

## A study on the analysis of virtual reality platform API for virtual reality (VR) development

Byong-Kwon Lee\*

\*Professor, Dept. of IT/Multimedia, Seowon University, Chungbuk, Korea

### [Abstract]

As the 4th industrial revolution emerged, the latest technologies such as IoT, AI, Big data, AR/VR/XR are emerging. However, in the field of virtual reality (VR) technology platform services, there is no standardization and systematic support. In addition, various platform technologies related to virtual reality have been presented, making it difficult to select an API that should be selected for development. In this study, we analyzed the method for virtual reality development and the virtual reality (VR) technology that is being serviced by users. In addition, by presenting the advantages and disadvantages of each development platform, we intend to present a reference point for developers to select an efficient platform. In addition, it will help the developer to select an effective equipment and software platform in comparison with the advantages and disadvantages of various HMD devices used in virtual reality. The virtual reality (VR) development environment test used products from Oculus, and the software development environment was tested with two types: WebBased VR and HMD embedded.

▶ **Key words:** VR Platform Service, VR API, WebXR, WebVR, WebGL

### [요 약]

4차 산업혁명이 대두되면서 IoT, AI, Big Data, AR/VR/XR 등 최신 기술이 나오고 있다. 하지만, 가상현실(VR) 기술 플랫폼 서비스 분야는 표준화 및 체계적인 지원이 없는 상태이다. 또한, 가상현실 관련 다양한 플랫폼 기술이 제시되어 개발에 선택해야 하는 API 선정에서 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 가상현실 개발을 위한 방법과 사용자 서비스되고 있는 가상현실(VR) 기술에 대하여 분석했다. 또한, 개발플랫폼별 장점 및 단점을 제시해 개발자가 효율적인 플랫폼을 선정할 수 있도록 기준점을 제시하고자 한다. 또한, 가상현실에 사용되는 각종 HMD 기기에 대한 장점 및 단점을 비교에서 개발자 관점에서 효과적인 장비와 소프트웨어 플랫폼을 선정할 수 있도록 도와줄 것이다. 가상현실(VR) 개발환경시험은 Oculus 사의 제품을 사용했으며, 소프트웨어 개발환경으로 WebBased VR과 HMD 임베디드형의 두 가지 유형으로 시험을 했다.

▶ **주제어:** 가상현실플랫폼서비스, 가상현실 API, 웹엑스알(WebXR), 웹브리알(WebVR), 웹지엘(WebGL)

- 
- First Author: Byong-Kwon Lee, Corresponding Author: Byong-Kwon Lee
  - Byong-Kwon Lee (sonic747@seowon.ac.kr), Dept. of IT/Multimedia, Seowon University
  - Received: 2020. 06. 18, Revised: 2020. 08. 10, Accepted: 2020. 08. 10.

## I. Introduction

가상공간에 3D 객체 및 콘텐츠를 제작하는 가상현실 실현 기술은 다양한 형태로 많이 나타나고 있다. 특히 비대면수업 및 온라인을 통한 수업진행시 체감형 수업으로 매우 효과적으로 전달할 수 있다[1]. 하지만 가상현실장비에 대한 문제로 장비의 무게 및 어지러움을 가지고 있지만, 향후 기기의 발전과 소프트웨어기술은 고도화로 충분히 해결할 것으로 생각한다. [2]

본 연구에서는 가상현실의 시장현황이나 상품화 및 응용 분야에 대한 논의를 벗어나 실제 개발에 환경을 구축하고 개발과정에서 발생할 수 있는 부분에 관하여 연구하고 분석해 향후 가상현실 기술의 발전 방향을 모색하고자 한다. 2절에서는 관련 기술에 관한 연구와 3절에서는 현재 국내외에 가상현실 개발환경 기술에 대하여 실제 개발 및 구현해 봄으로써 성능평가 및 개선 방향을 도출하고, 4절에서는 문제점을 분석하고 향후 발전 방향을 제시하고자 한다.

## II. Preliminaries

### 2.1 Related works

가상현실은 확장 현실의 한 부분으로 설명될 수 있다. 확장현실(XR:eXtended Reality)는 영어단어 XR로 표시하고 X는 변수 = {V}R, {A}R, {M}R로 다양한 형태의 표현되고[3], 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 가상현실 구현 및 성능평가를 진행했다.

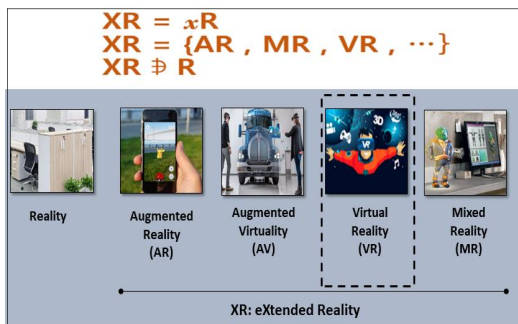


Fig. 1. The scope of virtual reality

### 2.2 VR Hardware Devices

가상현실에 사용되는 HMD(Head Mounted Display)는 다양한 형태로 제공된다. Fig. 2는 Aniwa에서 선정한 2018년도 가상현실장치이다[3]. 가상현실에 사용되는 장치는 스마트폰을 사용하는 스마트-VR과 기기에 디스플레이 및 운영체제를 내장하고 있는 Standalone-VR형태가

있으며, PC와 연결되어 운영되는 PC의존형-VR로 구성된 대[4]. 이동성과 휴대성을 고려하면 독립형의 가상현실 장치가 우수하다. 본 연구에서는 독립형의 가상 장치인 oculus 장치를 기준으로 구현 및 시험 분석했다.

