사물 인터넷 그래프 제안 및 특성

류신혜, 김상욱
경북대학교 컴퓨터학부 / 경북대학교 소프트웨어 기술연구소
e-mail: shryu@media.knu.ac.kr, kimsw@knu.ac.kr

A Suggestion and Analysis for the Internet of Things Graph and Characteristics

Shinhye Ryu, Sangwook Kim
School of Computer Science and Engineering,
Kyungpook National University / Software Technology Research Center(SWRC), Kyungpook National University

요 약

사용자의 상황을 인지하고 신속한 대처를 하기 위해서는 많은 사물 인터넷 기기의 정보를 필요로 한다. 그러나 위급 상황에서 사용자의 응답이 없을 경우 주변의 다른 사용자를 탐색하여 상황이나 서비스를 대신 전달해야 한다. 그러나 사용자의 응답이 없을 때 주변 사용자 간의 친밀도와 중요도를 분석하여 다른 사용자를 탐색하기는 어렵다. 따라서 사물인터넷 기기뿐만 아니라 사용자간의 친밀도를 분석하여 다른 사용자나 기관에 알림으로써 응급 상황에 빠르게 대처할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 사물인터넷 기기와 사용자 간의 친밀도를 포함하는 새로운 사물인터넷 네트워크 구조를 제안한다. 제안하는 방법을 통해 사용자의 상황을 보다 정확하게 인지하고 응답이 없는 사용자의 빠른 대처를 위한 다른 사용자를 탐색하여 다양한 상황에 대처할 수 있다.

1. 서론

사물 인터넷의 발전에 따라, 사용자 환경의 사물 인터넷 기기를 이용하여 상황을 인지하고 자동으로 서비스를 제공하기 위한 연구가 증가하고 있다[1]. 이러한 사물 인터넷 기반의 상황 인지 방법은 재난, 응급 상황에 다양하게 적용될 수 있다. 하지만 만약 사용자가 다른 일에 집중하거나 긴급 상황을 이유로 응답하지 않을 수 있다. 그러나 기존의 패턴 분석과 이상치 모니터링 방법만으로는 이러한 경우에 대한 정확한 분석과 판단이 어렵다.

기기를 사용할 수 없는 경우, 동일한 서비스 혹은 기능을 하는 다른 기기를 대체하여 사용할 수 있다. 하지만 사용자의 사정으로 응답이 없을 경우 주변의 다른 사용자를 탐색하여 상황이나 서비스를 대신 전달해야한다. 예를 들어, 사용자의 의식이 없는 응급 상황에 다른 기관이나 주변의 사용자에게 연락을 취해 신속하게 대처할 수 있다. 따라서 최근 사물인터넷과 소셜 네트워크를 융합하여 새로운 서비스를 제공하기 위한 IoT 소셜 네트워크에 관한 연구가 주목받고 있다[2]. 그러나 대부분 대체 기기를 탐색하는 데는 적합하지만 사용자 간 친밀도와 중요도를 분석하기는 어렵다.

따라서 본 논문에서는 사물인터넷 환경에서 기기뿐 아니라 사용자 간의 친밀도와 중요도를 포함하는 새로운 사물인터넷 네트워크 구조를 제안한다. 제안하는 방법을 통해 사용자의 상황을 보다 정확하게 인지한다. 또한, 응답이 없는 사용자를 위한 다른 사용자를 탐색할 수 있다.

본 논문의 2절에서는 관련된 연구를 기술한다. 3절에서는 제안하는 사물 인터넷 그래프에 대해 설명하고 4절에서는 사물 인터넷 환경에서의 사용자 간의 관계를 정의한다. 5절에서는 제안하는 시스템의 개요와 구조를 설명하고 6절에서 정리한다.

2. 관련 연구

최근 반드시 사람만 블로그의 주체가 되는 것이 아니라, 사물이 블로깅을 하여 생성한 데이터를 소셜 미디어를 통해 확산한다는 블로그젝트(Blogject)라는 신조어와 이에 관한 연구가 주목받고 있다[3]. 이처럼 사물인터넷 환경의 객체는 대부분 정적이거나 환경에 포함되는 요소로 구분된다. 또한 사물인터넷의 '사물'과 소셜 네트워크에 참여하는 '사물'은 소통의 주체가 된다는 점에서 구분되지만 이를 구분하여 관계를 표현하기 어렵다.

