



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

BLE를 이용한 실내위치인식
기반의 모바일 가상 3D전시관
설계 및 구현

濟州大學校 大學院

컴퓨터工學科

金 廷 祚

2017 年 2 月

BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D전시관 설계 및 구현

指導教授 金 度 縣

金 廷 祚

이 論文을 컴퓨터工學 碩士學位 論文으로 提出함

2016 年 12 月

金廷祚의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ ㉠

委 員 _____ ㉠

委 員 _____ ㉠

濟州大學校 大學院

2016 年 12 月

목 차

목 차	i
그림목차	iv
표 목 차	vii
국문초록	viii
Abstract	x
I. 서 론	1
II. 관련 연구	3
1. 가상현실 연구 동향	3
1) HMD(Head Mounted Display)기술	3
2) 사용자 인터페이스 기술	4
3) Unity5	6
4) 가상현실 응용분야	8
2. 가상 전시관 개발 동향	9
1) 가상전시의 개발동향	9
2) 가상전시의 개념 및 개발과정	11
3. 실내 위치 포지셔닝 기술	12
1) 블루투스4.0 비콘기반 위치인식	12
2) 이동시간을 이용한 비콘간의 거리측정	14
3) 삼변측량법을 이용한 이동노드 위치 측정	15
4. 식별 기반의 가상 전시관 서비스 고찰	16
1) RFID 기반의 정보화 박물관 서비스	16

2) 개인화 기반 유비쿼터스 전시관 서비스	17
3) 모바일기반 사용자 중심형 전시관 정보안내 서비스	19
4) 이동형 RFID 기반의 가상 관람 서비스	20
5) PDMA 기반의 유비쿼터스 개인화 전시관 서비스	22

III. BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D

전시관 설계	25
1. 모바일 가상 3D 전시관 서비스 모델	25
1) 모바일 가상 3D전시관 서비스 구성	25
2) 모바일 가상 3D전시관 서비스 시나리오	28
2. 비콘기반 모바일 가상 3D 전시관 서비스의 위치인식 설계	29
1) 실내위치인식 처리구조 설계	29
2) 실내위치인식 처리흐름 설계	30
3. 모바일 가상 3D 전시관 상세 설계	32
1) Unity5를 이용한 가상 3D전시관 사용자 인터페이스 설계.	32
2) 가상 3D전시관 데이터베이스 설계	35
3) UML를 이용한 가상 3D전시관 설계	37

IV. 모바일 가상 3D 전시관 서비스 구현 및 성능분석

1. 구현환경	41
2. 구현결과	41
3. 실험환경	48
1) 실험 환경 구축	48
2) 실험 데이터	51
4. 실험 결과 및 성능분석	53
1) 실험 결과	53
2) 성능 평가	58

V. 결론	60
참 고 문 헌	61

그림 목 차

Fig. 1. HMD 착용모습	4
Fig. 2. 립모션을 통한 손가락 움직임제어(좌)와 카메라구조(우)	5
Fig. 3. uSens의 VR헤드셋(좌)과 제스처 인식을 위한 보드(우)	6
Fig. 4. Unity 등록 개발자 수	7
Fig. 5. Unity가 지원하는 플랫폼	7
Fig. 6. 가상현실 응용분야 및 활용사례	9
Fig. 7. 블루투스 신호구성도	13
Fig. 8. 모바일 위치인식 동작 흐름도	13
Fig. 9. 비콘사이의 이동시간 측정	14
Fig. 10. 삼변측량법	15
Fig. 11. 삼변측량법 거리 계산식	16
Fig. 12. RFID시스템 구성도	17
Fig. 13. 개인화서비스를 제공하는 유비쿼터스 전시관시스템 구성도	18
Fig. 14. 사용자 중심형 전시관 정보안내시스템 구성도	20
Fig. 15. 이동형 RFID 리더 어플리케이션 전시관 구성도	22
Fig. 16. PDMA 시스템 구성도	24
Fig. 17. 시스템 개념도	26
Fig. 18. 가상 3D전시관 서비스구성도	27
Fig. 19. 가상 3D전시관 시스템 구조도	27
Fig. 20. 가상 3D전시관 동작 순서도	29

Fig. 21. 실내위치인식 Class Diagram	30
Fig. 22. 실내위치인식 Sequence Diagram	31
Fig. 23. 실내위치인식 Collaboration Diagram	32
Fig. 24. 가상 3D전시관 설계구조	33
Fig. 25. 가상 3D전시관 전체 모델링	33
Fig. 26. 가상 3D전시관 입구 모델링	34
Fig. 27. 가상 3D전시관 내부 모델링	35
Fig. 28. E-R 다이어그램	36
Fig. 29. 비콘데이터 Table 구조	36
Fig. 30. 가상 3D전시물 데이터 Table 구조	37
Fig. 31. 가상 3D전시관 Class Diagram	38
Fig. 32. 가상 3D전시관 Collaboration Diagram	39
Fig. 33. 가상 3D전시관 Sequence Diagram	40
Fig. 34. 비콘정보 요청결과	42
Fig. 35. 가상 3D전시정보 요청결과	43
Fig. 36. 비콘정보 관리화면	43
Fig. 37. 비콘 등록화면	44
Fig. 38. 비콘 배치도	45
Fig. 39. 배치된 비콘노드 관리화면	46
Fig. 40. 가상 3D전시관 구현화면	47
Fig. 41. 스마트폰에서 실행된 가상 3D전시관 화면	47
Fig. 42. 실험환경 구성도	49
Fig. 43. 서버 및 기초 데이터 구축화면	49
Fig. 44. 비콘 배치도	50
Fig. 45. 설치된 비콘 화면	51

Fig. 46. 비콘 테이블 기본정보 리스트	51
Fig. 47. 가상 3D전시물 Table 기본정보 리스트	52
Fig. 48. 가상 3D전시물별 소요시간 측정 Sequence Diagram	53
Fig. 49. Beepi-1c50 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면	54
Fig. 50. Beepi-6a22 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면	55
Fig. 51. Beepi-4bce 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면	56
Fig. 52. Beepi-61a8 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면	56
Fig. 53. Beepi-82c6 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면	57
Fig. 54. Beepi-eeed 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면	57
Fig. 55. 가상 3D전시물별 소요시간	59

표 목 차

Table 1. 상위 20개 가상현실 어플리케이션	10
Table 2. 가상전시의 개발과정	12
Table 3. 구현환경 정보	41
Table 4. 비콘정보 요청	42
Table 5. 가상 3D전시정보 요청	42
Table 6. 비콘 Setting정보	50
Table 7. 가상 3D전시물별 소요시간	58

BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D전시관 설계 및 구현

컴퓨터공학과 김 정 조
지도교수 김 도 현

최근 모바일과 사물인터넷 기술의 발전으로 가상현실 시장규모가 빠르게 증가하고 있으며, 사용자들은 모바일을 포함한 다양한 디바이스를 이용하여 손쉽게 가상현실 콘텐츠를 쉽게 접할 수 있다. 더불어 현실과 가상세계간의 상호작용하는 가상현실에 대한 관심의 증폭과 여러분야에 사용할 수 있도록 많은 연구가 진행중이다.

최근 게임, 영화, 교통, 의료, 건설 등 다양한 산업분야에 3D를 활용하여 현실의 객체를 가상세계에 표현한다. 또한, 현실과 가상세계간의 상호작용 및 연동하는 가상현실(VR:Virtual Reality)에 대한 관심이 증폭되고 있다. 또한 다양한 산업과 결합하여 신산업을 창출 할 수 있는 정보통신분야의 새로운 키워드로 빠르게 부상하고 있다. 이에 더불어 가상현실기기업체인 ‘오큘러스 VR’이 소비자버전인 ‘오큘러스 리프트’를 출시와 삼성의 ‘GEAR VR’를 출시하고 있어 글로벌 HMD(Head Mounted Display)은 폭발적인 성장을 할 전망이다. 이에 가상현실은 사물인터넷 시대가 본격적으로 실현되는 시점에서 스마트기기가 웨어러블과 VR 기술을 접목시킨 방식으로 진화될 것으로 전망하고 있다.

실내 위치 인식을 위해 사용되는 비콘(Beacon) 기술은 블루투스, QR 코드, NFC, 초음파 등이 있으며, 비콘과 단말 간의 거리와 스마트 디바이스 탑재 여부 등에 따라 비용 효율적 측면에서 다양하게 활용되고 있다. 블루투스는 15~20mW

전력을 소모했던 것에 비하여 블루투스 4.0의 전력 소비량은 1.5~2mW에 그쳐 전력 소모량을 최대 90%까지 줄인다. 블루투스 비콘을 이용하여 실내 위치나 근거리 위치를 추적할 수 있다.

현재 박물관이나 전시물의 정보를 확인하기 위해서는 안내문이나 내부검색시스템, 그리고 홈페이지를 이용하는 상황이고, 국립중앙박물관에 적외선 통신을 이용한 PDA시스템으로 전시정보를 제공하였으나 다중접속으로 인한 충돌문제가 발생하고 있다. 이를 해결하고자 RFID기술을 도입하였으나 장비크기와 휴대의 불편함이 있다. 그리고 PDA를 이용한 모바일 가상전시관 안내 서비스는 낮은 해상도와 낮은 컴퓨팅 성능에 시스템의 부담을 증가하는 등 여러 문제가 발생하고 있다.

이런 문제점을 해결하기 위해 최근 발전하고 있는 3D 가상현실 기술과 무선통신 기술을 접목하여 사용자들과 상호작용할 수 있는 모바일 가상 3D전시관 개발을 통해 사용자 만족도를 높이는 연구가 요구되고 있다.

본 논문에서는 블루투스4.0(BLE)를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D전시관을 설계하고 구현한다. 이를 위해 먼저 기존의 식별 기반의 가상 전시관 서비스를 고찰하고, 모바일 가상 3D전시관 서비스 모델을 제시하고, 비콘기반 모바일 가상 3D 전시관 서비스를 위한 위치인식과 UML를 이용한 가상 3D전시관을 설계한다. 더불어 Unity5를 이용하여 가상 3D 전시관 서비스의 콘텐츠를 설계하고 구현한다. 더불어 BLE 비콘 기반의 위치 인식을 이용한 모바일 가상현실 서비스에 대해 소요시간 중심으로 성능을 분석한다.

본 연구를 통해 빠르게 진화하고 있는 가상현실 VR 콘텐츠를 스마트기기를 활용하여 사용자와 상호작용을 통해 좀 더 현실감과 몰입감을 줄 수 있다. 더불어 가상의 전시관 환경이나 상황에서 인간의 감각기관을 통해 실제와 유사한 공간적, 시간적 전시물 정보를 제공함으로써 몰입감을 높여 현실과 상상의 경계를 자유롭게 드나들 수 있다.

주제어 : 3D, 가상현실, 모바일 ,전시관, 비콘, BLE

Abstract

A Design and Implementation of Mobile Virtual 3D Exhibition Based on Indoor Location Awareness Using BLE

Kim, Jungjo

Department of Computer Engineering

Graduate School

Jeju National University

Supervised by Professor Kim, Do-Hyeun

Recently, many heterogeneous services can be integrated in real time on mobile devices using various sensors. Virtual Reality (VR) is an effort to realize this concept and build an application to seamlessly combine real and virtual environment together by simulating user's physical presence for live interaction and manipulation of available components. Cohesive integration of virtual and real world is challenging task and have received remarkable research attention in recent past.

In this thesis, we design and implement a virtual reality application on mobile device based on 3D VR. User position is determined using continuous Bluetooth beacon messages exchange. The objective of proposed mobile virtual 3D application is to improve quality of user experiences through integration of 3D VR and BLE wireless communication technologies. The system is based on indoor position identification using BLE. This application can be useful in museums and exhibitions in order to provide detailed information to the visitors about available items. Detailed

information can be collected through external search system and presented to the visitor in the form of web page superimposed on user current viewing scenario. Furthermore, we also try to address other related issues that hinders VR based applications utility and performance e.g. device-size, mobility, resolution and computing problems.

Keywords : 3D, Virtual Reality, Mobile, exhibition, Beacon, BLE

I. 서 론

유무선 네트워크 기술의 발전과 다양한 모바일 웹 어플리케이션의 출현 및 스마트폰 고사양화 및 단말기의 소형화로 인해 사용자들은 언제 어디서든 원하는 콘텐츠를 손쉽게 얻을 수 있는 유비쿼터스 환경이 가능하게 되었으며, 최근 3D 가상현실을 활용하여 사이버학교, 가상 체험, 가상 전시관, 사이버 박물관, 사이버 투어등의 여러 종류의 콘텐츠들을 현실의 객체를 가상세계에 표현하거나, 현실과 가상세계간의 상호작용 및 연동하는 가상현실(VR:Virtual Reality)에 대한 관심이 증폭되고 여러분야에 사용할 수 있도록 많은 연구가 진행 중이다.

현재 박물관이나 전시관의 전시물의 정보를 확인하기 위해서는 안내문이나 내부의 검색시스템 그리고 홈페이지를 이용해야만 했었다. 이는 전시관에서 다수의 관람객으로 인한 혼잡할 경우 자신이 원하는 정보를 쉽게 얻을 수 없는 문제점을 가지고 있다. 그래서 이런 문제점을 해결하기 위하여 2005년 국립중앙박물관에서 적외선 통신을 이용한 PDA시스템으로 관람객에게 편리한 서비스를 제공하고 있다. 하지만 적외선 통신 자체의 짧은 인식거리와 다중접속으로 생기는 충돌(collision)의 문제점이 발생한다. 이런 문제를 해결하고자 김정근외 2명[5]은 RFID 시스템 기반의 정보화 박물관 구현을 통해서 적외선 통신이 아닌 900MHz 대역의 RFID기술을 이용하여 사용자의 PDA의 수신거리를 인식하여 원하는 정보를 이용할 수 있는 연구를 한다. 그러나 구현결과 RFID장비의 크기와 휴대의 불편함을 가지고 있다고 말하고 있으며, 윤현주외 2명[4]은 모바일 기기 기반 사용자 중심형 전시관 정보 안내 시스템의 설계 및 구현에서 PDA나 휴대폰등과 같은 모바일기기를 기반으로 한 사용자 중심형 전시관 안내 시스템을 제안한다. 그러나 구현결과 PDA와 같은 소형 디스플레이에서의 낮은 해상도와 그리고 낮은 컴퓨팅 성능을 가지고 있어 이미지 파일이나 텍스트 파일과 같은 정보를 검색하는데 시스템의 부담을 증가하는 문제점을 가지고 있다고 말하고 있다.

그 외 허태호외 1명[3]은 전시관람을 위한 가상현실 콘텐츠 구현 및 유용성 연구에서 기존의 가상전시기술은 PC, 웹을 통한 관람객에게 일방적으로 콘텐츠를 보여주는 기술이라는 문제점을 지적하고 있고, 앞으로 가상 전시기술은 스마트

환경에서 관람객과 상호작용할 수 있는 스마트 플랫폼 환경에 따라 발전하고 있다 말하고 있다. 그래서 스마트폰을 활용한 VR콘텐츠를 구현하는 전시기술은 VR콘텐츠 활용과 가상전시 내용을 더욱 더 풍부하게 제공하고 다양하게 진화할 것이라 말하고 있다.

본 논문에서는 3D 가상현실 기술을 접목하여 관람객들과 상호작용할 수 있는 모바일 가상 3D전시관을 설계하고 구현한다. 이를 위해 먼저 기존의 가상 현실 기술과 실내 위치 인식 기술을 분석하고, 식별 기반의 가상 전시관 서비스를 고찰한다. 그리고 사용자의 스마트폰에 설치된 가상 3D전시관을 통해 사용자에게 가상 3D전시물과 전시정보를 제공할 수 있는 모바일 가상 3D전시관 서비스 모델을 제안한다. 스마트폰, 태블릿, 모바일 컴퓨팅의 성장과 밀접하게 연결되어 있는 무선 통신기술인 블루투스 4.0(BLE)을 기반으로 작동하는 비콘(Beacon)을 이용하여 사용자가 전시물에 접근시 사용자 위치를 인식하는 기술을 설계하고 구현한다. 모바일 가상 3D전시관 정보를 제공하기 위해 Unity5를 이용하여 가상 3D 전시관을 콘텐츠를 설계하고 구현한다. 가상 3D전시관 정보를 제공하는 서비스를 UML를 이용하여 설계하고, 스마트폰과 서버에서 구현한다. 더불어 BLE 비콘 기반의 위치 인식을 이용한 모바일 가상현실 서비스의 소요시간 중심으로 성능을 분석한다. 이를 통해 가상현실 VR 콘텐츠를 이동 단말에서 사용자에게 더 현실감과 몰입감을 줄 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 BLE를 이용한 실내 위치인식기술 및 관련 있는 전시관 서비스에 관한 연구를 고찰한다. 3장에서는 BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D전시관 설계방안을 제시하고, 4장에서는 제시한 설계방안을 통해 구현 내용 및 성능분석을 다루고, 끝으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 가상현실 연구 동향

김익재[1]의 가상현실 기술동향에 의하면 가상현실(VR:Virtual Reality)기술은 컴퓨터 시스템에서 생성한 3D 가상공간과 사용자간의 상호작용을 이루는 기술로서, 사용자는 이러한 가상공간에서 인체의 오감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각)을 통한 몰입감을 느끼고, 실제로 그 공간에 존재하는 것과 같은 현실감을 제공하는 융합 기술이라 말하고 있다. 그리고, 페이스북(facebook)이 오쿨러스 VR(oculus VR)을 인수한 것을 시작으로, 애플, 구글, 삼성등 글로벌 IT기업들이 가상현실 기술에 대한준비에 나서고 있고, 특히 2016년에 들어서는 CES(Consumer Electronic Show)와 MWC(Mobile World Congress)등과 같이 가전 및 모바일 분야에 대표적인 전시회에서 가상현실이 주된 주제(MainTopic)중에 하나로 다뤄질 만큼 큰 관심을 끌고 있다. 가상현실 관련연구가 새롭게 시작된 것도 아니고 대중적인 관심을 끌게 만든 주역인 HMD의 형태인 VR헤드셋이 최근에 새롭게 만들어진 것도 아닌데도 불구하고, 최근 들어 차세대 원동력으로 주목 받는 이유는 스마트폰이 이제 포화상태에 이른 상태에서, 차세대 플랫폼으로 가상현실 기술의 활용으로 스마트폰의 성장세가 주춤한 틈을 타서 새로운 돌파구로 글로벌 기업들이 앞다퉈 관련 기기를 선보이고 있기 때문이다.

이에 가상현실을 위한 하드웨어 기술 중 대표적인 HMD기술, 사용자 인터페이스 기술, 가상현실 응용분야 그리고 본 연구에 사용한 Unity5에 대한 기술을 말하고자 한다.

1) HMD(Head Mounted Display) 기술

김익재[1]에 의하면 HMD(Head Mounted Display)는 헬멧이나, 안경, 바이저 등에 렌즈에 반투명 거울등을 부착하여, 하나 혹은 두 개의 디스플레이에 화면을 보여주는 장치로서, 가상 환경에 몰입할 수 있는 환경을 제공하는 개인화된 디스플레이이다. HMD는 새로운 장치는 아니다. Oculus Rift가 정식 제품도 출시하기

전인데도 불구하고, Facebook이 20억달러(한화 2조원규모)에 이르는 거액으로 인수를 하였고, 얼마전 삼성전자에서 페이스북과 손잡고 Gear VR을 출시하고, 가상현실 시장의 성장을 견인하고 있고 말하고 있다.