SmartPhone-VR					Standalone-VR				
Company	Price(\$)	FOV (°)	Image	Company	Price(\$)	FOV (°)	Image		
Sky	Veeva	43	150	Oculus Go	Oculus	199	-		
Google Cardboard	Google	15	95	Mirage Solo	Lumus	400	110		
OSS VR Headset	Wuif	28	112	GoPro	Pico Interactive	299	92		
Honolo Mini	Honolo	14	85	Quest HD	GearBest	199	110		
Go!	Honolo	29	130	HTC Vive Focus	HTC	600	110		

PC Depend-VR					VR-Treadmills				
Company	Price(\$)	FOV (°)	Image	Company	Price(\$)	Image			
PlayStation VR	Sony	299	100	Dms	Virus	999			
HTC Vive	HTC	599	110	Kat Walk	Kat VR	10,000-13,000			
Oculus Rift	Oculus	399	110	Virtualor	Cubeth	1,280			
Ossey	Samsung	459	110	SpaceWalker VR	SpaceWalker VR				
HTC Vive Pro	HTC	399	110	Infindeck	Infindeck	15,000			

Fig. 2. Virtual reality device

### 2.3 VR Software Platform

가상현실 관련 소프트웨어 플랫폼은 게임엔진을 사용해 발전하고 있다. 대부분이 게임엔진 개발 도구에 Asset 개념으로 Import해서 장치를 제어한다. Fig. 3은 게임엔진에서 가상현실을 지원하는 플랫폼으로 ThinkMobiles의 VR 콘텐츠를 제작하기위한 2018년 최고의 게임엔진을 선정한 것이다[4]. 또한 VR 상에서 멀티접속을 위한 Photon 기술을 이용한 다중접속 가상현실을 개발한다[5].

Company	Game Engine	Web
Unity	Unity3D	<a href="https://unity3d.com/kr">https://unity3d.com/kr</a>
Unreal Engine	Unreal Engine	<a href="https://www.unrealengine.com/">https://www.unrealengine.com/</a>
Mario Zechner	LibGDX	<a href="https://libgdx.badlogicgames.com/">https://libgdx.badlogicgames.com/</a>
The Game Creators	AppGameKit VR	<a href="https://www.appgamekit.com/dlc/vr">https://www.appgamekit.com/dlc/vr</a>
Crytek GmbH	CryEngine	<a href="https://www.cryengine.com/">https://www.cryengine.com/</a>

Fig. 3. Virtual reality SW Platform

가상현실 SW 개발 플랫폼은 가장 많이 사용되는 것은 유니티와 Unreal Engine이고, 개발자 관점에서 많은 참고자료와 광범위하게 사용되는 플랫폼은 유니티 엔진이다.

### 2.4 Challenges to overcome in Virtual reality

가상현실에서 극복해야 될 과제는 앞에서 언급한 HW와 SW를 기반으로 한 도전해야 하는 부분이 아직도 많이 남아 있다. Fig. 4는 극복해야 하는 요소를 정리한 것으로 가상현실에서 킬러 애플리케이션의 부족(약 50%)과 개발자의 부족(40%)하다. 이로써, 하드웨어적인 부분과 사용상의 불편함은 IT 발전으로 하루가 다르게 신기술과 기능이 개

