

# 클러스터링 기반의 3D 위치표시용 스마트 플랫폼설계

강민구\*

## Design of Clustering based Smart Platform for 3D Position

Min-Goo Kang\*

### 요 약

본 논문에서는 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 사용자가 안드로이드 플랫폼 기반의 홈 허브가 유니티 3D 모델링으로 사물인터넷 센서의 3D 위치표출 방안이 제안되었다. 특별히, 3차원 공간에서 IoT 센서는 설치 공간별로 클러스터를 통해 IoT센서 속성과 배터리 상태를 모니터링 방식을 설계한다. 또한, 3차원 공간상에서 신규 설치한 IoT 센서가 인접 센서들의 무선신호의 비콘신호 및 도착시간 분석에 따른 센서의 위치를 추적하는 방식은 센서의 무선신호세기(RSSI, received signal strength indicator)와 방위각을 기반으로 3차원 공간상에서 수신 각도에 따른 센서의 3D 위치를 표출할 수 있다. 이때 유니티 런처가 탑재된 스마트 허브 플랫폼은 사물인터넷 센서의 동작상태 모니터링이 가능하며, 다양한 센서의 생애주기를 관리할 수 있도록 동영상이 3차원 텍스처가 동시에 연동하도록 활용할 수 있다.

Key Word : IoT sensor, RSSI, Clustering beacon, smart hub, 3D position, Unity engine

### ABSTRACT

In this paper, the 3D positioning of IoT sensors with the Unity engine of android platform based home-hub was proposed for IoT(Internet of Things) users. Especially, the monitoring of IoT sensor and battery status was designed with the clustering of IoT sensor's position. The 3D positioning of RSSI(received signal strength indicator) and angle for new IoT sensor according to clustering method was described with the cooperation of beacon and received arrival signal time. This unity engine based smart hub platform can monitor the working situation of IoT sensors, and apply 3D video with texture for the life-cycling of many IoT sensors simultaneously.

rs was described with RSSI(received signal strength indicator) and received angle.

## I. 서 론

최근 무선통신과 모바일 인터넷 등 개별 디바이스 간 융합을 기반으로 사람뿐만 아니라 사람과 사물, 사물과 사물까지 통신인 M2M(machine-to-machine)을 활용한 다양한 능동적, 지능형 융합 서비스들이 출현하고 이로서 사물인터넷(IoT, Internet of Things)의 등장으로 모바일인터넷을 통해서 소통하는 사회, 즉 사물과 사람이 네트워크로 연결되는 초연결사회(Hyper Connected Society)로 발전하고 있다[1].

[그림 2]는 IoT 스마트센서 기반의 액츄에이터와 네트워킹 및 센싱에 사물인터넷 연계서비스를 위한 플랫폼 구조이다[1].

[그림 2]처럼 스마트 홈에서의 생활맞춤형 센서를 위한 IoT 센서 ROIC (ReadOut Integrated Circuit)은 IoT 센서 구

현을 위한 다음과 같은 기술로 구현된다[1].

- 나노/MEMS센서의 미세신호를 저전력/저잡음 증폭/필터링
- 다중 신호를 아날로그/디지털 혼성모드의 복합센서처리기술
- 센서단말과 호스트 시스템간의 초저전력 유/무선 연결기술

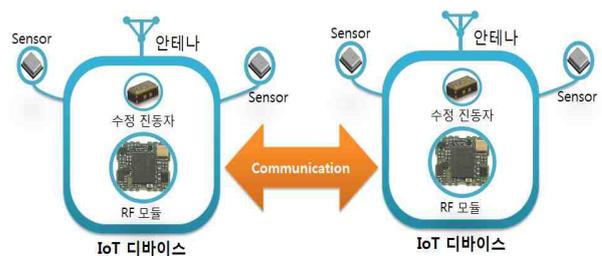


그림 1. IoT 디바이스간의 OneM2M 센서연동 동작분석[1]

\*한신대학교 정보통신학부 (kangmg@hs.ac.kr), 이 논문은 2015년 한신대학교의 학술지원을 받아 수행된 연구 결과임  
접수일자 : 2015년 2월 2일, 수정완료일자 : 2015년 2월 23일, 최종재확정일자 : 2015년 2월 27일

