단방향 서비스 객체 그래프 배치 기법을 이용한 신뢰할 수 있는 사물인터넷 서비스 구성1)

박준하*, 이권철*, 김신덕*
*연세대학교 컴퓨터 과학과

e-mail: junha2001@yonsei.ac.kr, liquanzhe@yonsei.ac.kr , sdkim@yonsei.ac.kr

IoT(Internet of Things)'s Reliable Services Organization using Directed Service-Object Graph Deployment Scheme

Park Jun-Ha*, Li Quan Zhe*, Kim Shin-Dug*

*Dept of Computer Science, Yonsei University

요 약

최근 사물인터넷이 빠른 속도로 발전할 것으로 예측됨에 따라서, 서비스들은 사용자들에게 제공되기 위해서 작은 디바이스부터 거대한 디바이스들간의 임베디드 디바이스의 발전과 센서 허브와 같은 보조 프로세서의 발전을 통해, 서로 연결되고 있으며, 사용자들을 위해 지금보다 더 정확하고 신뢰할 수 있는 맞춤형 사물인터넷 서비스를 제공하기 위한 개발의 필요성이 대두되고 있다. 효과적인 서비스 구축을 위한 기법들로 하위 디바이스 계층의 수준과 상위 어플리케이션 계층의 수준을 서로 구분 지을 수 있도록 서비스 지향형 컴퓨팅 방식을 사용하는 여러 계층 구성의 계층적 추상화 접근 방법이 소개되고 있지만, 사용자들에게 더 정확하고 신뢰할 수 있는 서비스를 구축하는 것은 여전히 다양한 이슈가 존재한다. 본 논문에서는 서비스 객체의 단방향 그래프 구성 기법을 적용하여, 효과적이고 신뢰할 수 있는 사물인터넷 서비스 구성을 위하여 서비스 오브젝트를 단방향 그래프 자료구조로 구성한 새로운 형태의 IoT 미들웨어 구조를 제안한다. 또한, 새로 제안된 미들웨어 구조상에서의 사용자의 사용 시나리오 및 시스템 성능상의 이점을 분산 시뮬레이션을 통하여 증명한다.

1. 서 론

사물 인터넷 환경에서는, 작게는 센서와 엑추에이터들 부터 크게는 자동차, 냉장고 등과 같이, 수많은 실제 세상의 객체들이 사용자들에게 정보와 편의를 주기위하여 서비스화 되어 제공되고 있다. 미래의 사물인터넷은 사용자에게 수많은 서비스가 제공될 것이며, 사용자들의 요구의 증가로 인해 지금보다도 더 다양한 서비스가 생산될 것이다. 향후에 더 많은 서비스들을 제공되는 환경을 구축하기 위해서는 거대한 수의 서비스들을 고려한 실시간으로 사용자에게 대응할 수 있는 시스템을 만들 필요가 있다. 게다가, 일부 전문적인 사용자들을 위해 사용 되는 특정 서비스 제공 환경에서는, 서비스는 다양한 종류의 디바이스와 리소스가 결합된 형태를 띄어야하며, 더 나아가 이렇게 제공되는 서비스들은 사용자에게 적합한 서비스가 할당 될 수 있도록 하는 신뢰적인 서비스구조를 갖추어야 한다. 이러한 서비스 구동 플랫폼을 제공하기 위해서 사물인터넷 분야에서 다양한 연구가 이루어져 왔다[1-6, 8,9].

본 논문에서 제안하는 기법의 목표는 앞서 언급한 해결해야할 문제들을 해결 할 수 있는 방법을 논의하며, 미들웨어 계층에서의 새로운 기법을 제안한다. 문제 해결 방법을 제시하기 위하여, 본 논문에서 제안하는 새로운 기법인 사물인터넷 환경에서의 단방향 그래프 구조의 서비스 복합 구성 기법을 제안하며, 이를 통해 사용자들에게 제공될 서비스가 좀 더 신뢰적이고 효율적임을 설명한다. 또한 다른 솔루션들과 비교하여, 제안하는 기법이 사용자들에게 구조적인 이점을 고려하여 더욱 적합한 기법인 것과, 훨씬 더 복합한 실제 세상에서의 상황들에서 더 높은 신뢰성을 가지며, 시스템 상의 성능을 개선하는 효과가 있음을 이야기한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 목차 2에서는 관련 연구를 설명한다. 목차 3에서는 단방향 서비스 객체 그래프의 자료구조를 설명한다. 목차 4에서는 구성된 서비스 객체간의 상호작용과 그 구조를 설명한다. 그리고 목차 5에서는 실험을 통해 본 논문에서 제안하는 기법의 이점을 사물인터넷 환경에서의 다양한 사용자 상황에 대응하여 증명한다. 마지막으로 목차 6에서는 결론을 이야기한다.