기존 HMD들의 기술을 살펴보면 좁은 화각(Field of View)과 낮은 해상도, 높은 가격 등으로 보급화되기엔 모자란 성능을 보였지만, Oculus Rift 초기버전은 5.6인치 크기의 디스플레이에 좌우 각 눈에 640x800정도의 낮은 수준의 해상도를 보였음에도 불구하고 90도 이상의 화각과 고속 트래킹 기술을 탑재하고 합리적인 가격과 기존의 HMD와 큰 차별성을 보여, 대중성을 열었다. 그리고 현재 일체형 HMD는 각 눈에 1080x1200의 해상도와 화각은 110도, 재생률(Refresh Rate)은 90fps정도의 성능을 보이고 있다. 향후 보다 더 높은 품질의 가상환경 콘텐츠를 제공하기 위해서는 화면 해상도와 더 넓은 화각을 제공하여야 할 것이며, 여전히 해결해야 할 문제점으로 장기 착용시 어지러움증 등에 대한 고려도 필요한 상황이다.[1]



Fig. 1. HMD 착용모습

2) 사용자 인터페이스 기술

김익재[1]에 의하면 가상현실 구축에 필수적인 항목 중 하나인 사용자 상호작용

용을 지원하기 위해서는 자연스러운 인터페이스 기술의 뒷받침이 필요하다고 말한다. HMD를 착용함으로써 얻는 두손의 자유로움으로 인해, 제스처 움직임을 인지하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 제스처 움직임을 얻는 방식은 크게 비착용형과 착용형으로 나뉜다. 비착용형의 경우, 두손의 움직임을 추적하기 위해서 깊이 카메라(depth camera)를 활용하는 방식이 주로 이루고 있으며, 깊이 값을 얻기 위한 방법으로 크게 스트레오 카메라 방식, 패턴 추사방식, 또는 ToF 방식으로 구분된다.

<Fig. 2>은 립모션(Leap motion)에서 스테레오 카메라를 활용하여, 깊이 맵을 얻어낸 후, 각 손가락의 관절의 움직임을 추정하는 방식으로 약 60cm의 공간에서 150도 각도내의 동작 범위를 제공하고 있으며, 특별한 장치의 착용없이 자연스러운 손가락 제어가 가능하다.



Fig. 2. 립모션을 통한 손가락 움직임 제어(좌)와 카메라 구조(우)

<Fig. 3>은 탈부착형 VR 헤드셋 uSens와 제스처 인식을 위한 보드 구성모습으로서 헤드셋 전면 커버부에 스테레오 카메라 셋트가 장착되어 있어서, 체험자의 손가락 제스처를 인식할 수 있도록 하고 있다. 해당 기술은 손가락 스켈레톤 또는 가상의 손을 보여줌으로써, 가상 공간의 객체와 상호작용을 하는 기존 방법과 달리, 자신의 손을 깊이 카메라로부터 mrehl는 자신의 손 모양을 그대로 가상 공간에 표출함으로써, 투과형 HMD(see-through HMD)에서 보여주는 기능을 제

공하는 차별성이 있다. 하지만 비착용형 제스처 인식은 사용자에게 자연스러운 상호작용을 제공하는 장점이 있지만, 가상공간에 존재하는 객체와 상호작용시 얻는 질감이나, 진동등을 얻지 못하는 단점이 있다.[1]

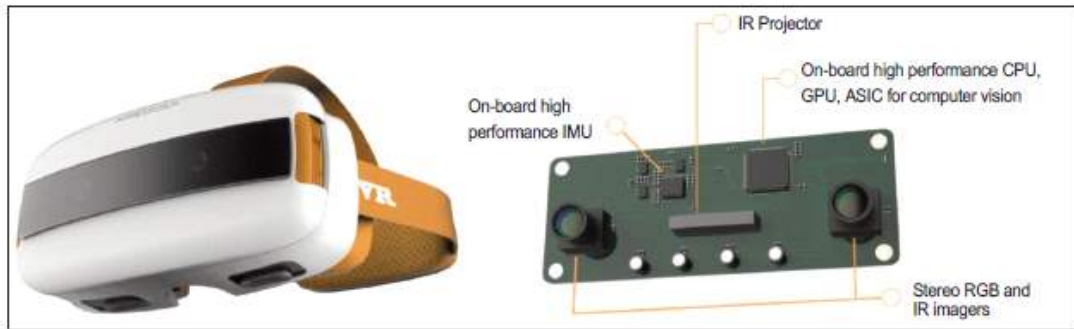


Fig. 3. uSens의 VR 헤드셋(좌)과 제스처 인식을 위한 보드(우)

3) Unity5

Unity[10]는 게임엔진 기술이자 통합개발환경(Integrated Development Environment, IDE)이다. 이 기술을 처음 만든 이는 데이비드 헬가손(David Helgason), 니콜라스 프렌시스(Nicholas Francis), 요하킴 안테(Joachim Ante)이다. 이 세 사람이 모여 법인을 설립하고 3D기술에 집중하였고, 2005년에 Unity 1.0 버전을 공개한다. 그리고 게임업계에서 스타트업으로 여겨졌던 Unity는 스마트폰이 등장하면서 크게 성장하였으며, 2012년부터 Unity 가입자 수가 100만명이 넘었고, Unity를 이용해 만든 게임중 상업적인 성과를 이룬 게임도 꾸준히 나오게 됐다.

현재 Unity 직원은 1천여명이며, 등록된 사용자는 <Fig. 4>보는 것처럼 2012년 1백만여명에서 현재 등록된 사용자 수는 약 550만명이다.

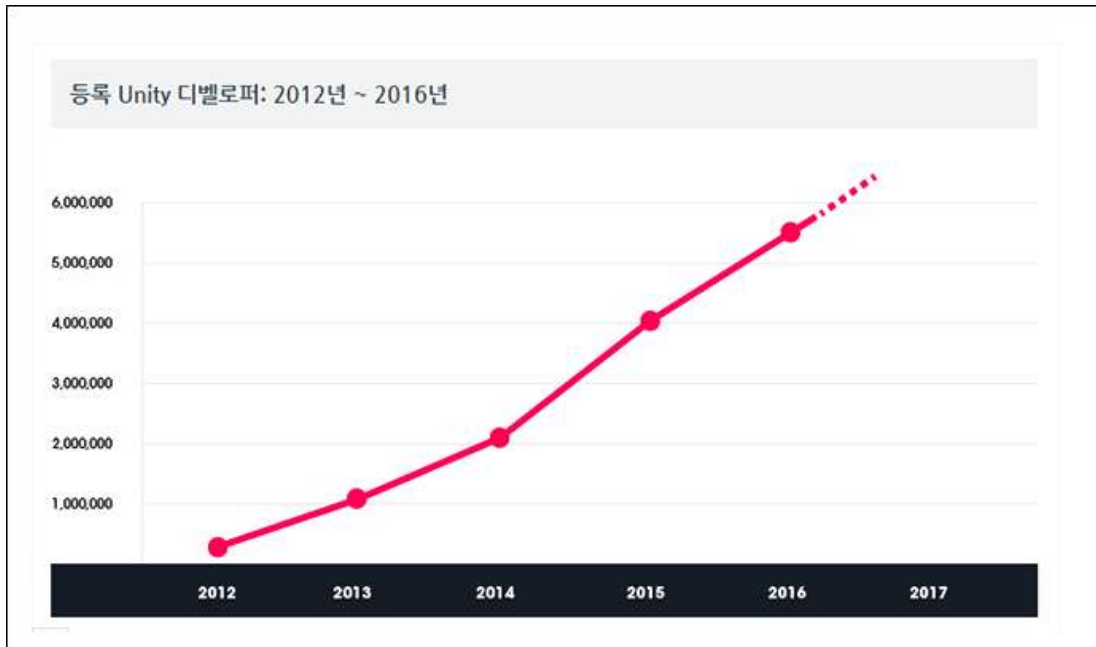


Fig. 4. Unity 등록 개발자 수

<Fig. 5>는 Unity가 지원하는 플랫폼으로써 Unity의 가장 큰 장점은 다양한 플랫폼을 지원한다는 점이다. 개발자는 모바일기기, 웹브라우저, 데스크톱, 콘솔 구분없이 원하는 형태의 게임을 쉽게 만들 수 있다. 개발환경 자체도 입문자가 쉽게 이해할 수 있을 만큼 직관적이고 간단하다. 이러한 이유로 게임 개발자 뿐만 아니라 예술이나 교육 쪽에 있는 비전문가가 그래픽 결과물을 만들기 위해 Unity를 이용하기도 한다.

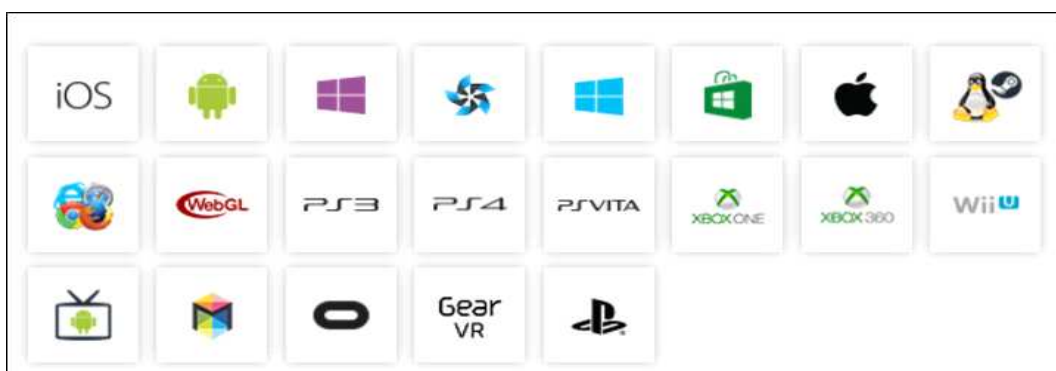


Fig. 5. Unity가 지원하는 플랫폼

4) 가상현실 응용분야

김익재[1]에 의하면 가상현실기술은 게임, 영화, 전시, 테마파크등 실감 콘텐츠를 이용하는 엔터테인먼트 분야에서 높은 활용성이 전망되고 있다고 한다. 가상현실, 증강현실, 유비쿼터스 공간과 같은 다중 실감공간 간 유기적인 체험 공간 기술 확보가 가능한데, 이를 통해 새로운 게임, 영화, 방송 콘텐츠 및 4D 체험관 같은 사용자 참여형 테마파크가 기대되기 때문이다. 특히, 관광 및 문화유적에 대해서 가상현실 기술 적용으로 체험형 전시관을 통해 실감 역사 교육 또는 관광경험도가 가능할 전망이다.

의료 및 군사 분야와 관련, 가상환경에서의 시뮬레이션을 통해 다양한 제조업, 디자인 및 서비스 분야에서 불필요한 설비투자를 막을 수 있는데, 가상훈련 및 교육을 통해 비용절감이 가능해 기술경쟁력 향상에 기여할 것으로 전망된다. 특히, 의료분야에서는 가상수술 시뮬레이션으로 환자의 기관이나 조직들을 구분해 가시화하고 조작해 봄으로써 가장 효과적인 수술방법을 사전에 계획할 수 있다는게 장점으로 부각되고 있다.

제조 및 생산분야와 관련해 용접과 같이 위험한 현장 실습의 경우 초보자에게 위험하고 장시간 교육하기에도 적합하지 않은 분야지만 실제 환경과 동일한 가상환경을 제공해 안전하면서 동시에 훈련능률 향상과 비용절감이 예상되며, 교육 분야에서는 가상교실에서 수업을 듣고 토론을 하는 등 공간의 한계를 체험 학습을 제공해 줄 수 있을 것으로 전망된다.

최근 구글은 3차원 공간에서 사용자가 그림을 그리고, 애니메이션이 가능토록 하는 스마트폰 앱을 만든 회사인 Tilt Brush를 사들였다. Google's Cardboard를 통해 사용자의 스마트폰을 장착하여 자신의 시점에서 다양한 브러시들과 객체 속성을 바꾸면서, 자신만의 3차원 효과를 만들어 내어, 마치 가상공간에서 자신의 작품을 만들 수 있도록 하고 있다.[1]

이처럼 다양한 분야로의 적용을 위한 가상현실 도구들이 등장함에 따라 , 향후 가상현실 적용 사례는 더욱더 늘어날 것으로 기대된다.

분야	활용 사례
게임	- 1인칭 시점 게임에서 HMD 단말과 동작 인식 기술을 활용해 몰입감 향상 - FPS 게임, 어드벤처 게임, 공포 게임 등에서 게임의 공간적 효과 증대
영화	- HMD를 이용한 가상 극장 효과 - 가상현실로 구현해, 영화 속 장면을 직접 체험해 보는 경험 제공 - 사용자의 참여에 따라 스토리가 변화하는 인터랙티브 시네마 구현 가능
교육	- 세계 각지에 흩어진 학생들이 가상교실에 함께 모여 진행되는 수업 - 역사 문화 탐방을 위해 가상현실로 구현된 역사 속 공간 체험 - 물리, 과학적 지식을 습득하기 위한 물리법칙 체험 가상현실 공간
전시	- 세계 각지의 유명 미술관, 박물관을 가상으로 재현 - 실제로 존재하지 않는 디지털 미술관, 박물관을 가상현실 기술로 구축 가능 - 전시 작품과 자유롭게 상호작용하는 신개념 인터랙티브 미술관 재현
SNS	- 세컨드 라이프와 같은 가상공간을 바탕으로 한 SNS에 HMD와 동작 인식 센서에 기반한 실감형 가상현실 기술 접목
헬스케어	- 의사의 원격 진료 및 상담 등에 가상현실 기술 사용 - 고소공포증을 치료하기 위한 가상현실 속 높은 장소 단계적 체험
기업 업무	- 건축 설계 시 필요한 건축 시뮬레이션 - 가상현실 환경에서의 원격 회의

Fig. 6. 가상현실 응용분야 및 활용사례

2. 가상전시관 개발 동향

1) 가상전시의 개발동향

김희경[6]은 가상전시의 설계와 구현에 관한 연구에 의하면 우리나라는 인터넷 인구의 폭발적 증가와 빠른 네트워크 속도로 가상전시를 제공하고 관람하기에 다른 어느나라보다 좋은 조건을 갖추고 있다고 말하고 있다. 그럼에도 불구하고 많은 가상전시들이 웹 갤러리, 사이버 박물관, 버추얼 투어라는 이름하에 일반 웹사이트와 구분없이 운영되는 것이 많다. 단순히 전시관이나 박물관을 소개하는 차원에서 그치는 경우도 있고, 무엇을 보여주고 있는지 또는 제대로 관람할 수 없는 경우가 많다. 이것은 일반 웹사이트를 만드는 방식을 그대로 가상전시에 도입을 하였거나 기술 의존적이다 보니 관람자가 무엇을 원하는지 파악하지 못하기 때문이다.

이러한 상황에서도 STX조선, 대우조선, 현대미포조선의 사이버 야드투어 등의 조선소 사이트에서는 별도로 버추얼 투어 메뉴를 두고 흥미로운 공정과정을 시뮬레이션 형태로 보여주고 있다. 포스코 역사관 VIRTUAL TOUR의 경우에도 공간과 전시대상을 연결하는 수단으로써 체험 인터페이스의 설계로 가상전시의 좋은 예가 되고 있다. 2004년 8월에 문을 연 SK Telecom모바일 박물관은 온라인 상에서만 존재하는 박물관으로 스토리텔링에 충실하고, 방대한 자료를 플래시를 활용하여 빠르고, 흥미롭게 표현하고 있다.[6]

ETRI 정보조사분석팀에 의하면 1999년부터 2001년까지의 과거 3년간 총 60여 건 가상현실 애플리케이션에 대해 조사한 활용도 순위를 살펴보면, 가상현실연구, 가상 프로토타입, 대학원 교육, 박물관/전시, 설계 평가 및 연구용 데이터 시각화 등이 지속적으로 수위를 차지하고 있다.[6]

Table 1. 상위 20개 가상현실 어플리케이션

2001년 순위	2000년 순위	1999년 순위	분야	어플리케이션
1	1	3	연구	가상현실연구
2	2	1	제조	가상프로토타입
3	3	4	교육/훈련	대학원 교육
4	6		비즈니스서비스	박물관/전시
5	4	9	제조	설계 평가
6			연구	연구용 데이터시각화
7	5	6	비즈니스서비스	건축
8	11	10	비즈니스서비스	무역 전시회
9	21	21	제조	자동차
10	8	8	컴퓨터/통신	S/W 개발/시험
11	17	11	제조	항공
12	9	13	제조	협동작업
13	15	14	컴퓨터/통신	게임/LBE 개발
14	7	12	교육/훈련	의료장비 훈련
15	10	7	교육/훈련	대학 교육
16	14	5	연구	군사
17	12	2	교육/훈련	군사 훈련
18			제조	제조 조립기회
19			교육/훈련	항공기 운항
20	16	20	비즈니스 서비스	비즈니스 제품 마케팅

우리나라의 가상 전시 콘텐츠들 역시 다양한 형태로 구축하고 있지만 세계 수준에는 필적하지 못하고 있다. 가장 큰 이유는 디지털 기술에의 지나친 의존이라고 할 수 있다. 기존에 만들어진 전시관들은 관람자가 자신의 컴퓨터에 뷰어용

소프트웨어를 하나 이상 설치해야 했고, 어떠한 경우 컴퓨터가 재부팅을 반복하기도하여 전부터 지치게 만들었다.[6]

앞에서 언급한 포스코 역사관, SK Telecom 모바일 박물관, 조선소의 사이버 야드투어 등의 전시는 대부분 플래시로 만들어졌다는 단점이 있다. 향후, 가상전시관을 구현시 관람자의 가상공간에서의 동선을 고려하고, 관람객들이 요구하는 바를 잘 반영하고, 스토리텔링에 부합하는 가상 전시를 개발하여야 하겠다.

2) 가상전시의 개념 및 개발과정

김희경[6]은 가상전시의 설계와 구현에 관한 연구에서 가상전시의 개념을 웹상에서 또는 키오스크와 같은 환경에서의 전시를 말하고 있고, 전시의 본래목적은 사람들이 전시장을 둘러보면서 전체적인 전시의 컨셉 및 스토리텔링을 이해하는 것과 오브젝트들을 감상하면서 소통하는 것이라고 정의하고 있다.

그리고 가상전시는 특정한 지역이나 특정한 시간에서만 열리는 전시회를 관람할 수 없는 사람들에게 시공간의 제약없이 관람할 기회를 주고, 작가나 전시관 운영자, 또는 같은 관심을 가지고 있는 사람들과 교류할 수 있으며, 이러한 가상전시는 일반전시보다 관람자 위주로 편성되어 있어서 관람자가 선별하여 정보선택이 가능하므로 전시를 봄에 있어서도 자율성이 강조된다고 제시하고 있다.[6]

가상전시관 제작시 제작과정은 <Table 2>과 같다. 먼저 기본 컨셉설정 단계에서는 자료수집, 관람자의 층을 설정, 전시물 리스트 작업등이 이루어지며, 스토리라인을 통한 기본 계획 수립단계에서는 결정된 컨셉에 따라 주제의 전개가 이루어지단계로 가상공간내 공간설정, 전시대상 아이디어, 동선의 확정등 공간구성이 정해진다. 가상전시 제작단계에서는 디자인설계를 통하여 화면구성과 전시 대상의 디자인, 메뉴 및 네비게이션구성 및 시안작업, 실제 작업화면 결정, 프로그래밍의 단계를 거치게 된다. 설치 및 테스트 단계에서는 앞 단계의 설정이 제작되었는지, 오류가 없는지, 사용에 불편함은 없는지를 테스트를 하게 된다. 이러한 과정을 통하여 가상 전시관의 개관을 준비하게 된다.[6]

Table 2. 가상 전시의 개발과정

기본 컨셉 설정	→	스토리라인을 통한 기본 계획 수립	→	가상 전시 제작	→	설치 및 테스트
기본 개념 설정		공간 설정		화면구성		검수
기본 방향 설정		전시 대상		전시 대상 디자인		오류 테스트
관람자 층 설정		아이디어		메뉴 및 네비게이션 구성		사용성 테스트
사례분석		동선 확정		시안 작업		
전시 대상 분석				실제 화면 제작		
전시 대상 자료조사				프로그래밍		
스토리라인설정						
기본계획안작성						

3. 실내 위치 포지셔닝 기술

1) 블루투스4.0 비콘기반 위치 인식

BLE 비콘은 블루투스 스마트 기술을 기반으로 실내 위치나 근거리 위치 추적 용으로 가능한 기술 플랫폼 및 해당 디바이스를 말하는 용어이다.

