홈 에너지 관리를 위한 정책 기반의 서비스 온톨로지

이미연 O1 이정원 2 박승수 1 김경아 3 조위덕 2

[1] 이화여자대학교 컴퓨터정보통신공학과, [2] 아주대학교 전자공학부, [3] 명지전문대학 컴퓨터정보과

ailmy@ewhain.net, jungwony@ajou.ac.kr, sspark@ewha.ac.kr, kakim@mail.mjc.ac.kr, wdukecho@gmail.com

A Policy-based Service Ontology for Home Energy Management

Meeyeon Lee O1 Jung-Won Lee 2 Seung Soo Park 1 Kyung-Ah Kim 3 We-Duke Cho 2

[1]Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

[2]Dept. of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

[3]Dept. of Computer Science and Information, Myongji College

요 약

유비쿼터스 컴퓨팅은 사용자의 개입을 최소화하고 상황과 사용자의 목표에 적합한 서비스를 자율적으로 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 이전 연구에서는 유비쿼터스 환경 내의 서비스들을 체계적으로 기술하고 구조화함으로써 사용자의 목표 달성을 위해 필요한 서비스를 동적으로 탐색할 수 있도록 유비쿼터스 서비스 온톨로지를 제안한 바 있다. 하지만 상황을 만족시키는 서비스들이 다중으로 존재할 때 후보 서비스들 중에서 최적의 서비스와 실행 기기를 결정하기 위한 방법을 제시하지는 못하였다. 따라서 본 논문에서는 최근 국내외적으로 이슈가 되고 있는 유비쿼터스 홈에서의 에너지 관리에 초점을 맞추어 상황과 에너지 절약뿐만 아니라 사용자의 만족도까지 복합적으로 고려할 수 있는 서비스/기기 선택을 위한 정책 온톨로지를 제안한다. 정책 기반의 서비스 온톨로지를 통해 유비쿼터스 홈에서의 자율적인 에너지 관리 서비스가 가능해질 것이다.

1. 서 론

유비쿼터스 컴퓨팅은 특정 이벤트 처리, 사용자의 목표 달성, 사용자가 원하는 환경 조성 등을 지원하는 자율적인 서비스를 제공하기 위해 상황 인식(context awareness)과 동적 서비스 발견 및 합성(dynamic service discovery & composition) 기법을 활용한다. 이를 위해 이전 연구[1, 2]에서는 유비쿼터스 환경의 상황 정보와 서비스 정보를 체계적으로 모델링하고 기술하기 위한 지식 베이스로서 유비쿼터스 서비스 온톨로지를 제안한 바 있다. 하지만 이 서비스 온톨로지를 통해 서비스가 발생하는 효과, 실행 기기의 현재 상태 등을 기준으로 상황에 적합한 서비스들을 탐색하거나 서비스가 제공이 불가능한 상황에서 대체를 위해 유사 효과를 발생하는 서비스를 찾아낼 수는 있지만, 서비스나 기기간의 우선 순위를 결정하는 기법의 부재로 인해 다중 후보가 존재할 경우에 최적의 서비스가 최적의 기기를 통해 제공되는 것을 보장하기 어려웠다.

한편 유비쿼터스 컴퓨팅의 목표 도메인 중 하나로 최근 이슈가 되고 있는 홈 에너지 관리를 위한 관련 연구도 활발히 진행되고 있다. 하지만 대부분의 연구나 실용 기술들은 각 기기에 하드웨어를 부착하여 사용자가 기기 별 전력 사용량을 모니터링하고 직접 원격으로 제어하거나[3], 홈 내에서의 전력, 수도, 가스 등의 사용량을 홈서버를 통해 사용자에게 공지하거나[4], 월패드에서 사용자가 일괄적으로 조명, 냉난방 시설을 조절할 수 있도록 제공하는데[5] 그치고 있을 뿐, 능동적 에너지 관리를 위한 서비스 시스템에 대한 연구는 미흡하다.

