

프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델☆

A Process-driven IoT-object Collaboration Model

안 현¹
Hyun Ahn

이 용 준²
Yongjoon Lee

김 광 훈^{1*}
Kwanghoon Pio Kim

요 약

최근 정보통신 기술과 다양한 스마트 디바이스들의 성능이 빠르게 발전하고 실생활에 적용됨에 따라, 사물인터넷(Internet of things, IoT)의 중요성이 강조되고 있다. 본 논문에서는 IoT 서비스를 프로세스 기반으로 명세하고 이를 실행하기 위한 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델을 제안한다. 즉, 본 논문의 목적은 프로세스 개념을 적용하여 IoT 서비스를 일련의 실행 순서를 가지는 태스크들과 이의 실행을 담당하는 IoT 객체간의 협업으로 정형적으로 명세하기 위한 방법을 제안하는 것이다. 결론적으로 제안 모델을 통해 IoT 서비스는 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅 환경에서 자동적으로 실행되며, 이에 대한 분석, 모니터링, 재사용이 가능할 것으로 기대된다.

☞ 주제어 : 사물인터넷, 프로세스 기반 사물인터넷 서비스, 사물인터넷 객체 협업, 정보제어넷

ABSTRACT

In recent years, the importance of IoT (Internet of Things) is emphasized by information communication technologies and the performance of various smart devices are rapidly developed and applied in the real world. In this paper, we propose a process-driven IoT-object collaboration model to specify and execute a IoT service based on processes. That is, the purpose of this paper is to suggest a formal method in order to describe a IoT service into a group of tasks having execution order and collaboration between IoT-objects in charge of the enactment of a task. Conclusively, through the proposed model, we expect that IoT services will be automatically executed, analyzed, monitored and reused in the process-driven IoT computing environment.

☞ keyword : Internet of Things, Process-driven IoT Service, IoT-object Collaboration, Information Control Net

1. 서 론

최근 정보통신 기술은 빠른 속도로 발전하고 있으며, 이와 더불어 유무선 통신이 가능하고 높은 성능을 가지고 있는 다양한 스마트 디바이스들이 개발되고 실생활에 적용됨에 따라, 차세대 인터넷 핵심기술로서 사물인터넷(Internet of Things, 이하 IoT)의 중요성이 강조되고 있다.

기존의 인터넷은 사람이 만들어 낸 데이터를 가공한 정보와 지식을 공유하기 위한 공간으로 활용되어왔다. 하지만 IoT로 대변되는 미래의 인터넷에서는 유무선 네트워크

를 통해 수많은 사물들이 인터넷에 연결되어 정보에 접근하고, 새로운 정보를 생산 및 공유함에 따라 이전에 없던 새로운 차원의 응용 서비스와 경제적 가치를 창출할 것으로 기대되고 있다[1]. 그러므로 IoT는 기존의 USN(Ubiquitous Sensor Network)의 개념을 포함하여 WoT(Web of Things)[2-3], RFID(Radio Frequency Identification)의 개념을 포괄하는 커다란 개념으로 정의할 수 있다.

IoT와 관련된 국제 표준화 기구는 ITU-T(International Telecommunications Union-Telecommunication), ETSI(European Telecommunication Standards Institute), 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 등이 있으며, IoT 관련 연구 프로젝트는 EU의 지원을 받고 있는 EBBITS[4], SOCRADES[5], IoT-A[6] 등이 있다. 또한 이렇게 다양한 IoT 관련 표준화 기구들과 연구 프로젝트들을 통해 IoT 표준 아키텍처, 사물식별 기술, 사물통신 기술, 디바이스 제어 기술과 같은 매우 광범위한 연구들이 진행되고 있다[7-11]. 하지만 IoT 서비스를 명세하고 이를 실행 및 관리하기 위한 실질적인 서비스 구현 기술에 대한 연구가 아직 부족한 실정이다.

¹ Department of Computer Science, Kyonggi University, Gyeonggi-do, 443-760, Korea

² IoT Platform Research Section, Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon-si, 305-700, Korea

* Corresponding author (kwang@kgu.ac.kr)

[Received 18 March 2014, Reviewed 27 March 2014(R2 10 June 2014), Accepted 03 August 2014]

☆ 본 연구는 ETRI 정부출연금 연구사업의 일환으로 수행하였음. [지능형 상환인지 및 IoT 기반 기술개발 - 세부과제3, 14ZC1300]

