collection mode that dynamically collects service usage behavior based on feedback of users. Also, based on the extracted service usage patterns of users from the collected data, proposed system automatically provides service which repeatedly operates at similar time per day 1 week. There is a tendency that users at home use a series of service sequentially and repeat their service usage pattern, therefore, home network control system provides these kinds of service automatically, thus this system offer convenience to users' life by controlling only finite services. Proposed home network control system is verified by simulating effectiveness of pattern extraction about service usage of users. We confirmed that more than 60% of the data collection overhead is reduced.

Keywords : Ubiquitous, Home Network Control System, Service Usage Pattern, Context-Aware

1. 서 론

유비쿼터스 홈이란 유무선 네트워크 기술을 통해 맥내의 다양한 정보가전기기 및 센서들을 상호 연결하여, 맥내의 사용자에게 언제 어디서나 다양한 서비스의 제공이 가능한 환경을 의미한다. 보다 능동적이고 지능화된 홈 네트워킹

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-(C1090-0902-0036)).

† 준 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 박사과정

†† 정 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 2009년 7월 20일

수정일 : 1차 2009년 10월 27일

심사완료 : 2009년 10월 28일

서비스 제공을 위해, 사용자의 활동과 주변 환경에 대한 상황인지(Context-Aware)가 가능한 유비쿼터스 홈 환경을 위한 시스템에 대한 필요성이 증대되고 있다 [1-2]. 현재 진행되고 있는 상황인지형 유비쿼터스 홈 시스템에 대한 연구는 사용자에게 보다 개인화되고 친화적인 서비스 제공을 위해, 비전, 음성인식 등의 다양한 인터페이스를 통해 사용자의 의도나 행동을 파악하여 맥내의 모든 사항을 자동화하려고 시도하고 있다 [3]. 이를 위해, [4]에서는 맥내 다양한 기기와 환경에서 발생하는 상황정보를 정의하고 패턴 수집 서버가 생성된 불완전한 상황정보를 육하원칙에 기반한 상황정보로 생성하여, 생성된 상황정보를 통해 사용자의 서비스 이용패턴을 발견하는 연구를 진행하였다. [5]는 맥내 사용자의 위치, 시간, 장소에 머문 기간 등의 정보를 수집하여 사용자의 공간과 시간상의 행동 패턴을 자동적으로 추출하는 방법을 제안하였다. 한편, 이와 같은 맥내의 사용자의 행동 패턴 분석에 기반하여 이를 활용하는 시스템에 대한 연구가 진행되었다. [6-7]에서는 맥내에서 사용자가 홈 네트워크 시스템을 작동시키는 행위를 관찰 및 학습·분석하여, 사용자에게 최적의 홈 네트워크 환경을 제공하는 지능형 홈 네트워크 서비스 제어 시스템을 제안하였다. 그러나, [6-7]에서는 맥내 센서들이 사용자의 서비스 이용 행위를 관찰하기 위해 끊임없이 사용자와 주변 환경들에 대한 정보를 감지해야 하며, 이를 위해 시스템이 수집해야 하는 정보의 범위가 매우 광범위하므로 맥내의 센싱오버헤드가 매우 크다.

맥내 사용자의 서비스 이용 패턴을 살펴보면, 사용자는 일반적으로 일련의 서비스들을 순서대로 이용하고 이를 반복하는 패턴을 가질 확률이 높으며 서비스 이용 패턴의 변화 정도도 크지 않은 특징을 가진다 [4-5]. 이에 본 논문에서는 사용자의 서비스 이용 행위 정보를 보다 효율적으로 수집하고, 수집된 데이터에 포함된 서비스 이용 패턴에 따라 선택된 서비스를 자동으로 제공하는 홈 네트워크 서비스 제어 시스템을 제안하고자 한다. 제안하는 시스템은 사용자의 서비스 이용 패턴을 알아내기 위해 미리 정의된 일정 기간동안에 사용자의 서비스 이용 행위에 대한 다양한 데이터를 수집하며, 추출된 사용자의 서비스 이용 패턴의 유효성에 대한 검사를 통해 필요에 따라 동적으로 사용자의 서비스 이용 행위 정보를 채수집하여 서비스 이용 패턴을 갱신하는 기능을 제공한다. 또한, 맥내 사용자의 서비스 이용 패턴을 고려하여 수집한 정보를 통해 각 사용자의 일, 주 단위로 유사한 시간에 반복적으로 실행되는 서비스를 선택하여 자동으로 제공함에 따라, 시스템은 한정된 서비스만을 제어하면서도 사용자들의 생활에 편리를 제공하는 주된 서비스를 지원할 수 있다. 예를 들면, 빈번하게 일요일 오후마다 거실에서 영화를 보는 사용자를 위해 제안 시스템은 거실의 커튼을 닫고 조명을 끈 후에 TV나 DVD를 작동시킨 후에 영화가 끝나면 거실 환경을 원상태로 복귀하는 서비스를 제공한다. 그러나 일정한 주기 없이 가끔 다양한 요일에 영화 감상을 하는 사용자를 위해서는 아무런 서비스를 제공하지 않는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 맥내 사용자의 서비스 이용 패턴에 기반한 홈 네트워킹 서비스 제어 시스템에 대한 기존 연구를 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 개선된 사용자 서비스 이용 패턴 기반 홈 네트워킹 서비스 제어 시스템에 대해 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안한 방안에 대한 성능 평가 및 분석을 수행하고, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

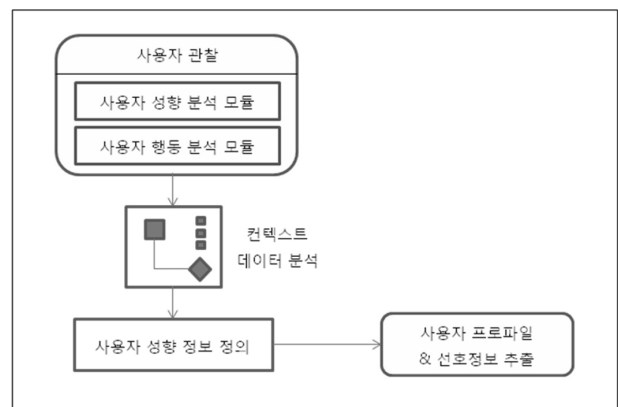
2. 관련 연구

본 장에서는 맥내 사용자의 행동 패턴에 기반하여 지능적으로 사용자의 행동을 예측하여, 보다 개인화되고 사용자 친화적인 서비스를 제공하는 홈 네트워크 시스템에 대해 살펴본다.