따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 홈에서의 에너지 소비를 관리하기 위해 상위 레벨의 에너지 관리 서비스를 설계하고 기존의 유비쿼터스 서비스 온톨로지를 확장한다. 또한 서비스/기기 선택을 위한 정책 온톨로지 구축을 통해 제공 가능한 다중 서비스 중에서 에너지 소비를 최소화할 수 있는 최적의 서비스와 실행 기기를 결정하는 메커니즘을 제시한다. 정책 온톨로지는 유비쿼터스 서비스 온톨로지를 기반으로 선정된 후보 서비스와 기기들 중에서 최종 서비스 및 실행 기기 선택 시에 고려되어야 하는 에너지 소비 관련 정책 요소를 정의한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 홈 에너지 관리를 위한 기존 연구를 정리하고 이전 연구에서 제안한 u-서비스 온톨로지에 대해 간략히 설명한다. 3장에서는 유비쿼터스 홈에서의 에너지 관리를 위한 시나리오를

* 본 연구는 지식경제프론티어기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천기반기술개발사업의 10C2-T3-10M과제로 지원된 것임.

기반으로 에너지 관리 서비스 온톨로지와 최적의 서비스 및 실행 기기 결정에 필요한 정책 컨텍스트 온톨로지를 구축한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 홈 에너지 관리를 위한 기존 연구

기존의 홈 에너지 관리를 위한 연구들은 서비스 레벨의 관리가 아니라 기기 레벨의 모니터링과 직접 제어를 목표로 하고 있다. 홈 내의 전자 기기에 하드웨어를 부착하고 홈 네트워킹 기술을 활용하여 각 기기의 에너지 사용량을 수집하여 사용자에게 보여주고 사용자가 모바일 기기 등을 통해 직접 수동으로 기기를 제어하는 시스템도 제안되었다[3].

이 밖에도 홈서버[4] 기술은 그림 1과 같이 가정 내의 사용 에너지 정보를 통합 수집하여 사용자에게 검침된 정보와 비교 통계를 보여줌으로써 에너지 절감을 위한 행위를 유도한다.

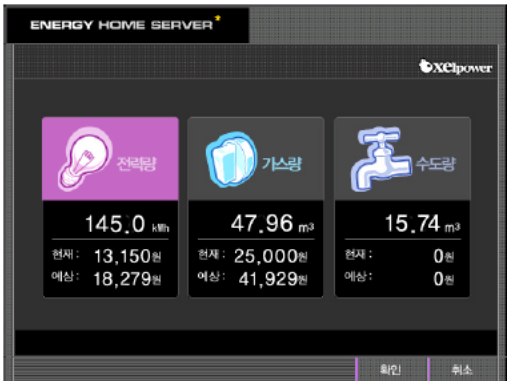

그림 1 에너지 홈서버의 기능

이와 유사하게 대기전력이나 홈 내에 내장되어 있는 전기 시설을 사용자가 용이하게 조절할 수 있도록 월패드 형식의 인터페이스를 제공하기도 한다[5]. 하지만 이러한 기존 연구들은 에너지 사용량을 검침하여 제공할 뿐 에너지 관리를 위한 사용자의 개입과 행위를 전제하고 있다.

2.2 유비쿼터스 서비스 온톨로지 (u-Service Ontology)