본 논문에서는 기존의 IoT 인프라 환경에서 실질적으로 IoT 서비스를 구현하기 위해, 비즈니스 프로세스의 개념을 기반으로 서비스를 명세하고, 자동으로 실행하기 위한 프로세스 기반 IoT 객체 협업 모델을 제안한다. 일반적으로 비즈니스 프로세스는 다수의 태스크로 구성되는 업무 처리 과정을 말하며, 이는 워크플로우 관리 시스템(Workflow Management System) 또는 비즈니스 프로세스 관리 시스템(Business Process Management System, 이하 BPMS)[12]과 같은 정보시스템에 의해 전사적으로 관리되어, 대규모 조직의 업무 처리를 자동화하고, 불필요한 업무 소요 시간을 단축하는 등, 전체적인 업무 효율성을 제고하는 역할을 한다. 이러한 비즈니스 프로세스를 기반으로 IoT 서비스를 구현함으로써 기존의 BPMS 또는 IoT 인프라 환경에 맞게 개발된 프로세스 관리 시스템에 의해 IoT 서비스를 통합적으로 관리할 수 있으며, 서비스 실행의 자동화, 서비스에 대한 실시간 모니터링 및 분석 활동 그리고 서비스의 재사용과 같은 기존의 BPM이 가지고 있는 이점을 기대할 수 있다. 결론적으로 본 논문에서는 프로세스의 개념을 적용하여 IoT 서비스를 구현하기 위한 이론적인 내용으로서 프로세스 기반 IoT 객체 협업 모델을 위한 메타 모델과 이를 정형적으로 명세하기 위한 정형 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문의 관련 연구로서 IoT 플랫폼 관련 표준화 및 연구 프로젝트들에 대해서 소개하며, 3장에서는 배경 개념으로서 프로세스 기반 사물인터넷에 대해 설명한다. 4장에서는 프로세스 기반 IoT 객체 협업 모델에 대한 메타 모델과 정형적 명세 방법을 제안하며, 이를 예제 모델에 적용함으로써 논문의 적합성을 보이고자 한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후연구로 끝을 맺는다.

2. 관련 연구

IoT 플랫폼 및 기반 기술의 표준화 활동을 추진하고 있는 대표적인 표준화 단체로는 ITU-T, ETSI, 3GPP 등이 있

다. 특히 ITU-T 산하에는 SG13, SG16, JCA-IoT, IoT-GSI 등과 같은 다양한 IoT 관련 표준화 그룹이 존재하는데, ITU-T Y.2060[8]에서는 IoT의 기본적인 특징과 개념적인 아키텍처를 정의하였고, 이를 구현하기 위한 참조 모델을 제안하였다. IoT 참조 모델은 크게 디바이스 계층, 네트워크 계층, 서비스 및 애플리케이션 지원 계층과 애플리케이션 계층으로 이루어져 있으며, 각각의 계층에서 수행되어야 하는 기능들에 대해서 정의하였다.

EBBITS(Enabling the Business-Based Internet of Things and Services)는 EU 산하의 IoT 관련 프로젝트로서 비즈니스 서비스를 중심으로 물리적인 사물과 다양한 기업 정보 시스템간의 상호운용성을 제공하기 위한 플랫폼을 제안하였다. ITU-T 에서 제안한 IoT 참조 모델과 유사하게 EBBITS 플랫폼은 네트워크 관리, 데이터 관리, 서비스 오케스트레이션, 애플리케이션 개발, 보안 관리, 총 5개의 모듈 계층으로 구성되어 있다[11]. 반면에 ITU-T의 참조 모델과 가장 대조되는 차이점은 최상위 계층인 애플리케이션 계층에서 구축되는 모든 비즈니스 애플리케이션이 일련의 워크플로우 또는 비즈니스 규칙에 의해 구현되며, 이를 웹서비스 인터페이스를 통해 서비스화 하는 점이다. 이는 IoT 인프라 환경에서 특정 목적을 달성하기 위한 IoT 서비스를 프로세스의 개념을 통해 실현한다는 의미를 가진다.

IoT-i(Internet of Things Initiative)에서 발표한 IoT 기술 연구 전략 로드맵[9]에서는 2020년 이후를 고려한 중장기적인 IoT 기술연구 계획으로서 IoT의 핵심 기반기술과 연구 분야를 정의 및 분류하였다. 그중에 연구 분야로서 IoT를 위한 SoA 소프트웨어 서비스가 있는데, 표 1과 같이 이질적인 IoT 애플리케이션 도메인과 서비스 환경을 통합하기 위해서는 궁극적으로 프로세스를 기반으로 IoT 서비스가 정의되어야 하며, 이에 대한 연구의 필요성을 나타내고 있다. 상기의 IoT 관련 표준화 활동 및 연구 프로젝트의 사례에서 알 수 있듯이, 프로세스의 개념은 IoT 서비스의 실질적인 구현 측면에서 밀접하게 연관되어 있으며,

