

IoT 상황인식 기술 동향

김 도 현

제주대학교 컴퓨터공학과

I. 개 요

최근 유럽, 중국, 미국, 일본, 한국 등 세계 주요 국가에서 IoT(Internet of Things) 기술을 전략산업으로 육성하고 있다. IoT는 모든 사물(Things)에게까지 네트워크 연결을 제공하는 네트워크의 네트워크를 의미한다. IoT를 통해 전 세계적으로 표준 통신 프로토콜을 이용하여 독자적인 자체 주소를 가진 모든 사물을 상호 연결하고자 한다. 특히 유럽에서는 제7차 프레임워크 프로그램(FP7: The Seventh Framework Programme of the European Union)을 중심으로 IoT 연구에 적극적이며, IoT 아키텍처, 통신 모델, 비즈니스 모델의 적용, 통합 및 시험 모델 등을 개발하고 있다^[1].

최근 IoT 기반의 다양한 스마트 환경에서 상황(context)에 적합한 맞춤형 서비스를 제공하기 위해서는 동적으로 변화하는 상황 정보가 필요하다. 특히 IoT 기반의 지능적인 서비스를 제공하기 위해서는 사용자와 환경의 상황을 정확하게 파악할 필요가 있으며, 이를 위해서는 상황 인식 기술이 필수적이다. 여기서 상황은 공간에서 설치된 센서로부터 가져올 수 있는 사용자 정보와 관련된 환경 정보를 의미한다. 즉, 상황은 사용자가 처한 환경에 대한 정보를 말한다.

상황은 활용분야에 따라 사용자의 상황, 물리적 환경 상황, 컴퓨팅 시스템 상황, 사용자-컴퓨터 상황 작용 이력, 가용 자원 상황, 기타 미분류 상황으로 분류한다. 또한, 이러한 상황을 얻어내는 과정을 상

황 인식(context awareness)이라고 한다^[2].

본 논문에서는 최근 관심이 집중되고 있는 사물 인터넷 IoT에서 개발되고 있는 상황 인식 기술의 현황을 살펴보고자 한다. 이를 위해 먼저 IoT에 대한 기본 개념과 기술을 살펴보고, 다음으로 IoT 기반의 상황 인식 기술을 고찰한다. 더불어 국내외적으로 연구 개발되고 있는 관련 프로젝트를 소개하고자 한다. 마지막으로 결론을 맺는다.

II. IoT 개념

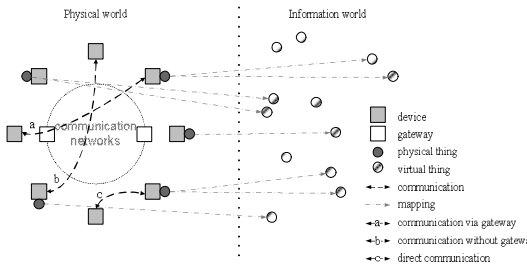
향후 인터넷은 인간이 생성하고 가공한 데이터, 정보 및 지식뿐만 아니라, 우리 주변의 센싱과 구동체 기능을 갖는 일상 사물로부터 정보를 획득할 수 있다. 그리고 이들 사물은 자체 식별자를 갖고 컴퓨팅과 통신 기능을 통해 세상과 상호작용할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 지원하는 것을 IoT라 하며, IoT는 인간과 사물, 서비스로 분산된 환경요소에 대해 인간의 명시적 개입없이 상호 협력적으로 센싱, 네트워킹, 정보 처리 등 지능적 관계를 형성하는 사물 공간 연결망으로 정의되고 있다. ITU(International Telecommunication Union)에서는 IoT를 통해 사람과 사람, 사람과 사물, 사물과 사물 간의 통신과 상호작용, 그리고 정보 공유가 가능해지면, 인간은 고해상도의 물리적 환경정보를 얻음으로써 자신의 행동을 더욱 최적화할 수 있으며, 또한 시스템 스스로가 상황 판단을 정확하게 하도록 하여 사람의 개입 없이 동작을 자율적으로 수행할 수 있게 된다^[3].