이전 연구[1, 2]에서 제안한 유비쿼터스 서비스 온톨로지는 웰빙 라이프와 공공 안전 도메인을 위해 구축하였고, 도메인 지식뿐만 아니라 환경 내에서 제공할 수 있는 서비스를 체계적으로 기술하고 있다. 이 온톨로지는 사용자, 공간, 제어 가능한 기기 등과 같은 컨텍스트 정보를 포함하고, 도메인 내에 존재하는 다양한 기기들의 기능들을 추상화한 단위인 'u-서비스(u-Service)'를 도출하여 그들의 정보를 기술하고 구조화하였다. u-서비스들은 추상화 정도에 따라 계층적 구조를 형성하고 있으며 추상적인 목표를 달성하기 위한 서비스 탐색과 유사 서비스의 발견/대체를 통해 동적 상황에 대처할 수 있도록 설계하였다. 즉, u-서비스 온톨로지는 유비쿼터스 환경에서 동적으로 변화하는 상황을 인식하여 사용자가 필요로 하는 효과를 발생할 수 있는 후보 서비스들을 발견할 수 있는 서비스 체계를 제공한다.

3. 홈 에너지 관리 서비스

기존의 유비쿼터스 서비스 온톨로지는 u-서비스들을 분류하고 구조화함으로써 상황에 적합한 서비스들을 탐색할 수 있도록 하였지만, 에너지 관리를 고려하기 위한 체계를 제공하지는 못하고 있다. 뿐만 아니라, 상황 조건에 부합하는 다중의 후보 서비스들 중에서 최종 서비스와 해당 서비스를 제공할 기기를 결정하기 위한 방법도 필요하다. 이를 해결하기 위해 기존의 u-서비스들을 기반으로 에너지 관리에 특화된 상위 레벨의 서비스를 설계하고, 다중 후보 중에서 에너지 소비를 최소화할 수 있는 서비스 및 기기를 선택하기 위해 고려해야 하는 정책 요소를 정의한다.

3.1 홈 에너지 관리 시나리오

홈 내에서의 에너지 관리는 대기전력 차단과 같은 일차원적인 자동 제어뿐만 아니라 적합한 서비스와 기기를 선택할 시에 에너지 정책을 우선하여 소비를 최소화하는 고차원적 서비스도 고려해야 한다. 예를 들어, 다음과 같은 시나리오를 지원할 수 있어야 한다.

- 상황 1: 사용자 A씨가 외출 시에는 홈 내의 모든 대기전력 차단 장치를 작동한다.
- 상황 2: 사용자 A씨는 실내 온도 25℃를 선호한다. 현재 거실의 온도가 32℃로 냉방 서비스가 필요한데 A씨는 전력 사용량에 민감하므로 에어컨이 아닌 선풍기를 작동한다.
- 상황 3: A씨가 독서 중인 방의 조명을 독서에 적합한 최소 조도인 700lux로 낮춘다.

3.2 홈 에너지 관리 서비스 온톨로지 (u-Home Energy Management Service Ontology)

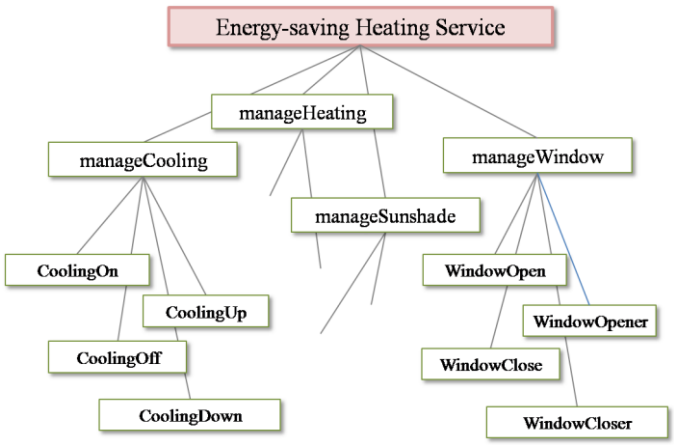

그림 2 자동 냉난방 조절 서비스 구조 (일부분)