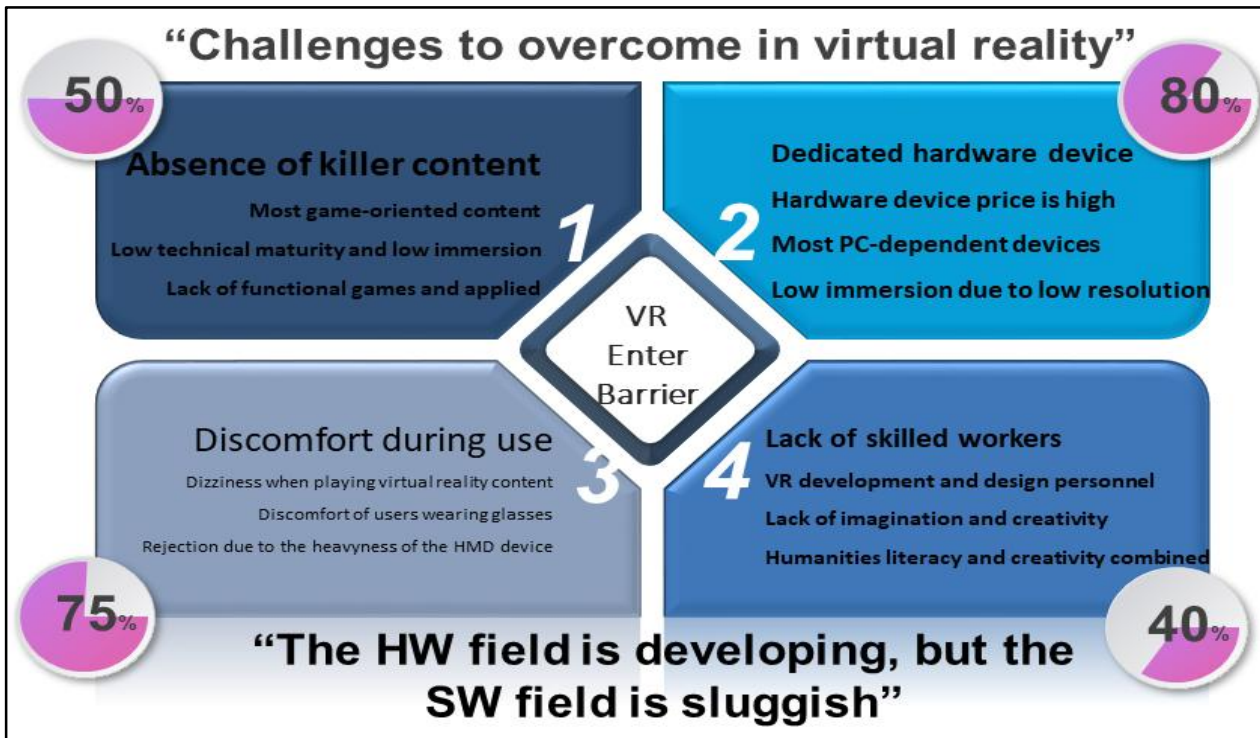


Fig. 4. Challenges to overcome in Virtual reality

선되고 있다. 특히 개발자의 부족은 Killer 애플리케이션의 부족으로 이어져 표준화 및 체계적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 가상현실 콘텐츠제작(킬러 콘텐츠)에 도움이 되기 위한 가상현실 소프트웨어 개발 방법과 최적화된 솔루션을 찾고자 한다.

Fig 5. 가상현실의 상품화 및 제품화에 가장 큰 장애 요인인 멀미 다시 말해, 어지럼증의 발생원인과 해결책을 기술한 것이다. Fig 5에서 어지럼증의 원인1은 눈과 전정기관 사이의 불일치이다. 원인은 달팽이관에 있는 이석(Otolith)이 움직여야 되는데 VR-HMD 장비로 콘텐츠를

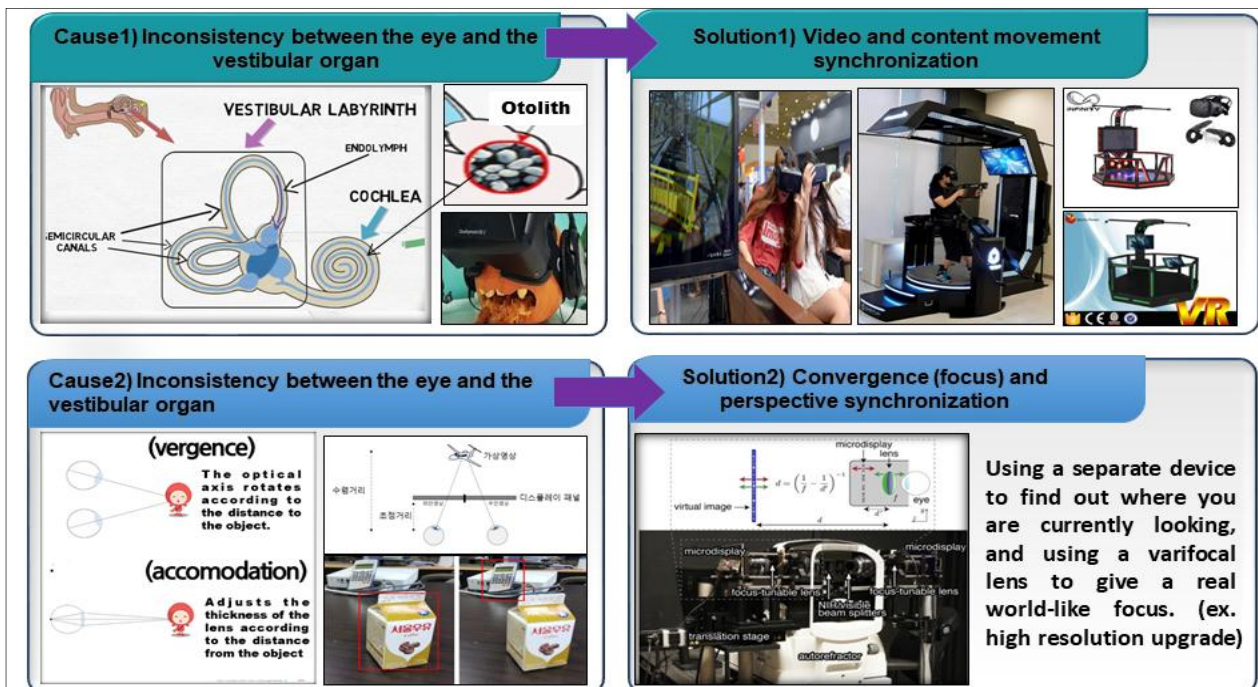


Fig. 5. Virtual reality issue (sickness)

보기만해서 어지럼증이 발생한다. 이러한 부분을 해결하기 위해서 트레밀(Treadmills)장비를 이용해 움직임을 동기화 한다. 또한, 어지럼증의 2번째 원인은 수렴(Vergence)과 원근 조절(accomodation)이다. 수렴의 경우 물체와의 거리에 따라 광축이 돌아가면서 변하는 현상과, 원근조절에 따른 수정체의 변화에 대한 반응 현상으로 어지러움증이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 별도의 장치를 사용하여 현재 주시하는 곳을 알아내고, 가변초점 렌즈를 사용하여 현실 세계와 같은 초점을 줌으로써 어지러움을 해소할 수 있다.