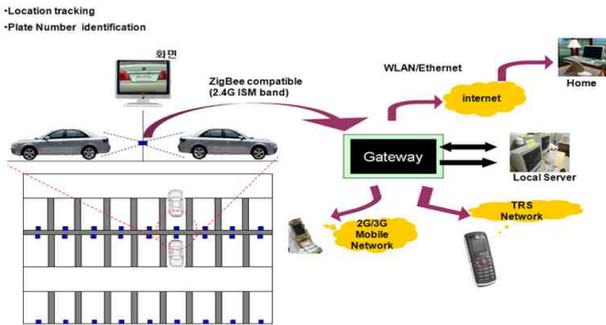
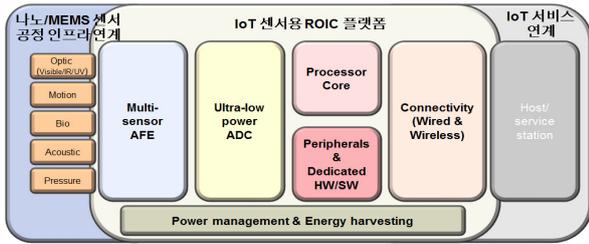


그림 2. IoT연계 서비스용 센서플랫폼(상)과 무선연결도(하) 분석

본 논문에서 스마트 홈에서 사물인터넷 센서의 3D 위치를 표출하는 스마트 허브를 설계한다. 이러한 안드로이드 기반의 유니티 런처가 탑재된 스마트 허브 플랫폼은 3차원 공간에서 IoT 센서의 클러스터링 공간상에서 IoT센서의 속성과 배터리 상태를 모니터링이 가능하도록 설계한다.

이로서 새로 설치한 IoT 센서는 인접 센서들의 무선신호의 도착시간 추적방식과 수신세기(RSSI, received signal strength indicator) 및 방위각을 기반으로 3차원 공간상에서 수신각도에 따른 센서의 3D 위치를 표출할 수 있도록 한다.

## II. IoT 무선신호 검출과 클러스터링 설계

본 절에서는 3차원 공간상에서 IoT 센서의 무선신호 검출을 위해 WiFi 비콘(beacon)신호를 분석한다. 아울러, IoT센서의 3D 공간에서 위치를 추정하기 위해 센서의 무선신호세기(RSSD)와 방위각을 기반으로한 인접 센서들의 무선신호의 도착시간에 따른 센서의 위치를 추적하는 방식을 분석한다.

### 2.1 IoT용 WiFi의 무선 비콘 프레임검출 위한 신호분석

본 연구에서는 IoT센서의 비콘신호 검출을 위한 무선 LAN 802.11 비콘 프레임을 분석한다. 이러한 무선 AP용 비콘 프레임은 무선랜 AP가 관할하는 무선 네트워크(BSS)의 존재를 정기적으로 알리는 방송 프레임이다.

[그림 3]은 무선 LAN 802.11의 비콘 프레임 구조로 프레임 별로 정보필드와 요소들의 순서적으로 정해져있으며, 수신기는 순서대로 데이터를 해석하며 더 이상의 정보요소가 없을 때까지 진행한다.

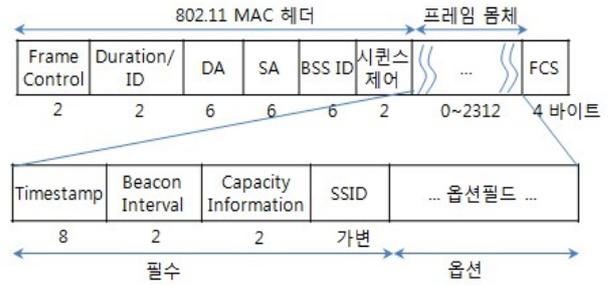


그림 3. IoT 센서를 검출위한 WiFi AP의 비콘 프레임 활용분석[3]

또한, IEEE 802.11 무선랜용 관리 프레임인 비콘 프레임은 무선 네트워크의 존재를 공지하는 Broadcasting과 이동노드에게 무선 네트워크를 찾게하는 802.11 Scanning 및 무선 네트워크를 결합하게 하는 Pairing함으로서 WiFi-AP가 주기적인 전송과 방송을 하는 프레임이다.