현재 BLE를 지원하는 스마트 폰은 iPhone4S이후 제품으로 IOS7에서 BLE를 기본으로 지원했지만, Android는 4.2에서 일부, 그리고 4.3 이상의 제품에서 본격적으로 BLE를 지원하기 시작였다. 따라서 Galaxy S4/S5, Galaxy Note3, Nexus 4/5/7과 이후 모델에서 BLE지원은 문제없지만, Galaxy S3, Note2등에서 BLE를 지원하기 위해서 Android OS버전이 BLE를 지원하는 4.3이상으로 세팅을 해야한다.

<Fig. 7>은 블루투스 신호구성도로서 UUID는 신호의 대분류로 128비트로 구성되고 특정기업이나 그룹을 식별한다. Major는 16비트로 구성되며 비콘의 그룹 혹은 영역을 식별한다. 그리고 Minor는 16비트로 구성되며 비콘 그룹내의 개별 비콘을 식별하는 식별자로 구성된다. Measured Power는 8비트로 구성되고 비콘

거리 추정을 위한 신호강도 참고치로 구성된다.



Fig. 7. 블루투스 신호구성도

<Fig. 8>는 비콘을 이용한 모바일 위치인식 동작 흐름도로서 비콘을 실내에 주요 지점에 설치한다. 그리고 서버에 비콘의 식별ID를 등록시킨다. 이후 비콘 신호를 초마다 주기적으로 전송하고 서버에 비콘 식별ID가 포함되어 있어 어떤 비콘으로부터 신호를 수신했는지 알 수 있다.

그리고 사용자가 위치인식 응용을 실행시키고 실내로 들어가면 응용은 지속적으로 비콘으로부터 신호를 수신하여 서버로 전송한다. 그리고 수신신호의 세기에 따라 사용자의 위치를 인식할 수 있다. 서버에서는 사용자의 응용을 통해 사용자가 원하는 서비스를 제공하거나 비콘신호를 이용하여 실내 위치이동 정보를 확인할 수 있다.



Fig. 8. 모바일 위치인식 동작 흐름도

2) 이동시간을 이용한 비콘간의 거리측정

윤철환, 소정민[7]은 비콘 신호 수신정보를 이용하여 비콘간 거리를 계산할 때, 사용자가 비콘의 위치를 정확하게 있는게 아니기 때문에 거리 계산의 오차가 발생한다고 제시하고 있다. 그래서 진입점 기반과 최대세기점 기반의 두가지 방법을 통해서 비콘간의 거리를 측정하여 정확도를 비교하는 연구를 수행한다.

<Fig. 9>은 이중 최대세기점 기반 방식을 설명하는 것이다. 사용자가 비콘A의 근접영역에 있다가 그 후에 비콘B의 영역으로 이동했다면, 비콘A에 있는 동안 가장 신호세기가 컸던 시간을 시작시점으로 잡고, 비콘B에 있는동안 가장 신호 세기가 컸던 지점을 종료시점으로 잡아 두 시점의 간격을 계산한다. 진입점 기반 방식은 사용자가 비콘A의 영역에 진입하는 시점과 비콘B의 영역에 진입하는 시점 사이의 시간을 이동 시간으로 간주한다. 이동 시간은 사람의 평균적인 걷는 속도를 기반으로 거리를 환산한다.[7]



Fig. 9. 비콘 사이의 이동시간 측정

그러나 이러한 연구는 사용자간의 이동시간을 토대로 거리를 구할 때, 사람마다 혹은 상황마다 걷는 속도가 다르기 때문에 적은 샘플데이터로 거리를 구하면 오차가 많이 발생 할 수 있다. 또한 어떤 경우에는 사용자가 두 지점을 이동하는 중간에 멈춰 설 수도 있는 거리를 측정할 때 오차가 큰 문제가 발생할 수 있다.

3 삼변측량법을 이용한 이동노드 위치 측정

삼변측량기법의 기본 개념은 <Fig. 10>와 같이 움직이는 이동노드를 인식하는데 3개의 비콘노드가 사용된다. 이동노드와 3개의 비콘노드 사이의 거리를 d_1 , d_2 , d_3 라고 할 때, 비콘노드의 좌표를 중심으로 정의하고 이동노드까지 거리를 반지름으로 정의한 3개의 원이 형성된다. 이때 3개의 원둘레는 한 점에서 교차하게 되는데, 이 교차점이 이동 노드의 위치가 된다.

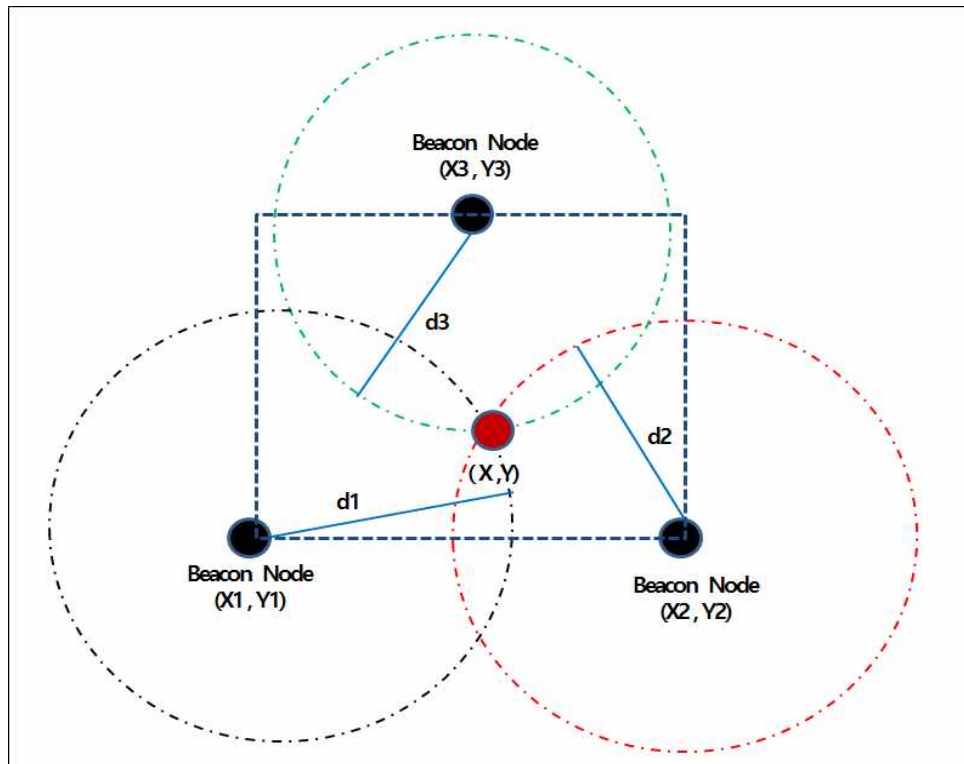


Fig. 10. 삼변측량법

<Fig. 10>에서 사용자의 이동노드(X, Y)이고, 각 비콘 노드의 위치를 (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , (X_3, Y_3) 라고 하면, 사용자의 이동노드까지의 거리를 d_1 , d_2 , d_3 를 이용하여 구할 수 있다.

삼변측량법에서 이동노드의 위치를 구하는 계산식은 <Fig. 11>와 같다.

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \sqrt{(x-x_1)^2 - (y-y_1)^2} \\
 d_2 &= \sqrt{(x-x_2)^2 - (y-y_2)^2} \\
 d_3 &= \sqrt{(x-x_3)^2 - (y-y_3)^2}
 \end{aligned}$$

Fig. 11. 삼변측량법 거리 계산식

<Fig. 4>의 삼각측량법을 이용하여 이동노드의 위치를 인식하기 위해서는 최소 3개의 비콘이 필요하며, 실제 환경에서는 이동노드와 비콘노드 간의 통신이 원활하지 않아 위치인식을 실패할 확률이 높을 수 있다. 따라서 비콘노드와 이동노드와의 위치인식률을 높이려면 최소 비콘 3개 이상이 필요하고, 비콘 설치거리를 최소화하여 설치하여야 하는 문제점이 있다.

4. 식별 기반의 가상 전시관 서비스 고찰

1) RFID 기반의 정보화 박물관 서비스

김경근외 2명[5]은 RFID시스템 기반의 정보화 박물관 구현에 관한 연구에서 과거 적외선통신을 이용한 박물관정보 안내시스템의 문제점인 짧은거리의 사용자 인식거리와 다중접속으로 생기는 충돌(collision)의 문제점을 해결하고자 900MHz 대역의 RFID기술을 이용하여 태그와 리더를 이용하여 손쉽게 환경구축을 구축하여 사용자의 다중접속에 관한 충돌방지과 다중태그의 접속이 가능하게 한다.

<Fig. 12>은 김경근외 2명[5]은 RFID시스템기반의 정보화 박물관을 구현한 구성도로서 구현방식을 분석해 보면 먼저 DB서버에 전시물에 관한 DataBase를 구축한다. 그리고 전시물에 태그에 전원공급 및 태그 식별 코드를 전송한다. 그리고 태그의 메모리 영역에 저장된 정보를 리더 기기에 전송하고, 수집된 태그

식별ID와 일치하는 정보를 DataBase 서버로부터 획득한다. 그런후, 획득된 정보를 임베디드 시스템을 통해서 확인하는 방식이다. 이를 통해 사용자가 원하는 전시물의 정보를 얻을 수 있도록 구현된다.

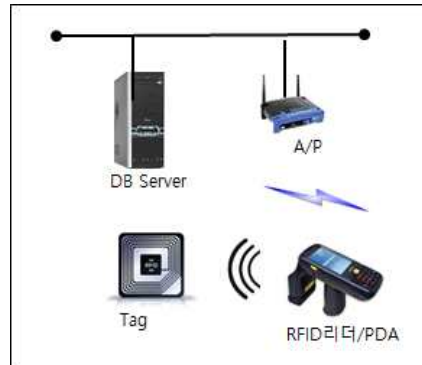


Fig. 12. RFID시스템 구성도

이 시스템은 먼저 RFID 태그를 전시물에 부착함으로써 장기간 사용했을 경우 사용자들의 태그의 손상의 위험이 있을 수 있고, RFID의 장비의 크기와 휴대로의 불편함을 가진다는 문제점을 알 수 있다.

2) 개인화 기반 유비쿼터스 전시관 서비스

이성철외 1명[2] 개인화 서비스를 제공하는 유비쿼터스 전시관 지원 시스템 설계에 관한 연구에서 사용자들에게 동일한 전시정보를 제공하는 시스템의 문제점을 해결하고자 사용자 수준에 적합한 개인화 서비스를 제공하는 유비쿼터스 전시관 지원시스템 설계를 제시하고 있다.

이 시스템에 대해 간략히 말하면 사용자의 관람이력을 모니터링하여 프로타입을 생성하고, 물리공간인 실제 전시관이나 가상전시관에서 사용자들에게 차별화된 전시정보 서비스를 제공하는 시스템이다. 그리고 사용한 기술로는 모바일과 RFID기술을 이용하였고, 사용자들에게 개인화된 전시정보를 추천하는 기법은 규칙기반 필터링기법을 이용하여 사용자의 성향을 파악하여 수준별 전시정보를 제공하고 있다.

<Fig. 13>은 이성철외 1명[2] 개인화 서비스를 제공하는 유비쿼터스 전시관 지원 시스템 설계에 관한 연구에서 제시하는 유비쿼터스 전시관시스템 구성도이다.

시스템 구성도를 분석해보면, 먼저 데이터 통신 모듈을 이용하여 모바일 Interface, 웹 Interface, 서버와의 연동을 통해 모바일 RFID 리더기에서 읽은 태그정보와 웹상에서 사용자가 요청한 정보를 서버로 전송하고, 서버는 콘텐츠 정보를 모바일 인터페이스와 웹 인터페이스로 전송하고, 사용자 프로파일을 생성하기 위하여 모니터링 모듈의 입력되는 데이터가 된다. 사용자 모니터링 모듈에서는 사용자 관리, 콘텐츠 관리를 수행한다. 사용자 관리에서는 관람자에게 개인화 서비스를 제공하기 위하여 데이터 통신모듈로부터 관람자의 관람 이력을 계속 모니터링하여 관람자의 선호도를 파악하고, 파악된 선호도는 사용자 프로파일 DB에 저장하고 지속적으로 갱신한다. 연관규칙(Association Rules)생성모듈에서는 개인화모듈과 콘텐츠 추천모듈로 구성되는데 개인화모듈은 데이터베이스에 축적된 사용자 프로파일과 로그 데이터를 활용하여 연관규칙을 이용하여 연관정보를 생성한다. 개인화 모듈은 규칙기반 필터링 기법을 사용하여 웹 어플리케이션에서 웹 에이전트에 의해 동작된다. 콘텐츠 추천모듈은 개인화모듈의 연관규칙으로 생성된 데이터베이스와 연동하여 사용자수준의 적합한 콘텐츠를 추천한다.[2]

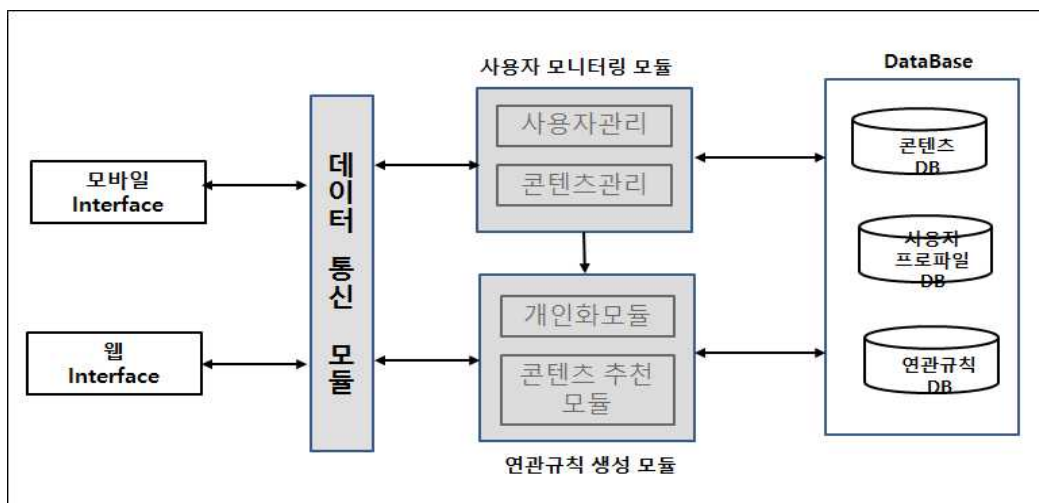


Fig. 13. 개인화서비스를 제공하는 유비쿼터스 전시관시스템 구성도

이 시스템은 위 RFID시스템 기반의 정보화박물관과 같이 RFID기술을 이용하였고, 다른점은 웹상에서 사용자의 요청을 받아서 웹 인터페이스를 통하여 서버로 데이터를 전송한다는 점이다. 그리고 문제점으로는 RFID장비의 불편한 휴대성과 전시물에 태그를 부착함으로써 손상의 위험이 있다. 그리고 사용자별 개인화서비스를 제공하기 위해서는 무엇보다 개인정보를 이용해야한다는 점이다. 웹상에서 그리고 PDA상에서 개인정보를 입력하고, 개별 계정을 생성한후, 로그인해서 시스템을 이용하기 때문에 무엇보다 개인정보가 노출될 수 있는 보안에 취약하다는 단점을 가지고 있다.

3) 모바일기반 사용자 중심형 전시관 정보안내 서비스

윤현주의 2명[9]은 모바일 기기 기반 사용자중심형 전시관 정보안내 시스템의 설계 및 구현에 관한 연구에서 사용자가 원하는 대로 시스템의 인터페이스가 구성되는 사용자중심형 전시관 정보안내 시스템을 제안한다.

이 시스템을 간략히 살펴보면, 먼저 PDA와 휴대폰등과 같은 모바일 기기 기반으로 제작되어 사용자의 편리성을 제공하고, 작은 디바이스화면에서도 모든 데이터가 한 화면에 디스플레이 되며, 사용자가 원하는 정보를 중심으로 시스템의 인터페이스와 정보요소를 구성할 수 있게 이용에 편리성을 더하고 있다. 또한 안내 대상 위치정보와 상세정보등을 다양한 형태로 사용자에게 제공하고 있다고 말하고 있다.

<Fig. 14>는 사용자 중심형 전시관 정보 안내시스템 구성도로서 이 시스템을 분석해 보면 사용자 휴대 단말기에서 정보의 디스플레이를 위하여 리쿼드 브라우저 인터페이스 개념을 적용한다. 사용자가 휴대하는 휴대용 안내시스템에는 제공되는 정보가 디스플레이 되는 리쿼드 브라우저 인터페이스, 사용자의 요구 사항인 쿼리를 컨트롤 서버에 전송하는 쿼리 전송기, 데이터 필터를 거쳐 추출된 안내용 미디어 데이터들을 수신하는 Data 수신기, 브라우저에 디스플레이 하기 위해 필요한 XML 파일을 수신하는 XML 수신기 등이 갖추어진다.[9]

그리고 TCP/IP 네트워크 프로토콜에 따라 XML파일과 미디어 데이터 파일들을 전송 받은 휴대용 안내시스템의 XML 수신기와 Data수신기는 수신된 파일들을

리쿼드 브라우저 인터페이스에 전송된다. 그후 XML파일은 리쿼드 브라우저 인터페이스 통해 사용자에게 디스플레이된다. 사용자는 브라우저를 통해 데이터를 검색하고 그중에서 확인하기 원하는 정보를 선택한후 파일 뷰어를 이용하여 각 파일들을 실행시킬 수 있다.[9]

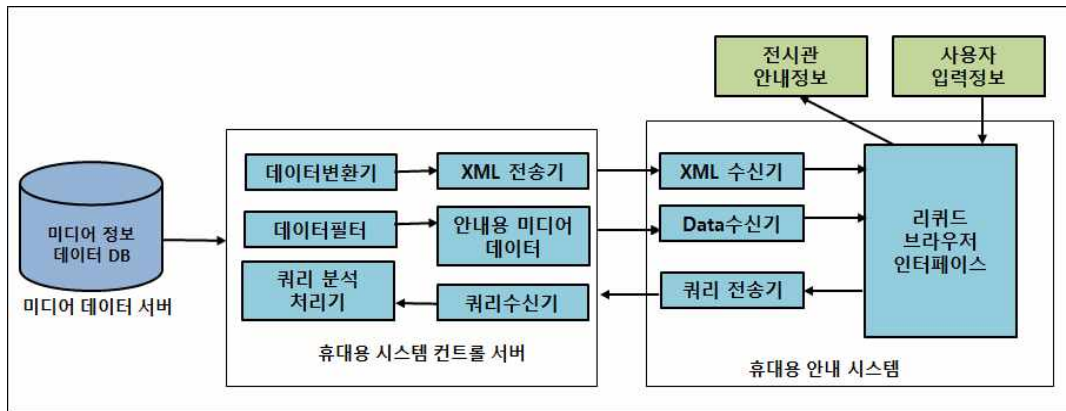


Fig. 14. 사용자 중심형 전시관 정보안내시스템 구성도

이 시스템은 먼저 무선통신을 이용하여 미디어 데이터서버에 있는 각종 수많은 데이터들을 컨트롤서버와 휴대용 안내시스템 연동을 통하여 송수신하는 시스템이다. 그래서 낮은 컴퓨팅성능을 갖춘 PDA에서는 용량이 큰 미디어 데이터나 전시관 콘텐츠정보는 데이터들을 로딩하는데 시간이 지연되거나 끊기 수 있는 문제가 발생해 보인다. 그리고 일반적인 PDA는 데스크탑과 같은 PC와는 다르게 작은 해상도를 갖추고 있어 고품질의 전시관 콘텐츠를 사용자에게 제공할 수 없다는 문제점을 갖고 있다.

4. 이동형 RFID 기반의 가상 관람 서비스

김재환외 3명[11]은 이동형 RFID 기반의 가상 관람 서비스에서 언급하기를 기존의 바코드와 인식장치는 여러 가지 면에서 USN환경에서 사용하기에 상당한 제약이 따르게 된다고 말하고 있다고 말하고 있다. 그러나 RFID 시스템을 사용하면 이러한 문제점을 해결 할 수 있다고 말하고 있는데, RFID 기반의 시스템은

RFID 리더와 태그, 그리고 RFID 태그가 가지는 정보를 활용하기 위해서 사람이 관리하는 데이터서버가 필요하다. 그래서 김재환외 3명[11]은 이를 응용하여 관람객에게 효과적으로 전시물을 안내해주는 2.45GHz 규격의 이동형 RFID리더와 PDA를 이용한 전시관 어플리케이션을 구현을 통하여 제시한다.