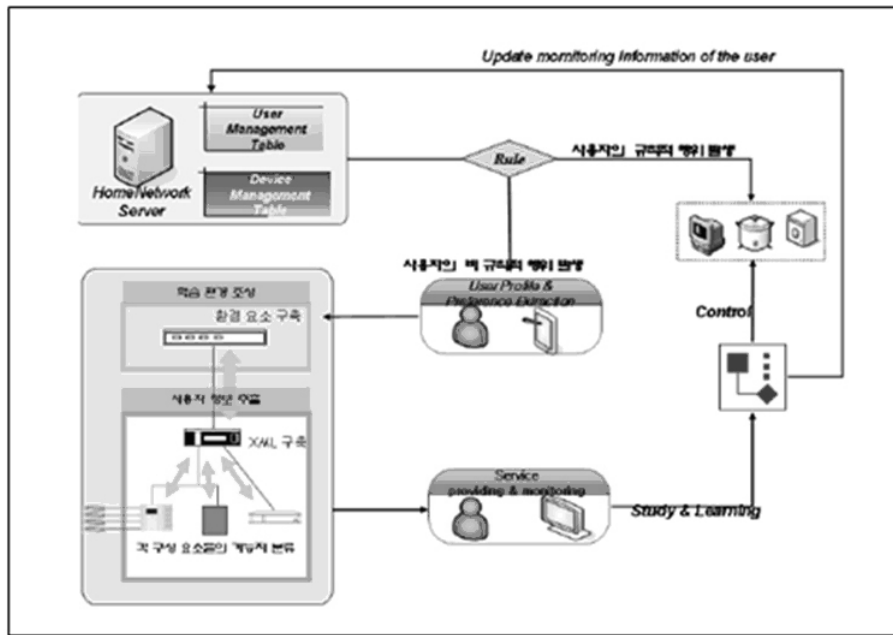
2.1 사용자의 행동 패턴을 활용한 맥내 자동 제어 시스템

맥내의 지능적 자동 제어시스템 구축에서 가장 먼저 고려해야 할 사항은 사용자 행위 학습에 따른 지능적 자동제어에 대한 기준을 마련하는 것이다. 이를 위해, [6-7]에서는 홈 네트워크 내의 정보가전기기들의 환경에 대한 정보를 지속적으로 수집하고 학습하여 얻은 규칙을 통해, 맥내 기기들에 대한 자동 제어에 대한 기준을 설정하여 사용자 행위를 예측하고 이에 따른 서비스를 제공한다. [6-7]에서 제안된 홈 네트워크 시스템은 RFID를 기반으로 하며, 맥내 모든 가전기기들의 상태를 감지하기 위해 모든 장치는 센싱 기능이 부가된 RFID Tag를 장착해야 한다.

(그림 1)은 홈 네트워크 시스템이 모니터링을 통해 사용자의 선호정보를 검출하는 과정을 나타낸다. 홈 네트워크 시스템은 사용자의 행동을 분석하기 위해 우선 사용자가 취하는 행동들을 포괄적으로 탐지해야 한다. 이를 위해, 모니터링 시스템은 사용자의 성향과 사용자가 홈 네트워크 기기들에 행한 행동들을 수집·분석하여 사용자 행위에 대한 상황정보로 정의한다. 이렇게 정의된 정보는 맥내 정보가전기



(그림 1) 사용자 선호정보 검출을 위한 모니터링 시스템



(그림 2) 사용자 선호정보를 활용한 제안 시스템

기들에 대한 사용자의 선호 정보 검출에 사용되고, 추후에 맥내 기기들에 대한 자동 제어에 대한 기준으로 사용된다.

홈 네트워크 시스템은 모니터링 시스템을 통해 사용자의 선호정보를 검출한 후에, 사용자의 선호에 따라 최적의 맥내 환경을 구성해야 한다. (그림 2)는 사용자 선호정보를 활용한 맥내 자동 제어 시스템의 동작 과정을 나타낸다. 시스템이 맥내의 사용자를 발견하면 RFID 리더가 사용자가 지닌 RFID Tag의 고유 코드정보를 읽어 홈 네트워크 서버로부터 사용자 정보와 디바이스 정보를 호출하여 해당 정보에 기반하여 정보가전기기들을 동작시킨다. 사용자의 행위 방식은 2가지 형태로 나타나게 되는데, 첫 번째는 사용자의 행동패턴이 규칙적인 경우이며, 두 번째는 돌발적 행동패턴이 발생된 경우다. 전자의 경우에는 일반적으로 정보가전기가 사용자의 행동 패턴에 따라 운용되어지나, 후자인 경우에는 새로운 행동 패턴이 학습되어야 한다. 이를 위해, 시스템은 사용자에게 질의를 던진 후 새롭게 행동 패턴 학습이 이루어지도록 이벤트를 발생시킨다. 사용자의 돌발적 행동 패턴은 환경적 요인(새로운 디바이스의 장착, 내·외부 날씨 및 온도 변화, 사용자의 상태 및 심적 변화 등)과 위치적 요인(홈 내부의 가전기기 및 가구들의 위치 변화 등)이 크게 영향을 미칠 수 있다.

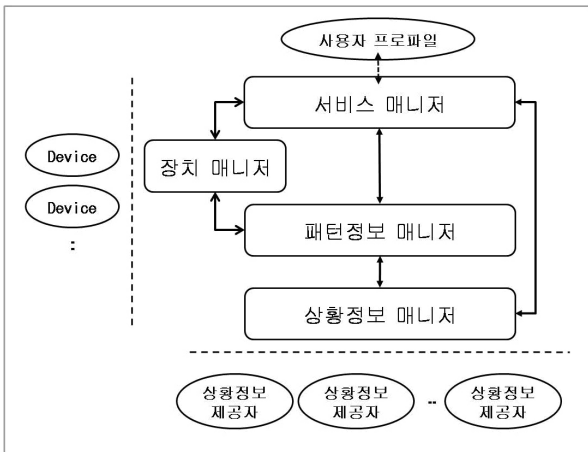
[6-7]에서는 맥내에서 사용자가 홈 네트워크 시스템을 작동시키는 행위를 관찰 및 학습·분석하여, 사용자에게 최적의 홈 네트워크 환경을 제공하는 지능형 홈 네트워크 서비스 제어 시스템을 제안하였다. 그러나, 맥내 센서들이 사용자의 서비스 이용 행위를 관찰하기 위해 언제나 사용자와 맥내 가전기기 등의 환경들에 대한 정보를 감지해야 하며, 이를 위해 시스템이 수집해야 하는 정보의 범위가 매우 포

괄적이다. 따라서 대량의 데이터를 수집하기 위한 맥내 센싱 장치들의 센싱 비용이 매우 높을 뿐만 아니라, 센싱 데이터를 전달하기 위해 많은 무선링크 자원을 사용하게 된다. 게다가 맥내 사용자의 서비스 이용 패턴을 살펴보면, 사용자는 일반적으로 일련의 서비스들을 순서대로 이용하거나 반복하는 패턴을 가질 확률이 높으며 서비스 이용 패턴의 변화 정도도 크지 않다[5]. 이를 고려해 볼 때, [6-7]에서 제안한 포괄적 정보 수집 기법 기반의 시스템은 자원 활용 면에서 비효율적이라고 볼 수 있다.