기기나 사용자가 응답이 없을 때, 이를 대신하는 다른 기기나 사용자를 탐색하는 것은 응급 상황에서의 빠른 대처를 가능하게 한다. 예를 들어, 고령자의 급성 경색에 대한 응급 의료 지원을 몇 시간 내에 받으면 생존 확률이 훨씬 높아진다[4. 이처럼 사물인터넷 환경에서 사용자의 요구에 따라 적절한 기기를 탐색하고 선택하기 위한 시도가 다양하게 이뤄지고 있다. CASSRAM은 상황 인지를 기반으로 센서를 탐색하고 선택하는 랭킹 모델이다[5. 위치, 배터리 수명과 같은 센서 특성을 이용한 상황 기반의 탐색을 제공한다. 그러나 사용자의 상황을 고려하지 않고

기기에서 수집하는 데이터를 중심으로 하는 한계가 있다. 또한 복잡한 구조로 이뤄진 탐색 요청을 센서가 이해할 수 있도록 여러 개의 단순한 쿼리로 나누는 온톨로지 기반의 탐색 방법이 있다[6]. 그러나 센서의 개수가 기하급수적으로 증가하면 모든 데이터를 데이터베이스에 저장하기 힘들다.

3. 사물 인터넷 그래프

본 논문에서 제안하는 사물인터넷 그래프는 사용자 간의 상호작용을 반영하는 사물인터넷(Human-interaction to Internet of Things)을 기반으로 하며 이하 HIoT 그래프라 기술한다.

3.1 HIoT 그래프의 정의

제안하는 HIoT 그래프는 수식 1과 같이 정의한다. 이 때 $p(u,k,t)$는 t 시간에 노드 u가 다른 노드 k 와 연결될 확률을 의미한다. $G(t)$는 연결된 위상 그래프로 모든 노드와 링크를 포함하고 방향을 제거한 그래프인 UD (Underlying Graph)를 기반으로 제안하는 그래프를 표현할 수 있다.

$$HIo(t) = (p(u,k,t),\ G(t),\ UD)\ \text{for}\ t \in [a,b] \qquad (1)$$

$HIo(t)$ 그래프에서 노드 u의 차수는 수식 2와 같이 정의한다. $r(u,t)$는 응답 여부를 나타내는 것으로 만약 노드 u의 응답이 없으면 $r(u,t)=0$ 의 값을 가진다. 이와 반대로 $r(u,t)=1$ 일 경우 응답이 존재한다고 정의한다.

$$deg_{HIo}(u) = p(u,k,t)r(u,t) \qquad (2)$$

$HIo(t)$ 그래프의 두 개 노드 u와 v가 모두 응답이 있는 $r(u,t)=r(v,t)=1$ 과 같은 경우, 두 노드 간 연결된 간선 uv의 유형은 아래와 같이 정의한다.

먼저 만약 노드 u가 v를 소유 혹은 보호 하는 관계 $(\overrightarrow{uv})$에 있다면 노드 u에 대해서는 1을 더한 관계 값 $(1^{+}relationship)$을 가지고, 노드 v에 대해서는 1을 감한 관계 값$(1^{-}relationship)$을 가진다고 표현한다. 다음으로 두 개의 노드가 서로 연결되어 있을 경우$(\overrightarrow{uv}, \overrightarrow{vu})$ 모두 2의 관계 값$(2\,relationship)$을 가진다. 마지막으로 만약 노드가 서로 상호 관계가 없으면 두 개의 노드는 모두 0의 관계 값$(0\,relationship)$을 가진다고 정의한다.

3.2 사물 인터넷 그래프의 구조

기존의 기기와 기기, 사용자와 기기 간의 관계에 사용자 간의 관계를 함께 표현함으로써 특정 상황에 대처할 수 있는 주변의 다른 사용자나 상황 정보를 전달할 보호자를 빠르게 탐색할 수 있다. 그래프의 노드는 사용자와 기기의 2개로 구성되며 아래와 같이 표현한다.

<표 1> HIoT 그래프에서의 노드의 정의

객체	표현
사용자(Human)	○
기기(Device)	□

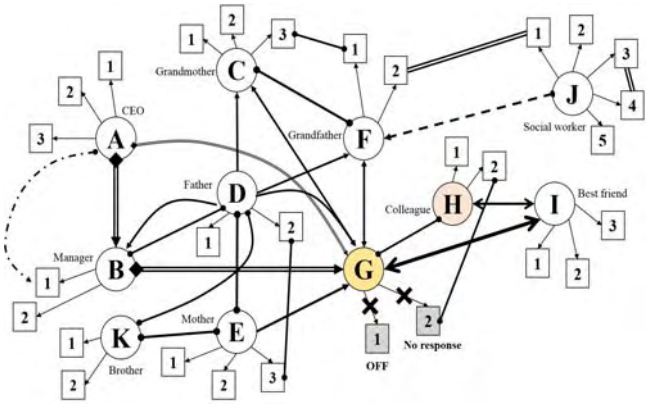
노드 간의 간선은 기기간의 관계, 사용자 간의 관계에 따라 구분되며 이 중 사용자 간의 관계를 나타내는 간선은 아래와 같이 표현된다.