이때, AP의 비콘 프레임에 포함된 정보는 무선 네트워크(BSS) 관련 각종 파라미터 정보와 전력절감모드에 있는 무선단말들을 위해 버퍼링된 프레임 관련 정보가 포함되어 있다.

비콘 본체의 필수 필드인 타임스탬프(Timestamp) 필드는 BSS내에서 이동국 간의 동기화를 위한 필드로 CSMA/CA로 동작할 때에는 별로 필요 없으나, 전력절감모드로 동작할 때에는 무선단말은 정해진 1MHz( $\mu$ s) 시간간격에 맞춰 동작한다.

비콘 간격과 주기(Beacon Interval)는 간격이 작을수록 빠르게 이동하는 이동노드의 핸드오버 이동성에 더 유리해지나, 시간간격이 길수록 그만큼 공유채널의 무선 자원이 많이 소모된다.

즉, 비콘 프레임의 주기신호를 듣기 위해 그만큼 길게 깨어있어야 하므로 절전에 불리하기 때문에 디폴트로 설정된 비콘 간격은 100 ms로 AP에서도 다른 값으로 조정할 수 있다. 각 단말에서는 비콘 프레임 수신을 위해 각 주파수 채널에 대해 매번 110 ms 동안 수동 스캐닝을 해야한다.

아울러 능력정보(Capability Information)필드는 해당 BSS에 참여코자하는 이동노드에 요구하는 특정 능력에 대한 정보이다. SSID(Service Set Identifier) 필드는 여러 AP들을 그룹한 단일 관할영역(ESS, 확장서비스셋)의 서비스 제공자 명칭으로 만약, 하나의 SSID에 여러 VLAN이 걸쳐있다면 SSID 값에 'Null(빈값)'을 주고, 각 무선단말은 프로브 요청 프레임으로 인접 AP를 직접 찾도록 설계한다.

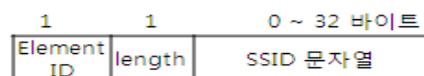


그림 4. IoT 센서를 검출위한 WiFi AP의 비콘 프레임 SSID 분석

[그림 5]처럼 비콘본체의 옵션필드 정보요소(Information Element)는 비콘 프레임에 나타나는 옵션 필드 종류는 버전별,특정회사 비표준적인 것 등 무수히 많을 수 있다.

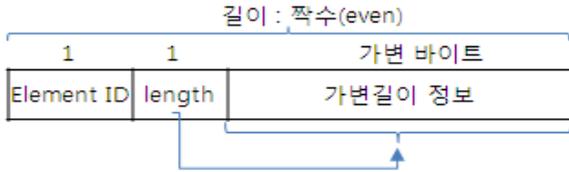


그림 5. IoT센서 검출위한 WiFi AP의 비콘 프레임 옵션필드 분석

## 2.2 클러스터링 기반의 다중 IoT센서별 3D 위치추정 설계

본 절에서는 인접한 IoT센서의 위치가 오차를 최소화 하고 실내에서의 위치추위를 하기 위한 근거리 위치추적 기술은 Zigbee, WLAN RFID, UWB 등의 근거리 통신망을 기반의 위치추적 기술뿐만 아니라 적외선, 전파 등을 이용한 위치추적 방식이 있다.

[그림 6]처럼 스마트 홈 의3차원 공간에서 다중 IoT 센서 위치를 인식하는 기술은 스마트 허브가 주기적으로 다중 IoT 센서별 비콘 정보와 수신신호 세기 값을 결합하여 센서의 위치를 3차원으로 표출한다.