### III. The VR Development Platform

가상현실을 콘텐츠를 구현하는 방법은 2가지 형태로 나눌 수 있다. Web기반(Web Based)에서 콘텐츠 제작하고 서버를 통해 서비스하는 방법과 HMD(Head Mounded Device)장치에 가상현실(VR)콘텐츠를 포팅(Porting)해 서비스하는 Standalone VR 방법이 있다. Table 1은 두 가지 경우의 장단점을 비교한 것이다.

Table 1. VR development method type

Web based VR to Device(Web Based)	
Exp.	Serves VR content to the server and only views it with VR equipment.
Adv.	It is server-based and does not depend on HMD device, it checks virtual reality content at any time.
Disadv.	The server must be operated independently and the resolution is low due to the network bandwidth. It is also difficult to control delicate content.
Standalone VR to Device(Device Based)	
Exp.	It is server-based and does not depend on HMD devices, you can view virtual reality content at any time.
Adv.	It is possible to implement high-resolution contents without being affected by the network bandwidth. In addition, detailed control of virtual reality content is possible.
Disadv.	It needs to be device-dependent and requires dedicated APIs. In addition, each HMD device must be developed.

#### 3.1 AFrame API

Web 기반 개발환경을 제공하는 AFrame API는 VR/AR 개발자를 위한 단순화된 HTML형 개발환경을 제공한다[6]. 또한, 교차플랫폼 형태의 VR API를 제공해 VR 하드웨어 장치인 Vive, Rift, Daydream, GearVR 및 Cardboard에 대한 VR 응용 프로그램을 지원한다. AFrame 사용한 개발자는 JavaScript, DOM API, three.js, WebVR 및 WebGL에 무제한 액세스할 수 있다. Fig. 6는 AFrame API를 사용

해 가상현실 애플리케이션을 개발하는 절차이다. 가상현실 개발하는 방법이 단지 API를 가지고 웹 언어인 HTML 활용한다는 점에서 유리한 점을 가지고 있으나 세밀한 제어와 HMD 장치만의 특성을 고려한 개발은 부족한 점을 가지고 있다[7]. 개발절차는 (1) WebServer 설치 (2) 서버환경설정 (3) Aframe API 작성(4) Testing 프로그램작성 (5) HMD 장치 연동 (6) 작성된 VR문서 업로드 (7) 브라우저 접근 (8) VR모드 전환 으로 구성된다.

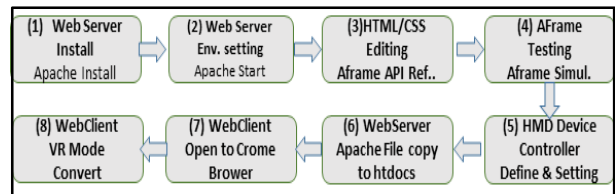


Fig. 6. Development Procedure AFrame

AFrame는 개발된 콘텐츠에 대하여 3D 시각 검사기 기능을 제공함으로써 직관적인 개발과정을 보여주고 편집 및 추가 기능을 제공하는 장점이 있다. Fig 7은 Aframe에서 제공한 3D 시각화 검사기(Ctrl+I) 및 3D VR로 변환한 것을 보여주고 있다. (왼쪽은 시각화 검사기 실행, 오른쪽은 실제 3D VR 표시)

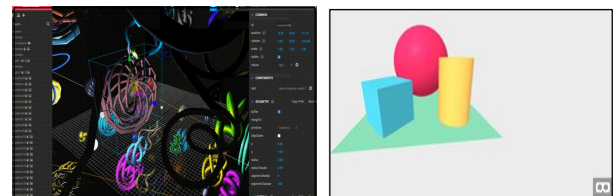


Fig. 7. AFrame VR implementation

Table 2은 Sphere, Cube 및 Cylinder를 VR로 구성하기 위한 HTML코드이다. 태그 <a-Scene>를 통하여 좌표인 속성 정보를 표시한다. HTML의 간단한 코드로 바로 가상환경 개발이 가능함을 확인할 수 있다.

Table 2. Using the Aframe API for VR

```

<html>
<head>
<script src="https://aframe.io/releases/0.5.0/aframe.min.js"></script>
</head>
<body>
<a-scene>
<a-box position="-1 0.5 -3" rotation="0 45 0" color="#4CC3D9"></a-box>
<a-sphere position="0 1.25 -5" radius="1.25" color="#EF2D5E"></a-sphere>
<a-cylinder position="1 0.75 -3" radius="0.5" height="1.5" color="#FFC65D"></a-cylinder>
<a-plane position="0 0 -4" rotation="-90 0 0" width="4" height="4" color="#7BC8A4"></a-plane>
<a-sky color="#ECECEC"></a-sky>
</a-scene>
</body>
</html>
    
```

### 3.2 Unity WebGL

게임엔진에서 주로 사용하는 GL(Graphic Library)는 가상현실에서도 적극활용된다[8]. 게임엔진중 유니티는 기본적으로 WebGL을 제공하고 있다. 이러한, WebGL을 활용해 VR 기능을 구현한다. 유니티에서는 WebXR Asset를 Import하고 WebGL를 활용해서 웹에 퍼블리시하도록 구현한다[9].