(표 1) IoT를 위한 SoA 소프트웨어 서비스 연구 로드맵 요약 (IoT-i(9), pp. 42)

(Table 1) Summary of the research roadmap of SoA software services for IoT (IoT-i(9), pp. 42)

Research Needs	Before 2010	2010-2015	2015-2020
SoA Software Services for IoT	Basic IoT services (Services over Things)	Composed IoT services (IoT Services composed of other Services, single domain, single administrative entity)	Process IoT services (IoT Services implementing whole processes, multi/cross domain, multi administrative entities, totally heterogeneous service infrastructures)

이에 대한 연구가 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델은 이러한 IoT 서비스를 프로세스 모델의 형태로 명세하기 위한 구체적인 방법을 제시한다.

3. 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅

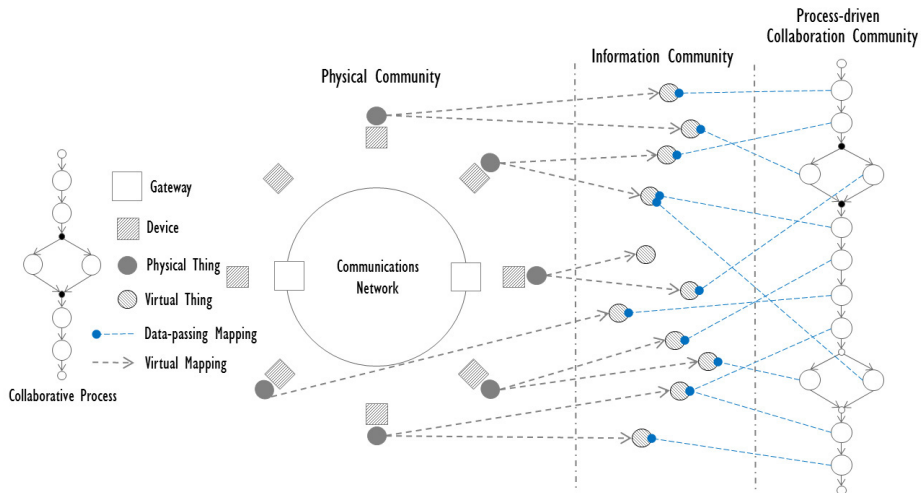
본 장에서는 논문의 배경이 되는 컴퓨팅 개념으로서 유비쿼터스 커뮤니티 컴퓨팅과 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅[13]에 대해서 설명한다.

3.1 유비쿼터스 커뮤니티 컴퓨팅

커뮤니티 컴퓨팅이라는 개념은 1990년대부터 인터넷의 등장과 더불어 사람들간의 형성되는 커뮤니티 그룹을 중심으로 소셜 컴퓨팅을 구현한다는 의미로 소개되었다. 하지만, 유비쿼터스 컴퓨팅의 개념이 등장함에 따라 커뮤니티 컴퓨팅의 개념은 기존의 사람 중심의 커뮤니티 컴퓨팅 개념에서 유비쿼터스 인프라 환경에서 제공되는 서비스와 컴퓨팅 능력을 가지는 다양한 디바이스들의 커뮤니티를 포함하는 개념으로 확장되었다. 즉, 유비쿼터스 커뮤니티 컴퓨팅[14]은 사람을 포함하여 디바이스, 센서, 작동장치(actuator) 등 다양한 컴퓨팅 능력을 가지는 유비쿼터스 인프라 환경내의 구성요소들이 커뮤니티의 멤버가 되어 그들간의 협업을 통해 해당 커뮤니티의 서비스 목표를 달성하는 것으로 정의할 수 있다.

3.2 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅

본 논문에서 소개하는 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅은 기존의 유비쿼터스 커뮤니티 컴퓨팅과 사물인터넷, 그리고 프로세스의 개념이 결합된 새로운 형태의 컴퓨팅 개념이다. 즉, 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅에서는 다양한 유형의 디바이스들이 유·무선 네트워크에 접속하여 새로운 차원의 서비스를 제공할 수 있는 사물(thing)의 개념으로 정의된다. 그림 1과 같이 특정 데이터를 센싱하여 제공할 수 있는 물리적 공간의 사물들은 유·무선 네트워크를 통해 물리적 사물과 독립적으로 존재하는 프로그램, 웹서비스 등과 함께 정보 공간의 IoT 객체로 매핑된다. 또한 특정 IoT 서비스를 제공하기 위한 프로세스 기반의 협업 목표가 주어지면, 정보 공간의 IoT 객체들은 협업 목표를 달성하기 위해 수동적 또는 자율적으로 협업 커뮤니티를 구성하고 이의 멤버가 되어 정의된 자원 할당 계획에 따라 협업 목표를 구성하는 각각의 태스크를 수행한다. 즉, 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅 환경에서 IoT 서비스가 제공된다는 의미는 프로세스 기반 협업 목표를 구성하는 모든 태스크들이 성공적으로 수행되었다는 것과 동일한 의미를 가진다. 결론적으로 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델을 통해 IoT 서비스에 대응되는 태스크들과 이들의 수행을 담당하는 IoT 객체간의 협업 관계를 정의함으로써, 실질적으로 IoT 서비스를 명세하고 자동적으로 실행하는 것이 가능하다.