<표 2> HIoT 그래프에서의 간선의 정의

관계	표현
대면 관계	
한 공간에 있는 관계	
보호자 관계	
회사(혹은 기관) 관계	
지원 관계	

이 때 각 간선의 두께는 사용자 간 소통의 정도를 의미한다. 또한 화살표의 방향은 소통의 방향 혹은 보호자와 피보호자, 직급에 따른 상하 관계를 의미한다.

앞에서 정의한 노드와 간선으로 표현한 HIoT 그래프는 그림 1과 같다. 노드 G의 사용자가 응답이 없다고 가정했을 때, 노드 A와 B는 노드 G와 같은 회사에서 일하는 관계로 각각의 관계와 공동적으로 사용하는 기기가 표현되어 있다. 노드 C와 F는 할아버지와 할머니로, 한 집에 살고 있으며, 이 중 노드 F인 할아버지는 사회 복지가인 노드 J로부터 지속적인 연락과 관찰을 필요로 한다.



(그림 1) HIoT 그래프의 표현

노드 D와 E, K는 각각 아버지와 어머니, 남자 형제로 셋은 함께 거주하고 있으며 한 집에서 공유하는 기기가 표

현되어 있다. 노드 H와 I는 각각 대학 동료와 친구로 친밀도는 I가 더 높으나 노드 H의 사용자가 현재 응답이 없는 노드 G와 같은 건물에 거주함으로 사용자 G와 그의 기기가 모두 응답이 없을 경우 시스템은 가장 신속하게 대처 가능한 사용자 H에게 상황을 알리고 대처한다.

응답이 없는 사용자 주변의 중요한 다른 사용자를 분석하기 위해서 사용자 간의 특성과 사용자 개인의 특성을 각각 측정하고 분석한다. 먼저 사용자 간의 특성으로는 사용자와의 거리가 얼마나 되는지, 감정적으로 얼마나 친밀하게 느끼는지, 가족 관계 혹은 친구 관계인지, 얼마나 자주 대면하는지 등을 요소로 평가한다. 다음으로 사용자 개인의 특성으로는 도움을 줄 수 있을 적절한 나이인지, 현재 다른 중요한 일에 몰두하고 있는지, 도움을 줄 수 있도록 거동이 불편하지는 않은지와 같은 개인적 특성을 평가하여 종합적으로 가장 신속하게 도움을 줄 수 있는 신뢰할만한 사용자를 탐색한다.

4. 사물인터넷 그래프의 사용자 관계

응답이 없는 사용자의 상황을 알리거나 대처하기 위한 주변 사용자를 탐색하기 위해서는 사용자가 가진 기기들 간의 관계뿐만 아니라 사용자 간의 관계 역시 정의 되어야 한다. 제안하는 시스템에서 정의하는 사용자 간의 관계는 아래와 같다.

- 대면 관계(Face contact human relationship): 친밀도와 관계없이 물리적으로 대면하는 관계를 의미한다.
- 비대면 관계(Non-face contact human relationship): 대면 관계 외에 이뤄지는 전화, 문자, 이메일 등으로 이뤄지는 관계를 의미한다.
- 한 공간에 있는 관계(Co-location human relationship): 대면, 비대면 관계와 무관하게 현재 같은 공간 안에 있는 관계를 의미한다.
- 보호자 관계(Guardian human relationship): 법적 혹은 친족 관계에서 보호자로 규정되는 관계로 사회적 의미를 포함한다.
- 회사/기관 관계(Co-work human relationship): 같은 회사 혹은 기관에서 일하는 사용자들 간의 관계를 의미한다.
- 지원 관계(Social support human relationship): 사회적 기관이나 타인으로부터 생활이나 재정에 도움을 받는 관계를 의미한다.