유니티 플랫폼 중에 WebGL 기능은 유니티에서 만든 3D 오브젝트를 웹 게시용으로 사용할 수 있도록 만들어준다. WebGL은 유니티로 만든 각종 3차원 솔루션을 Web 언어인 HTML5로 변환해서 Release 할 수 있도록 구성하는 언어이다. Fig. 8은 유니티의 WebGL을 활용해 WebXR를 사용하기위한 방법을 절차적으로 표시한 것이다. 개발절차는 (1) 유니티3D 실행 (2) WebGL switching (3) WebXR Asset Import (4) WebVR Settings (5) Index.html 변환 (6) 웹 서버에 복사 (7) VR 브라우저 (8) VR Mode 전환의 과정으로 진행된다.

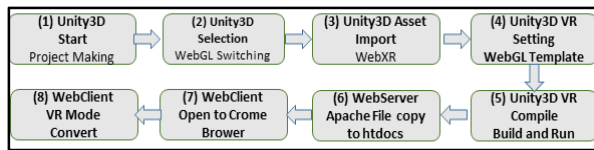


Fig. 8. Development Procedure WebGL

유니티를 활용한 가상현실 구현의 경우 WebGL에 WebXR Exporter를 사용해서 구현된다. 하드웨어적인 접근과 그래픽 디자인 면에서는 접근성이 우수하지만 Web 서버를 활용해서 가상환경에서 확인할 경우 해상도가 낮고 로딩속도 느려지는 것을 확인했다. 10초 이상은 로딩작업을 진행해 결과를 확인할 수 있었다. Fig. 9는 WebXR를 사용한 Web 상에 VR를 구현한 것이다.

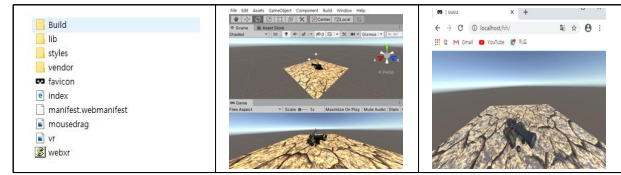


Fig. 9. WebGL Implement for VR

본 개발과정은 유니티 프로그램을 어느정도 이해하는 게임 개발자 및 경험자가 접근할 경우 쉽게 개발을 진행하는 장점은 있지만, 웹에 퍼블리시하기 위한 과정이 복잡한 단점을 가지고 있다.

### 3.3 Web based OpenXR

순수 웹 기반의 openXR은 VR헤드셋, VR지원 기기를 사용해 자바스크립트 API 활용해 3D를 개발한다. 또한, 기존의 WebVR API 형태의 서비스가 중단되고 WebXR Device API가 대체되었다. 현재 크로노스 그룹(The Khronos Group)은 HMD 장치에 대한 표준화를 위해 openXR로 서비스되고 있다[10].

Fig 10은 Khronos 그룹에서 발표한 openXR 플랫폼 구조로 왼쪽은 기존 서비스방식이고 오른쪽은 새롭게 Release 된 통합한 OpenXR 플랫폼 구조이다. 이러한 플랫폼은 Fig. 11과 같이 웹 Frond-End로 구현되고, CodePen툴은 웹 사이트 실시간 코딩 솔루션을 사용해 쉽게 개발한다. 가상현실의 솔루션을 인터넷 브라우저에 제공하는 개방형 API로 여러 다른 브라우저와 장치에서 크로스 플랫폼으로 실행한다. openXR를 사용하면 플랫폼 및 장치에 구애받지 않아 가상현실을 쉽게 경험할 수 있다.

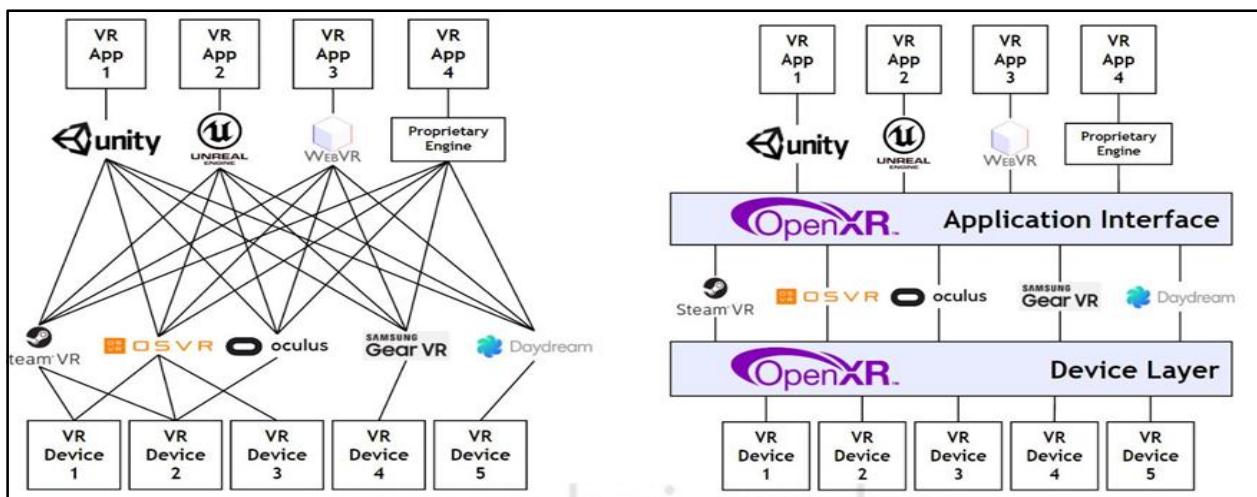


Fig. 10. OpenXR Platform with Khronos Group



Fig. 11. OpenXR Implement for VR

본 개발은 openXR 플랫폼서비스가 안정화 단계에 들어가는 과정이고 참고할 수 있는 자료가 부족해서 개발이 미흡하다.