이 시스템을 시나리오를 간략히 살펴보면 먼저 전시관을 방문한 관람객의 전시물에 대한 이해를 돕기 위해 전시관 안내의 보조장비로 PDA를 활용한다. 입장한 관람객은 데스크에서 PDA를 수령한 후 PDA에 부착된 RFID 리더를 이용한다. 관람객은 안내를 받고자 하는 전시물에 부착된 태그를 RFID 리더에 인식시킨다. RFID 리더가 얻어온 태그의 ID를 인식한 PDA는 데이터 서버에 해당 전시물 ID에 맞는 정보를 요청한다. 요청을 받은 데이터 서버는 알맞은 정보를 PDA에 돌려주고 PDA는 관람객에게 이해하기 쉬운 시청각 자료를 보여준다. 관람이 끝난 관람객은 데스크에 PDA를 반납후 퇴장하는 방식으로 서비스를 제공하고 있다.[11]

<Fig. 15>는 이동형 RFID 리더 어플리케이션 전시관 구성도로서 이 시스템 구성도를 살펴 보면 먼저 장비는 관람객이 사용하는 PDA와 관리자가 사용하는 서버가 구성되어 있고, PDA에는 RFID 리더가 읽어오는 태그 정보를 DB로 전송할 통신 어플리케이션과 DB에서 받아온 정보를 사용자에게 보여줄 수 있는 정보 뷰어가 있다. 관리자 서버는 태그와 전시물을 매칭하고, 전시물에 대한 정보를 갖고 있는 데이터베이스와 데이터베이스의 정보를 추가, 수정, 삭제하는 관리자 어플리케이션으로 구성되어 있다.[11]

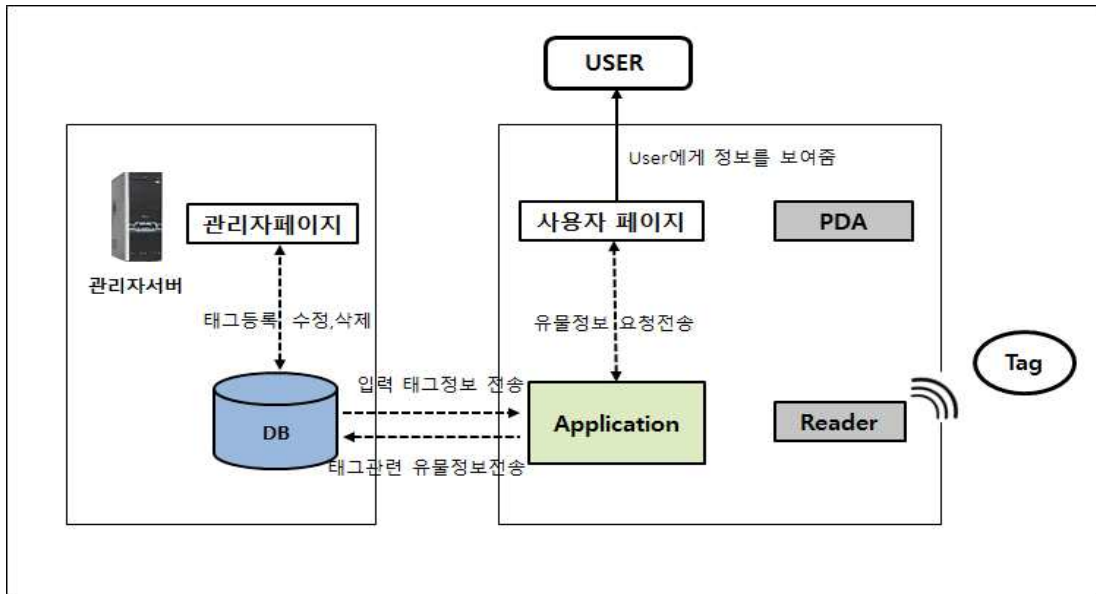


Fig. 15. 이동형 RFID 리더 어플리케이션 전시관 구성도

이동형 RFID 리더 어플리케이션 전시관은 태그의 정보를 읽고 그 자리에서 바로 확인할 수 있고, 확인에 그치지 않고 그에 알맞은 처리를 바로 내릴 수 있고, 또한 기존의 부착형 RFID 리더의 시스템 비해 획기적으로 일의 처리속도가 빨라지고 같은 시간 안에 수집하는 데이터의 양도 많아진다는 장점이 있다. 그러나 이 시스템은 아직은 비싼 RFID 태그와 RFID 리더기 가격과 이동형 RFID 리더기 기반의 시스템으로 인해 PDA와 RFID 리더의 도난 및 분실 위험이 있다는 문제점이 남아 있다.

5) PDMA 기반의 유비쿼터스 개인화 전시관 서비스

최영환외 1명[12]은 유비쿼터스 전시관에서 개인화 서비스를 지원하기 위한 PDA 시스템 개발에 관한 연구에서 최근 관람자에게 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 유비쿼터스 전시관 지원 시스템들이 개발되고 있다고 말하고 있다. 하지만 대부분의 시스템들이 전시물에 관련된 멀티미디어 정보를 모바일 장비 자체에 저장하여 제공하기 때문에 서비스가 전시관내에 국한되어 관람자와 양방향 커뮤니케이션이 어렵고, 관람자가 전시관에서 관람한 정보들을 효율적이

고 활용할 수 없다고 말하고 있다.

그래서 최영환외 1명[12]은 모바일 장비와 RFID기술을 이용하여 다양한 관람정보를 전시관에서 실시간으로 서비스하고 관람자의 관람이력을 저장하여, 관람후 가상공간인 웹과 연동하여 개인화된 관람정보를 효율적으로 이용할 수 있는 유비쿼터스 전시관 관람지원하는 PDMA시스템을 제안한다.

최영환외 1명[12]이 제안하는 PDA시스템의 시나리오를 간략히 설명하면 먼저 관람자의 정보를 모바일 장비에 장착된 Reader를 통하여 인식한후 PDMA서버로 전송한다. 그리고 관람자가 RFID 태그가 부착된 전시물 Reader를 통해 태그의 ID를 서버로 전송하고 해당하는 전시물에 관련된 다양한 멀티미디어를 정보를 실시간으로 관람객에게 서비스한다. 관람이 끝난 후 웹상에서 자신의 관람이력을 관리하고 전시물정보를 개인적으로 활용할 수 있도록 되어 있다.

<Fig. 16>은 PDMA 시스템 구성도로서 이 시스템 구성도를 살펴보면 먼저 PDMA시스템은 Mobile Front End와 PC Front End를 기반으로 모바일 환경과 웹 환경에서 관람자에게 서비스를 제공한다. 또한 모바일 Front End를 통해서 관람자의 관람 이력인 로그 데이터를 처리하고 PC Front End는 웹을 통하여 로그인 한 관람자에게 자신이 관람한 이력정보를 제공 받고 활용 할 수 있도록 한다.[12]

PDA의 처리 능력과 저장 능력의 한계로 발생하는 문제를 해결하기 위해 PDA에 데이터를 저장하지 않고 관리 서버로부터 실시간으로 스트리밍 기술을 이용하여 전시물 정보를 서비스 받고, 양방향 서비스를 위해 관람이력을 서버로 전송하여 관리하게 된다.[12]

관리자는 웹과 PDA 모두에서 전시물 관련 콘텐츠의 등록과 변경, RFID 태그에 정보를 저장하는 등의 관리 작업을 할 수 있도록 한다. 또한 관람자들의 관람 이력을 서버에 저장함으로써 개인화된 서비스를 제공할 수 있다.[12]

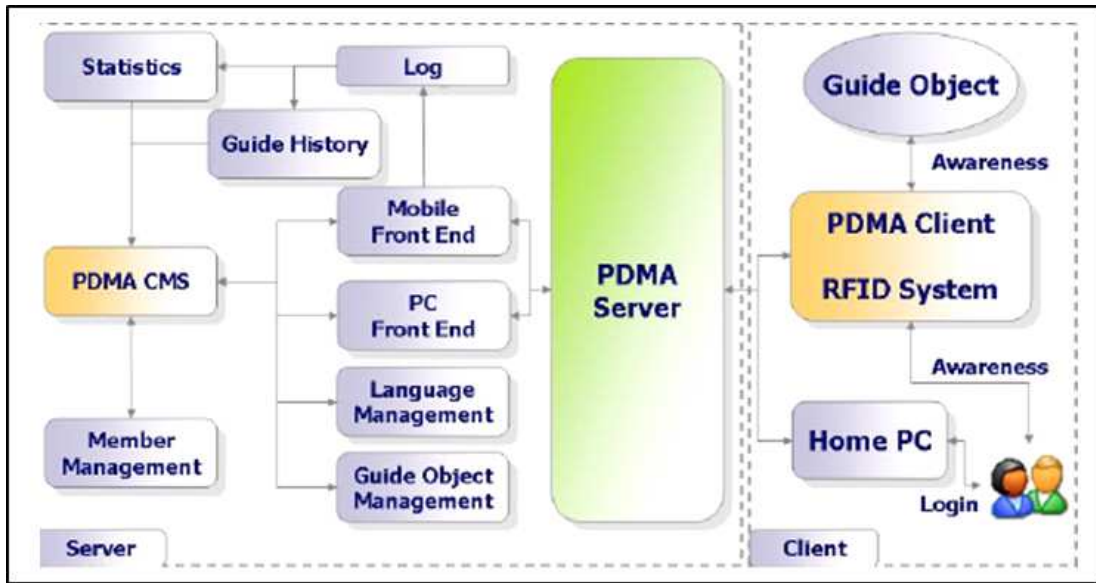


Fig. 16. PDMA 시스템구성도

최영환외 1명[12]이 제안하는 PDA시스템은 전시물의 다양한 멀티미디어 정보를 서버에서 제공받아 실시간으로 서비스함으로써 PDA가 가지는 처리 능력의 한계를 극복할수 있고, 웹상에서 관람자가 자신이 관람한 전시물 정보를 효율적으로 활용할 수 있다는데 장점이 있다. 그러나 역시 PDA에서의 작은 디스플레이 크기로 많은 정보를 보여줄 수 없고, 대부분의 콘텐츠가 플래시 기반으로 제작되어서 PDA를 이용하여 관람객들에게 콘텐츠를 제공하는데 한계가 있다는 문제점이 있다.

III. BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D 전시관 설계

본 논문에서는 서론에서 언급했듯이 기존의 RFID기술과 PDA등의 모바일기기를 기반으로 하는 전시관시스템을 이용함으로써 발생하는 사용자의 불편함과 시스템 문제점들을 최신 스마트폰과 BLE 무선통신기술을 이용한 실내위치 인식을 기반으로 한 사용자와 상호작용할 수 있는 모바일기반 가상 3D전시관을 제안하고자 한다.

본 논문의 주목적은 사용자가 스마트폰에 설치된 가상 3D전시관 어플리케이션을 실행 후 비콘이 설치된 전시물에 접근시 어플리케이션은 사용자와 실내위치를 인식후 모바일 3D가상 전시관에서 해당하는 가상 3D전시물과 전시물 정보들을 이용할 수 있는 모바일기반 가상 3D전시관을 구축하는 것이다.

1. 모바일 가상 3D전시관 서비스 모델

1) 모바일 가상 3D전시관 서비스 구성

본 논문에서 제안하는 BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D 전시관은 스마트폰 어플리케이션, 비콘 정보와 가상 3D전시물 정보등을 관리하는 DB, 외부 구성요소와 블루투스 통신을 담당하는 비콘 SDK API, 구글 Map과 API, 서버로 구성된다.

본 연구의 목적을 달성하기 위한 제안하는 서비스 개념도는 <Fig. 17>과 같다.

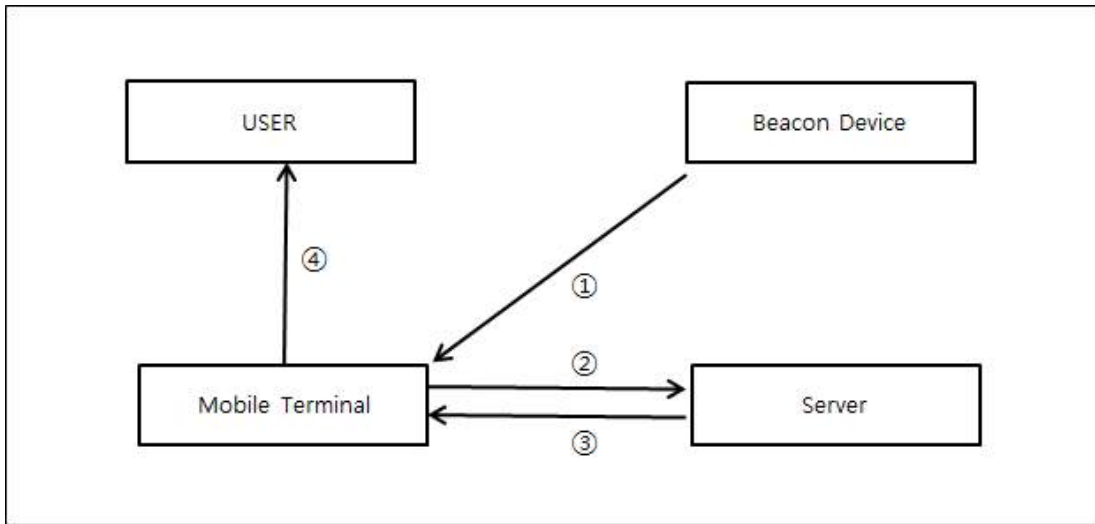


Fig. 17. 모바일 3D VR전시관 서비스 개념도

서비스 개념도에는 모바일 3D VR전시관 어플리케이션이 설치된 스마트폰과 연동할 비콘 Device와 그리고 비콘정보와 3D VR콘텐츠 정보를 관리하는 서버, 사용자 스마트폰과 연동하는 Mobile Terminal로 구성되며 비콘 Device에서는 Mobile Terminal로 비콘신호정보를 송신하면 Mobile Terminal은 서버로 비콘신호정보를 송신하고 서버는 비콘신호정보를 이용하여 매칭되는 가상 3D전시물 정보를 Mobile Terminal로 전송하고, 가상 3D전시관을 이용하여 USER에게 가상 3D전시물정보를 전달한다.

<Fig. 18>은 BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D전시관의 서비스 구성도로서 모바일 가상 3D전시관 어플리케이션을 실행하는 사용자가 비콘이 설치된 전시물에 접근시 가상 3D전시관 어플리케이션은 비콘의 신호정보를 수신한다. 그리고 가상 3D전시관 어플리케이션은 서버로 비콘의 신호정보를 송신한다. 서버는 비콘의 신호정보와 매칭되는 모바일 가상 3D전시물 정보를 가상 3D전시관 어플리케이션에 전송하여 스마트폰 화면에 표출된다.

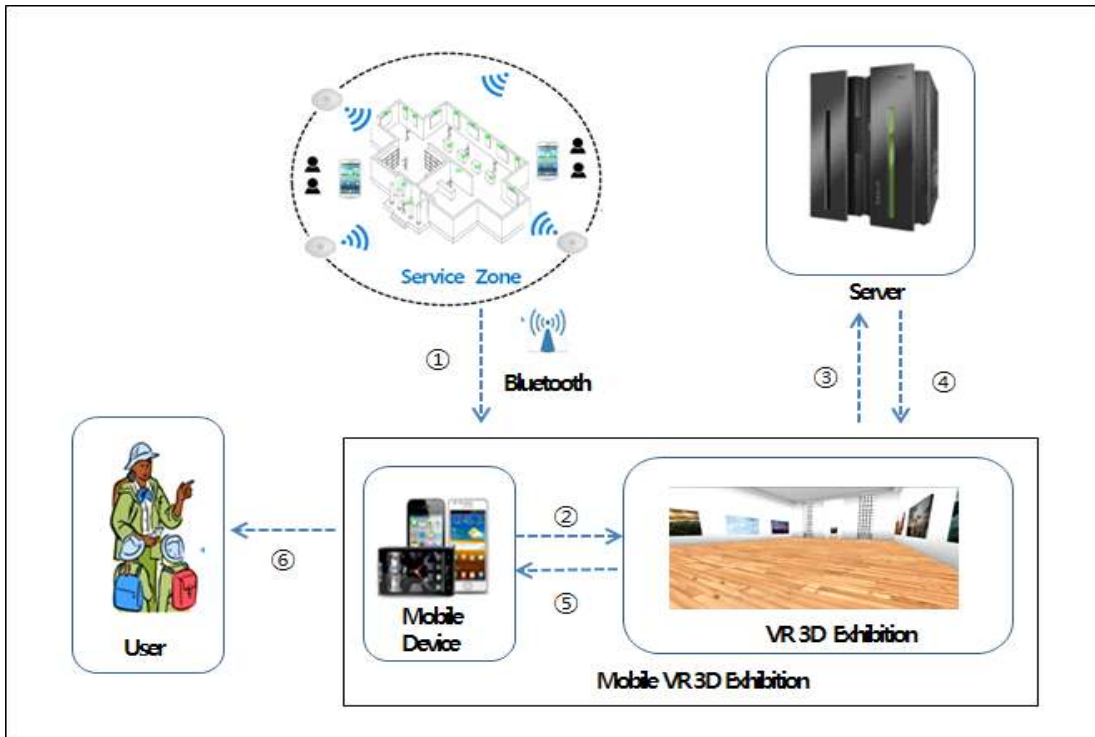


Fig. 18. 가상 3D전시관 서비스 구성

그리고 서비스 구성도와 더불어 사용자에게 제공할 가상 3D 전시관 서비스의 구성도는 <Fig. 19>과 같다.

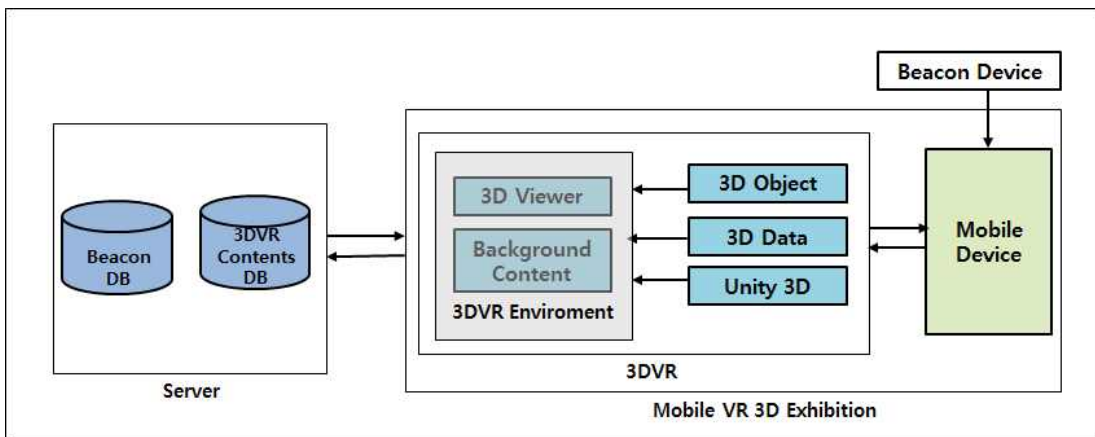


Fig. 19. 가상 3D전시관 시스템 구조도

본 논문에서 제안하는 가상3D 전시관 시스템 구조도를 살펴보면 모바일 기반 가상 3D전시관에는 사용자가 휴대하는 스마트폰에 해당하는 Mobile Device와 가상 3DVR로 구성되어 있다. Mobile Device는 비콘 Device로부터 비콘의 신호 정보를 수신한 후 신호정보를 3DVR로 전달하는 역할을 하게된다. 3DVR은 가상 3D전시관을 구성하는 객체인 3DObject, 3Ddata, 그리고 각종 이벤트 생성과 애니메이션 효과를 담당하는 Unity3D로 구성되며, 이와 더불어 가상3D 전시관 내부환경을 구성하는 3DVR Enviroment으로 구성되어 있다.

