

스마트 그리드를 위한 홈 에너지 관리 시스템 설계 및 구현

리건¹, 정재윤¹, 홍원기^{1,2}

¹ 포항공과대학교 컴퓨터공학과

² 포항공과대학교 정보전자융합공학과

{gunine, dejavu94, jwkhong}@postech.ac.kr

요 약

에너지 소비 및 낭비를 줄이고 효율적으로 에너지를 관리하는 것은 일반 가정 환경에서 핵심일 뿐 만 아니라 미래 스마트 그리드의 중요한 구성 부분이기도 하다. 본 논문에서는 홈 에너지 관리를 위한 Green Home Service (GHS)의 설계 및 구현 방안에 대하여 기술하고자 한다. GHS 아키텍처를 설계함에 있어 AOP 프로그래밍 메커니즘을 이용하여 GHS 와 여러 가전제품들 사이의 상호 운용을 가능하게 하였고 가정환경에 맞는 전반적인 에너지 관리 솔루션을 설계 및 구현하여 보다 효과적인 장치 관리 기능을 제공 하고자 한다.

1. 서론

오늘날 많은 국가에서 에너지 수요가 급증하고 있고 그 속도는 이미 에너지 생산 용량을 훨씬 초과하기에 이르렀다. 그 결과로 에너지 가격은 수년간 급격하게 증가하였으며 peak time 시 발생 하는 전력 부족과 정전에 대한 대처가 더욱더 중요해지고 있다. 에너지 소비 및 낭비를 줄이고 효율적으로 에너지 관리를 하는 것은 일반 가정 환경에서 핵심이며 미래 스마트 그리드의 중요한 구성 부분이다. 이러한 스마트 그리드 비전에 맞추어 보다 효율적으로 홈 에너지 관리를 하기 위하여 본 논문에서 우리는 아래와 같은 두 가지 문제를 해결 하고자 한다.

● 통합된 관리 솔루션

사용자는 급변하는 에너지 가격(특히 Demand Response(DR) 프로그램이 구현 되었다고 할 때)과 가정 환경에서 소비되는 에너지의 소비량에 관한 구조화된 정보를 가지고 있지 않으며 그렇다 하더라도 사용자들은 에너지를 줄임으로써 가져다 주는 생활상의 편의성이나 기타 생산성의 저하를 우려하여 스스로 에너지 관리를 하는 것에 보수적인 태도를 보인다.

● 홈 영역 네트워크상에 존재하는 장치들의 관리 개선 방안

다수의 통신 기술들과 수많은 데이터 포맷들 및 장치에 특화된 프로토콜들이 현재 홈 영역 네트워크 환경에서 많이 사용 되고 있다. 이 문제를 해결 하기 위하여 현존하는 부동한 장치들과 상호 운용 할 수 있으면서 추후 추가 될 스마트 가전제품들 쉽게 포괄할 수 있는 신축성 및 확장성 있는 시스템 디자인이 필요하다.

본 논문에서는 홈 에너지 관리 시스템으로 Green Home Service (GHS)를 제안하고, 이를 위한 설계 및 구현 방안을 제시한다. 제안하는 GHS 는 자동화된 검침, 제어뿐만 아니라 사용자들을 대신하여 가전제품의 제어 의사 결정까지 내려주는 기능을 제공 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 에너지 관리 시스템 아키텍처의 관련 연구에 대하여 기술하고 3 장에서는 GHS 아키텍처 및 AOP 방법을 이용한 효율적인 장치 관리 방안을 보여주고자 한다. 4 장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

홈 에너지 관리를 위한 시스템 아키텍처가 홈 에너지 관리 영역에서 많이 제안 되었다. 우리는 가전제품에 대한 제어를 결정하는 모듈이 존재하는 위치에 근거하여 관련 연구들을 크게 세 가지 부류로 나누었다.

● **Device Side:** 가전제품에 대한 제어를 결정하는 모듈이 각 장치 내에 존재하는 형태이다. 제어나 모니터링에 필요한 기능을 제공함에 있어 표준화된 프로토콜을 사용하고 있지 않기 때문에 새로운 장치들이 홈 영역 네트워크에 추가 될 때마다 장치에 특화된 모듈을 개발해 넣어야 하는 오버헤드를 감수 해야 한다.

● **Neighborhood Side:** 이 모델에서 가전제품의 제어 결정은 neighborhood 레벨에서 이루어 진다. 실제 시스템 구현은 각 가정을 단위로 (분산 된 형식) 이루어 지거나 neighborhood 서버 (집중 된 형식)에 맞추어 실현 될 수 있다.

● **Server Side:** 가전제품 제어 결정 모듈이 Home Gateway(HG) 속에 존재 하는 형태이다.

3. Green Home Service 의 설계 및 구현

본 장에서는 GHS 의 설계 및 구현 방안에 관하여 자세히 다루려고 한다. 우선 먼저 제 2 장에서 소개한 세 가지 모델을 비교 및 분석하고 분석된 결과를 근거로 우리가 server side 모델을 참고 모델로 선택한 이유를 설명하고자 한다.

Device side 모델은 가전제품들은 클라이언트에서부터 오는 요청을 처리하는데 필요로 하는 프로그래밍 인터페이스를 제공해 주지 않으므로 실제 적용에 어려움이 있다. 또한 neighborhood side 모델은 홈 에너지 관리에 초점이 맞추어 지지 않았으므로 우리의 context 에 적합하지 않으며 이러한 이유로 우리는 server side 모델을 이용하여 GHS 아키텍처를 설계하기로 결정 하였다.