HIoT 그래프에서 사용자 간의 관계는 아래의 수식 3과 같이 표현한다. 사용자 간의 관계 그래프를 의미하는 $Hu(t)$는 전체 사용자 그래프 UH(Underlying Graph)에 대해 현재 연결된 그래프인 $H(t)$를 가진다. 또한 시간 t에 대해서 노드 u가 위에 정의한 관계인 r을 가질 확률인 $p(u,r,t)$을 표현한다. 이 때 관계 r은 사용자 노드인 u와 v에 대해서 사용자 u가 v의 보호자 관계 혹은 연결된 관계($\overrightarrow{uv}$)에 있을 때 관계 r에 대해서 1을 더한 값을 가진다.($1^{+}relationship$) 만약 사용자 u와 v가 아무런 상호작용이 없다면 0의 관계 값($0\,relationship$)을 가진다고 정의할 수 있다.($r \geq 0$)

$$Hu(t) = (p(u,r,t), H(t), UH) \tag{3}$$

따라서 특정 노드를 중심으로 주변의 노드가 가진 관계 r에 대한 값이 가장 클수록 사용자와 가까이에서 자주 교류하는 중요한 관계이므로 가중치를 두어 사용자 간의 관계를 분석할 수 있다.

제안하는 그래프는 사용자 간의 관계를 사물인터넷 환경에 반영함으로써 사용자의 응답이 없을 때 주변의 기기뿐만 아니라 곧바로 상황을 전달하거나 대처가 가능한 다른 사용자를 빠르게 탐색할 수 있다.

5. 사용자 간의 상호작용을 반영하는 사물인터넷 시스템 설계

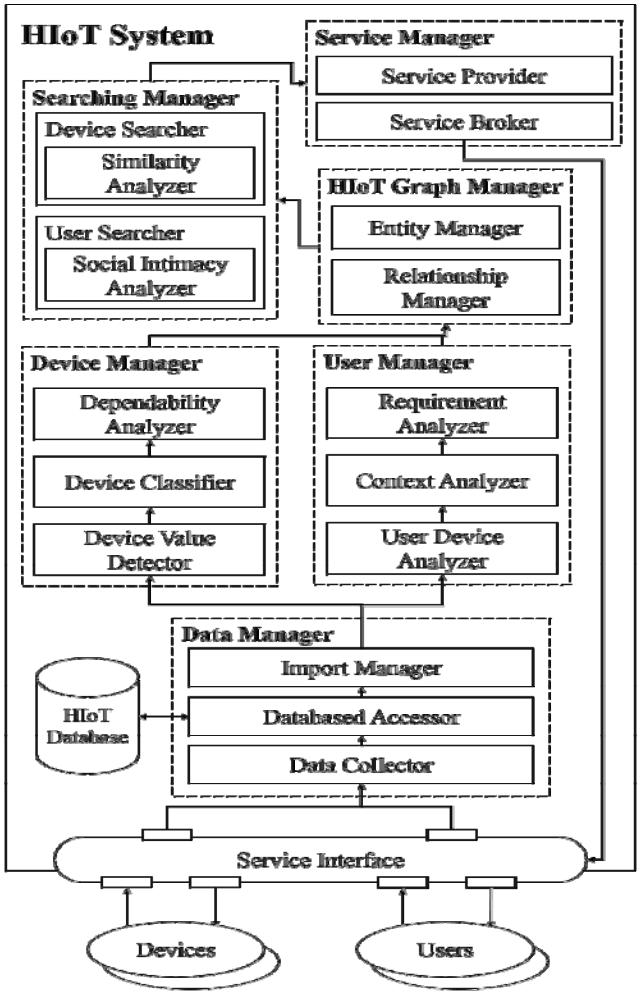
본 논문에서 제안하는 시스템의 구조는 그림 2와 같다. 사물 인터넷 기기와 사용자로부터 수집한 데이터를 기반으로 그래프를 구성하고 분석한다. 사용자가 현재 사용 중인 기기를 분석하여 상황과 요구를 분석한다. 마지막으로 이를 종합하여 적절한 기기와 사용자를 탐색한다.

시스템은 총 6개의 모듈로 구성된다. 기기로부터 데이터를 수집하는 데이터 매니저와 기기와 사용자에 대한 정보를 분석하고 관리하는 디바이스 매니저, 사용자 매니저 모듈이 있다. 그리고 이러한 정보를 가지고 네트워크 그래프를 구성하는 HIoT 그래프 매니저와 최종적으로 사용자와 기기를 찾는 탐색 매니저로 이뤄진다. 시스템은 서비스 매니저를 통해 사용자와 기기에 서비스를 제공한다.