앞 절에서 선정한 시나리오를 지원하기 위해서 에너지

소비와 관련된 기기 에너지 효율과 같은 도메인 정보를 기술할 수 있도록 유비쿼터스 서비스 온톨로지를 확장한다. 또한 기존의 u-서비스들을 재구조화하고 추가하여 에너지 관리를 위한 최상위 레벨의 서비스를 설계한다. 위의 그림 2는 에너지 관리 서비스의 하나인 '자동 냉난방조절 서비스'의 일부 구조를 트리 형태로 보인다. 그림 2와 같이, 냉난방과 관련된 서비스들을 분류하고 관계를 설정함으로써 온도를 낮추어야 하는 등의 특정 상황이 발생했을 경우에 서비스 구조를 따라 후보 서비스와 각 서비스를 실행할 수 있는 기기 집합을 찾아낼 수 있다. 이들 중에서 다음 절에서 정의할 에너지 관리 정책을 참고하여 최적의 서비스와 기기를 결정하여 제공하게 된다.

3.3 정책 컨텍스트 온톨로지 (Policy Context Ontology)

홈 에너지 관리 서비스 온톨로지는 특정 에너지와 관련된 서비스와 기기들을 분류하고 관계를 정의한다. 정책 컨텍스트 온톨로지는 서비스 온톨로지를 기반으로 선정된 후보 서비스와 기기들 중에서 조건에 가장 부합하는 단일 서비스-기기 쌍의 선택 시에 고려해야 하는 요소들을 기술하게 된다. 이 때 에너지 관리뿐만 아니라 사용자의 선호도 등도 반영함으로써 사용자의 만족도를 향상시킬 수 있는 복합적인 정책이 필수적이다. 따라서 정책 규칙 기술의 기반이 되는 정책 컨텍스트 요소를 그림 3과 같이 체계적으로 정리할 필요가 있다. 그림 3은 정책 컨텍스트의 일부분과 각 예시를 보이고 있다. 크게 기기, 공간, 사용자, 환경적 요소의 4가지 카테고리로 분류하고 각각 고려할 수 있는 항목들을 정의하였다.

- **환경적 요소(Environmental Factor)**: 현재 주변 상황은 가장 기본적인 고려 대상이라 할 수 있다. 실내·외 환경 상태, 계절, 시간대에 따라 선택할 수 있는 서비스와 기기가 달라지기 때문이다.
- **기기(Device)**: 실제 에너지를 소모하는 기기에 대한 정보로서 특정 서비스를 실행할 수 있는 다중 기기가 존재할 시에 최적의 기기를 선택하기 위해 고려해야 할 항목들을 정의한다. 에너지 효율(전력 소모량), 시간 대비 성능, 위치가 중요한 요소가 된다.
- **공간(Space)**: 홈 내의 세부 공간 별로 에너지 관리 정책이 달라질 수 있다. 즉, 공간의 용도나 크기에 따라 에너지 절약을 최대화 또는 최소화해야 하는 정책을 정의할 수 있다.
- **사용자(User)**: 에너지 절약과 사용자의 만족도 충족을 위해서는 사용자의 선호도 또는 사용자의 현재 상태가 중요한 기준이 될 수 있다. 사용자가 선호하는 서비스나 기기, 선호하는 실내 환경 등을 정의할 수 있고, 특별히 중시하는 요소(전력 소비 최소화 등)를 설정하고 반영하여야 한다.

각 정책 컨텍스트 항목을 일관되게 기술하기 위해 기술 규격을 정의하였고, 표 1은 사용자의 선호도를 기술하기 위한 규격이다.