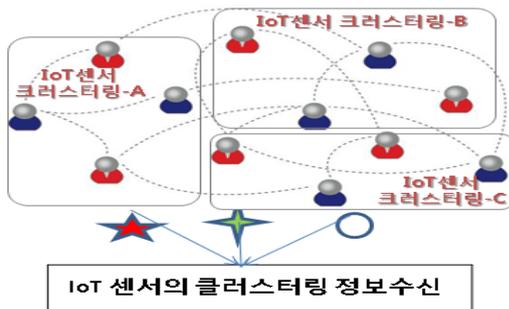


그림 6. 클러스터링에 의한 IoT센서의 정보수신 설계

Cluster 내에서 다중 IoT센서는 센서별 방향각 계산과 거리인식을 결합하여 전역 공간에서 3차원으로 위상 지도를 작성할 수 있다. 이를 위해 IoT 센서노드 간의 (적용형) 비콘 (시간영역) 신호와 상호 센서노드들 간의 수신신호의 세기 (RSSI)를 검출한 신호정보를 스마트 허브에 전달하도록 설계한다.

다중 N:N의 IoT 센서별 비콘을 사용할 경우, 비콘 A와 비콘 B에서 발신된 RF는 수신기에서 들어온 순서대로 받아서 계산하며, 비콘 A에서 발신된 RF와 비콘 B에서 송신된 이 같은 노드에서 송신된 (RF) 신호의 쌍으로 인식한다.

[그림 7]과 같은 스마트 에이전트를 포함한 스마트 허브는 3D 공간에서 수신신호 세기를 결합한 센서별 방향각 계산과 거리인식을 스마트 허브에서 스마트 에이전트에 의한 3D 표출기술로 센서 위치와 모니터링 정보를 표시할 수 있다. 이를 위해서는 다중 IoT N:N 센서 노드들 간의 삼변 측량법으로 추정된 위치와 각 고정 센서노드 간 “비콘”신호와 동기화된 프로토콜의 주기적인 신호정보를 활용할 수 있다.

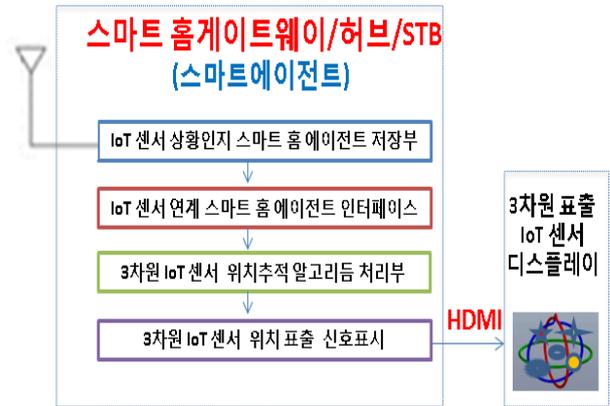


그림 7. 다중 IoT센서의 위치검출과 3차원 표출 구성도 설계

[그림 7]와 [그림 8]처럼 스마트 허브가 다중 IoT 센서노드 간들의 거리와 각도를 계산하여 보정 크기와 각도를 구할 수 있다. 이로서 다중 센서별 추정거리와 수신시간을 결합한 오차보정 알고리즘은 수신신호의 무선 수신신호(RSSI)의 세기 뿐만 아니라 시간지연(time of arrival) 알고리즘을 기반으로 스마트 허브를 이용한 2D/3D변환 유니티 기반의 3D 표출과정에서 좌표 평면 상에서 센서별 추정 위치를 보정함으로써 정확도를 높일 수 있다.

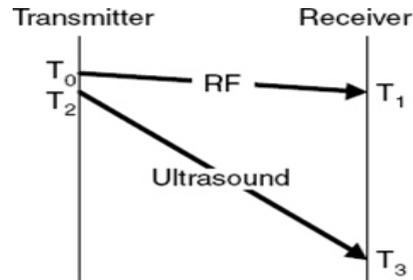


그림 8. 다중 IoT센서의 위치검출위한 시간지연 알고리즘분석

[그림 8]과 같은 다중 IoT센서의 위치를 검출하기 위한 수신기는 위치추정 수신기(listener) 사이의 거리측정 알고리즘은 TDoA (Time Difference of Arrival) 방식으로 TDoA는 송신신호가 수신될 때까지의 지연 시간의 차이를 이용하여 위치를 추정하는 기법이다.

ROA(RSSI of Arrival)기술은 송신기와 수신기 간의 신호 세기를 분석하여 위치를 추적하는 기술이고, 핑거프린팅 기술은 위치추적 영역에 표본을 추출하고 표본을 바탕으로 수신된 신호를 연산하여 위치를 추적하는 방법이다.