- 데이터 매니저: 기기에서 데이터를 수집하고 데이터베이스에 저장한다. 각각의 모듈에 데이터베이스로부터 정보를 전달한다.
- 디바이스 매니저: 기기에서 수집한 데이터를 분석하여 기기를 분류한다. 이 때 기기는 사용자가 지니는 기기와 특정 공간에서 사용자와 상호작용하는 기기로 구분된다. 이동이 없는 기기는 다시 세부적으로 전원을 끄지 않고 지속적으로 정보 수집이 가능한 기기와 사용자에 의해 특정 시간에만 이용되는 기기로 분류할 수 있다. 기기의 속성에 따라 분석한 정보를 종합하여 보다 정확한 사용자의 상황을 알아낼 수 있다.
- 사용자 매니저: 사용자가 현재 이용 중인 기기의 정보를 분석하여 요구를 분석한다. 공간적으로 추론 가능한 사용자 정보 외에 사용자가 이용 중인 서비스와 내용에 따라 필요로 하는 요구를 분석할 수 있다.
- HIoT 그래프 매니저: 디바이스 매니저와 사용자 매니

저에서 분석한 정보에 따라 네트워크 그래프를 구성한다. 정해진 규칙에 따라 사용자와 기기, 사용자 간, 기기 간의 관계와 상황을 그래프로 표현한다.

- 탐색 매니저: 구성한 그래프를 기반으로 사용자에게 필요한 기기와 사용자를 탐색한다. 사용자를 탐색하는 경우 HIoT 그래프에서 나타나는 사회적 친밀도를 분석함으로써 가장 신속하게 대처 할 수 있는 사용자를 탐색 한다.
- 서비스 매니저: 탐색한 정보를 바탕으로 서비스 브로커를 통해 사용자와 기기에 서비스를 제공한다.



(그림 2) 제안하는 시스템의 구조

6. 요약

본 논문에서는 사물인터넷 기기와 사용자 간의 친밀도를 포함하는 새로운 사물인터넷 네트워크 그래프를 정의한다. 이를 기반으로 사용자 간의 상호작용을 반영하는 사물인터넷 시스템을 구현한다. 사물 인터넷 기기와 사용자 정보를 수집하여 각각의 관계를 정의한 노드와 간선에 따라 표현한다. 이 후 분석한 그래프에 따라 사용자와 사용자 환경 내 기기가 응답이 없을 때 가장 신속하게 응답할 수 있는 다른 사용자를 탐색한다.

제안하는 시스템을 통해 특정 상황에서 사용자의 의식이 없을 때, 기기를 통해 기관에 알릴 수 있을 뿐만 아니라 상황 정보를 보호자나 친구, 혹은 가장 신속하게 대처할 수 있는 주변의 사용자에게 전달한다. 따라서 여러 응급 상황에서 빠르고 정확하게 대처할 수 있다. 향후 실제 데이터에 따른 그래프의 유형을 분석하고 사용자의 친밀도를 측정하기 위한 연구를 진행 할 예정이다.

사사

본 논문은 교육부 및 한국연구재단의 BK21 플러스 사업(경북대학교 컴퓨터학부 Smart Life실현을 위한 SW인력양성사업단)으로 지원된 연구임(21A20131600005).

참고문헌

[1] D. Gil, A. Ferrández, H. Mora-Mora, and J. Peral, "Internet of things: A review of surveys based on context aware intelligent services," Sensors, Vol. 16, No. 7, pp. 1069, 2016.

[2] L. Atzori, A. Iera, G. Morabito, and M. Nitti, "The social internet of things (siot)-when social networks meet the internet of things: Concept, architecture and network characterization," Computer networks, Vol. 56, No. 16, pp. 3594-3608, 2012.

[3] J. Bleecker, "A manifesto for networked objects—cohabiting with pigeons, arphids and aibos in the internet of things," 2006.

[3] S. J. Park, M. Subramaniyam, S. E. Kim, S. Hong, J. H. Lee, C. M. Jo, and Y. Seo, "Development of the elderly healthcare monitoring system with IoT," Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare, pp. 309-315, 2017.

[5] C. Perera, A. Zaslavsky, C. H. Liu, M. Compton, P. Christen, and D. Georgakopoulos, "Sensor search techniques for sensing as a service architecture for the internet of things," IEEE Sensors, Vol. 14, No. 2, pp. 406-420, 2014.

[6] S. Yang, Y. Xu and Q. He, "Ontology Based Service Discovery Method for Internet of Things," International Conference on Internet of Things and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, Dalian, pp. 43-47, 2011.