- **User**: 해당 정책 컨텍스트와 관련된 사람, 즉 정책 생성자 또는 사용자의 식별자로 표현한다.
- **BestService-Device**: 특정 효과에 대해 사용자가 가장

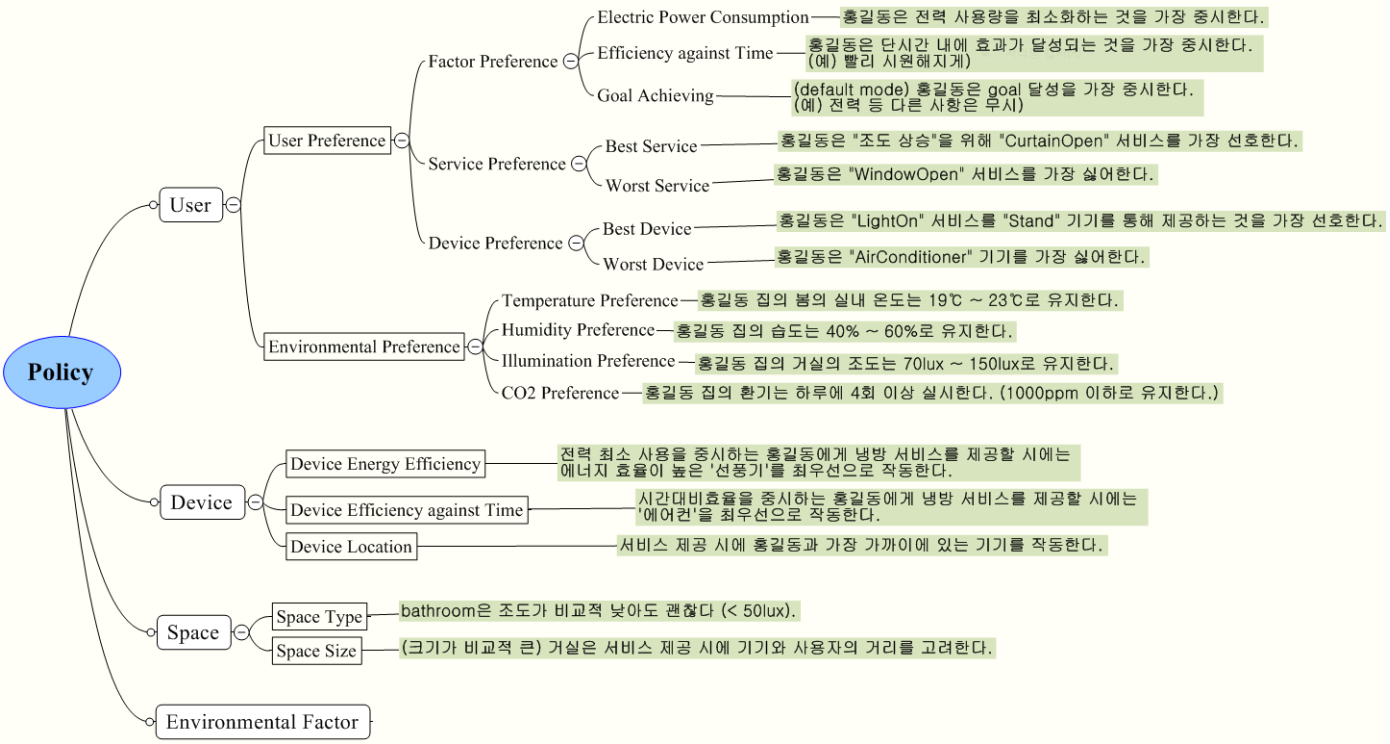

그림 3 홈 에너지 관리를 위한 정책 컨텍스트와 예시 (일부분)

표 1 '사용자(User Policy)' 정책 컨텍스트의 기술 규격

User	BestService-Device	WorstService-Device	PreferringFactor
user_id	(Effect, ServiceName, DeviceClass)	(Effect, ServiceName, DeviceClass)	{Energy || Efficiency || Goal}

EnvironmentalPreference			
Temperature	Humidity	Illumination	CO_2
integer (℃)	integer (%)	integer (lux)	integer (ppm)

UserActivity	In_Condition
{absence || exercising || reading || party, || …}	rule

표 2 '기기(Device Policy)' 정책 컨텍스트의 기술 규격

Device	EnergyEfficiencyLevel	EfficiencyTimeLevel
device_id	integer	integer

DeviceLocation	In_Condition
{closest || sameSpace || none}	rule

선호하는 서비스와 해당 서비스를 실행할 기기의 트리플로 표현한다. 여기에서 'Effect'는 u-서비스 온톨로지 내의 u-서비스들이 실행 후에 발생시키는 효과를 기술하고 있는 항목이다. 예를 들어, {*Illumination_UP, IlluminatorOn, Stand*}는 사용자가 조도 상승을 위해 조명 기기를 작동하는 서비스를 스탠드 기기를 통해 제공받는 것을 가장 선호함을 의미한다.