TDoA 알고리즘을 이용해서 3차원 좌표를 구하기 위해서는 3개 이상의 비콘과 1개 이상의 위치추정 수신기가 필요하다. 비콘으로 부터 (RF) 신호쌍을 위치추정 수신기가 수신하면 (1)에 따라 위치추적 대상까지의 측정 거리  $Dist_j$ ( $i=1,2,3,$  and  $4$ )를 구하여 버퍼에 저장한다. 서로 다른 3개의 값, 예컨대,  $Dist_1, Dist_2, Dist_3$ 가 확보되면 다음 식 3개를 얻는다.

$$(x-x_{B1})^2+(y-y_{B1})^2+(z-z_{B1})^2=d_1^2$$

$$(x-x_{B2})^2+(y-y_{B2})^2+(z-z_{B2})^2=d_2^2$$

$$(x-x_{B3})^2+(y-y_{B3})^2+(z-z_{B3})^2=d_3^2$$

다중 IoT센서별 무선신호세기(RSSI)를 이용한 IoT 센서의 3차원 위치보정(calibration) 방식은 각도나 시간과 같은 다른 인자를 이용하여 위치를 추적하는 방식으로, 전체 IoT 센서의 3차원 위치보정 포인트들에 대해 모두 확률 연산을 수행한다.

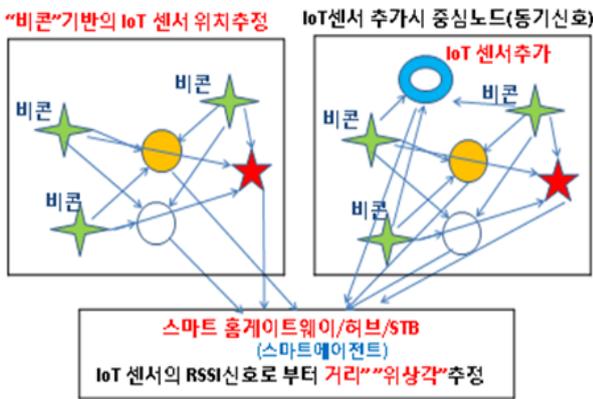


그림 9. 비콘 기반의 다중 IoT센서의 위치추정과 신규노드의 동기화 및 거리/위상각 추정위한 클러스터링 활용 설계

[그림 9]처럼 다중 N:N의 IoT 센서가 비콘을 사용할 경우 비콘 A와 비콘 B에서 발신된 RF신호는 수신기에서 들어온 순서대로 받아서 계산하게 된다.

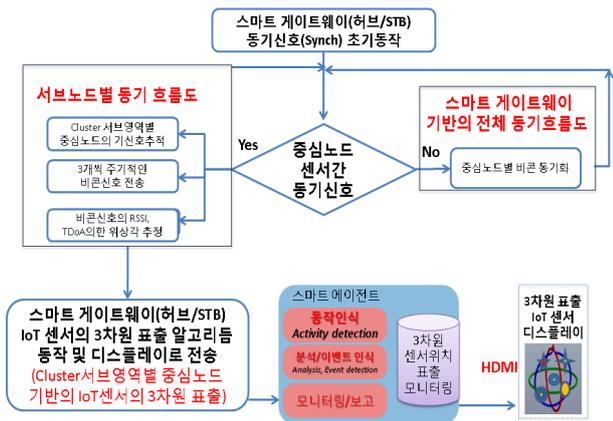


그림 10. 클러스터 기반의 다중IoT센서 위치추정동기신호 흐름도

이때 비콘 A에서 발신된 RF와 비콘 B에서 송신된 이 같은 노드에서 송신된 (RF) 신호의 쌍으로 인식되어 거리 측정의 오류를 초래할 수 있다.

[그림 10]과 같은 클러스터 기반의 다중 IoT센서 위치를 추정하기 위한 중심노드의 동기신호를 검출하기 위한 동작으로 다중 N:N IoT 센서별 M2M/IoT 센서의 동기신호 추정

흐름도이다.