3. 제안 방안

홈 네트워크에서 홈서버는 맥내의 정보가전기기와 홈 네트워크 기기 등을 하나로 연결하여 제어하는 역할을 한다. 본 논문에서는 홈 네트워크가 보다 개인화되고 사용자 친화적인 서비스를 제공 할 수 있도록 보다 지능적인 홈서버를 제안하며, 전반적 구조는 (그림 3)과 같다.

정보가전기와 컴퓨터 등과 같이 홈 네트워크 서비스를 제공하는 장치들은 장치 매니저에 의해 제어되며, 이를 위해 맥내 모든 장치는 자신과 제공 가능한 서비스들에 대한 정보를 장치 매니저에게 등록해야 한다. 장치 매니저는 홈 네트워크 내의 장치들이 등록한 정보를 기반으로 하여 각 장치의 제어 방식을 인지해야 한다. 한편, 장치 매니저와 유사하게 상황정보 매니저는 맥내 설치된 모든 센서들을 제어하는 역할을 담당한다. 맥내의 모든 센서는 상황정보 매니저에게 자신을 등록하고 검출 가능한 센서 데이터에 대한 정보를 게시해야 한다. 이를 기반으로 하여 상황정보 매니저는 사용자의 서비스 이용 행위와 서비스 실행 조건과 관

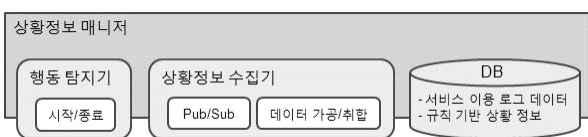


(그림 3) 제안하는 홈서버 시스템 구조

련된 데이터를 수집하는 역할을 수행한다. 패턴정보 매니저는 상황정보 매니저가 수집한 사용자의 서비스 이용 행위에 대한 다양한 데이터에 포함되어 있는 서비스 이용 패턴을 추출하고 자동으로 제공할 서비스를 선택한 후에, 이를 기반으로 해당 서비스의 실행 규칙을 정의한다. 이 때, 패턴정보 매니저는 장치 매니저에 등록된 해당 서비스의 명세 사항을 확인하여 서비스가 상황인지 기반의 서비스일 경우에 이를 제공하기 위해 필요한 정보를 전달 받아 해당 규칙에 반영한다. 또한, 패턴정보 매니저에서 정의된 서비스 실행 규칙 목록은 상황정보 매니저에게 전달되며, 상황정보 매니저는 서비스 실행 규칙 목록에 기반하여 필요한 상황 정보를 정의하고 센서로부터 데이터를 수집하도록 한다. 상황정보 매니저는 서비스 실행 규칙 목록의 각 규칙에 대한 이벤트 발생 여부를 지속적으로 확인해야 하며, 이벤트를 감지할 경우 서비스 매니저에 알려 서비스 매니저가 서비스 실행 규칙에 따라 서비스의 실행 여부를 결정하도록 한다. 서비스 매니저는 서비스 실행 전에 우선 장치 매니저와의 통신을 통해 서비스 실행을 위해 필요한 기기들이 작동 가능한지 여부를 확인한다. 또한, 현재 실행 중인 서비스들과의 충돌 검사를 위해 장치 매니저와 사용자 프로파일을 참고하여 우선순위를 확인한 후에 장치 매니저가 서비스를 실행하도록 한다.

3.1 사용자의 서비스 이용 행위에 대한 정보 수집 과정

제안 시스템은 우선 맥내 사용자들의 서비스 이용 패턴을 추출하기 위해 각 사용자의 서비스 이용 행위에 대한 정보를 수집해야 한다. 이를 위해 상황정보 매니저를 정의하였



(그림 4) 상황정보 매니저의 구조

으며 세부 구성 요소는 (그림 4)와 같다.

행동 탐지기는 시작/종료 모듈을 통해 상황정보 매니저에 등록된 맥내 모든 센서들의 활성화 상태를 동적으로 제어하며, 시스템이 정한 일정기간 동안(D_{collection})에 센서들은 능동적으로 사용자들의 서비스 이용 행위에 대한 정보를 검출해야 한다. 제안 시스템은 맥내 서비스 이용 패턴을 추출하기 위해, 언제 어디서 누가 어떤 디바이스를 실행하였는지에 대한 사용자의 서비스 이용 행위 정보가 필요하다. 여러 종류의 센서를 활용하여 사용자의 행동을 인지하기 위한 다양한 연구가 진행 중이며, 제안 시스템에서 사용자의 서비스 이용 행위를 인지하기 위해 개발 중인 다양한 센서들이 적용될 수 있다. 이를 테면, 사용자의 위치를 알기 위해 수신된 데이터의 전파강도를 측정하여 전파강도에 따라 사용자와의 거리를 추정하는 Zigbee 기반의 RTLS(RTLS: Real Time Location System)가 활용될 수 있다. 또한, 맥내 기기들의 사용을 인지하기 위해 보편적인 스위치 형태의 On/Off 센서가 사용될 수 있다. 상황정보 수집기는 다양한 센서로부터 맥내 사용자들의 서비스 이용에 대한 로그 데이터를 수집하고 가공되지 않은 센싱 데이터를 추상화하여 사용자 별로 취합한 후 (그림 5)와 같이 서비스 이용 로그 데이터 DB에 저장한다. 서비스 이용 로그 데이터 DB에는 각 사용자에 대해 시간대 별로 특정 장소에서 실행된 서비스를 제공하는 장치에 대한 정보뿐만 아니라 서비스가 실행된 장소의 주변 환경에 대한 상황 정보를 저장하여 사용자 행동의 목적에 맞게 주변 환경을 개인화할 수 있도록 한다.