그리고 서버에는 비콘데이터와 3DVR 콘텐츠 해당하는 가상 3D 전시관 데이터를 관리하는 서버로 구성되어있다. 그래서 모바일 기반 가상 3D전시관과 데이터를 송수신하는 역할을 하게 된다.

2 모바일 가상 3D전시관 서비스 사나리오

<Fig. 20>은 가상 3D전시관의 전반적인 동작 순서도이고, 서비스 시나리오는 다음과 같다.

- (1) 사용자가 블루투스 4.0이 탑재된 스마트폰을 소유하고 모바일 어플리케이션을 실행하고 비콘일 설치된 전시관 실내 장소를 이동한다.
 - (1-1) 블루투스 4.0이 탑재된 스마트폰 이라면 비콘은 사용자의 모바일 어플리케이션에 식별ID와 신호세기정보를 전송한다.
 - (1-2) 블루투스 4.0이 탑재된 스마트폰이 아니라면 비콘 모드는 대기상태로 유지하고 (1-1)부터 다시 진행한다.
- (2) 사용자가 전시된 전시물에 근접시 모바일 어플리케이션은 수신된 비콘의 식별ID와 수신된 신호정보를 서버로 전송한다.
- (3) 서버에서는 수신된 비콘의 식별ID와 신호정보를 통해 3DVR 전시물정보를 모바일 어플리케이션에 전송한다.
 - (3-1) 매칭된 비콘 정보가 없으면 (2)부터 다시 진행한다.
 - (3-2) 모바일 어플리케이션은 수신한 비콘의 신호세기정보를 이용하여 사용자의 위치를 확인한다. 그래서 사용자가 전시물의 2m이내 접근시 전시된 전시물의 가상 3D전시물과 전시물 정보를 서버로부터 수신하여 어플리케이션에 표출하게 된

다.

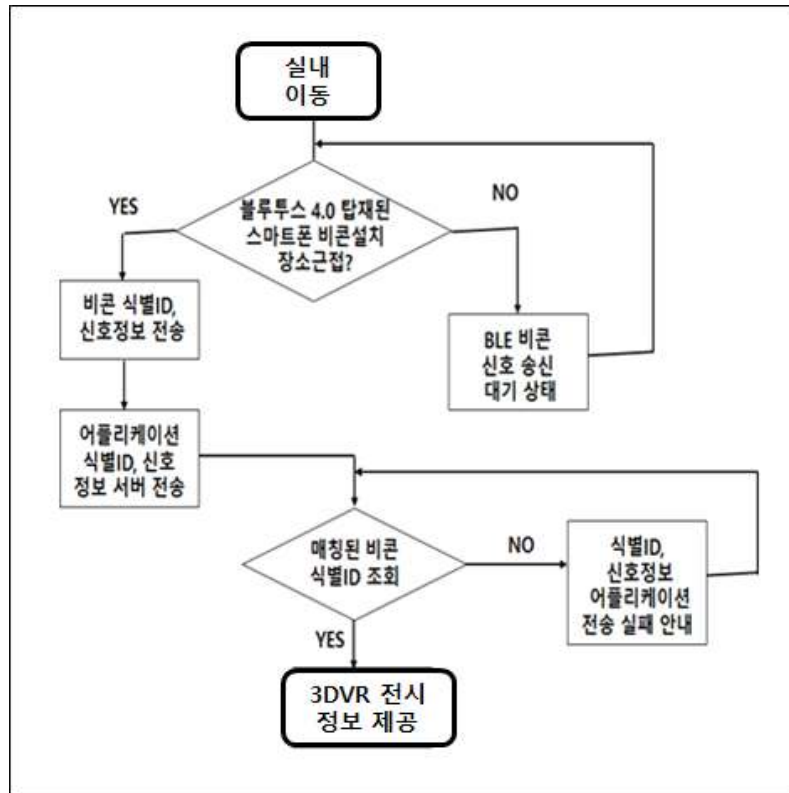


Fig. 20. 가상 3D전시관 동작 순서도

2. 비콘기반 모바일 가상 3D 전시관 서비스 위치인식 설계

1) 실내위치인식 처리구조 설계

실내위치 인식 처리구조는 <Fig. 21>과 같이 내부적으로 3개의 클래스를 활용하는 구조로 설계한다. 비콘을 스캔하고 관리역할을 하는 ‘비콘Device’ 클래스, 가상 3D전시관의 어플리케이션을 관리 및 실행시키는 ‘MobileTerminal’ 클래스, 비콘의 신호세기정보와 데이터와 가상 3D전시물 데이터등 시스템 전반적인 데이터를 통합 관리하는 ‘VR서버’ 클래스가 그것이다.

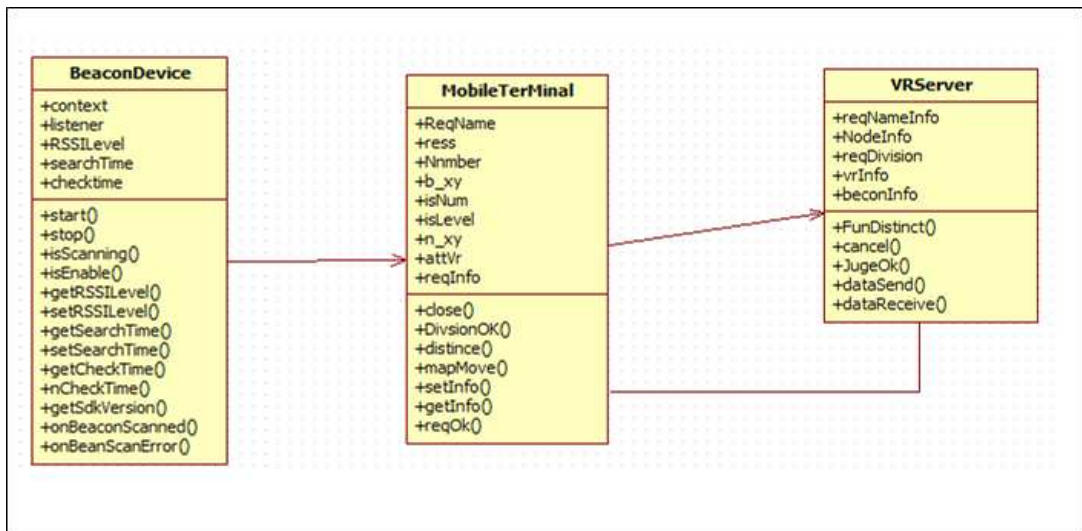


Fig. 21. 실내위치인식 Class Diagram

2) 실내위치인식 처리흐름 설계

<Fig. 22>는 실내위치인식의 처리흐름을 나타낸다. 비콘의 기본데이터와 스캔 그리고 비콘의 수신신호등을 관리하는 클래스는 ‘비콘Device’이다. 가장 먼저 ‘MobileTerminal’클래스가 실행되면 ‘비콘Device’ 클래스를 이용하여 비콘의 신호세기정보를 수신하게 된다.

다음으로 ‘VR서버’ 클래스를 이용하여 등록된 비콘의 신호세기 정보중 식별ID인 UUID와 매칭되는 비콘의 UUID 검색후 해당하는 가상 3D전시물 콘텐츠정보를 ‘MobileTerminal’ 클래스에 송신한다.

마지막으로 ‘MobileTerminal’ 클래스에서 수신된 비콘의 신호세기정보로 사용자의 스마트폰과 전시물간의 거리를 파악하게 된다. 그리고 ‘MobileTerminal’ 클래스는 일정한 시간 간격으로 비콘 신호를 스캔하게 된다.

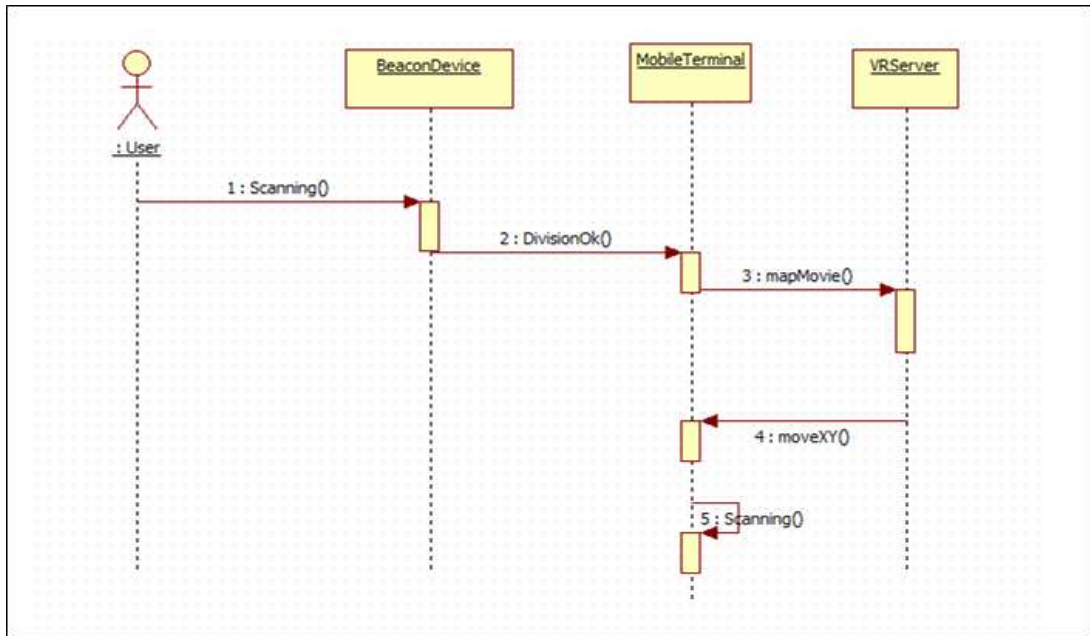


Fig. 22. 실내위치인식 시퀀스 다이어그램

<Fig. 23>은 실내위치인식의 처리흐름을 협력 다이어그램 나타낸 것이다. 먼저 사용자가 'clsVR' 오브젝트를 통해 어플리케이션을 실행한다. 그리고 'clsBcMng' 오브젝트는 비콘을 스캔하기 시작하게 된다. 그리고 'clsSV'오브젝트를 이용하여 비콘의 신호세기정보를 수신하여 'clsVR'오브젝트에게 송신하게 된다. 또한 'clsVR'오브젝트는 'clsSV'오브젝트로부터 비콘의 신호세기정보 중 UUID와 매칭되는 가상 3D전시물 정보를 검색하고, 'clsVR'오브젝트를 이용하여 사용자 스마트폰에 가상 3D전시물 정보를 표출하게 된다.

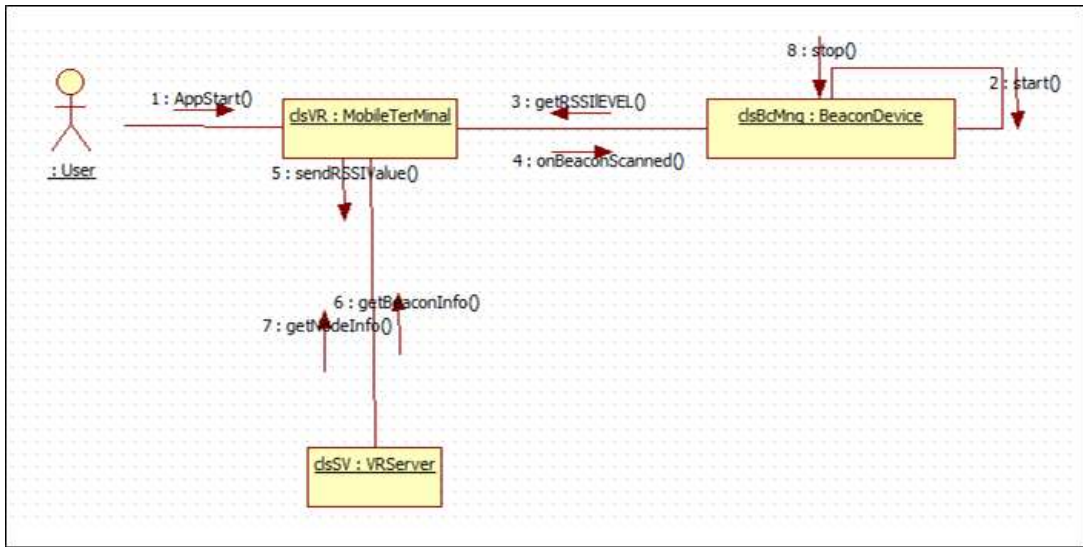


Fig. 23. 실내위치인식 Collaboration Diagram

3. 모바일 가상 3D 전시관 상세 설계

1) Unity5를 이용한 가상 3D전시관 사용자 인터페이스 설계

<Fig. 24>은 가상 3D전시관 사용자 인터페이스 설계하기 앞서 가상 3D전시관 설계구조를 표현한 것으로, 모바일 가상3D 전시관을 구현하기 위하여 고려 되어야 할점은 사용자에게 3차원이라는 공간감을 주는 것이다. 가상현실에서 사용자에게 몰입감을 제공하기 위해서는 기본적으로 3차원 환경의 구현이 필요하다.[4] 이러한 3차원적인 공간감을 주기 위해 구현하기 앞서 3차원적으로 모바일 가상 현실 배경과 환경을 설계 및 구현을 통하여 사용자에게 흥미와 몰입감을 제공한다.

기술연구에 앞서 3D Object를 사용하여 모델링 후 Unity5를 사용하여 3D Object에 애니메이션 효과 및 이벤트를 적용하여 사용자가 모바일을 이용하여 가상 3D전시관을 체험하게 된다.

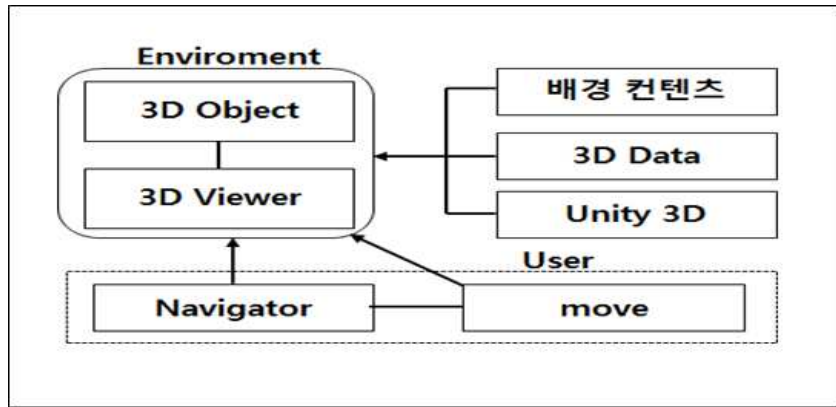


Fig. 24. 가상 3D전시관 설계 구조

<Fig. 25>은 가상 3D전시관 배경을 제작하기 위해 전시관 내부를 모델링한 모습을 위에서 본 모습이고 Image를 기반으로 텍스처 맵핑을 통해 사실적인 느낌을 주었다.

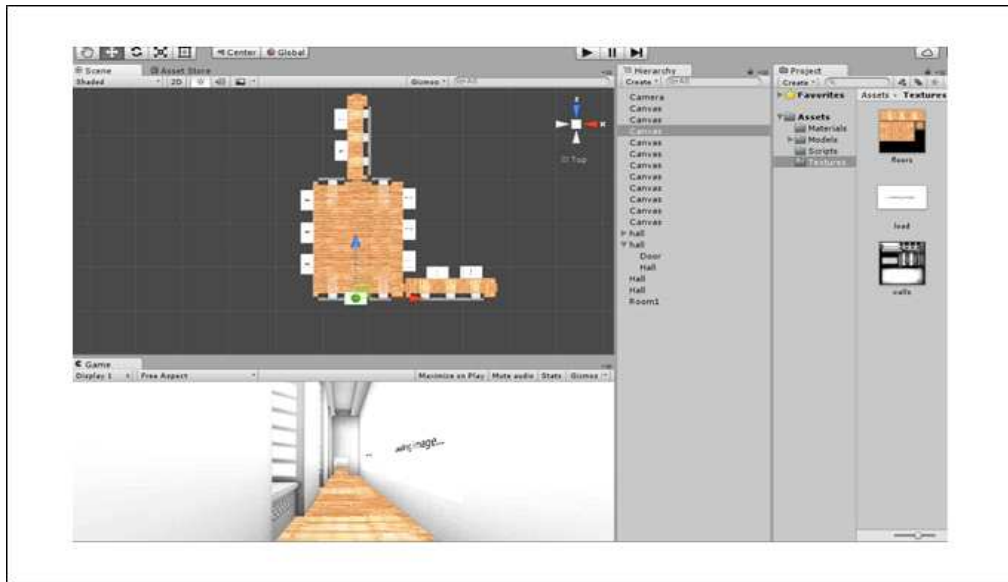


Fig. 25. 가상3D 전시관 전체 모델링

<Fig. 26>은 가상 3D전시관 내부입구 모습이고 좌측에는 창문을 비롯한 우측에는 전시물등 3DObject를 추가하여 주변환경을 구성한다.

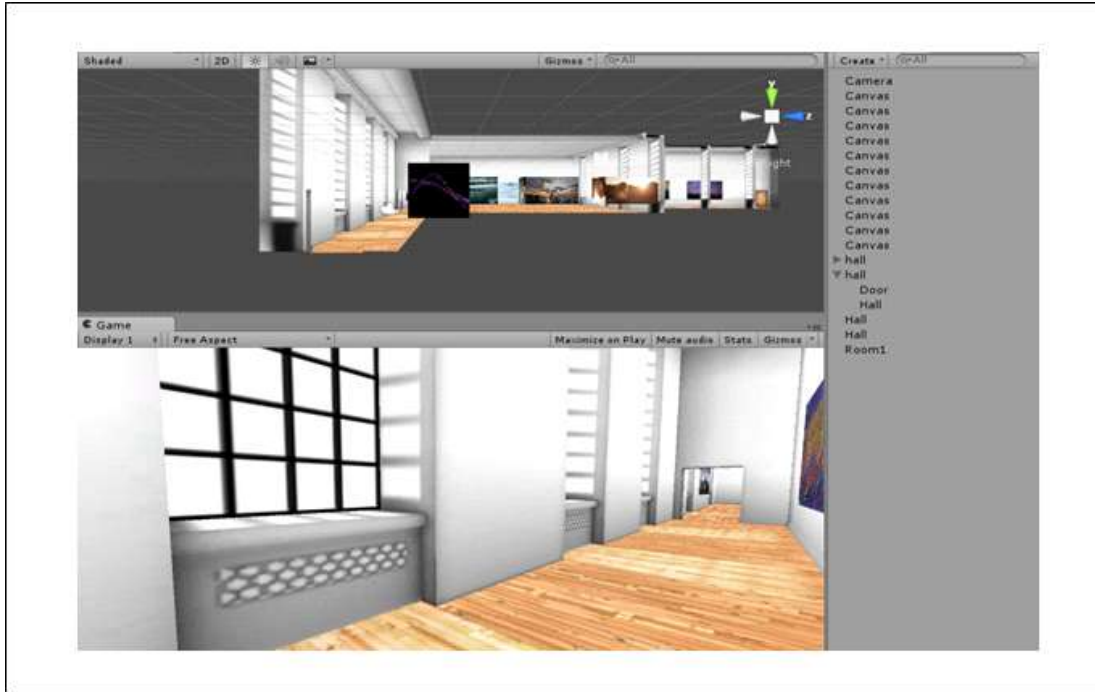


Fig. 26. 가상 3D전시관 입구 모델링

<Fig. 27>은 가상 3D전시관 내부안 모습이고, 입구모습과 마찬가지로 벽에는 가상 전시물 3D Object를 추가하여 벽에 배치한다.

가상 3D전시관 전체적인 설계 및 모델링은 Unity5를 활용하여 가상 3D전시관 내부를 이동하면서 필요한 애니메이션 및 각종 이벤트 효과와 비콘을 이용한 실내위치인식 및 가상 3D전시관 데이터 처리를 Unity5의 C# Script구현을 통해 처리한다.