IoT는 사물을 인터넷에서 연결하여 현실과 가상

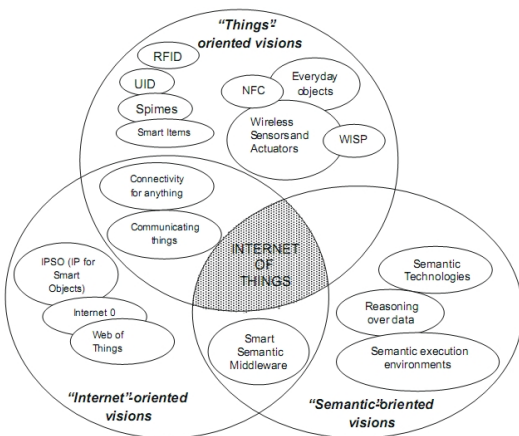
“본 논문은 한국전자통신연구원에서 지원한 연구임 [13ZC1130, 생활체감형 IoR(Internet of Reality) 서비스 제공을 위한 USN/WoT 융합 플랫폼 기술 개발]”

세계의 모든 정보를 상호작용하는 환경을 제공할 수 있다. ITU에서는 물리적 세상의 사물과 정보 세상의 통신할 수 있는 객체와의 사상(mapping)으로 정의하고 있으며, [그림 1]에서는 IoT의 기술적 개념을 설명하고 있다^[4].

IoT는 [그림 2]와 같이 사물 중심, 인터넷 중심, 그리고 시맨틱 중심으로 바라 볼 수 있다^[2]. 인터넷 중심은 사물이 언제, 어디서, 누구와도 연결이 가능한 IP(Internet Protocol) 기반의 네트워크 구축에 초점을 맞추고 있다. 다음으로 시맨틱 중심에서는 사물로부터 생산되는 정보를 체계화 관리하고 공유하기 위해 모델링하고, 저장하며, 검색하고 분배하는 관점에서 보고 있다. 마지막으로 식별 중심에서는 RF-ID(Radio-Frequency Identification)의 EPC(Electronic Pro-



[그림 1] IoT의 기술적 개념^[4]



[그림 2] IoT의 세 가지 관점^[5]

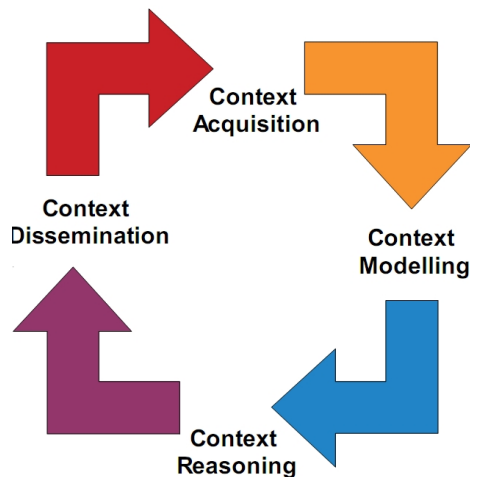
duct Code)와 같이 사물의 유일한 식별자를 통해 사물의 인식과 위치 추적을 통한 사물의 실시간 정보를 관리하고, 서비스 제공에 초점을 맞추고 있다^[5].

향후 IoT를 통해 수많은 사물이 지능화되고, 인터넷에 연결되어 실시간 대용량의 정보를 제공할 것으로 예상된다.

Ⅲ. IoT 기반 상황인식 기술

1990년대 초반부터 상황 인식은 유비쿼터스와 퍼베이시브 컴퓨팅 시스템의 핵심 기술로 개발되고 있다. ‘상황 인식’ 용어는 1994년에 Schilit 그리고 Theimer에 의해 처음으로 사용되었으며, 그 이후, 상황 인식에 대한 연구는 컴퓨터 과학에서 보편적인 연구 영역으로 인정받았다^[2].

1991년에 ‘마크 와이저’가 유비쿼터스 컴퓨팅 용어를 도입하면서 상황 인식에 대한 관심은 더 집중되고 있다. 최근 10년간 IoT의 등장과 함께 다양한 컴퓨팅 환경과 응용 프로그램, 웹 어플리케이션에 상황인식 기술이 적용되고 있다. IoT의 식별과 시맨틱 중심의 관점에서 상황 인식은 엄청난 센싱 데이터로부터 의미있는 정보를 추출하는 중요한 기술이



[그림 3] 상황 정보의 라이프 사이클^[2]

다.