행동 탐지기는 D_{Collection}이 종료되면 모든 센서들을 비활성화 상태로 변경하여 사용자의 서비스 이용 행위에 대한 수집을 중단한 후에, 패턴정보 매니저를 호출하여 사용자의 서비스 이용 패턴을 추출하도록 한다. [6-7]에서는 홈 네트워크 서비스에 대한 사용자의 이용 패턴을 분석하기 위해 지속적으로 모니터링을 실시한다. 반면에, 제안 방안에서는 시스템이 제공한 자동 서비스에 대한 사용자의 부정적 피드백에 기반하여 사용자의 서비스 이용 정보의 재수집을 결정하며, 시스템이 사용자의 피드백을 반영하는 방법은 다음과 같다. 제안 시스템은 사용자의 서비스 이용 패턴을 재분석하기 위한 실행취소 임계치를 설정하고, 시스템이 자동으로 제공한 서비스들에 대한 사용자의 실행 취소에 대한 횟수를 각 개인별로 확인하여 맥내의 사용자 별로 서비스 이용 패턴 재검출에 대한 필요성을 인지하도록 한다. 이를 위해, 서비스 매니저의 실행취소 검출기는 각 사용자 별 서비스 실행 취소 횟수를 상황정보 매니저에게 전달하여 사용자의 서비스 이용 패턴에 대한 재검출 이벤트를 발생시킨다. 사용

서비스 이용 로그				
사용자	시간 [날짜, 요일, Start시분, End시분]	디바이스 ID	맥내 위치	관련 환경 데이터

(그림 5) 사용자의 서비스 이용 로그 데이터

자 별로 서비스 이용 패턴의 재검출을 결정할 경우에 개인 별로 재검출 간격이 달라질 수 있으므로 최악의 경우에 [6-7]과 마찬가지로 항상 사용자의 서비스 이용 행위 정보를 수집하는 상황이 발생할 수 있다. 이를 보완하기 위해 제안 시스템은 계층구조의 실행취소 임계치에 기반하여 사용자의 서비스 이용 패턴 재검출이 결정되도록 하였다. 상황정보 매니저의 행동 탐지기는 사용자들의 서비스 실행 취소 횟수를 확인하며, 임계치 이상의 서비스 실행 취소 횟수를 가진 사용자가 존재할 경우에 하위 임계치를 적용하여 재검출이 필요한 사용자 그룹을 정의한다. 시스템이 서비스 이용 패턴의 재검출이 필요한 사용자 그룹을 정의하는 알고리즘은 (그림 6)과 같으며, $count(u)$ 는 사용자 u 의 서비스 실행 취소 횟수를 의미한다. 패턴수집기는 각 사용자의 실행취소 횟수를 확인하여 서비스 이용 패턴의 재검출 여부를 결정하는 기준인 $T_{CancelExec}$ 값 이상인 사용자가 존재할 경우 해당 사용자를 재검출 대상으로 결정한다. 또한, 나머지 사용자들에 대해 실행 서비스에 대한 취소 횟수가 $subT_{CancelExec}$ 이상인 사용자가 존재할 경우 해당 사용자를 재검출 대상에 포함시킨다. 행동 탐지기는 서비스 이용 패턴의 재검출 대상인 사용자 그룹이 결정되면 상황정보 수집기에게 알려 재검출 그룹에 포함된 사용자들의 서비스 이용 행위에 대한 재수집 작업을 시작하도록 한다. 행동 탐지기는 $D_{collection}$ 이 지나면 상황정보 수집기에게 재수집 작업을 종료하도록 지시하고 패턴정보 매니저를 호출한다.

```

Procedure ExtractingRedetectionUsers
Input: threshold instance set T and  $T_s$ 
       $subT_{CancelExec}$   $\alpha$  and  $T_{CancelExec}$   $\beta$ 
Output: re-detection user set UserSet
1. UserSet =  $\emptyset$ ;
2. For each user u in domain of U
3.   If ( $count(u) \geq \beta$ ) then begin
4.     UserSet = UserSet  $\cup$  {u}
5.   delete u from U
6.   end;
7. if (UserSet  $\neq \emptyset$  and  $U \neq \emptyset$ )
8.   while ( $U \neq \emptyset$ ) Do begin
9.     For each u in U
10.    If ( $count(u) \geq \alpha$ ) then begin
11.      UserSet = UserSet  $\cup$  {u}
12.    delete u from U
13.    end
14.  end
15. end
16. return (UserSet)
    
```

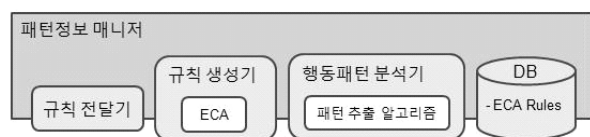
(그림 6) 서비스 이용 패턴 재검출 대상 사용자 그룹 정의 알고리즘

제안 방안에서는 [6-7]에서와 달리 사용자의 피드백에 따라 동적으로 사용자의 서비스 이용에 대한 행위 정보를 수집할 뿐만 아니라, 맥내의 사용자 별로 서비스 이용 패턴의 재검출에 대한 필요성을 인지하여 해당 사용자에 대한 정보만을 재수집한다. 또한, 사용자 별로 서비스 이용 패턴의 재검출이 결정될 경우에 재검출 간격의 비동기로 인해 발생할 수 있는 오버헤드를 줄이기 위해, 계층구조의 임계치를 설정하여 한 번의 재검출이 시도될 때 일정 횟수 이상의 서비스 실행 취소를 행한 사용자들에 대한 재수집도 이루어지도록 하였다. 이 때, 서비스 이용에 대한 패턴의 갱신이 완료되기 이전까지 시스템은 현재의 패턴 정보를 기준으로 하여 동작한다. 이와 같이 제안 시스템은 선별된 사용자에 대한 비정기적 수집 모드를 통해, 서비스 이용 행위에 대한 포괄적인 정보 수집과 관련된 센싱 및 무선링크 사용의 오버헤드를 줄여 효율적으로 사용자의 서비스 이용 패턴을 추출한다. 또한, 제안 시스템은 서비스 이용 패턴 분석의 오류나 사용자의 변화된 서비스 이용 패턴에 따라 적절히 반응할 수 있다.

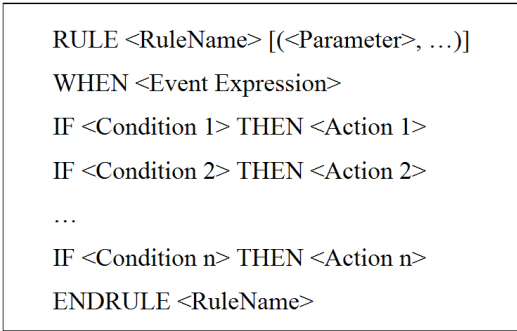
3.2 사용자의 서비스 이용 패턴 추출 과정

상황정보 매니저가 사용자의 서비스 이용 행위에 대한 정보 수집을 끝내면 시스템은 수집된 데이터를 바탕으로 하여 사용자의 서비스 이용 패턴을 추출해야 한다. 이러한 과정은 상황정보 매니저의 행동 탐지기가 종료 명령을 지시함과 동시에 패턴정보 매니저의 행동패턴 분석기를 호출하면서 시작되며, 패턴정보 매니저는 (그림 7)과 같은 요소들로 구성된다.