2. 관련 연구

사물인터넷 서비스를 제공하는 대부분의 미들웨어는 실시간으로 사용자에게 응답할 수 있으며, 불확실성과 동적성을 해결할 수 있는 네트워크 토폴로지 추상화를 지원하는 객체 지향적 설계(Service-oriented design)기법을 수용하였다. 기존에 연구되어진 프로젝트들이 네트워크의 디바이스 수준의 추상화를 통하여 서비스로 만들어 내는데 집중한 반면[1-4], 또 다른 측면의 관점에서 접근하는 프로젝트들은 데이터 혹은 정보의 추상화와 이에

1) 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 글로벌IT인재활용 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-H0905-14-1003)

대해 추상화된 자료를 서비스로의 통합에 좀 더 집중하는 연구를 하였다[5,6]. 또한 [7]에서의 연구를 살펴보면, 그들은 미들웨어에서의 사물인터넷 기능을 분류하여 계층 모델 상에서 미들웨어가 가져야하는 규약을 만족하는 레퍼런스 모델을 만들었다. 이 레퍼런스 계층 모델의 구성은 다음의 5계층으로 되어있다. : 사물 계층(Things layer), 인터페이스 프로토콜 계층(Interface protocol layer), 기기 추상화 계층(Device abstraction layer), 상황 발견 및 관리 계층(Context detection and management layer), 어플리케이션 계층(Application layer). 하지만 대부분의 계층 추상화 기법은 RFID(Radio Frequency Identification), 무선 센서/액추에이터 네트워크 그리고 임베디드 디바이스 네트워크와 같은 이기종 네트워크 기술의 통합의 관점에서 목표로 하고 있다. 계층적 구조를 제공하는 것은 복잡한 네트워크 환경에서 서비스들을 개발하는 것을 도와줄 수 있으나, 무작위로 생성된 서비스는 신뢰성을 잃을 수 있다. 사물인터넷 상에서 서비스 객체들의 신뢰성을 보장하기 위해서, 본 논문에서 제안하는 계층의 구조를 다음 장에서 설명한다.

서비스 모델링에 대한 연구에서는, 구조화된 모델은 다양한 컨셉들을 자세히 구체화 하고, 미들웨어의 컴포넌트들과 속성들의 추상화를 제공한다[8,9]. 논문 [8]에서는 사물인터넷에서의 '사물'로 구성되어진 엔티티라는 개념을 사용하여, 이 엔티티는 '사람, 동물, 자동차, 상점, 가전제품 등'을 포함하는 구조를 가지고 있다. 이 모델에서는, 서비스들은 정적 혹은 동적으로 연관관계를 가지는 디바이스들로부터 높은 수준의 기능을 제공하는 것을 허용한다. 비록 이기종 디바이스들은 지금까지도 잘 관리 및 통합되고 있지만, 향후 더 많이 생산되고 사용되어질 서비스들이 더 많은 사용자들에게 대응하게 될 것이며, 결국 네트쿼크 트래픽이 한계에 다다를게 될 것이다.

또 다른 접근 방법은 그래프 자료구조를 기기 추상화 계층에서 사용하는 것으로, 디바이스간의 복합구성을 통해 서비스를 설계하고 생산할 수 있도록 하는 방법이다. Node-Red는 하드웨어 기기들을 서로 연결해주는 툴[11]로서, 서로 연결된 하드웨어 기기들로 구성된 서비스의 생산을 가능하게 해준다. 또한 Node-Red는 브라우저 기반의 흐름도 편집기를 제공하여 디바이스 노드와 디바이스 노드 간 연결을 편리하게 할 수 있는 형태를 제공하고 있다. 하지만, 이것은 단지 기기 간 복합 구성 방식을 제공하는 기법이며, 가장 중요한 문제인 서로 다른 기기들을 포함하는 각기 다른 서비스들을 사용하고자 하는 거대한 사용자들에게 대응하는 것에 대하여 고려하지 않고 있다는 한계성을 가지고 있다.