상황 인식은 사용자와 주위 환경을 인식하고 이해하여 변화하는 상황을 인지하고, 이를 토대로 개인 요구에 따라 환경을 제어하는 데 활용된다. 이러한 상황 인식을 이용하여 사용자에게 적합한 서비스를 제공하는 상황 인식 시스템(context awareness system)은 상황 수집(context acquisition), 상황 모델링(context modeling), 상황 추론(context reasoning), 상황 배포(context dissemination) 등의 기술이 요구된다. [그림 3]에서는 상황 정보의 라이프 사이클을 보여주고 있다^[2].

3-1 상황 수집 기술

IoT 환경에서는 상황 인식 시스템에서 상황을 취득하는데 고려해야 할 사항으로 신뢰성, 주파수, 상황 데이터, 센서 유형, 그리고 획득 과정 등의 다섯 가지 요소가 있다^[2].

상황을 제공하는 모든 데이터 소스에 따라 센서 유형은 일반적인 하드웨어 장치인 물리적 센서 외에도 가상 센서, 논리적 센서 등의 세 가지 범위로 나눌 수 있다.

물리적 센서는 일반적으로 사용되는 센서 유형이며, 현재 대부분의 디바이스는 다양한 센서(예 : 온도, 습도, 터치, 마이크)를 갖고 있다. 물리적 센서로부터 수집된 데이터는 의미가 부족하고, 사소하며 작은 변화에 취약한 낮은 수준의 상황 정보이다. 이때 데이터는 물리적 세계의 부정확하고, 상충되며 불완전한 상황을 제공할 수 있다.

다음은 물리적으로 존재하지 않는 가상 센서는 스스로 센서 데이터를 발생하지 않고, 다양한 소스와 센서 데이터에 게시된 것(예 : 달력, 전화번호부, 트위터, 이메일 그리고 채팅 어플리케이션)을 의미한다.

논리적 센서(소프트웨어 센서)는 보다 의미 있는 정보를 생산하기 위해 물리적 센서와 가상센서의 결

합을 통해 생산된다. 예를 들어 날씨 정보를 제공하는 전용 웹 서버는 논리적 센서로 불린다. 기상관측소는 날씨정보를 수집하기 위해서 수천의 물리 센서를 이용한다. 또한, 맵, 달력, 그리고 역사적 데이터와 같은 가상 센서로부터 정도를 수집한다. 그리고 날씨 정보는 물리적 및 가상 센서 모두의 조합에 의해 생성된다.

다음으로 상황 획득하는 데 Push와 Pull 등의 두 가지 방법이 있다. Pull 방법은 서버나 다른 구성 요소가 센서에게 요청하여 주기적이거나 즉시 센싱 데이터를 수집한다. Push 방식은 물리적 또는 가상 센서가 주기적으로 또는 즉시 센서 데이터를 획득하는 역할을 수행하는 구성요소에 센싱 데이터를 보낸다.

3-2 상황 모델링 기술

상황 모델링은 상황 정보를 표현하고 저장하는데 널리 사용된다. 상황 모델은 정적 또는 동적일 수 있다. 상황 정보를 모델링할 때 고려사항은 이질성과 이동성, 관계 및 종속성, 적시성(신선도), 불완전, 추론, 모델링 형식, 그리고 효율적인 상황 제공 등이 될 수 있다^[2].

일반적으로 제시되는 상황의 모델에 따라 두 단계가 있다. 첫 번째 상황 모델링 단계에서는 새로운 상황 정보 속성, 이전에 지정된 상황과의 관계, 품질 상황의 특성, 질의의 동기에서 특성 관계 관점에 대해 정의한다. 두 번째 단계인 모델에 따른 상황 구성에서는 상황 모델링 결과의 유효성을 검사한다. 그리고 새로운 상황 정보를 병합하고 기존의 상황 정보 저장소에 추가한다.

대표적인 상황 모델 기술로는 키 값(Key-value) 방식, 마크업 기법(Markup schemes), 데이터베이스를 이용한 그래픽(Graphical) 방법, 객체 기반(Object based), 논리 기반(Logic based), 온톨로지 기반(Ontology based) 등이 있다.