(그림 1) 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅의 개념적 아키텍처
(Figure 1) Conceptual architecture of the process-driven IoT computing

4. 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델

본 장에서는 논문의 주제인 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델(Process-driven IoT-object Collaboration Model, 이하 PICM)을 명세하기 위한 메타 모델과 PICM에 대한 정형적 명세 방법을 제안한다. 또한 이를 PICM 예제에 적용하여 모델에 내재된 다양한 관점을 기준으로 명세 결과를 나타내었다.

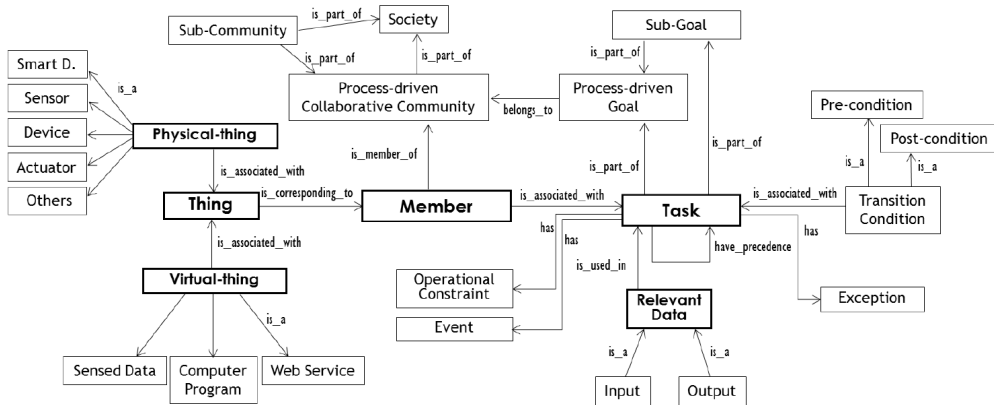
4.1 PICM 메타 모델

본 논문에서 제안하는 PICM의 개념은 프로세스의 개념을 기반으로 IoT 서비스를 명세하기 위한 모델이다. 이를 위해 기존의 워크플로우 또는 비즈니스 프로세스 모델을 명세하기 위한 방법론인 정보제어넷(Information Control Nets)[15]의 메타 모델과 정형적 명세 방법을 프로세스 기반 사물인터넷 컴퓨팅 환경에 맞게 확장하였다. 그림 2는 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델을 정의하는데 필수적인 개체 유형과 그들간의 연결 관계를 나타내는 메타 모델이다. 여기서 주요 개체 유형으로는 프로세스 기반 협업 목표, 태스크, 멤버, 연관데이터, 전이조건 등이 있으며, 이에 대한 각각의 정의는 다음과 같다.

- 프로세스 기반 협업 목표(Process-driven Goal): IoT 객체들로 구성되는 프로세스 기반 협업 커뮤니티의 목표는 해당 IoT 서비스를 달성하기 위해 실행이 요구되는 태스크들의 실행 순서로 정의된다. 또한 각 태스크의 입출력 데이터들로 정의되는 연관데이터, 각 태스

크의 실행을 담당하는 커뮤니티 멤버와 사물들의 할당 관계로 정의되는 자원 할당 정보 등 다양한 관점들을 내포하고 있다. 결과적으로 모든 태스크들이 성공적으로 수행되었을 때, 프로세스 기반 협업 목표가 달성되었다고 정의한다.

