이기종간의 CPS들의 상호작용을 위한 브로커 기반의 웹서비스 기법

강용혁*, 김태형**, 엄영익**
*극동대학교 경영학부 정보경영전공
**성균관대학교 정보통신공학부
e-mail:yhkang@kdu.ac.kr, {kim15m, yieom}@ece.skku.ac.kr

A Broker-based Web Service for Interoperating Heterogeneous Cyber Physical Systems

Yong-hyeog Kang*, Tae-hyoung Kim**, Young Ik Eom**
*School of Business Administration, Far East University
**School of Information & Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

CPS는 소프트웨어 시스템에 의해 제어되는 물리적인 디바이스들의 결합으로 엄격한 실시간 및 물리적인 자원의 제약속에서 작업을 수행한다. CPS가 다양한 분야에 응용되기 때문에 이기종 CPS 간의 통합문제도 종종 일어나게 된다. 본 논문에서는 이기종 CPS들의 상호작용을 위해 상호운용성이 높은 웹서비스 기법을 도입한다. 제안기법은 CPS 디바이스를 서비스로 추상화하여 상호운용성을 높이는 방식을 적용하였으며, CPS 디바이스를 지원하기 위해 기존 웹서비스 구조에 서비스 브로커를 추가한다. 제안기법의 서비스 브로커는 CPS 디바이스와의 의미론적 상호 운용성뿐만 아니라 수집된 정보 통합 및 서비스 합성과 디바이스 관리를 수행한다.

1. 서론

CPS(Cyber Physical System)는 계산(computation)과 물리적인 프로세스들의 융합(integration)이다[1]. 주로 단독으로 존재하는 임베디드 시스템과 다르게 CPS는 엘리먼트들이 상호작용하는 네트워크 시스템이다[1]. CPS의 응용은 고신뢰 의료 장비와 시스템, 생활보조, 교통 제어 및 안전, 고급 자동 시스템, 프로세스 제어, 에너지 절약, 환경 제어, 항공전자공학, 중요하부망 제어, 분산 로봇공학 등 다양한 분야에 있다[1].

현재 경향과 시장 경제적으로 일반적인 목적의 미들웨어가 CPS를 개발하는데 사용되는 것이 요구된다[2]. 하지만, 미들웨어의 무거움이 CPS 성능에 영향을 주고 있다. [2]에서 미들웨어의 불필요한 특색과 맞춤형 특색들을 추가하고 요구되는 하부구조가 최적화되도록 하는 기법이 제안되었다. 하지만, 여전히 해결되지 않은 문제점들이 많이 남아있다.

CPS는 본질적으로 데이터 중심적이다[3]. 즉, 새로운 데이터의 가용성은 CPS가 실제 세계와 상호작용에 요구되는 기초적인 기능이다[3]. 하지만, 계산과 통신 기반의 패러다임이 CPS의 비젼을 실현하는 데 큰 걸림돌이 되고 있다. 첫째로 분산되고 이기종간의 데이터에 대한 상호 작용이나 협동할 수 있는 프로그래밍 추상화나 프로토콜이 없는 문제가 있으며, 두 번째로 데이터의 신선도나 정확성 같은 QoD(Quality of Data)를 보장하도록 지원하기에 부족한 문제점이 있다.

데이터 서비스는 데이터를 수집하고, 저장하고, 처리하고 내보내는 기능이다. [3]에서는 웹서비스를 이용한 오픈 데이터 서비스 구조를 제안하였다. 하지만, SOA를 이용한 CPS를 모델링하고 분석하고 통합하고 관리하는 것은 여러 가지 문제점이 있다[4]. 컨텍스트 기반의 서비스 제공이 어려우며 자원제약적인 환경에 적합하지 않고 자원 공유가 어려우며 합성 기법이 어려운 문제점이 있다. 본 논문에서는 상호운용성을 위하여 웹서비스를 적용하되 속도와 자원공유와 통합 및 컨텍스트 기반의 서비스 제공이 가능하도록 하는 기법을 제안한다.

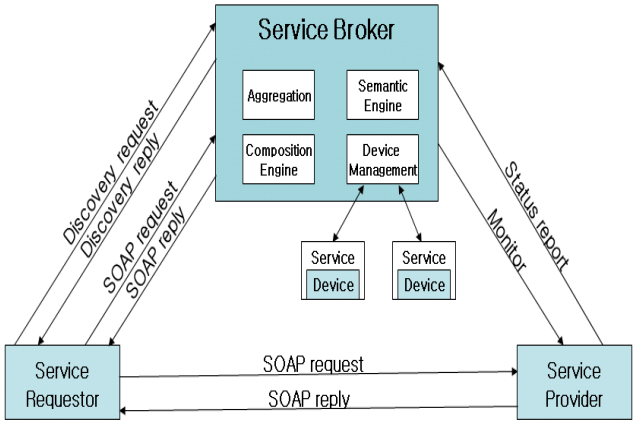
2. 관련연구

CPS는 임베디드 시스템과 같이 높은 신뢰성(reliability)과 예측가능성(predictability)을 요구한다. 하지만 실제 세계는 완전하게 예측가능하지 않다. 또한, 하드웨어나 소프트웨어가 복잡해질수록 더욱더 예측가능성과 신뢰성을 높이는 것이 어렵게 된다. CPS는 또한 병행수행하므로 더더욱 문제점이 커진다. 물리적인 프로세스들이 본질적으로 병행수행하므로 컴퓨팅 프로세스가 물리적인 프로세스와 연동하기 위해서는 병행수행되어야 한다. 이러한 여러 가지 문제점들에 대해서는 어느 정도 해결방안들이 제시되고 있다[1]. 하지만 이기종간의 시스템들이 많은 환경에서는 시스템들 간의 상호작용이 어려워지며 각자의 인터페이스들만을 사용할 경우에는 통합하여 서비스하는 것이 어려워진다. 따라서 본 논문에서는 이기종간의 상호작용을 위해 상호 운용성이 좋은 웹서비스 방식을 적용한다.