3.3 상황 추론 기술

상황정보는 센서 장치 또는 컴퓨팅 장치로부터 수집되는 하위 수준의 상황정보와 상위 수준의 상황정보를 수집하여 추론 등의 다양한 프로세싱을 통하여 생성되는 상위 수준의 상황정보의 계층적 구조로 분류된다. 상황정보를 하위 수준 상황정보(Low-Level Context)와 상위 수준 상황정보(High-Level Context)로 나눈다. 상황 추론은 상황의 기반으로 새로운 지식을 추론하여 의미있고 활용할 수 있는 높은 수준의 상황 정보를 제공할 수 있다^[6]. [그림 4]에서는 상황 정보 흐름을 보여주고 있다.

사용자의 논리적인 요구와 원시 상황의 알 수 없는 모호하거나 부정확하거나 잘못된 불완전성과 불확실성을 극복하기 위해 상황 추론이 필요하다. 성능 추론은 효율성, 건전성, 완전성의 상호 운용성 등의 측면에서 평가 측정될 수 있다. 상황 추론은 몇 가지 단계로 이루어질 수 있으며, 예를 들어 사전 처리, 데이터 융합, 상황 추론으로 나눌 수 있다. 먼저 상황에 맞는 사전 처리 단계에서는 센서 하드웨어 및 네트워크 통신의 불확실성에 의한 데이터의 부정확하거나 누락을 극복하기 위해 수집된 데이터를 처리 과정을 수행한다.

다음으로 센서 데이터 융합 단계에서는 더 정확하고, 보다 더 완벽한 신뢰할 수 있는 상황 정보를

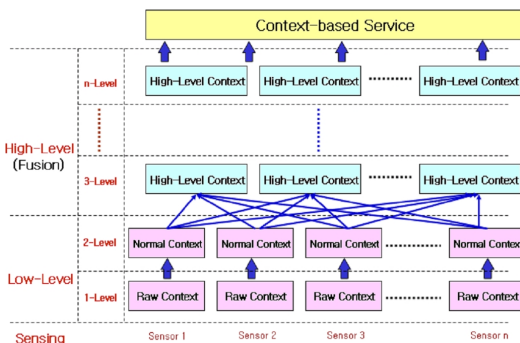
획득하기 위해 여러 개의 센서로 수집된 데이터를 결합한다. IoT에서 사용 가능한 수십억 개의 센서가 있기 때문에 융합은 매우 중요하다. 마지막으로 상황 추론 단계에서는 추론 알고리즘을 이용하여 낮은 수준의 상황을 높은 수준의 상황 정보로 변환한다. 이때 추론은 하나의 상호 작용 또는 여러 상호 작용을 수행할 수 있다^[2].

3.4 상황 배포 기술

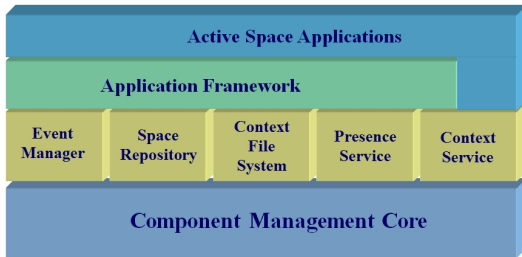
상황 배포는 소비자의 관점으로 매우 간단한 작업이며, 사용자에게 상황을 전달하는 방법을 제공한다. 일반적으로 상황 배포에 사용된 두 가지 방법이 있다. 먼저 질의(Query)는 상황 소비자가 요청하고, 상황 관리 시스템은 질의에 해당하는 결과를 생성하여 전달한다. 다음으로 구독(Subscription)은 공표와 가입(publish and subscribe)이라고 말할 수 있으며, 상황 소비자는 요구사항을 상황 관리 시스템에게 제시하고, 구독을 허락받는다. 그리고 주기적이거나 사건이 발생했을 시(임계값 이상) 결과를 소비자에게 전달한다^[2].