행동패턴 분석기는 맥내 사용자들의 서비스 이용 패턴에 기반하여 시스템이 자동으로 제공할 서비스를 결정해야 한다. 이를 위해, 행동패턴 분석기의 패턴추출 알고리즘은 상황정보 매니저 DB에 저장된 서비스 이용 로그 데이터를 기반으로 하여 각 사용자 별로 매일 또는 주 단위로 유사한 시간에 반복적으로 실행되는 서비스를 시스템이 자동으로 제공할 서비스로 분류한다. 각 사용자 별로 분류된 서비스 이용 패턴은 규칙 생성기에게 전달되어, 규칙 생성기가 사용자의 서비스 이용 패턴에 기반하여 (그림 8)과 같은 형식의 ECA(Event-Condition-Action) 규칙[8-9]을 생성하도록 한다. 이 때, 패턴정보 매니저는 ECA 규칙에 포함된 서비스들에 대한 요구 조건을 확인하기 위해 장치 매니저에 저장된 해당 서비스들의 명세 사항을 확인하여 ECA 규칙의 조건으로 명시해야 한다. 생성된 ECA 규칙은 규칙 전달기를



(그림 7) 패턴정보 매니저의 구조



(그림 8) ECA 규칙 형식

통해 상황정보 매니저에게 전달되어, 상황정보 수집기에게 어떤 센서들로부터 어떤 정보를 수집해야 하는지를 알린다. 이를 기반으로 하여 상황정보 수집기는 해당 센서들을 활성화 시킨 후에 센싱해야 할 데이터를 등록하여 자동 서비스 제공을 위한 상황정보를 수집하게 된다. 한편, ECA 규칙은 각 개인의 서비스 이용 패턴 변화에 따라 전체적으로 자동 갱신될 수 있을 뿐만 아니라, 사용자의 명시적인 요구를 수용할 수 있는 인터페이스가 존재할 경우에 사용자의 요청에 의해 해당 ECA 규칙만 부분적으로도 수정될 수 있다. 이 경우에 시스템은 사용자의 ECA 규칙에 대한 요청을 인지하여, 패턴정보 매니저의 규칙 생성기가 해당 ECA 규칙을 갱신하고 저장소에 저장할 뿐만 아니라 규칙 전달기를 통해 상황정보 매니저에게 전달하도록 한다.

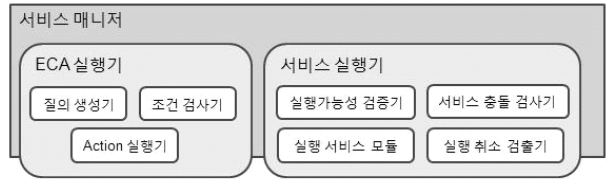
상황정보 매니저의 상황정보 수집기는 수신한 ECA 규칙을 통해 이벤트와 조건 검사를 위해 필요한 정보를 분석하여 필요한 데이터와 이를 제공할 센서들을 정의해야 한다. 이어서 해당 센서들을 활성화 시킨 후에 각 센서들에게 검출해야 할 센서 데이터 정보를 등록한다. 이후부터 검출해야 할 정보가 등록된 센서들은 주기적으로 해당 데이터를 검출해야 하며, 센서로부터 수집되는 데이터는 가공을 거쳐 (그림 9)와 같은 형식으로 DB에 룰 기반 상황정보 형태로 저장된다. 한편, 상황정보 수집기는 패턴정보 매니저의 규칙 전달기로부터 수신한 ECA 규칙에 명시된 이벤트 발생을 인지할 수 있어야 한다. 이를 위해 상황정보 수집기는 DB에 저장된 룰 기반 상황정보의 Event 값 중에 ECA 규칙의 이벤트와 일치하는 데이터가 있는지를 지속적으로 확인하여, 이벤트가 발생한 경우에 서비스 매니저를 호출하여 해당 ECA 규칙 ID를 전달한다.

3.3 서비스 실행

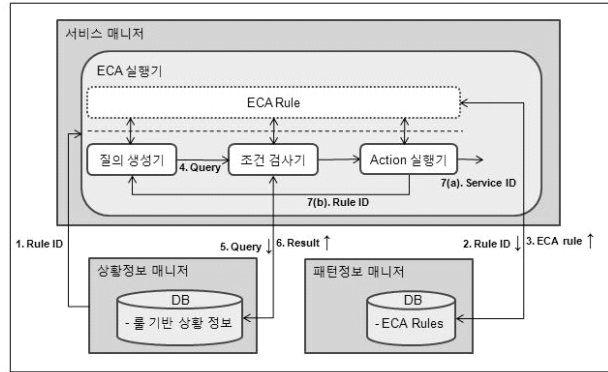
서비스 매니저는 상황정보 수집기로부터 ECA 규칙 ID를 전달받음으로써 실행되며, (그림 10)은 서비스 매니저의 구



(그림 9) 룰 기반 상황정보의 저장 형식



(그림 10) 서비스 매니저의 구조



(그림 11) ECA 규칙 기반 실행 서비스 정의 과정

성요소를 보여준다.

(그림 11)은 서비스 매니저의 ECA 실행기가 ECA 규칙을 기반으로 하여 사용자에게 제공할 서비스를 정의하는 과정을 나타낸다. 서비스 매니저의 ECA 실행기는 상황정보 수집기가 알려준 ECA 규칙 ID를 통해 패턴정보 매니저의 DB의 해당 ECA 규칙을 검색한다(1-3). 이어서 질의 생성기를 통해 검색된 ECA 규칙에 명시된 조건에 따라 질의를 생성한다. 생성된 질의는 조건 검사기에 전달되고(4), 조건 검사기는 상황정보 매니저의 해당 ECA 규칙에 대한 상황정보가 저장된 DB에 질의를 실행하여 결과를 얻는다(5-6). 질의 결과가 참일 경우 Action 실행기는 해당 ECA 규칙의 액션을 실행해야 하며, 액션은 서비스이거나 이어서 실행되어야 할 ECA 규칙을 명시한다. 따라서 Action 실행기는 서비스 실행기에게 해당 서비스가 실행되도록 하기 위해 서비스 ID를 전달하거나(7(a)), 질의 생성기에게 해당 ECA 규칙 ID를 전달한다(7(b)).