### 3.4 Amazon Sumerian for VR

Amazon Sumerian은 개발자가 AR(증강 현실), VR(가상 현실) 및 3D 애플리케이션을 쉽게 만들고 실행할 수 있는 도구 및 리소스를 제공한다[11]. Amazon Sumerian은 WebVR 호환 가능 브라우저를 사용하며 Oculus, HTC Vive 및 iOS 디바이스와 같은 하드웨어에서 실행되는 멀티 플랫폼 환경을 구축한다.

Amazon Sumerian의 경우 증강현실(AR) 및 가상현실(VR) 애플리케이션을 설계하고 수정하는 데 따른 라이선스 비용은 없다. 대신 Sumerian의 3D 에셋에 사용되는 스토리지 양과 편집 중에 그리고 게시된 장면을 볼 때 발생하는 트래픽 볼륨을 기반으로 비용이 부과된다. 또한, Amazon Lex 및 Amazon Polly와 같이 Sumerian 호스트 또는 애플리케이션에서 사용하는 다른 AWS 서비스에 대한 비용을 지불하게 된다. Fig. 12은 AWS의 Sumerian을 이용해 가상현실을 구현하는 과정으로 (1) AWS에 회원가입 (2) Sumerian 프로젝트 진입 (3) 기본 템플릿 선정

(4) 사용할 장치에 대한 VR 기기용 전용 에셋 Import (5) 카메라 방향설정 및 환경설정 (6) 퍼블리시 구동 (7)브라우저(Crome)에 주소 연결 (8) VR Mode 전환과 같은 8단계의 과정으로 개발된다.

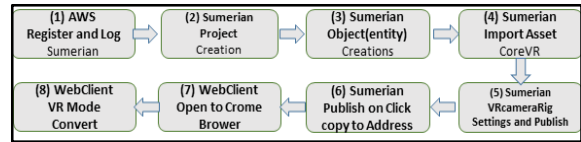


Fig. 12. Development Procedure Sumerian

Fig. 13은 Sumerian을 이용해서 구현된 가상현실 예시로 Side-by-Side 형태의 환경을 제공한다.

결론적으로, Sumerian은 AWS에서 VR 및 AR를 구동할 수 있도록 개발한 Web 기반의 저작도구이다. 본 도구의 장점은 매우 빠른 개발로 접근 가능한 장점이 있지만 일단 Publish 비용이 크리딧 형태로 지급을 해야 하고 일정 시간이 되면 비용을 지불해야 된다. 또한, 개발 대부분이 UI/UX로 진행되어 세밀한 제어가 힘들다는 것이 단점이다.