- **WorstService-Device**: 위의 항목과 반대로서, 사용자가 가장 기피하는 서비스와 기기를 표현함으로써 선택 시에 가장 최하위 후보가 된다.
- **PreferringFactor**: 에너지 소비량, 시간대비효율, 목적 달성 중에서 사용자가 특별히 중시하는 요소를 나타낸다. 예를 들어, 시간대비효율을 가장 중시하는 사용자라면 에너지를 많이 소모하더라도 효과를 빠르게 나타낼 수 있는 서비스나 기기를 선택해야 할 것이다.
- **EnvironmentalPreference**: 사용자가 선호하는 환경 상태 즉, 온도, 습도, 조도, 공기 상태 등을 기술함으로써 맞춤형 서비스가 가능하도록 한다.
- **UserActivity**: 사용자의 현재 상태 또는 행위에 따라 다른 서비스가 제공될 수 있다. 부재, 독서, 운동 등과 같이 특별한 상태를 정의하고 조성해야 하는 목표 환경이나 에너지 관리의 정도를 다르게 한다. 예를 들어, 실내에 다수의 사람이 있을 경우에는 평소보다 난방을 적게 함으로써 에너지를 절약할 수 있다.
- **In_Condition**: 정책 컨텍스트 간의 복합 표현을 위한 항목이다. 별도의 단말 레벨의 컨텍스트들이므로 복잡한 정책을 표현하기 위해 복합적으로 사용될 수 있다. 즉, 그림 3에서 정의한 컨텍스트들을 활용하여 '사용자 A씨는 여름에는 실내 온도 25℃~27℃를 선호하므로, 실내 온도가 35℃ 이상일 때는 에어컨으로 Cooling서비스를, 35℃ 이하일 때는 가장 가까운 창문을 연다'와 같은 복합 정책을 정의할 수 있다.

표 2는 기기에 대한 정책 컨텍스트 기술 규격이다. 이 규격에 따라 u-서비스 온톨로지 내의 기기 표현에 에너지 관련 항목이 추가되고 이들을 활용하여 정책을 기술할 수 있다. 그림 4는 온톨로지 에디터인 Protégé[1]를 사용해서 실제 기술한 예이다.

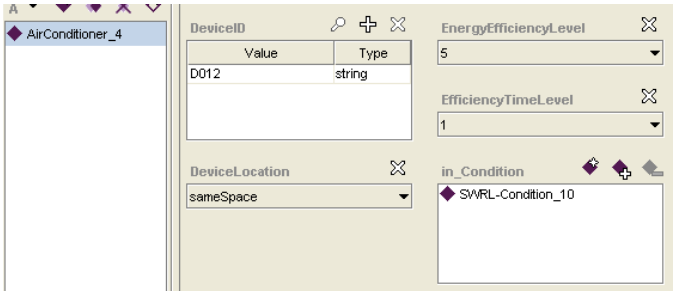

그림 4 기기 정책 컨텍스트의 표현 예

그림 5는 3.2절의 서비스 온톨로지와 본 절의 정책 온톨로지를 통한 서비스 및 기기의 선택 과정의 흐름도를 보이고 있다. 상황 인식부터 최종 서비스가 제공되기까지의 단계를 3.1절에서 제시한 상황 2의 냉방 서비스(Temperature Down)가 필요한 상황을 예로 들어 설명한다.