- 태스크(Task): 프로세스 기반 협업 목표를 구성하는 기본 단위 업무를 말한다. 각각의 태스크에는 실행 순서를 결정하는 전이조건과 태스크 실행에 요구되는 연관데이터, 그리고 태스크의 실행을 담당하는 프로세스 기반 협업 커뮤니티의 멤버의 할당 관계가 정의된다.
- 멤버(Member): 프로세스 기반 협업 커뮤니티를 구성하는 물리적 또는 가상의 사물을 나타내는 IoT 객체를 말한다. 물리적 사물은 자체적으로 내장된 유무선 네트워크 통신 기능 또는 네트워크 연결 브로커와 같은 외부 컴포넌트를 통해 IoT 인프라의 네트워크 환경에 연결된다. 가상의 IoT 객체는 물리적 사물이 웹 서비스에 의해 접근-제어가 가능하며, 기능과 데이터로 정의되는 가상 사물 공간의 객체로 맵핑된 형태이다. 결론적으로, 특정 IoT 서비스 목표를 달성하기 위해 생성된 프로세스 기반 협업 커뮤니티의 멤버는 미리 정의된 프로세스 또는 동적으로 구성된 프로세스의 특정 태스크를 수행한다.
- 연관데이터(Relevant Data) & 전이조건(Transition Condition): 연관데이터는 각각의 태스크 실행에 요구되는 입출력 데이터를 의미한다. 전이조건은 태스크



(그림 2) 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델의 메타 모델
(Figure 2) The meta-model of the process-driven IoT-object collaboration model

들의 제어흐름을 결정하는 조건을 말하며, 특히 선택적 제어흐름(XOR/OR)을 명세할 때 주요하게 사용된다. 여기서 연관데이터는 태스크 실행의 입출력 데이터로서 사용될 뿐만 아니라, 전이조건 변수로 사용되어 다양한 논리 연산자들을 결합하여 전이조건을 정의할 수 있다.

4.2 PICM 정형적 명세 방법

앞서 정의한 PICM의 메타 모델을 기반으로 본 논문에서 제안하는 PICM을 다음의 [정의 1] 과 같이 정형적 명세의 형태 나타낼 수 있다.

[정의 1] 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델 (PICM) 정의 $\Gamma = [\text{function } (\delta, \kappa, \lambda, \pi, \rho), \text{set } (\mathbf{A}, \mathbf{T}, \mathbf{P}, \mathbf{G}, \mathbf{R})]$

- 태스크 집합, $\mathbf{A} = \{\alpha_1, \dots, \alpha_n\};$
- 전이조건 집합, $\mathbf{T} = \{d, tc_1, \dots, tc_n\};$
- 커뮤니티 멤버 집합, $\mathbf{P} = \{m_1, \dots, m_n\};$
- 사물 집합, $\mathbf{G} = \{o_1, \dots, o_n\};$
- 연관데이터 집합, $\mathbf{R} = \{d_1, \dots, d_n\};$
- $\delta = \delta_i \cup \delta_o$ /* 태스크 선후행 관계 함수 */
 - $\delta_i: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{A}$ 는 특정 태스크와 그 태스크에 선행하는 다수의 태스크들과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이며, $\delta_o: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{A}$ 는 특정 태스크와 그 태스크에 후행하는 다수의 태스크들과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이다.
- $\kappa = \kappa_i \cup \kappa_o$ /* 태스크-전이조건 할당 관계 함수 */
 - $\kappa_i: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{T}$ 는 특정 태스크와 그 태스크에 선행하는 다수의 전이조건과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이며, $\kappa_o: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{T}$ 는 특정 태스크와 그 태스크에 후행하는 다수의 전이조건과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이다.
- $\lambda = \lambda_p \cup \lambda_a$ /* 태스크-멤버 할당 관계 함수 */
 - $\lambda_p: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{P}$ 는 특정 태스크와 그 태스크를 담당하는 하나의 커뮤니티 멤버와의 매칭을 정의한 단일 값 함수이며, $\lambda_a: \mathbf{P} \rightarrow \mathbf{A}$ 는 특정 커뮤니티 멤버와 그 멤버가 담당하는 다수의 태스크들과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이다.

- $\pi = \pi_g \cup \pi_p$ /* 멤버-사물 할당 관계 함수 */
 - $\pi_g: \mathbf{P} \rightarrow \mathbf{G}$ 는 특정 커뮤니티 멤버와 그 멤버에 할당된 다수의 IoT 사물들과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이며, $\pi_p: \mathbf{G} \rightarrow \mathbf{P}$ 는 특정 IoT 사물과 그 사물에 할당된 다수의 커뮤니티 멤버들과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이다.
- $\rho = \rho_i \cup \rho_o$ /* 태스크-연관데이터 할당 관계 함수 */
 - $\rho_i: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{R}$ 는 특정 태스크와 그 태스크의 입력 데이터인 다수의 연관데이터들과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이며, $\rho_o: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{R}$ 는 특정 태스크와 그 태스크의 출력 데이터인 다수의 연관데이터들과의 매칭을 정의한 다중 값 함수이다.

4.3 PICM 예제 및 명세 결과

위의 절에서 정의한 PICM의 정형적 명세 방법을 통해 PICM을 제어 관점, 자원 관점 그리고 데이터 관점과 같은 PICM에 내재된 다양한 관점을 기준으로 명세 결과를 나타낼 수 있다.