IV. 상황인식 관련 프로젝트

국내외적으로 수많은 상황인식 관련 프로젝트가 진행되어 다양한 플랫폼과 미들웨어 등이 개발되고 있다. 여기서는 대표적인 프로젝트에서 개발된 상황인식 시스템을 소개한다. 먼저 Gaia 프로젝트는 상황인식 서비스를 제공하기 위한 구조를 제시하고, 다양한 상황정보를 얻고 추론할 수 있는 인프라를 제공한다. 여기서 상황정보 제공자는 센서 또는 상황정보, 데이터 소스로부터 상황정보를 수집하여 제공하며 상황정보 합성기는 다양한 상황정보를 수집하여 상위 개념의 상황정보를 추론한다. 상황정보 제공자 등록 서비스는 필요한 상황정보 제공자의 정보를 제공하는 기능을 담당하며, 상황정보 히스토리



[그림 4] 상황 정보 처리 흐름^[6]

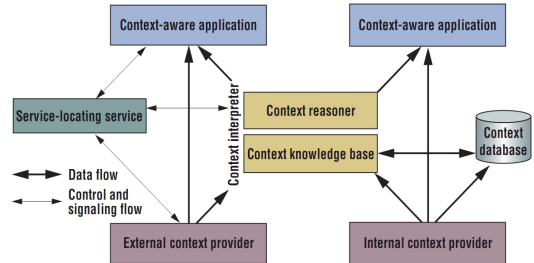


[그림 5] Gaia 플랫폼 구조^[8]

는 상황정보를 저장하여 제공한다. 또한, 온톨로지(Ontology)를 이용하여 상황정보에 의미를 부여하고, 조회(Query)할 수 있는 메커니즘을 제공한다. Gaia를 구성하는 각각의 객체 간의 록업 및 통신 방법은 CORBA를 기반으로 하여 제작되었다^[7].

SOCAM(Service-oriented Context-aware Middleware) 프로젝트는 2004년도에 싱가포르(Singapore) 국립 대학에서 상황인식 모바일 서비스를 위한 미들웨어, 상황인식 서비스 및 시스템을 개발하였다. 또한, 미들웨어 내에서 상황정보 모델링을 위해 OWL(Web Ontology Language)를 제안하고, 상황정보 제공자(Context Providers), 상황정보 번역자(Context Interpreter), 상황인식 서비스(Context-aware Services), 서비스 위치 서비스(Service Locating Service), 상황정보 데이터베이스(Context Database) 등의 요소로 이루어져 있다. 여기서 상황정보 제공자는 다양한 상황정보를 추상화 하고, OWL 표현으로 변환하여 다른 서비스 컴포넌트에 의해 사용되고 공유될 수 있게 한다. 그리고 상황정보 번역자는 상황정보에 대한 논리적인 추론 서비스를 제공한다^[9]. [그림 6]에서는 SOCAM 구조를 보여주고 있다.

Context Toolkit은 상황인식 능력을 향상시키기 위해 개발되었으며, 상황인식 응용 프로그램 개발자를 지원하는 기능과 추상화의 조합을 포함하고 있다. 센서에서 데이터를 회수하는 context widget, 상황 추론 기술을 사용하는 context interpreter, 그리고 con-

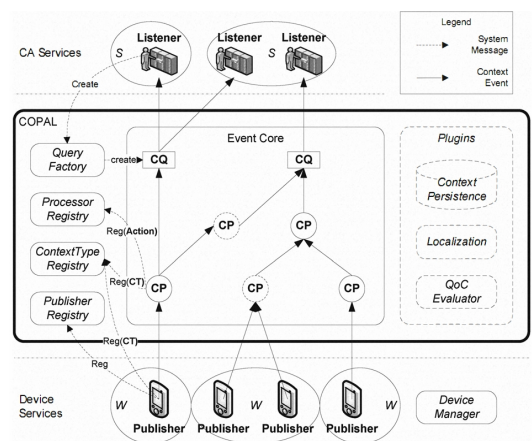


[그림 6] SOCAM 구조^[9]

text aggregator 등의 세 가지 주요 추상화 요소가 있다. 상황인식 응용에 필요한 식별, 저장, 배포 기능을 독립적으로 수행한다^[10].

SM4ALL(Smart hoMes for ALL) 프로젝트에서 개발한 COPAL(CONtext Provisioning for ALI)은 오스트리아 비엔나 대학의 정보 연구소의 실시간 미들웨어이다. COPAL은 디바이스 서비스(device services)와 상황인식(Context aware(CA) services)을 연결하며, CT(Context Type), CQ(Context Query), CP(Context Processor)로 구성되어 있다. [그림 7]은 COPAL의 구조를 보여주고 있다^[11].