물리적인 디바이스를 분산네트워크에 융합하는 것과 관련된 많은 복잡성과 비용을 줄이기 위해 디바이스를 서비스로 하는 SODA(Service-oriented Device architecture)가 제안되었다[5]. SODA에서 서비스들은 잘정의된 인터페이스를 갖는 컴포넌트들이며 프로그램언어나 컴퓨팅 플랫폼에 독립적이다.

3. 제안기법

본 논문에서 제안하는 기법은 이기종 CPS들을 효과적으로 통합하기 위하여 디바이스를 서비스로 추상화하고 컨텍스트에 맞는 적합한 서비스를 찾기 위하여 시맨틱 웹서비스를 적용하는 기법을 사용하며 빠른 응답시간과 QoS를 위하여 브로커에 상태정보들을 자료구조 형태로 저장하여 XML 기반의 응용에서 발생할 수 있는 처리시간의 비효율성 문제점을 해결한다. XML은 상호작용을 위해서는 효과적으로 운용될 수 있지만, 빠른 처리가 요구되는 환경에서는 부적합하다[6]. 따라서, XML 기반의 정보를 직접 사용할 수 있는 상태로 유지하는 것이 필요하다. 서비스 브로커는 주로 서버측에 존재하며 서비스를 효율적으로 제공하는 데 대부분의 역할을 수행한다. 즉, 서비스 탐색 및 관리와 서비스 합성 및 모니터링 등의 역할을 수행하며, 디바이스를 관리하는 역할을 수행한다. 또한, 시맨틱 기능을 제공하기 위해 추론하는 기능이 포함된다. 본 논문에서 제안하는 기법의 구조는 그림 1과 같다.



(그림 1) CPS를 지원하는 브로커 기반의 웹서비스 구조

그림에서 서비스 요청자와 서비스 제공자와의 SOAP 요청과 SOAP 응답은 일반적인 웹서비스 구조이다. CPS를 구성하는 이기종 디바이스들을 지원하기 위해 디바이스들을 서비스로 추상화되어 서비스 인터페이스로 처리되며 서비스 브로커의 Device Management 모듈에 의해 관리된다. 이 모듈은 통한 SODA[5]와 같은 다양한 디바이스 인터페이스들과의 상호작용도 관리한다.

디바이스에 대한 접근도 웹서비스처럼 서비스 브로커를 서비스 제공자로 하는 SOAP 요청과 SOAP 응답으로 이루어지지만, 이를 지원하기 위해서는 서비스 브로커에 다양한 모듈이 필요하다. Aggregation 모듈은 디바이스에 의해 수집된 정보들을 통합하여 병합된 정보로 유지하는 역할을 수행하며, Composition Engine 모듈은 합성이 필요한 웹서비스인 경우에 합성 정보를 유지하는 역할을 수행한다. Semantic Engine 모듈은 의미론적이나 문맥상의 상호운용성을 위한 모듈로, 이기종간의 문맥상의 차이점의 문제점들을 해결하기 위해 의미 검색 및 추론 기능이 사용한다.

실제로 수집된 데이터는 메모리상에 자료구조로 그래프 형태로 유지하여 빠른 추론 및 빠른 검색과 데이터 혼합 및 서비스 합성 등을 빠르게 수행되도록 해야 한다. 이를 위해 수집된 정보들을 변환하는 모듈과 자료구조를 관리하는 모듈이 필요하다.

이기종 CPS 간의 상호작용이 필요한 요청자는 서비스 브로커에게 해당 서비스를 검색하는 요청을 하고, 서비스 브로커는 자신의 유지하는 자료구조에 해당 서비스를 찾아서 응답한다. 하지만, 요청된 서비스를 충족시키지 못할 경우에는 다른 서비스 브로커와의 협력을 통해 서비스를 검색한다. 이를 위해 추가적으로 외부 서비스 브로커와의 협력할 수 있는 모듈도 필요하다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 이기종간의 CPS들의 상호작용을 위해 브로커 기반의 웹서비스 기법을 제안하였다. 제안기법의 서비스 브로커는 디바이스를 서비스로 추상화하여 관리하며, 다양한 응용과 복잡한 작업들을 지원하기 위해 여러 가지 모듈들이 사용되었다.

향후 연구과제로는 제안기법의 효용성을 평가하기 위해 실제적으로 운용될 때 발생할 수 있는 문제점들을 연구하며 서비스의 검색 및 통합과 합성을 효율적으로 처리하기 위해 필요한 수집된 정보를 효과적으로 관리하는 기법을 연구한다.

참고문헌

[1] Edward A. Lee, "cyber physical systems: design challenges," ISORC, May, 2008.

[2] Akshay Dabholkar and Aniruddha Gokhale, "An Approach to Middelware Specialization for Cyber Physical Systems," ICDCW, June, 2009.

[3] WooChul Kang and Sang H. Son, "The Design of an Open Data Service Architecture for Cyber-Physical System," ACM SIGBED Review, Jan. 2008.

[4] Jian Huang, et al, "Toward a Smart Cyber-Physical Space: A Context-Sensitive Resource-Explicit Service Model," IEEE COMPSAC, July, 2009.

[5] Scott de Deugd, et al. "SODA: Service-Oriented Device Architecture," IEEE Pervasive Computing, July-Sept. 2006.

[6] Elmar Zeeb, et al, "Lessons Learned from Implementing the Devices Profile for Web Services," IEEE DEST, Feb. 2008.