3. 단방향 서비스 객체의 그래프 배치 기법

본 논문에서 제안하는 미들웨어 구조에서는 사물인터넷 환경에서 복합 서비스 구성을 좀더 신뢰적인 방법으로 만들 수 있도록 하며, 새로운 서비스 배치 기법을 사용한다. 2장에서 살펴본 바와 같이, 기존에 존재하는 연구들은 원시 데이터를 생성하는 디바이스들을 가상 객체 혹은 서비스로 일대일 매핑 하는 기법 사용하려는 시도를 해왔다. 기존 연구에서는 다양한 디바이스들은 각기 다른 결과 데이터를 가진다는 점에서 서비스를 신뢰할 수 없도록 만드는 다양한 문제들이 있다. 예를 들어서, 카메라로부터 얻을 수 있는 이미지 스트림과 같은 데이터들은 높은 차원을 가지고 있으며, 이러한 데이터들은 온도, 가속도 그리고 습도 센서와 같은 디바이스로부터 생산되는 1차원 데이터와 결합하는데 어려움을 가지고 있다. 또한, 이러한 복합 서비스 객체들이 전문가가 아닌 일반 사용자들로부터 생산되었을 경우, 비 신뢰적인 서비스객체가 생산될 가능성을 내포하고 있다.

본 논문에서는 단위 서비스노드를 정의하며, 이러한 노드는 전문가들로부터 생산되어진 신뢰적인 서비스라고 가정하는 접근 방법을 사용한다. 예를 들어, 카메라 디바이스는 전문 프로그래머가 제작하는 '제스쳐 인식 서비스', '행동 인지 서비스', '일반 영상 제공 서비스' 등과 같은 신뢰적인 서비스를 가질 수 있다. 이러한 서비스들은 또 다른 신뢰성을 가지는 서비스와 결합할 수 있으며. 이를 통해, 적어도 두 개의 신뢰적인 서비스들의 결합으로 만들어진 새로운 서비스는 결과적으로 신뢰적인 서비스가 될 수 있다. 이러한 기본적인 규칙상에서, 본 논문에서는 단위서비스를 새로이 정의하며, 단방향 그래프 구조로 이들 간의 서비스를 서로 연결 할 수 있도록 한다.

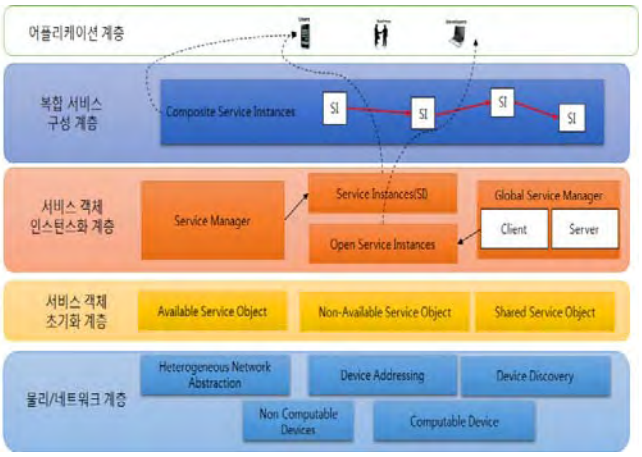

그림 2 본 논문에서 제안하는 사물인터넷 미들웨어 아키텍쳐

A. 단위 서비스 노드(USN; Unit Service Node)

단위 서비스 노드는 입력부, 처리부 그리고 출력부, 이 세 가지 모듈로 구성되어 있으며, 다음은 각각의 모듈을 설명한다.

(1) 입력부 (Input Module)

입력부에서는 서비스들과 디바이스들로부터 USN 자신에게 데이터를 전달해주는 역할을 한다. 각 센서, 센서 허브 혹은 서비스로부터 산출되는 데이터들은 주기적으로 'In Device Queue' 혹은 'In Service Queue'에 전송된다.(전송하는 디바이스와 서비스의 수는 각각 0부터 N까지이며, N은 자연수 이다.) 큐로 입력이 된 이후에, 서비스 혹은 디바이스는 데이터를 처리부에 전달한다. 예를 들어, 개발자가 집에 있는 온도 센서를 USN의 입력부에 등록하게 되면, 해당 센서는 처리부로 주기적으로 데이터를 전송하게 된다.