3.1. GHS 아키텍처

GHS 는 가정용 서버 어플리케이션으로 스마트 그리드의 Energy Management Interface (EMI) 를 통해 외부와 통신하며 DR 가격 정보 등을 받고 원격으로 전력을 제어 할 수 있게 한다. 뿐만 아니라 다양한 통신 프로토콜을 사용하여 주기적인 전력 모니터링, 제어 및 계획을 가능하게 한다. GHS 아키텍처는 4 개의 기본 컴포넌트로 구성되어 있다 [2].

GHS 가 효과적이고도 자동적으로 동작하기 위해서 GHS 서버는 가정 내 검침 장치 및 가전제품들과 통신 할 수 있는 환경이어야 한다. 현재 문제점은 통신 프로토콜과 제어 및 상태 정보를 얻기 위한 데이터 포맷이 표준화되지 않은 상태이다. 따라서 GHS 는 상호 운용성, 확장성 및 효율성과 같은 특성을 지원해야 한다.

위에 열거한 요구사항들을 만족 시키기 위하여 GHS 의 Adapter 디자인 시 Aspect Oriented Programming (AOP) [1] 접근 방법이 사용되었다.

3.2. GHS 에 Aspect Oriented Programming 적용

AOP 기반의 시스템 디자인은 master process 를 (GHS services) 구현함에 있어서 시스템 특정 로직 (어플리케이션 adaptor 로직)과의 얽힘에서 분리한다.

그림 1은 AOP 기반의 adapter framework 을 보여 준다. Adapter Master Process (AMP)는 일반화 된 프로세스이며 다양한 adaptor 들을 지원 하기 위하여 아래와 같은 흐름을 통하여 런타임 시 자체 프로세스를 재구성 한다. 1) GHS 가 다른 종류의 클라이언트로부터 요청을 받는다. 2) GHS 이 네임 스페이스와 서비스 이름을 사용해 요청을 구분한다. 3) 서비스는 특정 요청을 해석하고, 해석된 결과를 근거로 가전제품과 통신한다. 4) 이 단계에서 AMP 가 요청되지만 곧바로 실행 되지는 않는다. AMP 요청이 발생하면 adaptor framework 은 관련 aspect 들을 미리 정의된 정책을 근거로 선택한다. 5) 마지막으로 앞 단계에서 선택된 aspects 는 런타임 시 AMP 에 통합되어 하나의 완전한 프로세스를 구성하여 최종 실행된다.

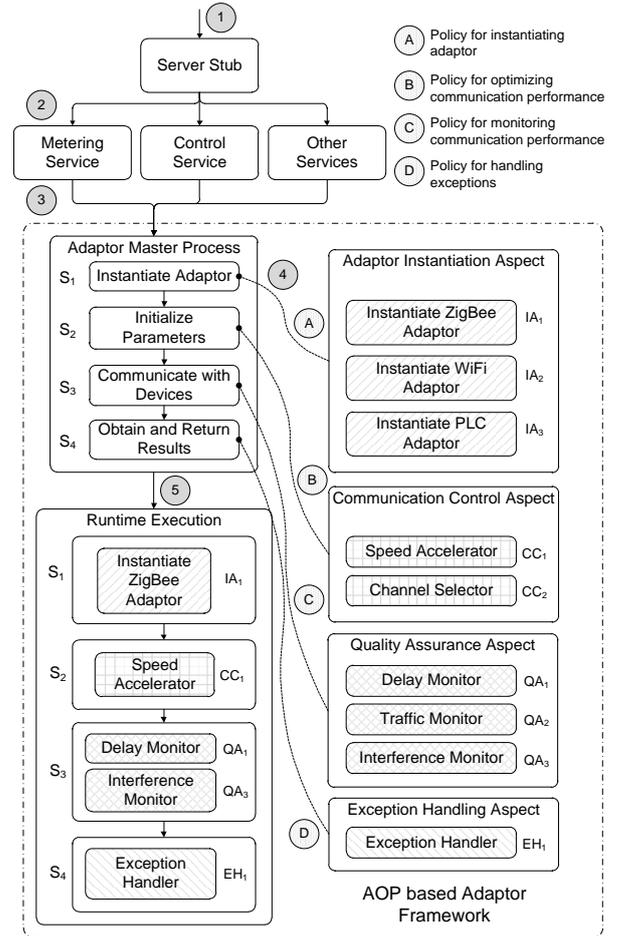


그림 1 AOP 기반 Adaptor 프레임워크

4. 결론

본 논문에서는 스마트 그리드 환경에서 자동화된 검침 및 의사 결정 기능을 제공 하기 위한 솔루션으로 GHS 를 제안하였고 그에 대한 자세한 설계 및 구현 방법에 대하여 논의 하였다. GHS 아키텍처를 설계함에 있어 AOP 프로그래밍 메커니즘을 이용하여 GHS 와 여러 가전제품들 사이의 상호 운용을 가능하게 하였다.

향후 연구로, 제안한 GHS 아키텍처를 발전시켜 가정 환경뿐만 아니라 기업용 ICT 영역에서도 사용 가능한 통합된 에너지 관리 솔루션을 설계 및 구현 하고자 한다.

5. 참고 문헌

[1] G. Kiczales, J. Lamping, A. Mendhekar, C. Maeda, C. Lopes, J.-M. Longtier, and J. Irwin, "Aspect-oriented programming," in *Proceedings European Conference on Object-Oriented Programming*, 1997, pp. 220–242.

[2] J. Xiao, J. Chung, J. Li, R. Boutaba, and J.-K. Hong, "Near-optimal demand-side energy management under real-time demand-response pricing," in *IEEE Conference on Network and Services Management (CNSM 2010), mini-conference*, October 2010.