다중 IoT 센서노드가 건물벽이나 거리가 멀수록 거리 측정의 오차는 증가하는 문제점을 해결하기 위해서는 고정노드와 인접 IoT 센서별 거리를 추정 한 다음 고정노드의 위치의 기하학적 분석을 통해 추정 오차를 보정하여 정확도를 향상하기 위해 정확한 무선 채널 파라미터를 필요로 한다.

### III. 3차원 위치표출용 스마트 플랫폼 설계 및 활용

본 장에서는 3차원 공간상에서 영역별 클러스터링된 IoT 센서위치 기반의 신규 설치한 IoT 센서가 인접 센서와의 관계를 표시하는 3차원 위치 표출용 스마트 허브를 설계하고자 한다.

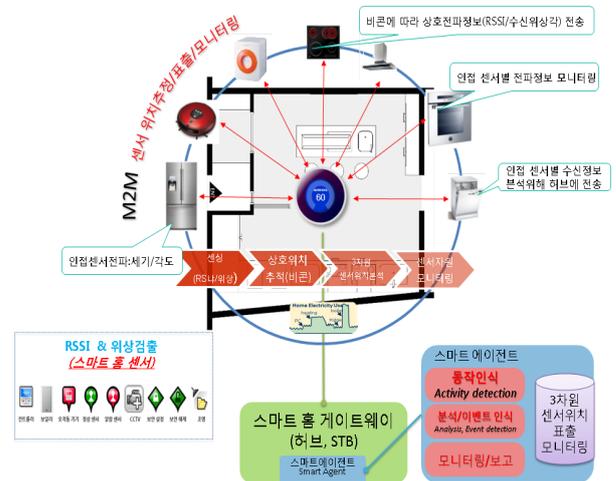


그림 11. 3차원 공간에서 다중IoT센서 위치표출용 플랫폼 설계도

#### 3.1 안드로이드 기반의 3D 위치표출용 플랫폼 설계

[그림 11]과 같은 3차원 공간에서 다중 IoT센서의 위치를 표출하는 스마트 미디어용 플랫폼 설계도는 인접 센서별 무선신호의 도착시간에 따른 센서의 위치를 추적하는 방식은 센서의 무선신호세기(RSSI)와 방위각을 기반으로 3차원 공간상에서 수신 각도에 따른 센서의 3D 위치를 표출할 수 있다.

본 연구에서는 기존 안드로이드 런처를 유니티 기반의 3D 런처로 제안한다. 기존의 대부분의 런처는 거의 2D의 안드로이드 기반이기 때문에 설계한 3D 런처는 스마트 OTT 시장에서의 유니크하고 역동적인 움직임을 보여주는 런처로 유니티엔진을 이용해 개발하여 설계한다.

IoT 센서의 클러스터링 기반의 3차원 위치표출을 위해 기존의 평면 2D런처가 아닌 3D런처를 이용하여 시각적인 효과가 더욱 증가시킬 수 있다.

제안한 안드로이드 OTT 기반의 스마트 플랫폼은 프로그램을 삽입하여 대형 TV에 출력 및 이용이 가능하다. 또한 리모콘 조작으로 프로그램을 조작할 수 있어 편리하다. 이는 안드로이드 기반의 최신 스마트 시장의 동향에 유연하게 적용할 수 있다.

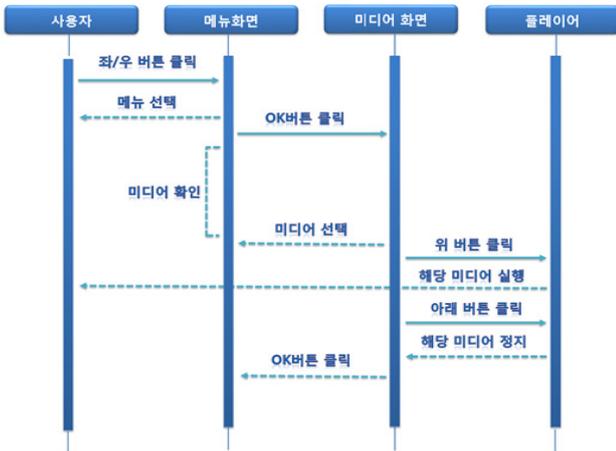


그림 12. 3D위치 표출용 플랫폼의 서비스연동 시나리오 설계

[그림 12]와 같은 다중 IoT센서의 3차원 위치를 표출하기 위한 스마트 미디어 플랫폼의 서비스연동 시나리오처럼 모든 동작은 리모콘의 방향키와 'OK' 버튼만으로 간편하게 동작시킬수 있다.