(2) 처리부 (Processing Module)

처리부에서는 입력부로부터 전달되어진 정보를 통하여 사용자기 사용하고 싶어 하는 서비스를 제공하며, 수학적인 처리를 담당한다. 예를 들어, 사용자가 만일 사람이 집에 문을 열면 자신의 핸드폰에서 알람이 울리는 것과 같은 스마트 홈서비스를 제공 받고 싶을 때, 최종적으로 처리부에서 주기적으로 해당 문이 열려있는지 닫혀있는지를 판별한다.

(3) 출력부 (Output Module)

출력부에서는 입력부와 같이 두 가지 큐를 가지고 있으며, 처리부에서의 결과를 전송하는 역할을 한다. 처리부에서의 결과는 그 다음 서비스로 전달되거나, 실질적인 행동을 하는 스텝, 서보 모터와 같은 액추에이터에 전달될 수 있다.

B. Directed Service Object Graph(DSOG)

본 논문에서 제안하는 미들웨어 구조상에서 사물인터넷 서비스들은 USN을 기반으로 구성된다. 각 USN은 순차적으로 그들의 결과를 다음 USN이나 액추에이터에게 전달한다. 일반적으로 대부분의 사물인터넷 서비스는 작업흐름을 가지고 있으며[8], 데이터 처리 사건의 연결로 표현된다. 각 시퀀스의 흐름은 서비스들의 순서를 설명하는 효과적인 수단으로 사용된다. 이러한 관점에서, 본 논문에서는 같은 조건에서 서로 다른 관심을 가지는 사용자들을 만족할 수 있는 복합 서비스 형태구조를 제안한다.. 이를 통해서, 본 논문에서 제안하는 서비스 객체 그래프 배치 그래프 기법을 사용하는 미들웨어는 사물인터넷 서비스를 제공하는 환경에서 복합 서비스 구성 시에 메모리 사용량과 중복된 계산의 감소를 통해서 실시간으로 다수의 사용자들에게 신뢰적인 서비스의 즉각적인 응답이 가능한 구조를 가질 수 있다.

4. DSOG 기반의 사물인터넷 미들웨어 구조

다음 장에서는 사물인터넷에서 앞서 언급한 단방향 서비스 객체 그래프 방식 기반의 새로운 미들웨어 구조와 USN 기반의 서비스 객체를 생성하기 위한 기초적인 모델을 아키텍처와 단방향 그래프 구조를 통한 서비스 간 상호작용을 포함하여 설명한다. 사물인터넷 환경에서, 디바이스들은 자신을 소유하고 있는 소유자에 따라서 분류 될 수 있다. 사용자들은 모바일 폰, PC, 카메라, 웨어러블 기기와 같은 디바이스들을 소유하고 있다. 반면에, 특정 서비스를 제공하기 위해서 복수 사용자들을 대상으로 데이터를 생산하는 공공의 디바이스들이 존재한다. 예를 들어, CCTV, 공공의 이익을 목적으로 설치된 온도 센서, GPS 그리고 교통 체증 모니터링 디바이스들이 그것이다. 이것은 디바이스들의 소유권에 의하여, 많은 사용자들에게 동시에 사용될 수 있음을 의미한다. 제안하는 미들웨어구조에서는 이러한 동시적인 문제를 해결 할 수 있도록 DSOG 구조 기반의 디바이스 배치를 지원한다.

그림 2와 같이 제안하는 사물인터넷 미들웨어 구조는 물리/네트워크 계층, 서비스 객체 초기화 계층, 서비스 객체 인스턴스화 계층, 복합 서비스 구성 계층 그리고 어플리케이션 계층으로, 5계층으로 구성되어있다. 이러한 계층 구성은 사물인터넷의 특징을 가지는 기능적인 규약을 통해 나누어져있으며, 어플리케이션 계층에서 제공되는 어플리케이션은 아래에서 설명하는 시퀀스를 순차적으로 거쳐야 한다. 물리 및 네트워크 계층에서는 디바이스들의 분류와 이기종 네트워크 프로토콜에 대한 추상화를 관리하는 역할을 한다. 이 계층은 특정 디바이스와 서비스의 매핑을 지원하며 서비스를 발견할 수 있는 형태를 가진다. 서비스 객체 초기화 계층에서는 가용, 비가용 서비스와, 디바이스 소유권으로부터 결정되어지는 공공 서비스의 리스트를 가지고 있다. 그리고 서비스 객체 인스턴스화 계층에서는 실제 물리 메모리 스택 상에서 수행되는 필요한 서비스들을 관리하는 작업을 수행한다. 각 서비스들은 복합 서비스 구성 계층에서 단방향 그래프 형태로 연결될 수 있다. 마지막으로, 사용자들의 요구에 의해서 요청이 들어오면 서비스 객체 인스턴스화 계층과 복합 서비스 구성 계층에서 객체화 된 서비스들은 어플리케이션 계층상에서 사용자들에게 제공된다.