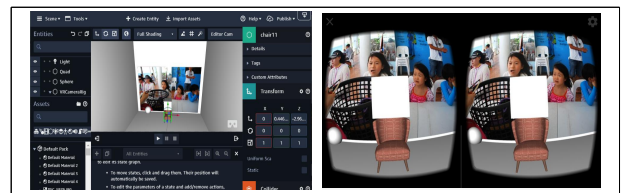


Fig. 13. Sumerian Implement for VR

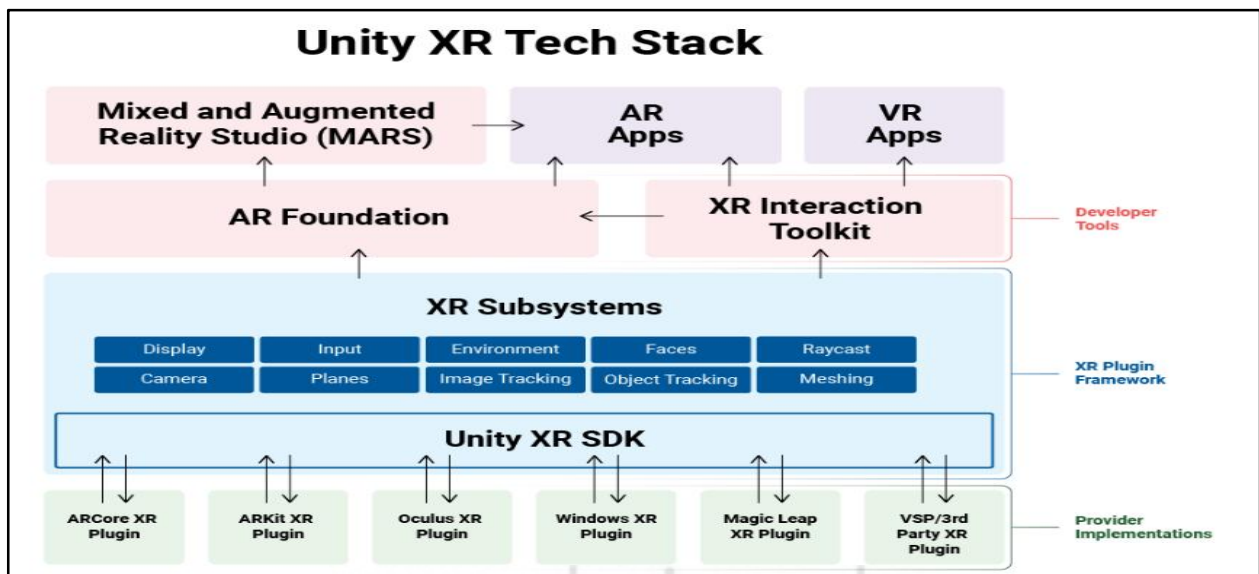


Fig. 14. Unity XR Tech Stack

### 3.5. Unity3d for VR

유니티를 활용한 가상현실 구현은 앞에서 언급한 웹 기반의 방법론과 다르게 개발된 가상현실 솔루션을 장치에 포팅(Porting)해 구현하는 방식이다[12]. 유니티는 플러그인 프레임워크를 통해 개발되고 Multi-Platform 기능을 포함하고 있다. 플랫폼에 공통적인 기능을 제공하는 API로 구성되며, 또한 XR(VR,AR) 하드웨어 및 소프트웨어 제공업체가 자체 유니티 플러그인을 개발하도록 지원한다. Fig. 14는 유니티 기반의 XR 플랫폼 구조이다[13]. Sumerian 방식은 장치의 특성과 플랫폼에 영향을 받지만, 화질과 영상 재생속도가 높아서 고화질의 영상을 볼 수 있는 장점이 있다.

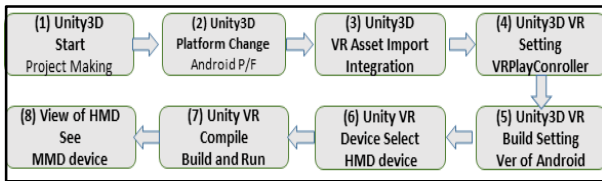


Fig. 15. Unity for VR Process

Fig. 15은 XR 플랫폼 기반의 VR 개발절차이다. 다른 과정과 다르게 플랫폼 설정(Android SDK, NDK, VR 장치전용 SDK(Oculus Integration SDK, Tootkit)은 8단계로 구분되어 진행된다. (1) 유니티 프로젝트 생성 (2) 플랫폼 변경(Android) (3) VR 장치 SDK 설정 (4) VR장치 카메라 및 컨트롤러 설정 (5) Android 개발환경 설정 (6) 컨트롤러 유형설정 (7) 컴파일 및 실행 (8) HMD 장치 뷰 모드 전환의 과정을 거쳐 개발된다. Fig 16은 유니티를 이용한 가상현실 개발 결과이다. 실행속도 및 실시간성인 면에서 우수하게 동작했다.

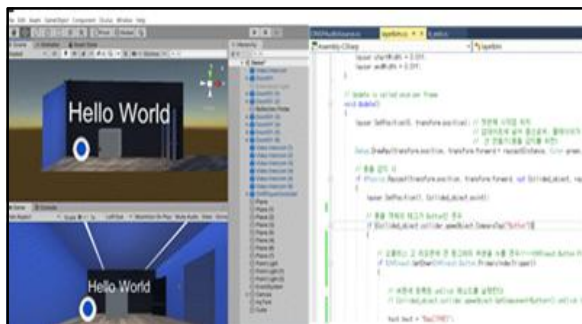


Fig. 16. Unity Implement for VR

그림 17는 오쿨러스 VR 장비 환경설정을 위한 인터페이스로 Integration SDK를 유니티 Asset Store에서 받아서 Import한 결과이다[14]. 장치별 컨트롤러가 달라서 자신이 보유한 장비를 확인 후 넣어야 하는 불편한 점과 실제 다른 유사 장비와의 호환성이 면에서 떨어지는 문제점을 가지고 있다.

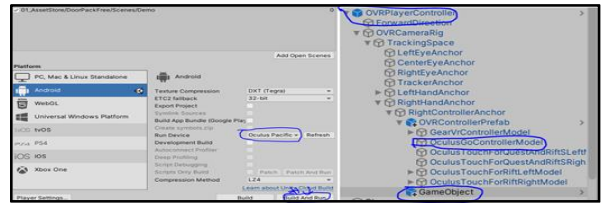


Fig. 17. Oculus Quest Controller Settings

## IV. Conclusions

본 연구에서는 국내외에서 개발 및 서비스되고 있는 가상현실(VR) 개발플랫폼 기술에 대하여 분석하고 직접 구현해 봄으로써 실제 직면할 수 있는 문제점 및 장단점을 제시해

Table 3. Satisfaction evaluation of virtual reality development

VR development to AFrame SDK[SAT.60%]	
Env	Web Based AFrame API, Android
Good Point	Excellent compatibility Independent of equipment Excellent development accessibility Fast operation speed
Bad Point	No control by device Hard to produce various contents Slow initial loading speed
VR development to Unity WebGL[SAT.50%]	
Env	Web Based Unity WebGL, Android
Good Point	Excellent compatibility Equipment dependent Excellent development accessibility Fast operation speed
Bad Point	No control by device Difficult to produce various contents Slow initial loading speed
VR development to OpenXR[SAT.30%]	
Env	Web Based Unity WebGL, Android
Good Point	Excellent compatibility Independent of equipment Fast operation speed
Bad Point	Difficult to control by device Difficult to produce various contents Difficult to access development
VR development to Sumerian[SAT.70%]	
Env	Web Based Unity WebGL, Android
Good Point	Excellent compatibility Independent of equipment Fast operation speed
Bad Point	Difficult to produce various contents Additional cost required
VR development to Unity3D Platform[SAT.70%]	
Env	Embedded to VR HMD Device
Good Point	Excellent produce various contents Fast operation speed Fast initial loading speed
Bad Point	Difficult to Web Publish Difficult to Setting VR HMD Device Additional program registration

개발자가 자신의 원하는 가상환경 개발을 선정할 수 있도록 기준점을 제시했고, 향후 발생할 수 있는 시행착오를 미리 방지하는 데 큰 도움이 될 것이다. Table 3은 시험한 가상현실 플랫폼에 대한 개발환경과 장단점을 비교한 표이다.