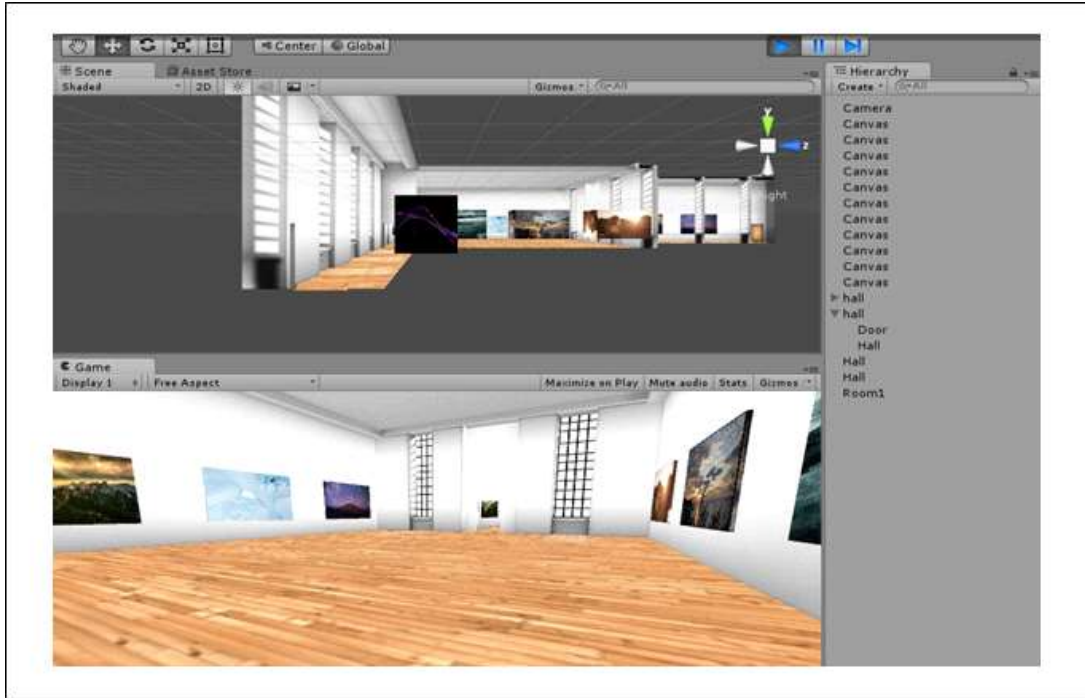


Fig. 27. 가상 3D전시관 내부 모델링

2) 가상 3D전시관 데이터베이스 설계

구현에 앞서 먼저 비콘을 실내에 적절한 위치에 설치한 후, 비콘 정보 및 가상 3D전시물 데이터에 구축하기 위해 DataBase를 설계 및 구축한다. 필요한 비콘의 데이터는 UUID, Major, Minor, 비콘Name, 설치된 비콘의 설치정보 등의 기초 데이터를 가지고 있다.

또한 사용자에게 가상 3D전시물의 정보를 제공하기 위한 가상 3D전시관 데이터는 CID, CName, Ccontent 등의 데이터를 기초데이터로 가지고 있다.

이에 대한 E-R 다이어그램은 <Fig. 28>과 같고, DB내 테이블 구조는 각각 <Fig. 29>와 <Fig. 30>과 같다.

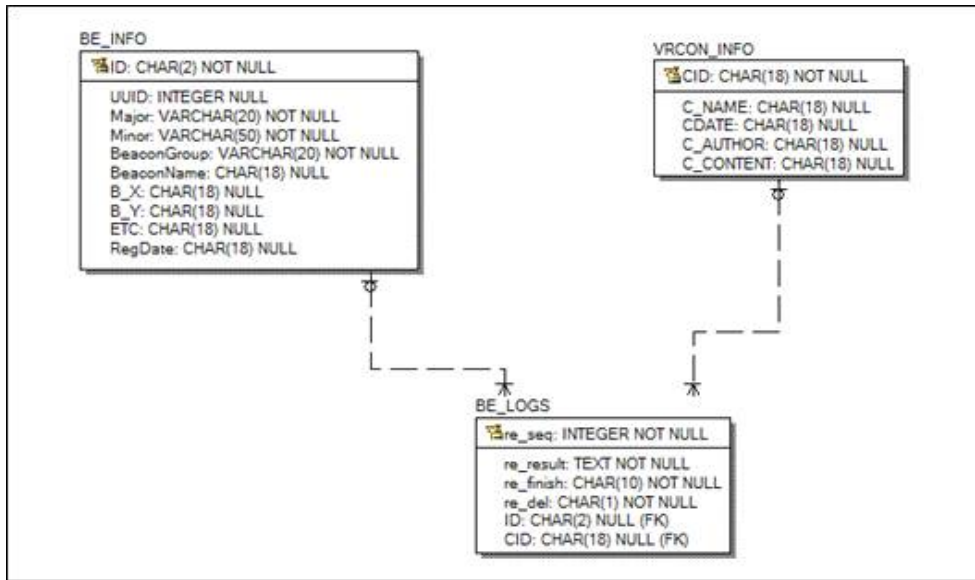


Fig. 28. E-R 다이어그램

필드들	색인들	외래 키들	Triggers	옵션들	주해
이름					
ID					🔑
UUID					
Major					
Minor					
BeaconGroup				☑	
BeaconName					
B_X					
B_Y					
ETC				☑	
RegDate					
▶ ResDate					

Fig. 29. 비콘 데이터 Table 구조

필드들 색인들 외래 키들 Triggers 옵션들 주해						
이름	타입	길이	십진법	제로 허용		
▶ CID	int	10	0	<input type="checkbox"/>		
C_NAME	varchar	20	0	<input type="checkbox"/>		
C_DATE	varchar	10	0	<input type="checkbox"/>		
C_AUTHOR	varchar	20	0	<input type="checkbox"/>		
C_CONTENT	text	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>		

Fig. 30. 가상 3D전시물 데이터 Table 구조

비콘의 기초 데이터는 비콘을 실내에 먼저 설치 후 Web기반의 비콘 배치 관리 시스템에서 비콘기초 데이터를 등록한다.

3) UML를 이용한 가상 3D전시관 설계

<Fig. 31>은 가상 3D전시관을 클래스 다이어그램으로 상세 설계한 그림으로서 ‘비콘MngInfo’클래스는 비콘의 신호를 스캔 및 기본정보를 관리한다. 그리고 ‘VRapp’ 클래스는 가상 3D전시관의 기초 데이터와 가상 3D전시물 기초데이터를 관리하는 클래스이다. ‘VRapp’클래스는 ‘비콘MngInfo’클래스로부터 비콘의 신호 정보를 스캔한다. 그리고 비콘신호정보를 ‘Sever’클래스로 전송하고 ‘Sever’ 클래스는 ‘LocationActivity’ 클래스로부터 비콘 데이터를 수신하여 , 가상 3D전시물 데이터중 매칭되는 가상 3D전시물 데이터를 ‘VRapp’클래스를 이용하여 가상 3D 전시관 화면에 정보를 표출하게 된다.

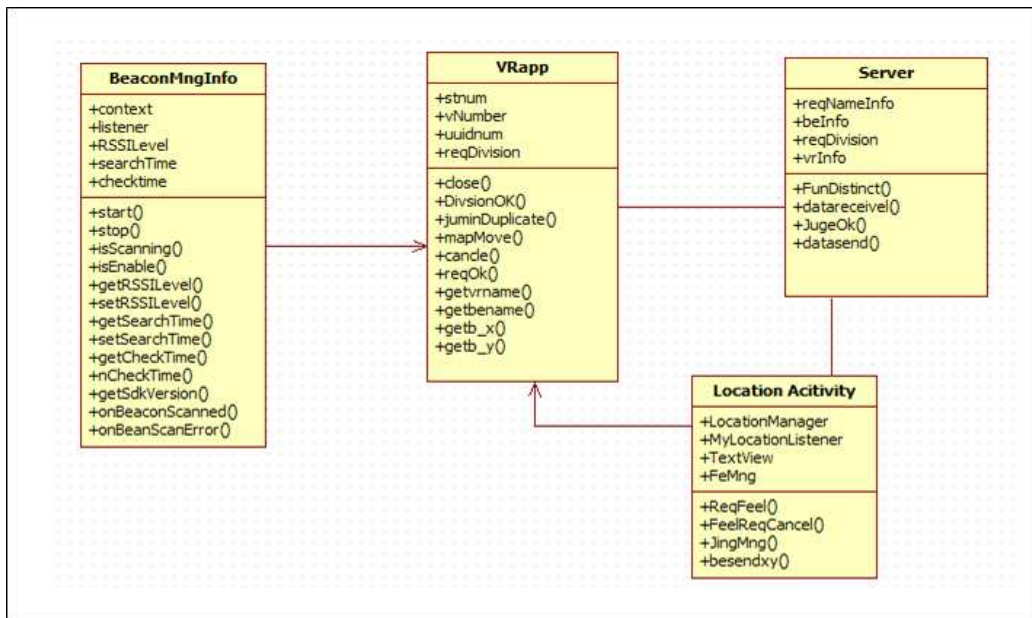


Fig. 31. 가상 3D전시관 클래스 다이어그램

<Fig. 32>은 가상 3D전시관을 협력 다이어그램으로 상세 설계한 그림으로서 'clsBCMng'오브젝트는 비콘 신호 반경내에 모바일 단말기가 없을시에는 절전상태로 있다가 반경내에 모바일 단말기가 진입시 정상모드가 변경되어 모바일 단말기에 비콘신호를 전송한다.. 그리고 'clsVR' 오브젝트는 가상 3D전시관의 위치 인식에 이용하는 오브젝트로서 'clsBCMng'오브젝트로 부터 비콘의 신호정보를 수신하고. 그리고 비콘신호정보를 'cls서버'오브젝트를 이용하여 전송한다. 'cls서버' 오브젝트는 'clsAct' 오브젝트부터 비콘정보를 수신한다. 그리고 'cls서버' 오브젝트는 비콘신호정보와 매칭되는 가상 3D전시물 정보를고 'clsVR'오브젝트로 전송한다.

이렇게 전송된 데이터는 'clsVR'오브젝트를 이용하여 가상 3D전시관에 가상3D 전시물 정보를 표출하게 된다.

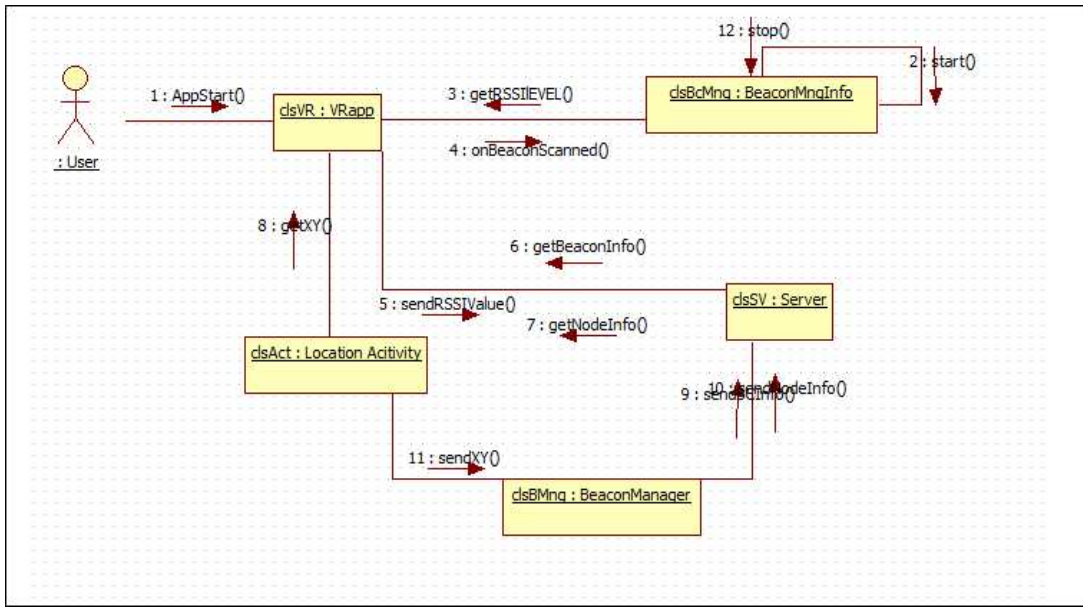


Fig. 32. 가상 3D전시관 협력 다이어그램

<Fig. 33>은 가상 3D전시관을 시퀀스 다이어그램으로 상세 설계한 그림으로서 사용자는 가상 3D전시관 애플리케이션을 실행 후 실내에 설치된 비콘의 신호 반경 내에 진입한다. 그리고 사용자가 비콘설치된 전시물 2m 이내로 접근시 가상 3D전시관 애플리케이션은 비콘의 신호정보를 수신하게 된다.

그리고 수신된 신호정보를 서버에 전송하여 Sever에 구축된 비콘정보의 UUID를 이용하여 매칭되는 가상 3D전시물 정보를 사용자의 가상 3D전시관 화면에 표출 하게된다.

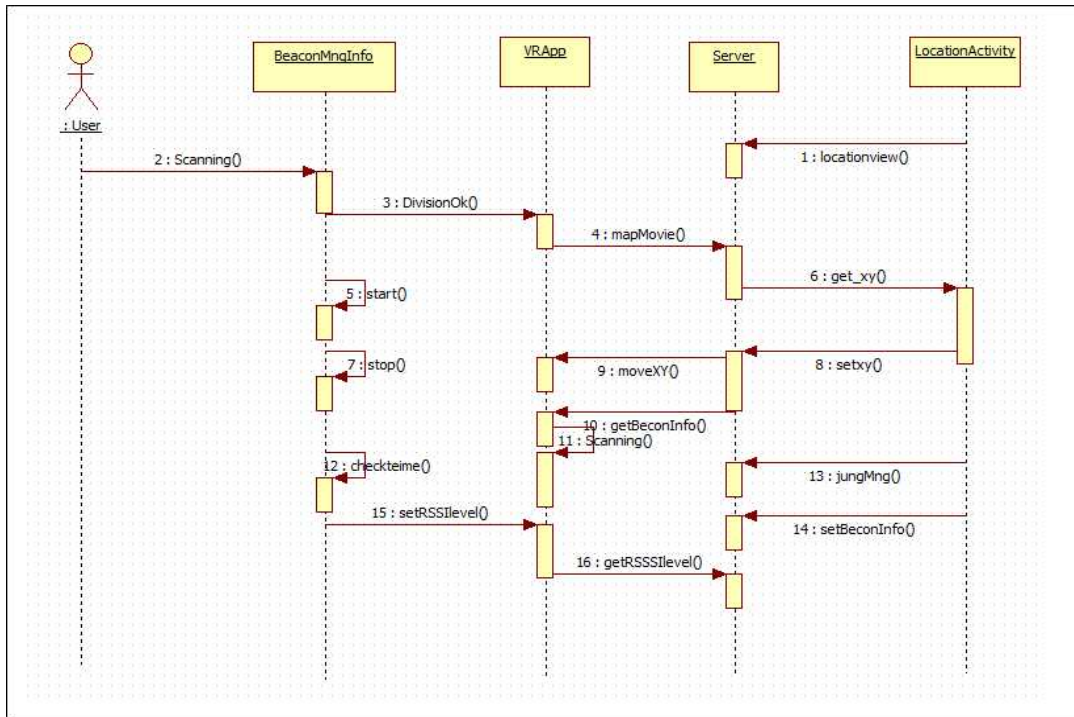


Fig. 33. 가상 3D전시관 Sequence Diagram

IV. 모바일 가상 3D전시관 서비스 구현 및 성능분석

1. 구현환경

<Table 3>은 구현환경 정보로써 개발도구 Unity5.3과 3dsMax, VisualStudio 2015 을 이용하였고, 개발언어로는 JAVA, PHP, C#과 웹서버는 Apache2.2를 이용하였고 데이터베이스는 MySql5.1와 서버는 Windows서버 2008을 이용한다. 그리고 모바일기기는 SamSung Galaxy S6 기기를 사용한다.

Table 3. 구현환경 정보

구분	내용
개발도구	Unity5.3, 3dsMax, VisualStudio 2015
개발언어	JAVA, PHP, C#
웹서버	Apache2.2
DB	MSsql5.1
OS	Windows서버 2008 R2 Enterprise
모바일 기기	SamSung Galaxy S6

2. 구현결과

1) WEB API

스마트폰 애플리케이션에서 비콘 및 가상 3D 전시물 정보 DB등의 외부 구성 요소와 직접 접속을 하는 것은 불가능하므로, Web API를 구축하여 접근할 수 있도록 한다. 서버구성은 Apache + PHP + Mysql로 구성하고, PHP를 사용하여 웹서비스를 구현한다.

WEB API는 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

2) 비콘 정보 호출

Table 4. 비콘 정보 요청

url	http://192.168.30.103/selectGetData.php
method	POST
Parameter	없음

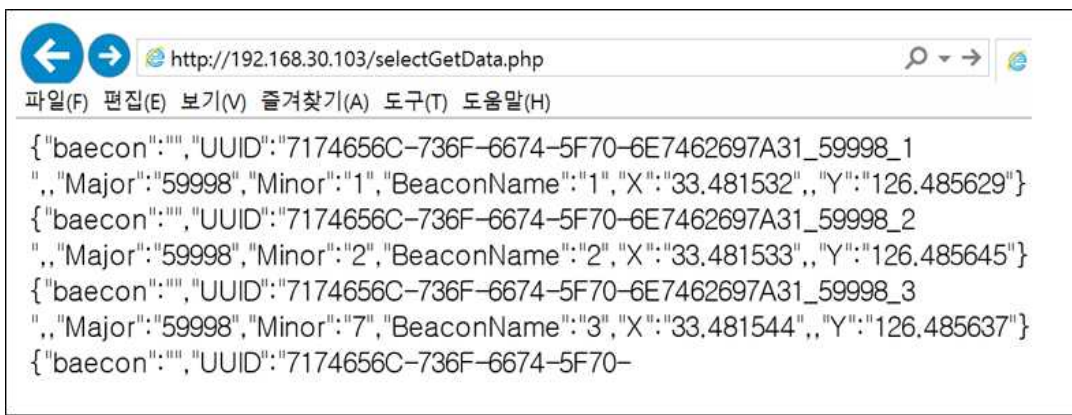


Fig. 34. 비콘정보 요청결과

3) 가상 3D전시정보 호출

Table 5. 가상 3D전시정보 요청

url	http://192.168.30.103/selectGetVRCdata.php
method	POST
Parameter	없음



Fig. 35. 가상 3D전시정보 요청결과

<Fig. 36>은 본 논문에서 구현한 비콘기본정보를 등록 및 관리하는 화면이며, 사용자가 입력한 정보를 화면에 표시한다.

비콘리스트 화면에는 비콘의 UUID, 비콘이름 비콘Group명, 비콘Type등의 리스트 정보를 표시한다. 그리고 비콘의 리스트 클릭하거나 비콘 등록버튼을 클릭하면 비콘등록 페이지로 전환한다.