① **단계 1 목표 수립 및 상황 인지**: 현재 사용자의 위치와 상황(현재 온도)을 센싱하고 필요한 서비스를 파악한다. 즉, 사용자 A씨가 거실에 있고 온도가 32℃이므로 온도를 낮추어야 한다.

② **단계 2 서비스 및 기기 탐색**: 유비쿼터스 서비스 온톨로지를 참고하여 냉방 효과를 발생할 수 있는 서비스들을 찾아내고, 현재 사용자의 위치와 기기의 상태 등을 파악하여 실행 가능한 후보 서비스를 선별한다. 즉, *HeateringOff* 서비스가 보일러01을 통해, *CoolingOn*

[1] Protégé, http://protege.stanford.edu/

서비스가 에어컨02 또는 선풍기 03을 통해, *manageWindow* 서비스가 창문01, 창문02를 통해 가능하다.

③ **단계 3 최종 서비스 및 기기 결정**: 정책에 따라 현재 상황에서 가장 적합한 단일 서비스와 기기를 결정한다. 동일한 상황이라 하더라도 정책에 따라 다른 서비스가 다른 기기를 통해 제공될 수 있다. 즉, 사용자 A씨가 전력 사용량을 최소화하는 정책을 정의했고 현재 실외의 온도가 실내보다 낮다면 전력 제품을 사용하지 않는 *WindowOpen* 서비스를 창문01과 창문02를 통해 제공한다. 하지만 사용자가 냉방 효과를 위한 선호 서비스와 기기로 *CoolingOn*(에어컨)을 설정했다면 사용자의 만족도를 충족시키기 위해 이 서비스를 제공할 수도 있다.

④ **단계 4 실행**: 3단계에서 최종 선택된 서비스를 해당 기기를 작동시켜 제공한다.

위의 3단계에서 설명하였듯이, 정책 온톨로지는 에너지 관리를 목표로 서비스와 기기를 선택하도록 함으로써 사용자의 별도의 개입 없이 홈 내의 에너지 관리에 기여할 수 있는 핵심 역할을 하게 된다.

4. 결 론

유비쿼터스 홈 환경에서 에너지 관리를 위한 다양한 기술들이 개발되고 있지만 대부분 홈 내의 에너지 사용량을 수집하거나 사용자가 수동으로 제어할 수 있는 네트워크를 제공하는 수준이다. 따라서 서비스 제공 시에 최소한의 에너지를 소비하도록 관리할 수 있는 자율적인 서비스 시스템이 필요하다. 이를 위해서는 도메인과 서비스에 대한 정보를 기술하는 기법뿐만 아니라 최적의 서비스 및 기기를 선택할 수 있는 메커니즘도 필요하다.

이에 본 논문에서는 기존의 유비쿼터스 서비스 온톨로지를 홈 에너지 관리를 위한 상위 서비스를 포함하도록 확장하였다. 또한 서비스 온톨로지를 통해 탐색한 다중의 후보 서비스들 중에서 최적의 서비스와 이를 실행할 기기를 결정하는 근거가 되는 정책 정의를 위한 선행 연구로서 에너지 관리를 위해 고려해야 할 요소들을 포함하는 정책 온톨로지를 구축하였다. 본 논문에서 제안하는 정책 온톨로지를 기반으로 에너지 관리를 위한 다양한 복합 정책을 기술할 수 있을 것이다. 향후에는 정책 규칙을 기술하고 정책 간의 충돌을 해결하는 기법 등을 연구할 것이며 도메인 확장을 통한 정책 온톨로지 일반화를 고려할 예정이다.

참고문헌

[1] M. Lee, S. Park and J. Lee, "Ontology-based Service Layering for Facilitating Alternative Service Discovery", Proc. of the 2th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, pp. 482-487, Jan.. 2008.

