

# 스마트 홈 상에서의 RGB-Depth 카메라 기반 Non-intrusive 상황인지모듈 개발

\*박종빈, 금승우, 김경원, 정종진, 임태범, 윤명현  
전자부품연구원  
e-mail : [jpark@keti.re.kr](mailto:jpark@keti.re.kr)

## Development of Non-intrusive Context Awareness Module using RGB-Depth Camera

\*Jong-Bin Park, Seung-Woo Kum, Kyung-Won Kim, Jong-Jin Jung,  
Tae-Beom Lim, Myung-Hyun Yoon  
Korea Electronics Technology Institute

### Abstract

본 논문에서는 가전기기들을 지능적으로 제어할 수 있는 스마트 홈 상에서 상황 적응적인 서비스를 제공하기 위해 홈 내 기기 및 구성원들의 정보를 자연스럽게 취득할 수 있게 하는 상황인지모듈을 제안하고 구현한다. 제안하는 상황인지모듈은 기 존재하는 스마트 홈 시스템에 자동으로 인식되고 서비스를 제공하기 위해 Universal Plug and Plug(UPnP) 프로토콜을 이용한다. 또한 RGB-Depth 카메라를 사용하여 얼굴 인식을 통한 홈 내 구성원 인식, 구성원들의 위치정보, 제스처 정보 등을 획득하여 정형화된 데이터로 가공하고 이러한 정보를 필요로 하는 다른 기기 및 서비스 장치에 제공할 수 있다.

### I. 서론

본 논문에서는 가전기기들을 지능적으로 제어할 수 있는 스마트 홈 상에서 서비스 제공 시스템이 사용자에게 큰 간섭을 일으키지 않으면서 자연스럽게 상황정보를 획득하고 이를 타 기기에 제공할 수 있도록 하는 RGB-Depth 카메라 기반 상황인지모듈을 제안하고 구현한다.

스마트홈 상에서의 상황정보란 기기 및 사람 등의 위치(Location), 고유식별자(Identity), 고유특성(Activity),

시간정보(Time)와 같은 4가지 카테고리로 구분할 수 있다[1]. 상황정보는 공공장소, 사무실, 집과 같이 다양한 장소들에서 획득 되고 이용될 수 있으나, 본 논문에서는 최근 그 중요성이 날로 커지고 있는 홈 내에서의 상황인지 분야로 한정한다[2].

구현하고자 하는 상황인지모듈은 RGB-Depth 카메라 [2]-[6]를 기반으로 하며, 기 존재하는 스마트 홈 시스템에 자동으로 인식될 수 있고 획득된 정보를 홈 내 다른 기기들 및 모듈들에게 유기적으로 제공할 수 있어야 하므로 최근 가전기기들에 널리 적용되고 있는 UPnP 프로토콜[7]을 사용한다. 따라서 제안모듈은 물리적으로 독립적 모듈임에도 불구하고 UPnP를 지원하는 홈 가전 및 시스템에 쉽게 연동될 수 있다.

본 논문에서 구현하는 상황인지모듈은 사생활침해문제를 고려하여 정보획득 범위를 거실과 같은 홈 내 공용환경으로 제한하고, 시스템 구축 비용을 줄이기 위해 이미 존재하는 가전 기기들을 최대한 활용하고자 하였다. 따라서 가정에서 쉽게 접근 가능하고 호환성 및 개발·유지보수가 용이한 마이크로소프트사의 키넥트(Kinect) RGB- Depth 카메라를 사용했다[8]. 키넥트 센서는 2차원컬러영상, 카메라로부터 물체까지의 깊이 정보, 어레이 마이크를 사용한 입체 오디오 신호를 획득할 수 있다[8]. 본 논문에서는 이러한 기능들을 활용하여 홈 내 사용자 정보, 위치 정보, 제스처 정보 등을 획득하여 해당 정보를 필요로 하는 다른 기기에 제공할 수 있는 상황인지 모듈을 구현하였다.