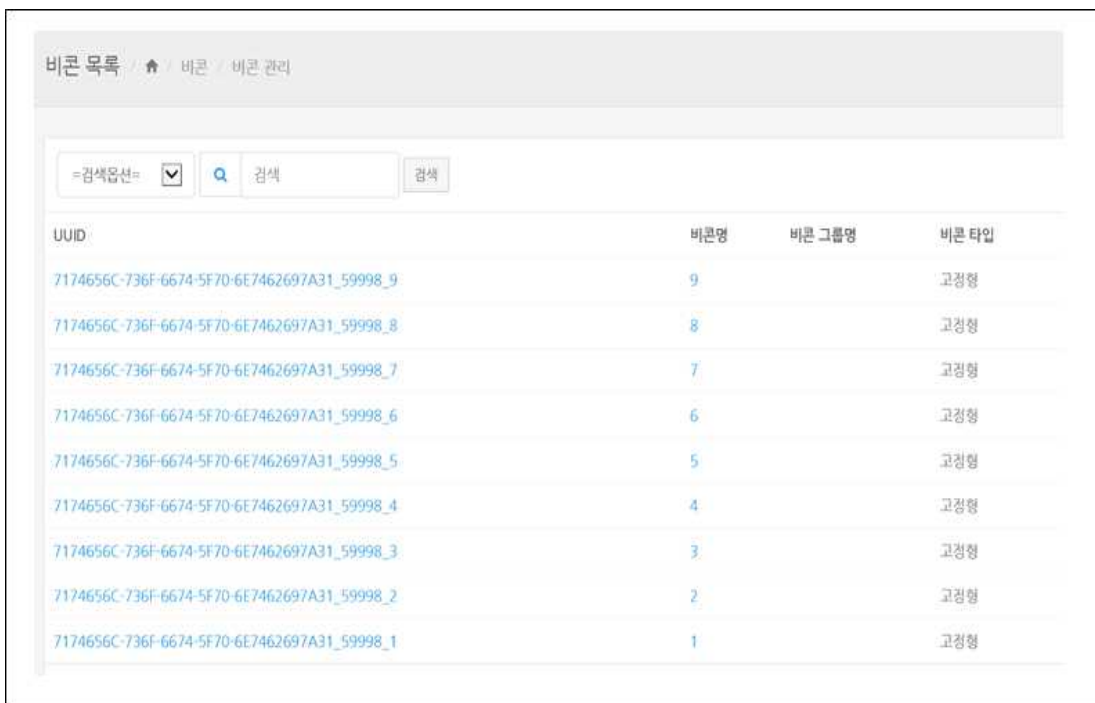


Fig. 36. 비콘정보 관리화면

<Fig. 37>은 비콘의 기본정보 등록화면으로 해당 페이지에서는 사용자가 직접 비콘의 기본정보를 입력하고, 위도/경도는 지도보기 버튼을 클릭하여 구글맵을 이용하여 직접 건물내에 비콘위치를 배치한다. 그러면 자동으로 위치 데이터가 등록된다. 비콘의 기본정보로는 비콘의 식별ID인 UUID를 입력하고, Major Version은 비콘의 대그룹ID, MinorVersion은 비콘의 소그룹ID를 입력한다. 그리고 비콘 그룹명에는 한글로 비콘의 그룹명을 입력한다. 비콘명에는 비콘이름을 입력한다. 비콘타입은 기본적으로 고정형으로 되어있고, TxPower 신호 세기값을 입력한다. 그리고 위도/경도에는 '지도보기' 버튼을 클릭하여 지도에서 위치를 선택하면 자동적으로 위도와 경도값이 입력된다.

The screenshot shows a web-based registration form for a beacon. The fields are as follows:

- UUID: 7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31
- Major Version: 59998
- Minor Version: 9
- 비콘 그룹명: [비콘 그룹명]
- 비콘명: 9
- 비콘 타입: 고정형
- TxPower: TxPower
- 위도/경도: 33.481645, 126.485657

At the bottom, there is a map section with a red dot indicating the beacon location and a blue button labeled '지도보기' (View Map).

Fig. 37. 비콘 등록화면

<Fig. 38>은 비콘을 등록시 맵 상에서 비콘을 배치한 화면을 나타낸다. 빨간 아이콘은 비콘의 설치된 위치를 나타낸다. 그리고 비콘노드를 삭제하고자 하면 비콘노드를 선택후 마우스 오른쪽버튼을 클릭하면 해당 비콘노드가 삭제된다.

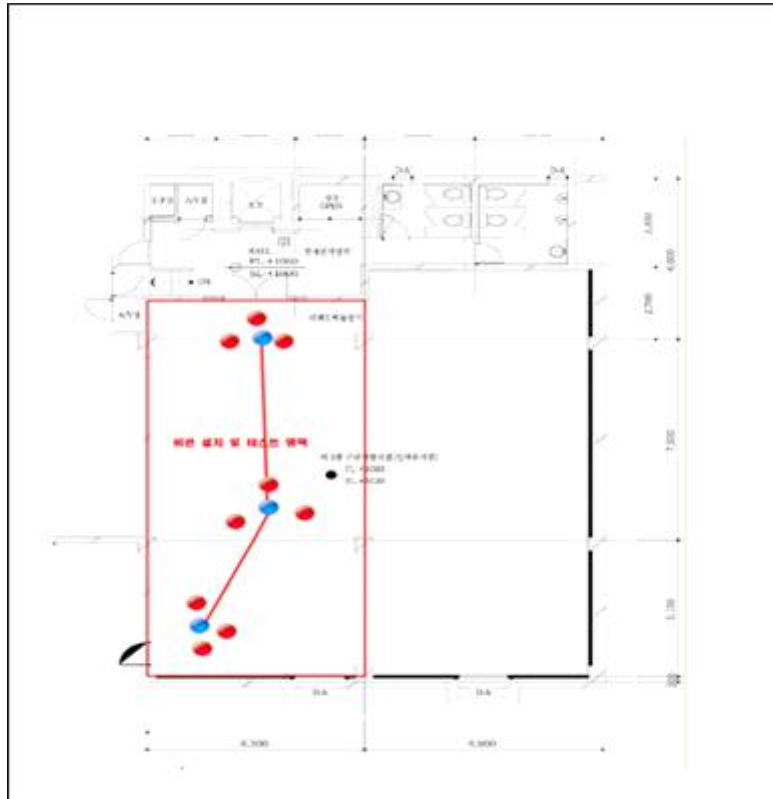


Fig. 38. 비콘 배치도

그리고 맵 상에 표기된 비콘 아이콘 클릭하면 <Fig. 39>와 같은 해당 비콘노드관리 화면이 나타나며 등록된 정보를 삭제하거나 수정할 수 있다. 비콘노드 관리 정보는 첫 비콘 등록시 입력된 비콘의 정보로써 비콘의 UUID와 MajorVersion, MinorVersion, 비콘그룹명, 비콘명, TxPower등으로 구성되어 보여진다. 비콘노드 관리화면에서는 수정시 UUID는 기본키로 수정할 수 없으며, 위도와 경도값은 비콘등록화면에서 수정할 수 있다. 그 외 나머지는 수정한 후 수정버튼을 클릭하면 비콘정보가 수정된다. 그리고 삭제버튼 클릭시 해당 비콘노드 정보가 삭제된다.

UUID	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31
Major Version	59998
Minor Version	4
비콘 그룹명	[비콘 그룹명] <input type="button" value="v"/>
비콘명	4
TxPower	TxPower
위도/경도	33.481573 / 126.48565

Fig. 39. 배치된 비콘노드 관리화면

<Fig. 40>의 상단화면은 Unity5에서 가상 3D전시관을 구현한 화면으로 상단의 화면은 Unity5에서 구현된 화면이다. 화면 상단에는 Game화면으로 Unity5의 실제 3D Object들이 배치된 화면을 보여진다.

하단에는 Scene화면으로 실제 구현시 개발자가 3D Object들을 배치하고 각 3D Object 마다 이벤트들을 적용하는 화면이다. 그리고 우측에는 각 3DObject들의 이름과 속성정보들을 보여진다. <Fig. 40>의 하단화면은 Unity 5에서 구현된 가상 3D전시관을 실제 실행한 화면을 나타낸다.

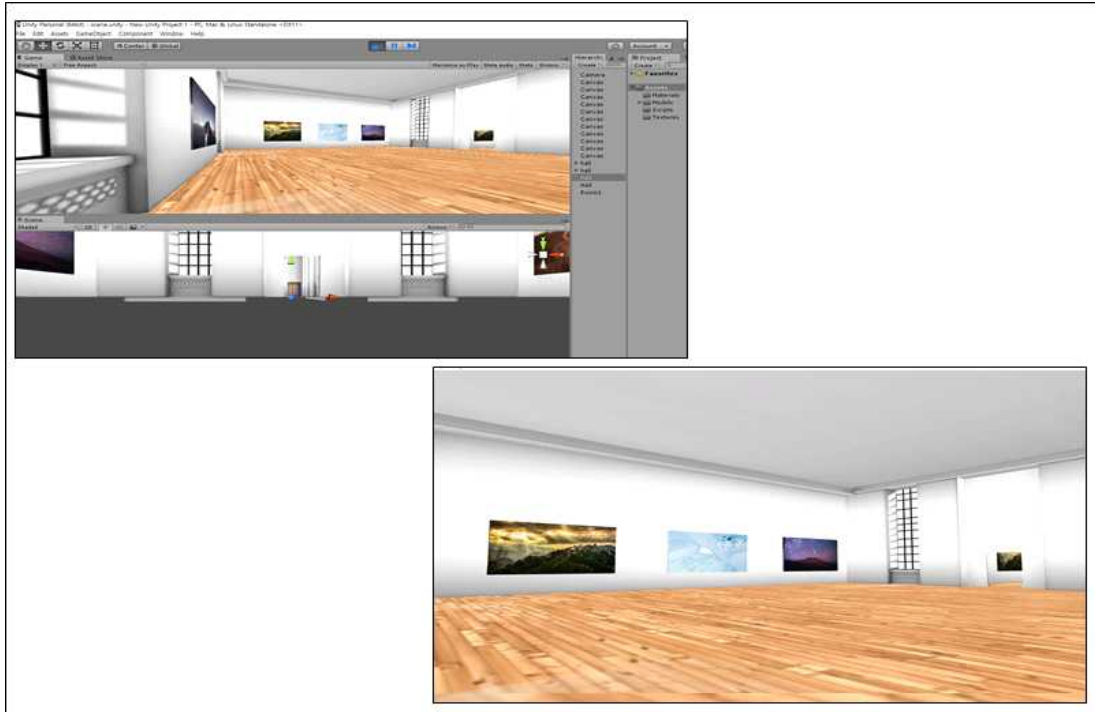


Fig. 40. 가상 3D전시관 구현화면

<Fig. 41>는 스마트폰에서 가상 3D전시관을 실행한 화면으로 Unity5를 사용하여 가상 3D전시관에 애니메이션 효과에 이벤트를 구현하였고, 내부 벽면에서는 가상 3D전시물들을 배치한다.



Fig. 41. 스마트폰에서 실행된 가상 3D전시관 화면

그래서 관람객이 가상 3D전시관 어플리케이션을 실행하고 비콘이 설치된 전시물에 접근하면 가상 3D전시관 어플리케이션이 비콘의 신호정보를 받게되고 서버에 송신한다. 그리고 서버에서는 비콘신호의 UUID정보와 매칭되는 가상 3D전시물 정보를 서버에서 사용자의 모바일 가상3D 전시관 어플리케이션으로 전송하고 모바일 화면에 표기하게 된다.

3. 실험환경

본 논문에서 제시한 BLE를 이용하여 실내위치 인식 기반의 모바일 가상 3D전시관을 구현하고, 실내에 비콘을 설치한 후, 가상 3D전시관 어플리케이션을 Galaxy S6 스마트폰에 설치하고 사용자가 전시물에 접근시 정상적으로 비콘의 신호를 수신 받아 서버와 연동을 통하여 정상적으로 가상 3D전시관 어플리케이션에 가상 3D전시물 정보가 정상적으로 표기되는 확인하고자 한다.

1) 실험 환경 구축

<Fig. 42>은 실험환경 구성도로서 먼저 비콘Manager로 이용하여 비콘기본 정보를 미리 등록한다. 그런 다음 스마트폰에서 가상 3D전시관 어플리케이션을 실행한다. 그리고 비콘으로부터 비콘신호정보를 수신받는다. 비콘신호 정보를 서버로 전송하고, 서버에서는 수신된 비콘의 UUID를 이용하여 매칭되는 가상 3D전시물 정보를 어플리케이션으로 전송한다. 마지막으로 서버로부터 스마트폰 가상 3D어플리케이션까지 소요되는 가상 3D전시물 정보시간을 측정한다.

모바일 기기는 Samsung Galaxy S6를 사용하였고, 비콘은 BPB-U210 모델을 사용한다. 그리고 <Fig. 43>는 구축된 서버 화면이다.

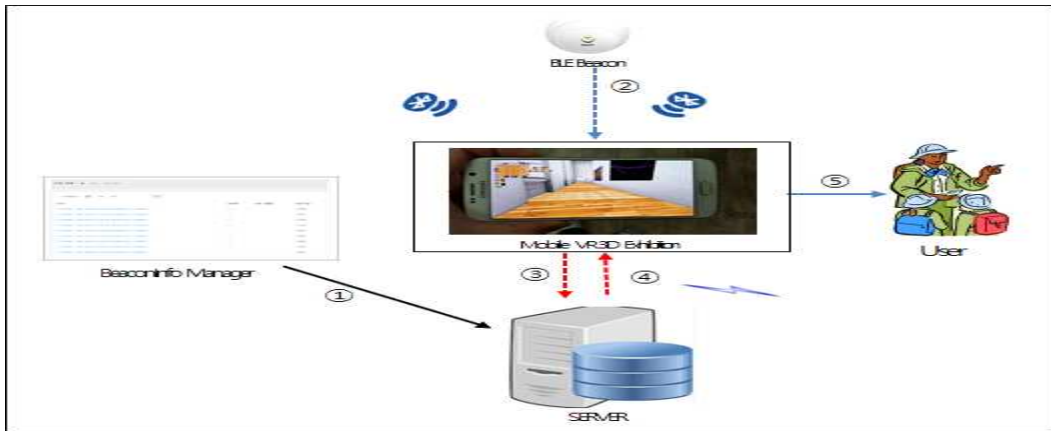


Fig. 42. 실험환경 구성도

<Fig. 43>은 서버 및 비콘과 가상 3D전시관 데이터를 구축한 화면을 보여주고 있다. 실험에 사용한 서버의 정보는 먼저 O/S는 Windows서버 2008 R2 Enterprise이고 DB는 MySql5.1로 구성되어 있다. 그리고 웹서버는 Apache2.2이다.

ID	UUID	Major	Minor
1	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_9	59998	9
2	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_8	59998	8
3	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_7	59998	7
4	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_6	59998	6
5	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_5	59998	5
6	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_4	59998	4
7	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_3	59998	7
8	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_2	59998	2

CID	C_NAME	C_DATE	C_AUTHOR	C_CONTENT
1000	CNT-001	2010-07-14	A01	이 작품은 높은 감도의 최신
1001	CNT-002	2013-07-24	A02	이 작품은 높은 감도와 갖추
1002	CNT-003	2016-10-15	A03	이 작품은 석양과 신비로운
1003	CNT-004	2006-11-06	A04	이 작품은 높은 감도의 장비!
1004	CNT-005	2012-02-20	A05	이 작품은 다양한 곡선을 표
1005	CNT-006	1996-11-06	A06	이 작품은최신 장비를 이용하

Fig. 43. 서버 및 기초 데이터 구축화면

<Fig. 44>은 비콘을 배치한 화면으로 비콘은 6개를 설치한다.

<Table 6>은 비콘 디바이스 셋팅 정보로써 설치된 6개의 비콘Name, UUID, RSSI 신호범위 그리고 신호반경 등의 정보를 보여주고 있다.

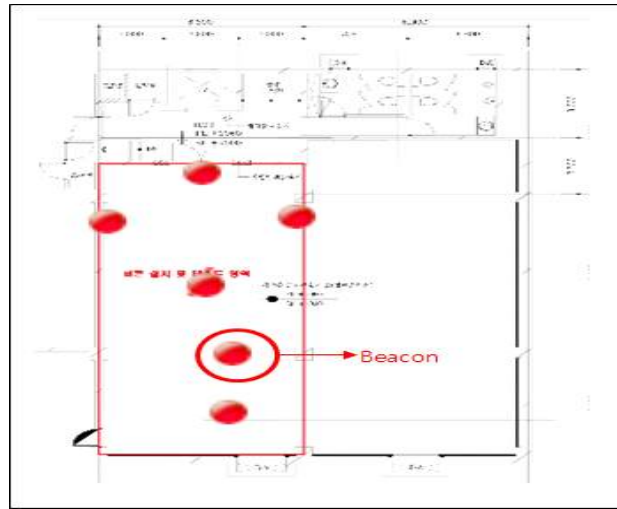


Fig. 44. 비콘 배치도

Table 6. 비콘 Setting 정보

No	비콘 Name	UUID	Major	Minor	RSSI Range	Distance
1	Beepi -1c50	7174656C-736F-6674-5F7 0-6E7462697A31_59998_1	59998	5	-95dBm ~ -35dBm	약3m
2	Beepi -6a22	7174656C-736F-6674-5F7 0-6E7462697A31_59998_2	59998	2	-95dBm ~ -35dBm	약3m
3	Beepi -4bce	7174656C-736F-6674-5F7 0-6E7462697A31_59998_3	59998	1	-95dBm ~ -35dBm	약3m
4	Beepi -b1a8	7174656C-736F-6674-5F7 0-6E7462697A31_59998_4	59998	4	-95dBm ~ -35dBm	약3m
5	Beepi -82c6	7174656C-736F-6674-5F7 0-6E7462697A31_59998_5	59998	10	-95dBm ~ -35dBm	약3m
6	Beepi -eed	7174656C-736F-6674-5F7 0-6E7462697A31_59998_6	59998	3	-95dBm ~ -35dBm	약3m

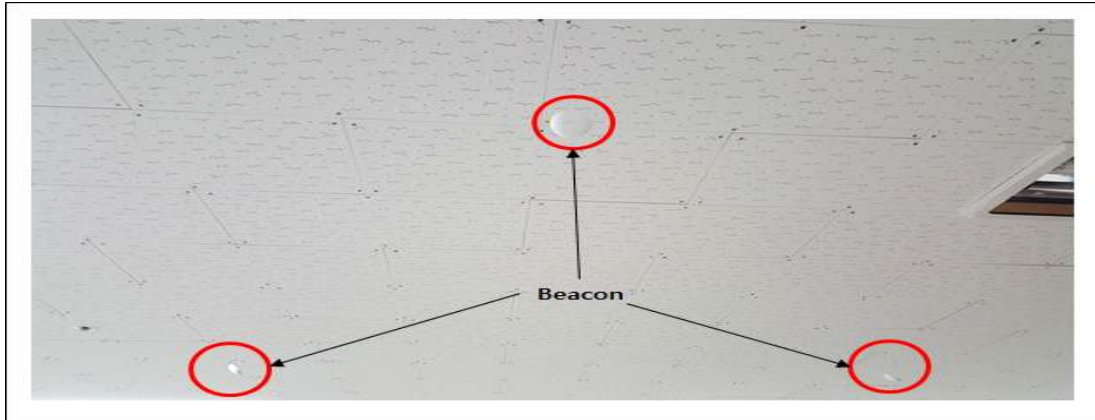


Fig. 45. 설치된 비콘 화면

2) 실험데이터

<Fig. 46>은 비콘 테이블에 구축된 비콘 기초데이터 리스트로서 비콘의 UUID, Major, Minor등의 데이터를 보여주고 있다.

ID	UUID	Major	Minor
1	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_9	59998	9
2	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_8	59998	8
3	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_7	59998	7
4	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_6	59998	6
5	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_5	59998	5
6	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_4	59998	4
7	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_3	59998	7
8	7174656C-736F-6674-5F70-6E7462697A31_59998_2	59998	2

Fig. 46. 비콘 테이블 기본정보 리스트

<Fig. 47>는 가상 3D전시물 테이블에 구축된 기초데이터로서 전시물 이름, 제작자 등의 기초 데이터를 보여주고 있다.