[2] M. Lee, J. Lee, S. Park and W. Cho, "Ontology-based Service Description and Overloading Method for Ubiquitous Computing", Journal of Korea Information Processing Society, vol.15-B, no.5, pp.465-476, Oct. 2008. (in Korean)

[3] H. Mineno, Y. Kato, K. Obata, H. Kuriyama, K. Abe, N. Ishikawa and T. Mizuno, "Adaptive Home/Building Energy Management System Using Heterogeneous Sensor/Actuator Networks", Proc. of the 7th Consumer

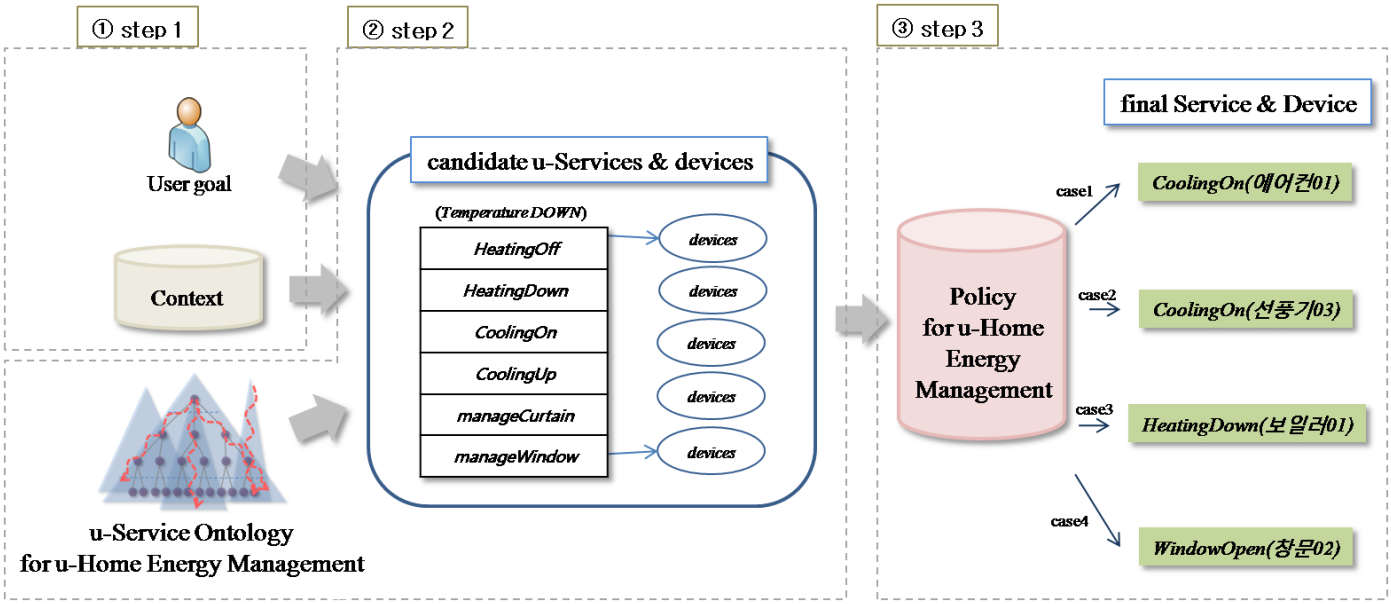

그림 5 에너지 관리 서비스 온톨로지와 정책 온톨로지의 역할

Communications and Networking Conference (CCNC), pp.1-5, Jan. 2010.

[4] 박진신, 윤성구, “On-Line 에너지(전기, 가스, 수도) 통합관리용 에너지홈서버 기술”, 한국조명전기설비학회 제18권 제2호, pp.45-53, 2004.4.

[5] 주성호, 최문석, 최종협, 임용훈, 김태경, “전력선통신을 이용한 지능형 홈에너지 관리시스템”, 전력전자학술대회 2008년도 논문집, pp.148-150, 2008.6.