4.3.1 제어 관점의 PICM 명세

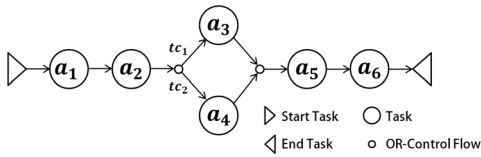
PICM의 핵심은 프로세스 기반 협업 목표를 구성하는 태스크들과 이들간의 실행 순서를 나타내는 제어흐름을 정의하는 것이다. 이러한 제어 관점의 PICM 명세 결과는 [정의 1]에서 정의된 태스크 선후행 관계 함수(δ)와 태스크-전이조건 할당 관계 함수(κ)를 통해 얻어진다. 아래 그림 3은 제어 관점의 PICM 예제 모델을 가시적으로 나타내며, 이에 대한 정형 명세 결과는 다음과 같다. 여기서 태스크간의 순차적 제어흐름은 기본적인 전이조건(d)이 할당되며, 선택적 제어흐름에는 전이조건(tc_1, tc_2)이 할당되었다.

- 태스크 선후행 관계 명세 결과, $\delta = \delta_i \cup \delta_o$

$-\delta_i(a_{start}) = \emptyset;$	$\delta_i(a_1) = \{a_{start}\};$
$\delta_i(a_2) = \{a_1\};$	$\delta_i(a_3) = \{a_2\};$
$\delta_i(a_4) = \{a_2\};$	$\delta_i(a_5) = \{\{a_3\}, \{a_4\}\};$
$\delta_i(a_6) = \{a_5\};$	$\delta_i(a_{end}) = \{a_6\};$
$-\delta_o(a_{start}) = \{a_1\};$	$\delta_o(a_1) = \{a_2\};$
$\delta_o(a_2) = \{\{a_3\}, \{a_4\}\};$	$\delta_o(a_3) = \{a_5\};$
$\delta_o(a_4) = \{a_5\};$	$\delta_o(a_5) = \{a_6\};$
$\delta_o(a_6) = \{a_{end}\};$	$\delta_o(a_{end}) = \emptyset;$

- 태스크-전이조건 할당 관계 명세 결과, $\kappa = \kappa_i \cup \kappa_o$

- $\kappa_i(a_{start}) = \emptyset;$ $\kappa_i(a_1) = \{d\};$
- $\kappa_i(a_2) = \{d\};$ $\kappa_i(a_3) = \{tc_1\};$
- $\kappa_i(a_4) = \{tc_2\};$ $\kappa_i(a_5) = \{d\};$
- $\kappa_i(a_6) = \{d\};$ $\kappa_i(a_{end}) = \{d\};$
- $\kappa_o(a_{start}) = \{d\};$ $\kappa_o(a_1) = \{d\};$
- $\kappa_o(a_2) = \{\{tc_1\}, \{tc_2\}\};$ $\kappa_o(a_3) = \{d\};$
- $\kappa_o(a_4) = \{d\};$ $\kappa_o(a_5) = \{d\};$
- $\kappa_o(a_6) = \{d\};$ $\kappa_o(a_{end}) = \emptyset;$

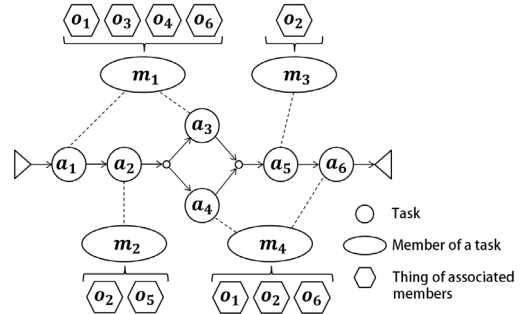


(그림 3) PICM의 가시적 표현: 제어 관점
(Figure 3) Graphical representation of the PICM: control perspective

4.3.2 자원 관점의 PICM 명세

태스크들의 제어흐름에 더하여 이를 수행하는 자원과의 할당 관계를 정의하는 것이 필요하다. 즉, 자원 관점의 PICM 명세 결과는 [정의 1]과 같이 태스크들과 협업 커뮤니티의 멤버간의 할당 관계를 나타내는 함수(λ)와 멤버와 사물(IoT 객체)간의 할당 관계를 나타내는 함수(π)를 통해 얻어진다. 아래 그림 4는 자원 관점의 PICM 모델을 가시적으로 나타내며, 이에 대한 정형 명세 결과는 다음과 같다.