5. 실 험

본 논문에서 제안하는 사물인터넷 미들웨어는 실시간 다

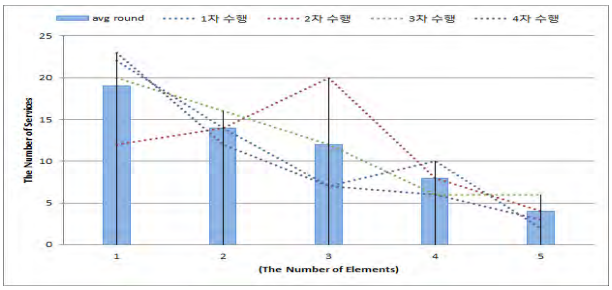

그림 3 복합서비스의 내부 서비스 연결 개수의 정규분포 기반 무작위 생성 결과

중사용자에게 복합서비스를 제공하는 환경에서 사용된다. DSOG 기법을 통하여 사용자들에게 서비스를 제공할 경우의 시스템 상에서의 메모리, 응답시간 측면에서의 이점을 증명

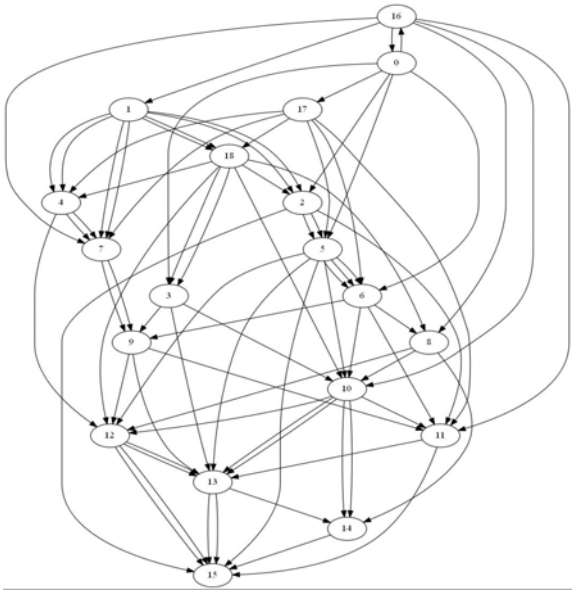

그림 2 복합 서비스 생성을 DSOG 기반으로 USN간 연결을 통해 수행한 예시(아래)

하기 위하여, 복합 서비스 구성을 무작위로 생성하여 실험을 수행하였다. 실제 사물인터넷 환경에 속해있는 다중 사용자들의 관점에서, 복합 서비스의 구성은 사용하는 서비스의 개수와 디바이스 소유권에 의해 분류되어진 서비스의 성격에 따라서 제약을 받는다. 이러한 실제환경의 상황을 반영하기 위하여, 실제 상황에 적합한 복합 서비스 개수 생성을 위하여 본 실험에서는 서비스 생성을 정규분포의 형태로 무작위 생성하였다[그림 3]. 그림 4는 복합 서비스의 내부 서비스 연결 개수를 정규분포로 무작위 생성하여 표현한 것을 나타

낸다. 무작위로 생성된 복합 서비스들은 사용자 수가 증가함에 따라서 차지하는 메모리 사이즈가 증가하게 되는데, DSOG 기법을 통해서 중복되는 서비스 프로세싱 코드의 수를 줄이는 효과로 인해서 그림 5 에서와 같이, 정규분포로 생성된 복합 서비스가 인스턴스화 된 이후, 사용자 수 증가에 따른 사용되는 메모리양의 변화를 실험을 통해 확인하였으며, 약 30%의 메모리 비용을 절약할 수 있다는 결과를 얻었다. 또한, 기존 USN노드를 통해 복합 서비스가 사용자들에게 결과를 전달하기 까지를 나타내는 시간인 서비스 응답 시간과 DSOG 기법을 적용한 복합 서비스와의 서비스 응답시간을 비교하였을 때, 약 22% 서비스 응답시간의 개선 효과가 있었다.