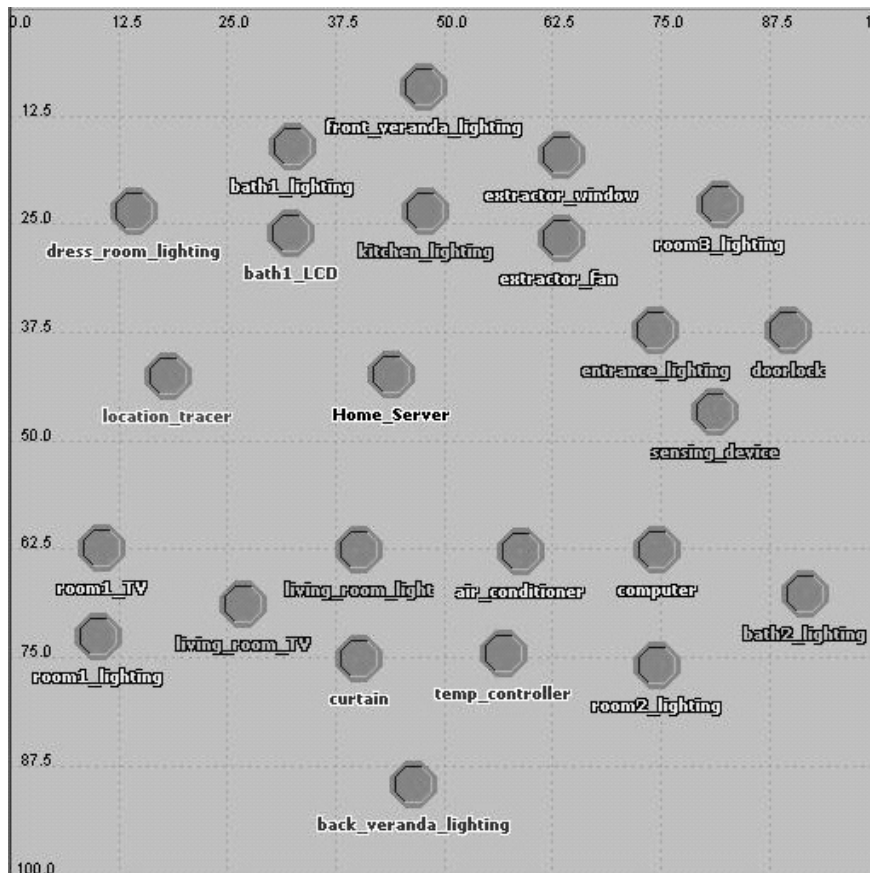
서비스 실행기의 실행가능성 검증기는 해당 서비스를 실행하기 전에 필요한 기기가 현재 동작 가능한 지를 확인하기 위해 장치 매니저와의 상호작용이 필요하다. 또한, 서비스 충돌 검사기는 현재 실행 중인 서비스에 대한 목록인 실행 서비스 모듈을 참조하여 실행 서비스 간의 충돌을 검사한 후에 우선순위를 고려하여 서비스를 실행한다. 서비스의 우선순위는 장치 매니저를 통해 알 수 있으며, 닥내 서비스

를 제공하는 장치들은 장치 매니저에 등록하는 각 서비스의 명세 사항에 서비스 우선순위를 포함한다. 또한, 사용자 간 우선순위는 사용자 프로파일을 참조한다. 서비스 충돌 검사는 서비스 우선순위와 사용자 우선순위를 고려하여 실행 서비스의 우선순위를 결정한다. 서비스 실행 여부가 결정되면 서비스 실행기는 장치 매니저에게 실행해야 할 서비스를 알려주고, 장치 매니저는 해당 서비스를 제공하는 장치를 제어하여 서비스를 실행하도록 한다. 사용자는 여러 가지 이유로 시스템이 제공한 서비스에 대한 실행을 취소할 수 있다. 장치 매니저는 서비스 실행기의 요구에 따라 해당 서비스를 실행한 후에 일정 시간 동안 서비스의 실행 여부를 확인한다. 이를 위해, 장치 매니저는 등록된 모든 서비스의 세션을 고려하여 각 서비스에 대한 실행 취소 확인 시간 ($T_{Verification_serviceID}$)을 정의하고 유지해야 한다. 장치 매니저는 실행 서비스의 $T_{Verification_serviceID}$ 동안에 사용자가 서비스를 취소할 경우 이를 서비스 실행기의 실행 취소 검출기에 알려서 시스템이 자신이 제공한 서비스에 대한 사용자의 부정적인 피드백을 인지할 수 있도록 한다. 실행 취소 검출기는 각 사용자 별로 실행 취소 횟수 정보를 유지해야 하며, 실행 취소 횟수가 $T_{CancelExec}$ 이상인 사용자가 존재할 경우 상황정보 매니저에게 각 사용자의 실행 취소 횟수를 전달하여 서비스 이용 패턴의 재검출 이벤트를 발생시킨다.

4. 성능 평가

제안한 홈 네트워크 서비스 제어 시스템 방식에 대한 성능 검증을 위해, OPNET Modeler 14.5를 이용하여 맥내 사용자들의 서비스 이용 패턴 추출에 대한 효율성을 평가해 보았다. 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 (그림 12)에서 보는 것과 같이 홈 네트워크 서비스 제어 시스템이 구현된 한 개의 홈서버와 사용자의 서비스 이용 패턴을 수집하기 위한 다양한 센서들로 구성된다. 홈서버와 센서는 802.15.4 표준 기반의 근거리무선통신기술인 WPAN을 이용하여 통신하며, 시뮬레이션의 주요 환경 변수는 <표 1>과 같다.

맥 내 필요한 센서들과 이를 통해 제공 가능한 홈 네트워크 제어 서비스를 정의하기 위해 홈 네트워크 기능을 제공하는 최신의 아파트 모델과 현재 홈 네트워크 서비스를 제공하는 상용화된 시스템[10]을 참조하였으며, 본 시뮬레이션에서 고려한 맥내 자동 제어 서비스를 <표 2>와 같이 분류하였다. 홈서버는 사용자의 서비스 이용 패턴에 따라 <표 2>에 열거된 서비스들을 자동으로 제공하기 위해 센서들로부터 사용자의 서비스 이용에 대한 정보를 제공받아야 한다. 이를 위해, 센서를 주기적 감지 센서와 이벤트 기반의 감지 센서로 분류하고 시뮬레이션 실행 시간 동안에 각 역할에 따라 홈서버에게 메시지를 전송하도록 하였다. 사용자