또한, 가상현실에 사용되는 각종 기기에 대한 장단점을 비교에서 개발자 관점에서 효과적인 장비와 소프트웨어 플랫폼을 선정할 수 있도록 도와줄 것이다. 가상현실 플랫폼에 대한 WebBased 가상현실 시험 4가지 와 Standalone 방식 1가지에 대하여 가상현실을 구현해 봄으로써 개발에 어려운 점과 개선해야 하는 점을 찾았다. 대부분의 가상현실 플랫폼(API) 기술은 장치에 의존해서 개발되는 것을 확인할 수 있었고, 그나마 Web 기반의 가상현실 플랫폼의 경우 독립적인 기능을 하고 있지만, 동일 회사의 제품의 경우 일부 호환된다는 점을 가지고 있고, 제조사가 다른 경우 추가 패키지 작업을 진행하는 것을 확인했다. 또한, Web기반의 가상현실 구현방법의 경우 해상도 및 세밀한 구현 부분에 대한 제약이 있음 확인했다면, embedded형 Standalone 방식의 구현 경우 호환성은 떨어지만 해상도 세밀한 부분까지 개발가능한 것으로 확인됐다. 결론적으로 여러 사용자의 접근성 고려한 개발의 경우 Aframe 형태의 개발이 접근성이 좋음을 확인했고, 해상도 및 장치의 성능에 대한 솔루션의 경우 Standalone 형 VR 개발하는 것을 추천한다. 향후 연구과제로 Web 기반 가상현실 구현의 경우 해상도가 떨어지는 부분을 개선하려는 방법과 5g 기반의 고속의 콘텐츠 연결에 관한 부분의 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- [1] Min Sung. Park , "A Study on Implementation of a Interactive Mobile Device using Gyro Sensor in VR Environment," Jung Ang University Game Engineering Master Degree, 2019
- [2] YongSu, Lee "Problem of Definition on Mixed Reality and Its Alternative, and Relationship of Virtual/Augmented Realit", Problem of Definition on Mixed Reality and Its Alternative, and Relationship of Virtual/Augmented Realit, Vol.34, 431-435pp, June.2015.
- [3] JunYoung Choi, "Gadget Arms: Interactive Data Visualization using Hand Gesture in Extended Reality", Journal of the Korea Computer Graphics Society, May. 2019.
- [4] Steve Noble "The best all-in-one VR headsets of 2020", ANIWAA (<https://www.aniwaa.com/buyers-guide/vr-ar/best-standalone-vr-headset/>), Jan 8, 2020.
- [5] PHOTON, Products, <https://www.photonengine.com/>
- [6] AFrame, WebVR-Platform API, <https://Aframe.io>
- [7] OCULUS, Developers Platform, <https://developer.oculus.com/>
- [8] A. Yuniarti, A. Atminanto, A. Mardasatria, R. R. Hariadi and N. Suciati, "3D ITS campus on the web: A WebGL implementation," 2015 International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS), Surabaya, 2015, pp. 141-144, doi: 10.1109/ICTS.2015.7379888.
- [9] Josh Marinacci, Unity WebXR, <https://blog.mozvr.com/unity-web-xr-exporter-update/>
- [10] OpenXR, The OpenXR Specification, Copyright (c) 2017-2020 The Khronos Group Inc. All rights reserved. <https://www.khronos.org/registry/OpenXR/specs/1.0/html/xrspec.html>, May 2020.
- [11] Amazon Sumerian, VR Platform, Easily create and run browser-based 3D, augmented reality (AR), and virtual reality (VR) applications. <https://aws.amazon.com/ko/sumerian/>
- [12] Lina Liu1, Ran Wang1, Shenwang Xu2and Yu Bai2, "Development of AR/VR Project Based on unity3D Engine", Journal of Physics: Conference Series, Aug 2018
- [13] G. K. Choi, S. Lee, B. Roh, J. Kang and S. J. Kim, "A Design of Safety and Disaster Response System with XR, IoT and LBS Convergence," 2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), Las Vegas, NV, USA, 2019, pp. 1558-1559, doi: 10.1109/CSCI49370.2019.00295.
- [14] R. R. Alcalá, Z. G. Arceo, J. N. Bateria, J. O. Morada, J. O. D. Ramirez and R. E. Tolentino, "Design and Implementation of Body Wearable Device and Oculus Rift Controlled Panning and Aiming Sentry Gun Turret," 2020 4th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)(48184), Tirunelveli, India, 2020, pp. 871-876, doi: 10.1109/ICOEI48184.2020.9143032.

## Authors



Byong-Kwon Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Hanbat, Hannam and Chungbuk University Korea, in 2000, 2003 and 2007, respectively.

My main areas of interest are embedded systems, virtual and augmented reality, and artificial intelligence. The field currently being studied is the construction of an exhibition hall using virtual reality. It is a technology that combines AI with cultural uniform restoration technology as a future research field.