스마트 미디어 플랫폼용 리모콘은 좌/우 버튼을 클릭하면 메뉴가 회전하며 미디어를 선택할 수 있고, 'OK' 버튼 클릭하면 선택된 미디어가 확대된다. 선택된 미디어에서 위 버튼을 클릭하면 미디어가 실행이 되고, 아래 버튼을 클릭하면 미디어가 정지된다. 'OK' 버튼을 클릭하면 메뉴 화면으로 다시 돌아가도록 설계한다.



<안드로이드 플랫폼> <3D 유니티 런처 동작화면>

그림 13. 안드로이드 기반의 스마트 플랫폼 사진 및 UI결과 화면

### 3.2 3D 위치표출용 플랫폼의 결과고찰 및 활용설계

[그림 13]은 제안한 안드로이드 기반의 스마트 OTT 플랫폼 사진과 UI 결과화면으로 동영상 출력이 가능한 3D 미디어 플레이어 프로그램을 설계하였다. 기존의 평범한 미디어 플레이어가 아닌 큐브 모양의 3D 텍스처를 삽입하여 회전과 동시에 재생이 되는 프로그램을 구현 하였다.

[그림 14]의 안드로이드 기반의 스마트 OTT 플랫폼에서

유니티 런처의 설계를 통해 HD급 동영상 재생 중에 3D 큐브형 화면의 표출할 수 있다.



<큐브형3차원 위치표출> <HD동영상 재생 중 큐브표출>

그림 14. 스마트 플랫폼 기반의 3D 큐브형 유니티 런처의 화면

이러한 스마트 플랫폼 허브는 IoT 센서 설치와 관리를 용이하게 하고자, 센서별 무선전파 신호의 세기(RSSI 측정: 3개의 센서노드를 이용한 전파세기 추정)와 센서노드별 비콘 신호에 따라 IoT 센서위치와 동작상태 정보를 2D/3D변환 유니티 기반의 3차원 (큐브) 형태로 표출 가능하다.

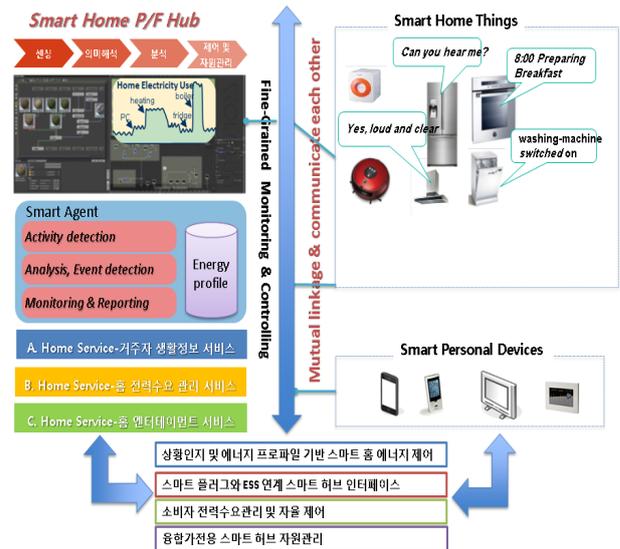


그림 15. 다중 IoT센서의 3D위치 표출에 의한 스마트 연동서비스

[그림 14]와 [그림 15]처럼 3D위치 표출에 의한 스마트 연동서비스를 위해서는 스마트 플랫폼 내에 구현된 스마트 에이전트가 스마트 홈 내의 다양한 IoT센서의 위치를 2D/3D 변환 유니티 기반의 3차원으로 표출 할 수 있다.