(그림 12) 네트워크 모델

〈표 1〉 시뮬레이션 환경 변수

변 수	내 용
페이로드 크기	4 bytes
무선 통신	802.15.4
MAC/PHY 헤더 크기	13 bytes
CSMA 파라미터	Maximum Backoff Number = 4 Minimum Backoff Exponent = 3
초기 수집 기간 (일 단위)	30, 60
재수집 기간	14, 30
재수집 횟수	[0,3]
전송 방식	홈서버 (PAN 코디네이터): 브로드캐스트 센서: 유니캐스트
장치의 전류 인출값 (mA)	Receive/Idle/Sleep mode: MICAz Transmission Mode: MICAz (0 dBm)

〈표 2〉택 내 자동제어 서비스 종류

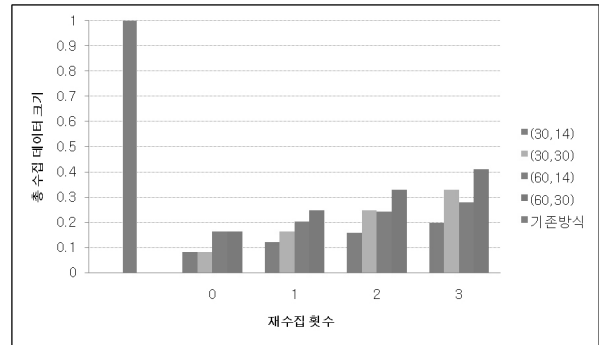
기능	내 용
조명 제어	방 4개, 거실, 주방, 욕실 2개, 현관 전등 켜고 끄기, 커튼 열고 닫기
난방 제어	온도/온수 조절
환기 제어	환풍기 작동, 배기창 열고 닫기
냉방 제어	에어컨 작동
가전제품 제어	TV/DVD, 컴퓨터, 세탁기, 욕실 LCD, 동체감지기, 도어락 작동

의 위치 정보는 1초마다 주기적으로 홈서버에 전달되는 방식을 통해 수집되며, 발생하는 데이터양은 4인을 기준으로 하여 각 개인이 평균 10시간 동안 택내에 머무른다는 가정 하에 결정하였다. 택내 기기들에 대한 사용 정보는 이벤트 기반의 감지 방식인 On/Off 센서를 사용하여 수집하며, 택내 기기들의 사용 횟수를 정량화하기 위해 <표 3>과 같이 각 기기들의 데이터 전송 횟수를 3단계로 나누고 각 레벨에 대해 일 단위의 데이터 전송 동작 횟수를 정의하였다.

택내 사용자들의 서비스 이용 패턴 추출에 대한 제안 방식의 효율성을 검증해 보기 위해, 사용자의 서비스 이용 패턴 추출을 위한 상황 정보의 수집 오버헤드를 측정해 보았다. (그림 13)은 기존 방식에서 센서들이 1년 동안에 홈서버에게 전송한 택내 사용자들의 서비스 이용에 대한 총 데이터의 크기를 기준으로 하여 제안 방식이 서비스 이용 패턴 추출을 위해 수집한 데이터의 크기를 비교한 결과를 보

〈표 3〉택내 기기들의 사용 횟수 정의

레벨	내 용	전송 횟수 (일 단위)
상	현관 전등, 거실 전등, 욕실 전등, 주방 전등, TV/DVD, 감지기, Door-lock	20
중	안방 및 작은방 2곳의 전등, 컴퓨터, 에어컨, 배기창, 환풍기, 앞베란다 전등	10
하	옷방 전등, 거실 커튼, 온도/온수 제어기, 세탁기, 뒤베란다 전등, 욕실 LCD	5



(그림 13) 서비스 이용 정보 수집 오버헤드

여준다. 즉, 제안 방식의 시뮬레이션 결과는 기존 방식의 결과에 대해 정규화되어 표현된다. (그림 13)에서 제안 방식은 “(초기 수집 기간, 재수집 기간)_{일 단위}”로 표기하였다. 기존 방식의 경우, 지속적으로 사용자들의 서비스 이용에 대한 포괄적인 정보를 수집해야 하므로 센서들의 센싱 횟수와 전송 데이터의 크기가 제안 방식에 비해 매우 크다. (그림 13)은 기존 방식이 제안 방식과 동일한 개수의 자동제어 서비스를 제공하는 상황에서의 정보 수집 오버헤드를 비교한 결과이나, 현실적인 택 내 환경에서는 제안 기법에서 제공하고자 하는 <표 2>와 같은 주된 서비스 외에도 다양한 서비스가 존재할 수 있으므로, 기존 기법의 정보 수집의 양은 더욱 증가하게 된다. 즉, 기존 시스템은 택내에서 자동 제공한 대부분의 서비스들을 지원하는 반면에, 센서의 사용 유효 기간이 짧으며 데이터 수집 및 시스템 자원 관리 오버헤드 측면에서 확장성이 떨어진다고 볼 수 있다. 반면에, 제안 방식은 일정 기간 수집한 정보를 통해 추출한 사용자의 서비스 이용 패턴에 따라 홈 네트워크 서비스를 제공하며, 제공 서비스에 대한 사용자의 부정적인 의견을 수렴하여 사용자의 서비스 이용 패턴의 변화를 인지한다. 그리고 서비스 이용에 대한 정보를 재수집하는 방식을 통해 점진적으로 서비스 이용 패턴을 파악하는 비정기식 수집 모드를 지원한다. (그림 13)에서와 같이 제안 기법의 정보 수집 오버헤드는 초기 정보 수집 기간이 30일이고 재수집 기간이 14일인 경우에 재수집 횟수에 따라 기존 방식에 비해 8~19%의 데이터를 수집한다. 장기간 사용자들의 서비스 이용 행위를 수집하여 보다 정확하게 사용자의 서비스 이용 패턴을 인지하기 위해 초기 수집 기간을 60일로 늘리고, 일반적으로 사계절에 따라 택내 환경 설정이 변화되는 상황을 고려하여 최대 3번의 재수집을 한 경우에 기존 방식에 비해 약 40%의 데이터를 수집한다. <표 4>는 정보 수집 오버헤드를 측정할 동일한 환경에서의 센서들의 총 배터리 사용량을 나타내는데, 제안 기법은 기존 기법에 비해 약 8~41%의 배터리를 사용함을 확인할 수 있다. 이와 같이 제안 기법의 정보 수집 오버헤드는 초기 수집 기간과 수집된 정보를 바탕으로 사용자들의 서비스 이용 패턴을 얼마나 정확히 파악했는지 여부 및 재수집 기간에 의존적이지만, 기존 기법에 비해 60% 이상의 데이터 수집 오버헤드를 감소시킬 수 있음을

〈표 4〉 배터리 사용량 (Joule)

기존 기법	제안 기법				
	수집기간 재수집횟수	(30,14)	(30,30)	(60,14)	(60,30)
1027.4	0	88.0	84.5	169.0	168.8
	1	123.9	168.9	208.4	253.4
	2	163.3	253.4	247.8	337.9
	3	202.7	338.0	287.1	422.3

확인할 수 있다.