## II. 본론

### 2.1 RGB-Depth 카메라

RGB-Depth 카메라는 물체까지의 3차원 거리정보를 2차원 영상과 함께 획득할 수 있게 해준다. 거리정보는 3차원 공간정보의 재구성 및 사람의 골격 구조(Skeleton) 및 제스처(Gesture) 정보를 얻는데 유용하다[3]-[6]. 이러한 3차원 거리정보를 획득하기 위해서는 스테레오카메라로 시각차가 존재하는 2장의 영상을 획득한 후 특징점 매칭(Feature matching)을 수행하여 절대 거리를 추정하는 방법, 출력된 펄스광이 물체에 반사되어 되돌아오는데 걸린 시간을 거리로 환산하는 방법, 구조광(Structured light)을 피사체에 투사 후 영상을 촬영하여 삼각측량원리로 거리를 추정하는 방법 등이 사용 된다[5],[6].

### 2.2 Universal Plug and Play (UPnP)

UPnP는 컴퓨터 통신 프로토콜들의 집합으로써, 홈에 존재하는 UPnP지원 장치들 사이의 자연스러운 상호검색, 정보공유, 서비스 제공 등을 위해 만들어졌다[7]. 이러한 UPnP 프로토콜을 이용하면 기기를 켜는 것만으로도 가정 내 장치들과 쉽게 상호 연동될 수 있도록 시스템을 구성할 수 있다.

### 2.3 얼굴인식 알고리즘

사용자인식(User Identification)을 위해서는 아이디(ID)와 암호>Password) 입력방법, 얼굴·지문·홍채패턴·걸음패턴과 같은 생체정보를 이용할 수 있다. 그 중에서도 비전기술을 활용한 얼굴인식 분야는 다양한 장점들과 활용 가능성으로 인해 오랫동안 연구가 활발하고 최근 사진검색 및 스마트폰 사용자인식 등에 적용되어 응용범위를 넓히고 있다[5]. 본 논문에서는 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA) 기법을 사용한 얼굴인식 알고리즘을 사용한다. PCA는 정보의 손실을 최대한 줄이면서 고차원 정보를 더 낮은 차원으로 줄여주는 기법으로써 얼굴영역을 고속으로 비교하는데 유용하다[5]. 이를 위해서는 먼저 얼굴들에 대한 트레이닝(Training) 영상들이 DB화 되어 있어야 한다. 누구의 얼굴인지를 실제 판별하기 위해서는, 입력된 영상에서 얼굴영역을 검출(Detection)하여 DB에 존재하는 얼굴영상들과 비교하여 가장 유사한 정보(Nearest neighbor)에 대한 인덱스(index)를 얼굴정보로 간주하는 방법을 사용한다. 이때 트레이닝 영상들과 판별하고자 하는 얼굴영상들은 PCA 부분공간(Subspace)으로 사영(Projection)하여 처리하면 연산량을 크게 줄일 수 있다[5].