- 태스크-멤버 할당 관계 명세 결과, $\lambda = \lambda_p \cup \lambda_a$
 - $\lambda_p(a_1) = \{m_1\};$ $\lambda_p(a_2) = \{m_2\};$
 - $\lambda_p(a_3) = \{m_1\};$ $\lambda_p(a_4) = \{m_4\};$
 - $\lambda_p(a_5) = \{m_3\};$ $\lambda_p(a_6) = \{m_4\};$
 - $\lambda_a(m_1) = \{a_1, a_3\};$ $\lambda_a(m_2) = \{a_2\};$
 - $\lambda_a(m_3) = \{a_5\};$ $\lambda_a(m_4) = \{a_4, a_6\};$
- 멤버-사물 할당 관계 명세 결과, $\pi = \pi_g \cup \pi_p$
 - $\pi_g(m_1) = \{o_1, o_3, o_4, o_5\};$ $\pi_g(m_2) = \{o_2, o_5\};$
 - $\pi_g(m_3) = \{o_2\};$ $\pi_g(m_4) = \{o_1, o_2, o_6\};$
 - $\pi_p(o_1) = \{m_1, m_4\};$ $\pi_p(o_2) = \{m_2, m_3, m_4\};$
 - $\pi_p(o_3) = \{m_1\};$ $\pi_p(o_4) = \{m_1\};$
 - $\pi_p(o_5) = \{m_2\};$ $\pi_p(o_6) = \{m_1, m_4\};$

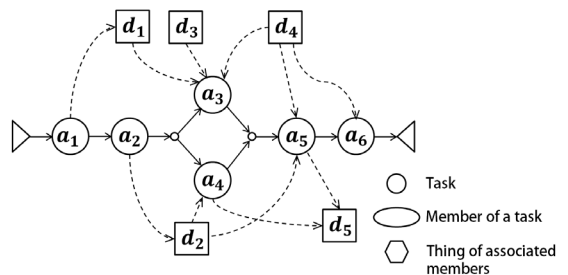


(그림 4) PICM의 가시적 표현: 자원 관점
(Figure 4) Graphical representation of the PICM: resource perspective

4.3.3 데이터 관점의 PICM 명세

태스크의 제어흐름과 이를 수행하는 자원과의 할당 관계 외에도 태스크를 수행에 필요한 입출력 연관데이터와 할당 관계를 정의해야 한다. 즉, 데이터 관점의 PICM 명세 결과는 [정의 1]의 태스크-연관데이터 할당 관계 함수(ρ)를 통해 얻어진다. 아래 그림 5는 데이터 관점의 PICM 모델을 가시적으로 나타내며, 이에 대한 정형 명세 결과는 다음과 같다.

- 태스크-연관데이터 할당 관계 명세 결과, $\rho = \rho_i \cup \rho_o$
 - $\rho_i(a_1) = \emptyset;$ $\rho_i(a_2) = \emptyset;$
 - $\rho_i(a_3) = \{d_1, d_3, d_4\};$ $\rho_i(a_4) = \{d_2\};$
 - $\rho_i(a_5) = \{d_2, d_4\};$ $\rho_i(a_6) = \{d_4\};$
 - $\rho_o(a_1) = \{d_1\};$ $\rho_o(a_2) = \{d_2\};$
 - $\rho_o(a_3) = \emptyset;$ $\rho_o(a_4) = \{d_5\};$
 - $\rho_o(a_5) = \{d_5\};$ $\rho_o(a_6) = \emptyset;$



(그림 5) PICM의 가시적 표현: 데이터 관점
(Figure 5) Graphical representation of the PICM: data perspective

결론적으로, 프로세스 기반 IoT 객체 협업은 IoT 서비스를 구성하는 일련의 태스크들과 이의 실행을 담당하는 IoT 객체(물리적 또는 가상의 사물)들이 할당되어, 실행 순서에 맞게 각각의 태스크를 IoT 객체들이 수행하는 과정으로 정의할 수 있다. 위의 PICM 예제에 대한 명세 결과와 같이, 본 논문에서 제안하는 PICM의 메타 모델과 정형 명세 방법을 통해 프로세스 기반 IoT 객체 협업을 정형적으로 명세할 수 있음을 보였다. 그러나 본 논문의 제안 모델과 명세 결과는 개념적인 측면에 한정되며, 구현 측면에서 제안 모델을 기반으로 IoT 서비스를 실현하기 위해서는 이를 실행 가능한 형태의 정의 언어(XML 기반)로 명세해야 하며, 이를 실행하기 위한 프로세스 관리 시스템 또는 엔진에 대한 연구 및 구현 과정이 요구된다.