CID	C_NAME	C_DATE	C_AUTHOR	C_CONTENT
1000	CNT-001	2010-07-14	A01	이 작품은 높은 감도의 최신 활
1001	CNT-002	2013-07-24	A02	이 작품은 높은 감도와 갖추고
1002	CNT-003	2016-10-15	A03	이 작품은 석당과 신비로운 소
1003	CNT-004	2006-11-06	A04	이 작품은 높은 감도의 장비와
1004	CNT-005	2012-02-20	A05	이 작품은 다양한 곡선을 표현
1005	CNT-006	1996-11-06	A06	이 작품은 최신 장비를 이용해

Fig. 47. 가상 3D전시물 Table 기본정보 리스트

4. 실험 결과 및 성능분석

1) 실험결과

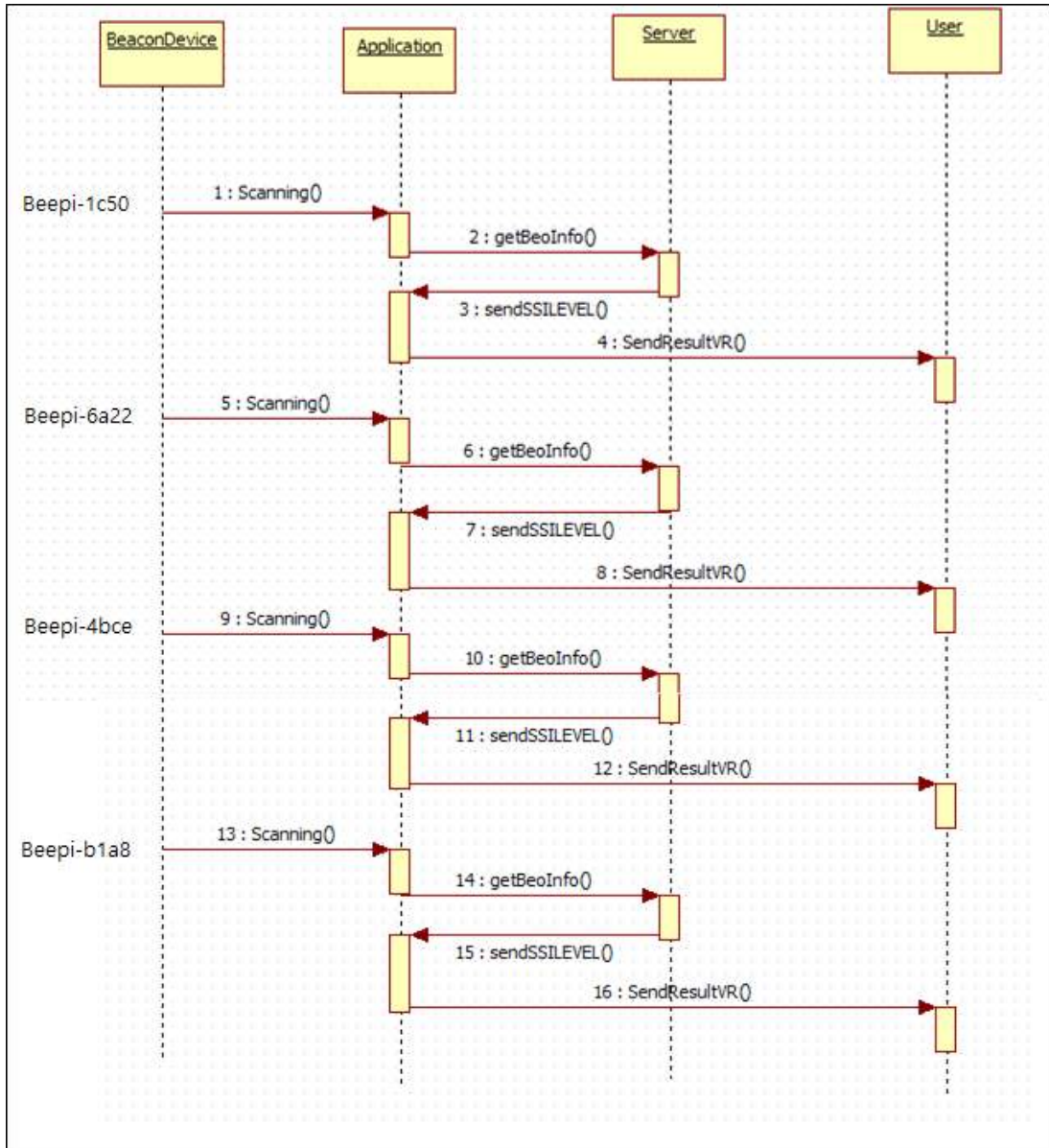


Fig. 48. 가상 3D전시물별 소요시간 측정 Sequence Diagram

<Fig. 48>은 비콘의 신호정보를 수신 후 스마트폰에서 설치된 가상 3D전시관 어플리케이션에서 가상 3D전시물 정보를 서버에서 불러오는 소요시간을 측정하

는 실험 흐름을 나타낸 Sequence Diagram이다. ‘비콘Device’은 오브젝트는 전시관에 설치된 6개의 비콘Name을 표기하고 있다. ‘응용’오브젝트는 스마트폰에 설치된 가상 3D전시관을 나타낸 오브젝트로서 ‘비콘Device’오브젝트에서 수신한 비콘신호정보를 수신한 후 서버오브젝트로 신호정보를 송신한다. 그리고 ‘서버’오브젝트에서 보내온 가상 3D전시관 정보를 ‘User’오브젝트에서 전달하는 역할을 한다. ‘서버’오브젝트는 ‘응용’오브젝트에서 송신한 신호정보를 수신한 후 비콘의 신호정보 UUID와 매칭되는 가상 3D전시관 정보를 ‘응용’오브젝트에 전달하는 역할을 한다. 마지막으로 ‘User’오브젝트는 스마트폰 상에서 가상 3D전시관을 사용하는 사용자를 나타낸다.

(1) 첫 번째 Beepi-1c50 시험결과

<Fig. 49>는 사용자가 비콘(Beepi-1c50)접근시 가상 3D전시관의 전시물 모습이 다. 수신된 비콘의 신호세기는 비콘(Beepi-1c50)인 경우 수신된 신호세기는 -43dBm이다. 그리고 서버와의 연동에서는 해당하는 가상 3D전시물의 정보ID는 1000이고 가상 3D전시물 정보는 CNT-001를 정확히 불러오고 있다. 소요시간은 1sec~1.5sec 이다.

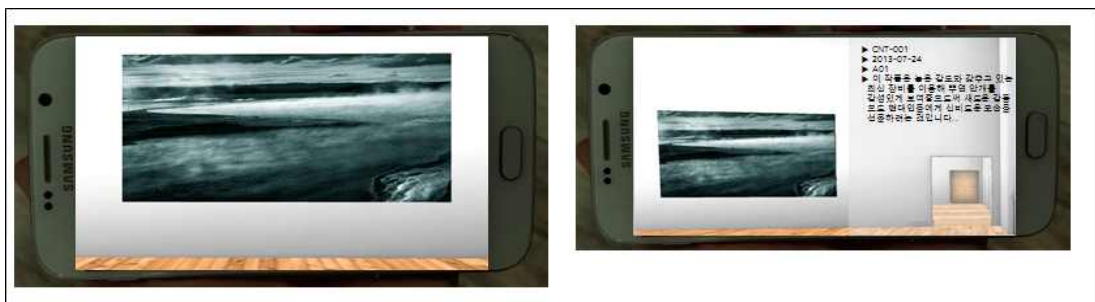


Fig. 49. Beepi-1c50 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면

(2) 두 번째 Beepi-6a22 시험결과

<Fig. 50>는 사용자가 비콘(Beepi-6a22) 접근시 가상 3D전시관의 위치 모습이다. 수신된 비콘의 신호세기는 비콘(Beepi-6a22) 경우 수신된 신호세기는 -44dBm이다. 그리고 서버와의 연동에서는 해당하는 가상 3D전시물의 정보ID는 1001이고 가상 3D전시물 정보는 CNT-002를 정확히 불러오고 있다. 소요시간은 1sec~1.2sec 이다.



Fig. 50. Beepi-6a22 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면

(3) 세 번째 Beepi-4bce 시험결과

<Fig. 51>는 사용자가 비콘(Beepi-4bce)접근시 가상 3D전시관의 위치 모습이다. 수신된 비콘의 신호세기는 비콘(Beepi-4bce)인 경우 수신된 신호세기는 -42dBm이다. 그리고 서버와의 연동에서는 해당하는 가상 3D전시물의 정보ID는 1002이고 가상 3D전시물 정보는 CNT-003를 정확히 불러오고 있다. 소요시간은 1sec~1.2sec 이다.

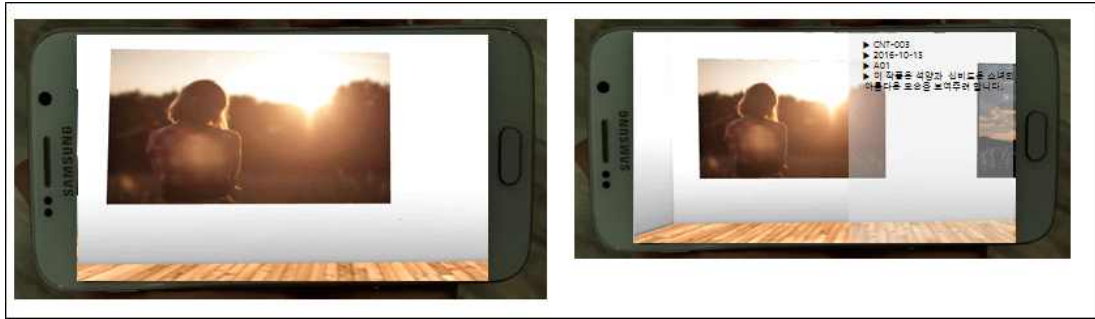


Fig. 51. Beepi-4bce 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면

(4) 네 번째 Beepi-b1a8 시험결과

<Fig. 52>는 사용자가 비콘(Beepi-b1a8)접근시 가상 3D전시관의 위치 모습이다. 수신된 비콘의 신호세기는 비콘(Beepi-b1a8)인 경우 수신된 신호세기는 -43dBm이다. 그리고 서버와의 연동에서는 해당하는 가상 3D전시물의 정보ID는 1003이고 가상 3D전시물 정보는 CNT-004를 정확히 불러오고 있다. 소요시간은 1sec~1.5sec 이다.



Fig. 52. Beepi-b1a8 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면

(5) 다섯 번째 Beepi-82c6 시험결과

<Fig. 53>는 사용자가 비콘(Beepi-82c6) 접근시 가상 3D전시관의 위치 모습이다. 수신된 비콘의 신호세기는 비콘(Beepi-82c6)인 경우 수신된 신호세기는 -43dBm다. 그리고 서버와의 연동에서는 해당하는 가상 3D전시물의 정보ID는

1004이고 가상 3D전시물 정보는 CNT-005를 정확히 불러오고 있다. 소요시간은 1sec~1.1sec 이다.



Fig. 53. Beepi-82c6 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면

(6) 여섯 번째 Beepi-eeed 시험결과

<Fig. 54>는 사용자가 비콘(Beepi-eeed)접근시 가상 3D전시관의 위치 모습이다. 수신된 비콘의 신호세기는 비콘(Beepi-eeed) 수신된 신호세기는 -42dBm이다. 그리고 서버와의 연동에서는 해당하는 가상 3D전시물의 정보ID는 1005이고 가상 3D 전시물 정보는 CNT-006를 정확히 불러오고 있다. 소요시간은 1sec~1.5sec 이다.



Fig. 54. Beepi-eeed 신호에 대한 가상 3D전시관 전시화면

2) 성능 평가

BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D전시관을 시험한 결과 사용자가 모바일 가상 3D전시관을 실행한 후 비콘이 설치된 전시물의 2m 이내로 접근시 비콘의 신호정보를 수신한다. 비콘 신호를 서버에 전송하여 비콘의 UUID와 매칭되는 가상 3D전시물 정보를 사용자의 스마트폰에 설치된 가상 3D전시관에 표출하는데 평균 1sec~ 1.3sec정도의 소요시간이 걸린후, 스마트폰 화면에 정확히 표출한다.

그래서 향후 사용자가 전시관을 방문시 BLE를 이용한 실내 위치인식기반의 가상 3D전시관을 이용하면 기존 전시관에 사용한 RFID기술과 PDA기반 모바일 전시관 시스템의 불편함과 문제점들을 해결하여, 기존의 RFID기반 모바일 전시관 보다 좀 더 나은 서비스를 제공할 수 있어서 사용자의 만족도를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

Table 7. 가상 3D전시물별 소요시간

가상 3D전시물 (비콘Name)	소요시간(sec)
	서버 <->응용
CNT-001 (Beepi-1c50)	1
CNT-002 (Beepi-6a22)	1.2
CNT-003 (Beepi-4bce)	1.1
CNT-004 Beepi-b1a8	1.5
CNT-005 (Beepi-82c6)	1.1
CNT-006 (Beepi-eeed)	1.3

그리고 실험결과 <Fig. 55>와 <Table 7>과 같이 각 비콘의 신호정보를 수신 신호에 대한 각 가상 3D 전시물이 서버에서 응용 단말까지 불리오는데 걸리는 소요 시간은 평균 1sec~2sec 이내의 소요시간이 걸린다는 결과를 보여주고 있다. 그러나 비콘을 실내 설치시 실내 벽이나 장애물이 있을 경우 비콘의 신호강도가

불안정하고 경우에 따라 신호가 끊기는 경우가 종종 발생한다는 사실을 알게 된다. 그래서 실내에 비콘설치시 주위에 장애물이 없어야 하고, 되도록 비콘설치간격을 일정하게 설치하여야, 비콘의 신호세기를 명확히 파악할 수 있다. 그래서 이에 대한 추후 관련 연구가 필요하다.

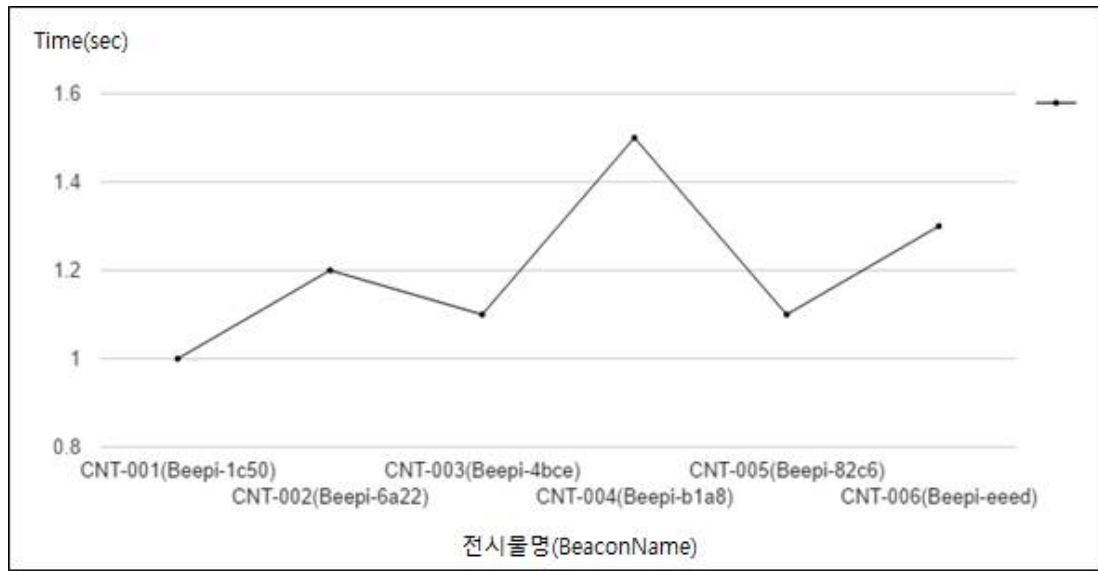


Fig. 55. 가상 3D전시물별 소요시간

V. 결 론

최근 국내외적으로 3D가상현실을 활용한 다양한 분야의 콘텐츠 개발이 증가하고 있고, 그에 따라 HMD 판매량이 증가하고 있다. 그러나 가상현실 콘텐츠를 이용하는 사용자들에게 좀더 현실감과 몰입감을 줄 수 있는 콘텐츠가 부족한 실정이다.

따라서 본 논문에서 블루투스 비콘의 위치인식기술을 이용한 모바일 가상현실 3D 전시관 서비스를 설계하고 구현한다. 이를 위해 BLE를 이용한 실내위치인식 기반의 모바일 가상 3D전시관 서비스 모델을 제안한다. 또한, 비콘기반 모바일 가상 3D 전시관 서비스를 위한 위치인식과 UML를 이용한 가상 3D전시관 서비스를 설계한다. 더불어 Unity5를 이용하여 가상 3D 전시관 서비스의 콘텐츠를 설계하고 구현한다. 더불어 실험을 통해 비콘의 신호를 수신하여 가상 3D전시물 정보를 사용자의 스마트폰에 설치된 모바일 가상 3D 전시관 화면에 정확히 표기되는 것을 확인한다. 성능평가를 통해 스마트폰에 전시물의 가상 3D 콘텐츠를 제공하는 데 1초에서 2초 정도 소요함을 확인할 수 있었다. 이를 통해 가상현실 VR 콘텐츠를 스마트기기를 활용하여 사용자와 상호작용을 통해 좀 더 현실감과 몰입감을 줄 수 있다. 더불어 가상의 전시관 환경이나 상황에서 인간의 감각기관을 통해 실제와 유사한 공간적, 시간적 전시물 가상 3D 콘텐츠를 제공하고 현실과 가상 공간을 연결하여 몰입감을 높일 수 있다.

향후 성능평가에서 언급했듯이 실내에 장애물이 있을 경우 비콘의 신호강도가 불안정하거나 경우에 따라 신호가 끊기는 경우가 종종 발생하는 것을 보완하고자 한다. 이를 위해 모바일 가상 3D전시관내 가상 3D전시물 정보를 표출하는데 다소 느리다는 점이 있어 이에 관련된 추후 연구가 필요할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 김익재 “가상현실 기술 동향” 방송과 미디어 제21권 2호, 특집:미디어 기술과 아트
- [2] 이성철, 이상용 “개인화 서비스를 제공하는 유비쿼터스 전시관 지원 시스템 설계” 2008년도 한국지능시스템학회 학술발표 논문집, Vol.18 pp.271-272
- [3] 허태호, 최은경 “전시관람을 위한 가상현실 콘텐츠 구현 및 유용성 연구” 2015년도 한국애니메이션학회 학술대회지, pp.57-59
- [4] 윤현주, 부소영, 최유주 “모바일 기기 기반 사용자 중심형 전시관 정보 안내 시스템의 설계 및 구현” 2006년도 한국컴퓨터정보학회 논문지, pp.187-199
- [5] 김경근, 정원수, 오영환 “RFID 시스템 기반의 정보화 박물관 구현” 2007년도 대한전자공학회 하계학술대회 제30권 제1호, pp.991-992
- [6] 김희경 “가상 전시의 설계와 구현에 관한 연구” 한국외국어대학교 일반대학원 문화콘텐츠학과 인문콘텐츠 제7호, 2006. 6
- [7] 윤철환, 소정민 “블루투스 비콘 기반 실내위치인식 및 안내시스템” 2015년도 한국통신학회 학술대회 논문집, pp.265-266
- [8] Jeong-Hei Park, "Study on the Development of Theme Park applied Virtual Reality", The Treatse on The Plastic Media, Vol. 9, No. 1, pp.88-95, 2006.
- [9] 윤현주, 부소영, 최유주 “모바일 기기 기반 사용자 중심형 전시관 정보 안내 시스템의 설계 및 구현” 2008년도 한국지능시스템학회 학술발표 논문집, Vol.18 pp.271-272
- [10] Naver 지식백과“Unity” http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=122&contents_id=125704
- [11] 김재환, 강태원, 김남중, 채진석 “이동형 RFID리더 어플리케이션의 설계 및 구현” 2006년도 한국정보과학회 학술발표논문집, pp.170-173
- [12] 최영환, 이상용 “유비쿼터스 전시관에서 개인화 서비스를 지원하기 위한 PDMA 시스템 개발” 2007년도 한국컴퓨터게임학회논문지, pp.106-111
- [13] 김자원, 이선화, 노유비, 김상근 “전시공간에서의 비콘 신호 기반 실내 위치 안내 알고리즘” 2015년도 한국인터넷정보학회 추계학술발표대회 논문집 제16권2호, pp.231-232
- [14] 이재익 “가상체험전시 서비스 모델 방법론 연구” 2012년도 한국디자인문화학회지, pp.450-462
- [15] 최지애, 심재선, 김윤상 “개인화 내비게이션 기능을 제공하는 3D 가상 국악 전시관 제작” 2008년도 대한전기학회 학술대회 논문집, pp.1907-1908

- [16] 김현석, 임창영 “가상전시공간 구현 디자인 프로세스에 관한 연구” 1997년도 디자인학연구, pp613-618
- [17] 박남진 “미술관, 박물관 가상전시디자인에 대한 관람객의 반응연구” 2006년도 디자인학연구, pp181-190
- [18] 김태홍, 이준석 “기존 전시관과 유비쿼터스 전시관에 있어 사용자 그룹의 서비스 비교에 관한 연구” 2008년도 한국관광학회, pp635-642