한편, 제안 방식에서는 홈서버가 동적 센서 데이터 수집을 위해 센서들의 상태를 변화시키는 제어 데이터를 전송하며, 동일한 내용의 제어 데이터를 모든 센서들에게 효율적으로 전달하기 위해 브로드캐스트 전송 방식을 사용한다. 따라서, 한 번의 수집 구간 당 2개의 제어 패킷만이 전송되면 되므로 제어 데이터가 상황 정보의 수집 오버헤드에 미치는 영향은 극히 적다고 볼 수 있다. 제안 방식은 맥내 사용자에게 가능한 모든 자동 제어 서비스를 제공하지는 않지만, 자원 효율적인 방법으로 생활에 편리를 제공하는 주요 서비스들을 제공한다는 확장성 측면에서 의미가 있다고 볼 수 있다. (그림 13)에서와 같이 제안 방식에서 수집하는 데이터의 양은 초기 수집 기간뿐만 아니라 재수집 기간과 횟수에 따라 변화하게 되는데, 이러한 결과는 사용자의 이용 패턴 추출 알고리즘의 성능이 제안 방식의 상황 정보 수집의 효율성에 큰 영향을 미침을 의미한다.

5 결 론

본 논문에서는 유비쿼터스 홈 환경에서 보다 개인화되고 사용자 친화적인 서비스 제공을 위해, 사용자의 서비스 이용 행위 정보에 기반한 홈네트워크 서비스 제어 시스템을 제안하였다. 사용자의 서비스 이용 패턴을 알아내기 위해 사용자의 피드백에 따라 일정 기간 동안에만 사용자의 서비스 이용 행위를 수집하는 방안을 제안하였고, 이를 위해 서비스 이용 패턴에 대한 재검출이 필요한 사용자들을 정의하는 알고리즘을 기술하였다. 또한, 사용자의 서비스 이용 행위에 대해 수집된 정보를 기반으로 하여 서비스 이용 패턴을 추출하고, 이를 통해 사용자의 특징적인 서비스 이용 패턴에 대한 서비스만을 자동으로 제공함에 따라 시스템은 한정된 범위의 상황정보만을 수집한다. 맥내 사용자는 일반적으로 일련의 서비스들을 순서대로 이용하면서 이를 반복하는 서비스 이용 패턴을 가지므로, 제안 시스템은 한정된 서비스만을 제어하면서도 사용자들의 생활에 편리를 제공할 수 있다. 제안한 홈 네트워크 서비스 제어 시스템 방식의 성능 검증을 위해, 시뮬레이션을 통해 맥내 사용자들의 서비스 이용 패턴 추출에 대한 효율성을 평가해 보았으며, 서비스 이용 정보에 대한 수집 오버헤드의 비교를 통해 기존

기법에 비해 60% 이상의 데이터 수집 오버헤드를 감소시켰음을 확인하였다. 향후에는 사용자의 이용 패턴 추출 알고리즘을 개발하여 제안 시스템을 확장할 예정이다. 또한, 이를 기반으로 하여 보다 구체적인 시뮬레이션을 수행하고 시스템의 실제 구현을 통해 제안 방안의 성능을 추가적으로 검증 및 분석하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] S. H. Baek et al, "Managing Mechanism for Service Compatibility and Interaction Issues in Context-aware Ubiquitous Home," IEEE Trans on Consumer Electronics, Vol.51, No.2, pp.524-528, May, 2005.
- [2] 임태훈 et al, "홈 자동화를 위한 지능적인 상황인지 시스템," 한국콘텐츠학회논문지, 제7권 제4호, pp.74-82, 2007.
- [3] Georgia Institute of Tech., "Aware Home," Http://www.awarehoem.gatech.edu.
- [4] 이대준, 김성조, "유비쿼터스 환경에서 Context 처리를 위한 패턴 수집 모델의 설계와 구현," 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, 제34권 제1호, pp.344-349, 2007.
- [5] D. Lymberopoulos et al, "Extracting Spatiotemporal Human Activity Patterns in Assisted Living using a Home Sensor Network," PETRA, Vol.282, 2008.
- [6] W. S. Na et al, "The Design on the AISO System using various rule and pattern Analysis of User on the HomeNetwork," ICHIT, Vol.02, pp.758-761, 2006.
- [7] 성경상 et al, "사용자 선호정보를 활용한 홈 네트워크 제어 시스템 구축에 관한 연구," 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제14권 제1호, pp.814-817, 2007.
- [8] D. R. McCarthy et al, "The Architecture of An Active Database Management System," Proc ACM SIGMOD International Conf on the Management of Data, Vol.18, No.2, pp.215-224, June, 1989.
- [9] N. H. Gehani et al, "Event Specification in an Active Object-Oriented Database," SIGMOD, Vol.21, No.2, pp.81-90, June, 1992.
- [10] 현대통신, "유비쿼터스 IMAZU," Http://www.hyundaitel.co.kr.
- [11] 권진혁 et al, "홈 네트워크 환경에서 홈 게이트웨이와 관리 서버 개발," 정보처리학회논문지 C, 제 12권 제 2호, pp.261-266, 2005.
- [12] 김남훈 et al, "OSGi(Open Service Gateway Initiative) 기반의 효율적인 서비스 번들 관리를 위한 SBM(Service Bundle Manager)의 설계 및 구현," 정보처리학회논문지C, 제13권 제6호, pp.701-708, 2006.
- [13] 이창훈 et al, "맞춤형 u-City 서비스 제공을 위한 상황인지 추론 시스템," 정보처리학회논문지C, 제 16권 제1호, pp.109-116, 2009.



우 현 제

e-mail : hjwoo@ewhain.net
2004년 이화여자대학교 컴퓨터학과(학사)
2006년 이화여자대학교 컴퓨터학과(공학석사)
2007년~현 재 이화여자대학교 박사과정
관심분야: 무선 모바일 네트워크, Ad-hoc
네트워크, VANETs



이 미 정

e-mail : lmj@ewha.ac.kr
1987년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)
1989년 University of North Carolina at
Chapel Hill 컴퓨터학과(공학석사)
1994년 North Carolina State University
컴퓨터공학과(공학박사)
1994년~현 재 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 프로토콜 설계 및 성능 분석, 멀티미디어 전송을 위
한 트래픽 제어, 트래픽 엔지니어링, 무선 이동 네트
워크, Ad-hoc 네트워크, VANETs