이러한 스마트 플랫폼 내의 스마트 에이전트는 주기적으로 센서정보(등록/위치파악/배터리 동작/소멸제거)를 통해 스마트 홈내 센서 모니터링 및 센서 수거하는 스마트 서비스 과정을 통해 다중 IoT 센서 설치와 관리가 용이할 수 있을 것이다.

## IV. 결론

본 논문에서는 스마트 홈 실내공간에서 다중 IoT 센서환

경에서 3차원 공간에서 센서 위치정보를 표출하는 스마트 플랫폼 설계방법을 제안하였다.

제안한 스마트 허브 플랫폼은 주기적인 사물인터넷 센서 별 비콘 정보와 수신신호 세기 값을 결합하여 표출한다. 특별히, IoT 센서의 Cluster 그룹 내의 IoT 센서의 방향각 계산과 거리인식을 결합하여 전역 공간 위상 지도를 작성한다.

이를 위해 제안한 안드로이드 기반의 3D 런처는 HD급 미디어 플레이어 중에 3D 큐브를 표출할 수 있는 스마트 OTT 플랫폼에서 유니티 런처를 설계하였다.

이러한 3D 지도 상의 IoT 위치를 표출하기 위한 스마트 허브로서의 셋톱박스(STB)는 2D를 3D로 변환하기 위해 유니티와 같은 3차원 센서위치를 표출기법을 기반으로 IoT 센서의 모니터링 및 생애주기를 관리하는 IoT 연동 서비스를 제공할 수 있다.

이로서 최근 확산되고 있는 3D시장과 안드로이드 기반의 최신 스마트 미디어 시장에서 다양한 IoT 연동 서비스 적용할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한국사물인터넷협회, “국내 IoT 중소중견기업 제품서비스 사례,” 2014
- [2] 한국방송통신전파진흥원, “무선 센서 네트워크 기반 IoT를 위한 통신 기술,” 방송통신기술 이슈&전망 제37호, 2014.01.14.
- [3] 강민구, 김인기, “무선신호측정기반의 IoT센서배치의 입체표시 방법 및 이를 위한 컴퓨터로 판독가능한 기록매체,” 대한민국 특허출원번호(10-2015-0017707), 2015.02.05
- [4] 김동현, 김인기, 강민구 외, “스마트 미디어용 3D 유니티 런처 연동 플랫폼 설계,” 2014년도 한국전자통신학회가을철종합학술대회, 2014.11.07.
- [5] 김수균, 송기섭, 이희범, 강지훈, 임광혁, 김석훈, “유니티 3D 엔진의 효율적인 이용 방법,” 한국컴퓨터정보학회 2013도 제 47차 동계학술대회 논문집 21권1호, 2013
- [6] 서기영, 박경신, “다중 사용자 입력 처리 알고리즘과 프로토콜 설계 및 구현,” 한국컴퓨터게임학회 논문지 제27권 제1호 153p ~159p, 2013
- [7] 오연재, 조오훈, 김용곤, “안드로이드를 이용한 3D 선박 디스플레이 시스템,” 한국전자통신학회논문지 제7권 제5호, pp1011 ~1016, 2012
- [8] Sue Blackman, “Beginning 3D Game Development with Unity: All-in-one, multi-platform game development,” Apress: May 25, 2011.
- [9] Ryan Henson Creighton, “Unity 3D Game Development by Example Beginner’s Guide” Packt Publishing, September 24, 2010.
- [10] <http://www.iotmobius.com>
- [11] <http://vimeo.com/2649637>
- [12] [http://www.ktword.co.kr/abbr\\_view.php?nav=&m\\_temp1=2319&mgid=148](http://www.ktword.co.kr/abbr_view.php?nav=&m_temp1=2319&mgid=148)

## 저자

### 강 민 구(Min-Goo Kang)



· 1986년 : 연세대학교 전자공학과(공학사)

· 1989년 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)

· 1994년 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)

· 1985년 ~ 1987년 : 삼성전자 연구원

· 1997년 ~ 1998년 : 일본 오사카대학교 Post Doc.

· 2006년 ~ 2007년 : 캐나다 퀸스대학교 Visiting Scholar

· 2000년 ~ 현재 : 한신대학교 정보통신학부 교수

<주 관심분야> : 디지털방송, 방송통신융합기술