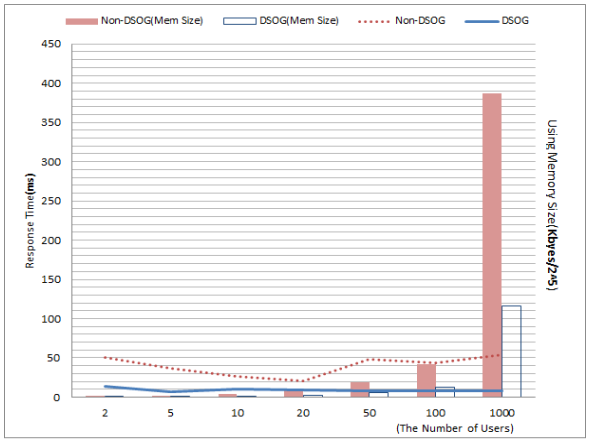

그림 4 그림 4 사용자수 증가에 따른 DSOG 기법을 사용하였을 때와, DSOG 기법을 사용하지 않았을 때의, 차지하는 메모리 사이즈 수와 서비스 응답시간 비교

6. 결 론

본 논문에서는 기존에 존재하던 사물인터넷 기술의 문제점을 설명하고 이러한 문제를 해결하기 위한 최신연구들을 분석하였다. 미래에 더 많은 사물인터넷 서비스 사용자들이 늘어날 것으로 예측됨에 따라서, 본 논문에서 제안하는 사물인터넷 미들웨어는 단위 서비스 노드(USN)을 새롭게 정의하고, 단방향 서비스 객체(DSOG) 구조를 통해서 신뢰할 수 있는 서비스들을 복합 구성할 수 있는 환경을 구축하였다. DSOG 구조의 이점에 의해서, 대부분의 사물인터넷 사용자 시나리오에서의 문제가 해결되었다. 제안하는 사물인터넷 미들웨어 서비스 배치 기법은 기존의 연구와 비교하여, 컴퓨팅 계산상에서 중복연산을 줄여 복합서비스 응답시간을 최소화하고, 메모리 사용량을 줄이는 효과를 가짐을 실험을 통해 증명하였다.

참 고 문 헌

[1] Eisenhauer, M., Rosengren, P., Antolin, P., "Hydra: A development platform for integrating wireless devices and sensors into ambient intelligence systems." The Internet of Things, 367 - 373, 2010

[2] Presser, M., Barnaghi, P., Eurich, M., Villalonga, C., "The SENSEI project: Integrating the physical world with the digital world of the network of the future." IEEE Communications Magazine 47(4), 1 - 4 , 2009

[3] Guinard, D., Trifa, V., Karnouskos, S., Spiess, P., Savio, D. ,"Interacting with the SOA-Based internet of things: Discovery, query, selection, and on-demand provisioning of Web Services." IEEE Transactions on Services Computing 3(3), 223 - 235 , 2010

[4] Honkola, J., Laine, H., Brown, R., Tyrkko, O., "Smart-M3 information sharing platform.", IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp. 1041 - 1046, 2010

[5] Massaguer, D., Hore, B., Diallo, M., Mehrotra, S., Venkatasubramanian, N., "Middleware for pervasive spaces: Balancing privacy and utility.", Bacon, J.M., Cooper, B.F. (eds.) Middleware 2009. LNCS, vol. 5896, pp. 247 - 267. Springer, Heidelberg, 2009

[6] Aberer, K., Hauswirth, M., Salehi, A., "Infrastructure for data processing in large-scale interconnected sensor networks.", International Conference on Mobile Data Management,pp.198-205, 2007

[7] Soma, B., Munmun, S., "Role of Middleware for Internet of Things: A Study", International Journal of Computer Science & Engineering Survey, Vol.2, No.3, August 2011

[8] Lixing, L., Zhi, J., Liwei, Zheng., Qiang, Wei., "Modeling and anlayzing the reliablitiy and cost of service composition in the IoT : a probabilistic approach.", IEEE 19th International Conference on We Services, 2012

[9] Yuan, Y., Wu, X., Lu, X., "A Flexible Framework for Representations of Entities in the Internet of Things" , ISCTCS 2012, CCIS 320, pp.295-302, 2013

[10] Sara, H., Animesh, P., Valerie, I., "Service-oriented middleware for large-scale mobile participactory sensing", Pervasive and Mobile Computing 10, pp.66-82, 2014

[11] Node-RED: http://nodered.org/.