## III. 구현

구현한 상황인지모듈은 UPnP를 지원하는 가정 내 기기들 및 외부 클라우드시스템들과 상호 연동될 수 있도록 구성하였다. 예를 들어, 가족 구성원들과 기기들의 존재유무, 위치, 현재 상태 등의 다양한 정보들의 제공이 가능하다. 그러나 사생활 침해문제들을 고려하여 거실에서 RGB-Depth 카메라만을 사용하여 “집에 존재하는 가족 구성원의 수, 얼굴인식을 통한 구성원 정보, 간단한 위치정보”만을 제공할 수 있도록 기능을 제한하였다. 그림 1은 본 논문에서 구현한 상황인지모듈로써 전력 사용량 절감과 안정적 동작을 위해 가정에서 인체가 감지되면 RGB-Depth카메라가 작동하고 상황정보를 취득하도록 구성했다. 근적외선 인체감지 센서를 사용해서 인체감지를 수행했으며, 센서는 Atmel사의 AVR 마이크로 컨트롤러 유닛을 장착한 아두이노(Arduino) 보드에 연결하여 센서정보를 디지털 신호로 변환한 후 상황인지모듈로 전달되도록 구성했다[9]. UPnP는 Java로 구현한 Cling 라이브러리를 사용하여 컨트롤디바이스(Control device)와 컨트롤서비스(Control service)를 구현했다[10], RGB-Depth 카메라는 마이크로소프트사의 키넥트를 사용했다[8]. 가족 구성원의 수를 판별하기 위해서 본 논문에서는 키넥트 센서와 키넥트 SDK[8]에서 제공하는 사용자 인식정보를 사용하였다. 키넥트는 동시에 6명까지 인식이 가능하고, 인식정보는 16비트로 표현되는 거리지도정보(Depth-map)에서 추출했다[8]. 얼굴인식은 OpenCV에 구현된 Haar cascade 방법을 사용하여 판별하고자 하는 얼굴영역을 검출한 후, PCA기법으로 DB에 존재하는 가장 유사한 얼굴 인덱스를 찾는 방식을 사용했다[11]. 사용자별 위치정보는 키넥트 센서 상에 감지된 인물들에 대해서는 거실 내 정확한 거리정보를 메타데이터 형태로 제공했으며, 키넥트 센서 상에 최근 입체시간 이내에 감지된 적이 있었으나 지금 센서에 나타나지 않는 인물에 대해서는 최종 이동방향을 기반으로 가능한 존재 장소를 추정하도록 구성했다. 획득된 상황정보는 Sqlite[12] 데이터베이스 엔진을 사용하여 상황인지모듈에 저장되고, 네트워크상의 다른 UPnP 장치로부터 상황정보의 요청이 발생할 때 쿼리(Query)를 수행해서 요청 정보를 제공한다.

그림 2는 구현된 상황인지모듈의 사용자환경의 일부로써, 추출된 상황인지 정보를 기초로 개인화된 서비스를 제공하는 예를 나타낸다. C# 프로그래밍 언어 기반의 WPF(Windows Presentation Foundation)을 사용해서 사용자 환경을 구성했다.



그림 1. 상황인지모듈 구성도



그림 2. 구현된 상황인지모듈의 사용자환경

#### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 가전기기들을 지능적으로 제어할 수 있는 스마트 홈 상에서 상황 적응적인 서비스를 제공하기 위해 홈 내 기기 및 구성원들의 정보를 자연스럽게 취득할 수 있게 하는 상황인지모듈을 제안하고 구현했다. 본 논문에서는 PC상에서 시스템을 구현했으나, 향후 임베디드시스템에 해당 기능들을 포팅하고 다양한 센서들을 추가하여 기능을 확장할 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] A. K. Dey, et al., "Towards a better understanding of context and context-awareness," Handheld and ubiquitous computing. Springer Berlin Heidelberg, pp. 304-307, 1999.
- [2] G. Panger, "Kinect in the kitchen: testing depth camera interactions in practical home environments," CHI'12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2012.
- [3] J. Oikonomidis, K. Nikolaos, and A. A. Antonis, "Efficient model-based 3D tracking of hand articulations using Kinect," BMVC., pp. 1-11, 2011.
- [4] N. Walczak, et al., "A nonintrusive system for behavioral analysis of children using multiple RGB+ depth sensors," Applications of Computer Vision (WACV), 2012 IEEE Workshop on. IEEE, pp. 217-222, 2012.
- [5] R. Szeliski, Computer vision: algorithms and applications. Springer, 2011.
- [6] J. MacCormick, "How does the kinect work?," <http://users.dickinson.edu/~jmac/selected-talks/kinect.pdf>
- [7] <http://www.upnp.org/>
- [8] <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [9] <http://www.arduino.cc/>
- [10] <http://4thline.org/projects/cling/>
- [11] <http://opencv.org/>
- [12] <http://www.sqlite.org/>