이외에도 CARISMA(Context-Aware Reflective middleware System for Mobile Applications), CoBra(Con-



[그림 7] COPAL 구조^[11]

text Broker Architecture), HCoM(Hybrid Context Management), CaSP(Context-aware Service Platform), CA4-IOT(Context Awareness for Internet of Things) 등의 프로젝트에서 상황인식 관련 연구가 진행되고 있다^[2].

V. 결론 및 향후 전망

최근 세계적으로 많은 연구 기관에서 IoT 서비스를 지원하는 상황인식 기술에 대한 연구를 진행하고 있다. 특히 유럽의 CERP-IoT(Cluster of European Research Projects on the IoT) 프로젝트는 상황인식 기술에 많은 노력을 집중하고 있다. 이에 본 고에서는 사물인터넷 IoT의 핵심 요소 기술인 상황인식 기술을 고찰한다. 이를 위해 먼저 IoT에 대한 기본 개념을 살펴본다. 그리고 IoT 기반의 상황인식 기술을 상황 획득, 상황 모델링, 상황 추론, 상황 배포로 나누어 고찰한다. 또한, SM4ALL, SOCAM, Gaia, Context Toolkit 등의 상황인식 관련 프로젝트를 소개한다.

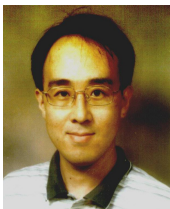
향후 IoT 환경에서는 사물과 인간이나 다른 사물과 상호작용함으로써 미래 새로운 시장을 창출할 것으로 예상되며, 특히 상황인식 기술은 IoT 핵심 요소로 다양한 IoT 응용과 서비스에 적용될 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- [1] 김대영, 김성훈, 하민근, 김태홍, 이요한, "Internet of things 기술 및 발전 방향", 한국통신학회, 정보와 통신, 2011년 9월.
- [2] Charith Perer, Dimitrios Georgakopoulos, "Context aware computing for the internet of things : A survey", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2013.
- [3] ITU Internet Reports, *The Internet of Things*, Nov. 2005.
- [4] Overview of Internet of Things, *ITU-T Y.2060*, Jun. 2012.
- [5] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey", *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, Oct. 2010.
- [6] 박상규, 김도윤, 한탁돈, "상황인식 미들웨어에 기반한 상위 수준 상황정보 추론 모델", 2006년 한국컴퓨터종합학술대회논문집, 33(1), pp. 322-324, 2006년.
- [7] M. Roman, C. Hess, R. Cerqueira, A. Ranganathan, R. H. Campbell, and K. Nahrstedt, "A middleware infrastructure for active spaces", *IEEE Pervasive Computing*, vol. 1, no. 4, pp. 74-83, Oct. 2002.
- [8] Manuel Roman, Roy H. Campbell, "Providing middleware support for active space applications", In *Proc. of ACM/IFIP/USENIX International Middleware Conference(Middleware 2003)*, Rio de Janeiro, Brazil, 2003.
- [9] T. Gu, H. K. Pung, and D. Q. Zhang, "Toward an OSGi-based infrastructure for context-aware applications", *IEEE Pervasive Computing*, vol. 3, no. 4, 2004.
- [10] A. K. Dey, G. D. Abowd, and D. Salber, "A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications", *Hum.-Comput. Interact.*, vol. 16, pp. 97-166, Dec. 2001.
- [11] F. Li, S. Sehic, and S. Dustdar, "COPAL: An adaptive approach to context provisioning", *WiMob. EEE*, pp. 286-293, 2010.

≡ 필자소개 ≡

김 도 현



1990년 3월~1995년 3월: 국방과학연구소 전산망연구실 연구원
2000년 8월: 경북대학교 전자공학 정보통신전공 (공학박사)
2008년 3월~2008년 12월: 한국정보통신기술협회 WBAN 프로젝트 그룹 의장
2004년 9월~현재: 제주대학교 컴퓨터

공학과 교수

[주 관심분야] IoT/M2M, 상황인식 및 예측, 센서웹