5. 결 론

본 논문에서는 프로세스의 개념을 적용하여 IoT 서비스를 명세하기 위한 프로세스 기반 사물인터넷 객체 협업 모델을 제안하였다. 이를 위해 제안 모델의 메타 모델과 정형 명세 방법을 각각 정의하였으며, 예제 모델에 적용하여 제어, 자원, 데이터와 같은 다양한 관점을 중심으로 명세 결과를 나타냄으로서 IoT 서비스를 제안 모델의 형태로 적절하게 명세할 수 있음을 보였다. 결론적으로 제안 모델의 형태로 구현된 IoT 서비스는 기존의 워크플로우 또는 비즈니스 프로세스와 같이 특정 프로세스 관리 시스템에 의해 자동으로 실행되며, 실시간 분석, 모니터링, 재사용이 가능할 것으로 기대된다. 향후에는 본 논문에서 제안한 프로세스 기반 IoT 서비스의 이론적 명세 방법에서 더 나아가 이를 실질적으로 구현하기 위한 실행 가능한 프로세스 기반 IoT 서비스 정의 언어와 이에 대한 모델링 도구를 연구 및 구현할 예정이다.

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] D. Kim, et al., "Technologies and Development Direction on Internet of Things," *Information and Communications Magazine*, The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 28, No. 9, pp. 49-57, 2011.
- [2] M. In, K. Lee, S. Lee, "Standardization Trends for Web of Things," *TTA Journal: ICT Standard & Certification*, Telecommunications Technology Association, No. 138, pp. 79-84, 2011.
- [3] M. In, K. Lee, "An Overview of Technology and Analysis on Web of Things," *Information and Communications Magazine*, The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 29, No. 12, pp. 55-61, 2012.
- [4] EBBITS Project, www.ebbits-project.eu
- [5] SOCRADES Project, www.socrades.eu
- [6] IoT-A, www.iot-a.eu
- [7] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, "The Internet of Things: A Survey," *Computer Networks*, Vol. 54, No. 15, pp. 2787-2805, 2010.
- [8] ITU-T. Recommendations Y.2060: Overview of the Internet of Things, 2012.
- [9] Internet of Things: Strategic Research Roadmap, IoT-i, 2009.
- [10] Y. Kim, Y. Jeon, I. Chong, "Device Objectification and Orchestration Mechanism for IoT Intelligent Service," *The Journal of Korea Information and Communications Society*, Vol. 38, No. 1, pp. 19-32, 2013.
- [11] V. Vajda, et al., "The EBBITS Project: An Interoperability Platform for a Real-world Populated Internet of Things Domain," *Proceedings of the International Conference Znalosti (Knowledge)*, pp. 309-312, 2011.
- [12] K. Kim, "Business Process Management System," *Korea Information Processing Society Review*, Vol. 12, No. 3, pp. 45-56, 2005.
- [13] H. Ahn, et al., "An Advanced IoT Conceptual Platform for Ubiquitous Process-driven Community Computing Systems," *Proceedings of the 8th Asia Pacific International Conference on Information Science and Technology*, pp. 275-278, 2013.
- [14] S. Kong, et al., "The Study of Policy Support to Promote the Ubiquitous Community Computing," *Proceeding of the 16th Domestic Conference on IT Services*, pp. 76-79, 2008.
- [15] K. Kim, C. A. Ellis, "ICN-based Workflow Model and Its Advances," *Handbook of Research on Business Process Modeling*, pp. 34-54, 2009.

◎ 저 자 소 개 ◎



안 현 (Hyun Ahn)

2011년 경기대학교 컴퓨터과학과(학사)
2013년 경기대학교 일반대학원 컴퓨터과학과(석사)
2013년~현재 경기대학교 일반대학원 컴퓨터과학과(박사 과정)
관심분야 : 워크플로우/비피엠, IoT-aware Business Process
E-mail : hahn@kgu.ac.kr



이 용 준 (Yongjoon Lee)

1987년 연세대학교 전산학(석사)
2001년 충북대학교 전산학(박사)
현재 한국전자통신연구원 IoT플랫폼연구실 책임연구원
관심분야 : 사물 인터넷 미들웨어, 센서 데이터 마이닝, 헬스케어 SW 플랫폼
E-mail : yjl@etri.re.kr



김 광 훈 (Kwanghoon Pio Kim)

1984년 경기대학교 전자계산학과(학사)
1986년 중앙대학교 전자계산학과(석사)
1994년 University of Colorado at Boulder 대학원 컴퓨터과학과(석사)
1998년 University of Colorado at Boulder 대학원 컴퓨터과학과(박사)
1998년~현재 경기대학교 컴퓨터과학과 교수
관심분야 : 워크플로우/비피엠, RFID/USN 미들웨어, Collaboration Technology
E-mail : kwang@kgu.ac.kr