

VR/AR 이용 및 제작 안전 가이드라인

(Best practices for VR/AR use and applications)

v1.0

※ 본 가이드라인은 과학기술정보통신부와 한국전자통신연구원, (사)한국가상증강현실산업협회의 주요 연구결과물으로써 현재 국제 및 국내 표준으로 추진되고 있습니다. 이에 따라 가이드라인의 내용을 임의로 활용, 무단 도용 및 인용 시 지적재산권을 침해할 수 있음을 알려드립니다.

1. VR/AR 콘텐츠 이용 안전 가이드라인

- ① 연령 1
- ② 이용시간 2
- ③ VR 이용환경 3
- ④ AR 이용환경 4
- ⑤ 위생 6
- ⑥ 기기발열
 - 1) VR 기기 7
 - 2) AR 기기 7

2. VR 콘텐츠 제작 안전 가이드라인

- ① Latency 최적화 9
- ② Frame Rate 최적화 10
- ③ 가상 카메라 움직임 최적화 11
- ④ 리그 구성 12
- ⑤ 스티칭 최적화 14
- ⑥ FOV(Field of View) 조정 15
- ⑦ 감각불일치 동기화 16
- ⑧ 모션플랫폼 동기화 17
- ⑨ UI(User Interface) 배치 19
- ⑩ 사운드 구성 20
- ⑪ Stereoscopic 3D 최적화 21

3. AR 콘텐츠 제작 안전 가이드라인

- ① AR 그래픽의 naturalness 이미지 구현 23
- ② AR 그래픽의 객체 공간 배치 24

□ VR/AR 이용 안전 가이드라인

1. 연령

시력발달에 중요한 시기인 소아/어린이는 보호자의 관리 및 지도 하에 이용할 것을 권고한다.

□ 제정이유

- 어린이의 시력발달은 만8~9세의 전후가 중요한 시기이며, 現 VR 기기는 IPD, 크기, 무게 등이 성인용으로 제작되어 아동이 사용하기에 부적합함

□ 논의 및 권고사항

- 산업계에서는 VR 이용 안전성에 대한 연령별 사전 연구가 충분치 못한 관계로 VR 이용을 13세 미만 어린이를 대상으로 제한하고 있음
- Oculus의 경우, VR 이용자의 건강과 안전을 위해 사용연령을 제한하고 있으나, VR 기술 고도화에 따라 13세 미만 어린이로 대상 확대 고려 중
- 오프라인 사업장에서는 어린이의 나이에 대해 구분할 수 있는 기준이 없으나, 가족단위의 이용자가 많아지고 있어 저연령층에 대한 이용허용 및 안전이용에 대한 고지 필요
- 어린이용 콘텐츠로써 HMD 방식 외에 돔스크린 방식에 대한 논의 필요

□ 주요 사례

- (산업계) 롯데월드, 에버랜드 등 테마파크 놀이기구에 VR을 접목하여 운영하고 탑승 연령제한 조건을 추가 명시함
 - VR 이용 시에는 14~65세 미만 탑승 가능으로 제한하고 VR 미 이용 시에는 65세 이상의 탑승만 제한



※ 상회기획 : ROBOT VR, ROBOT Wars, 에버랜드 : T익스프레스, 우주관람차 등

- (의료계) VR이 일부 소아 질환의 치료 및 재활에 이용될 경우 효과적이라는 의견이 제시
 - 단, 보호자나 치료자의 보호 하에 단시간 사용 되어야 함
 - ※ 출처 : Virtual reality in paediatric rehabilitation : A review(2009), Thomas D. Parsons PhD 등 4명
- VR 실사 영상의 경우 5세부터 시청이 가능하며 8세 이상이 안전함

2. 이용시간

VR 콘텐츠를 편안하게 이용하기 위해서는 적어도 30분마다 휴식 취할 것을 권고한다. (추후 개인 멀미 순응도와 콘텐츠 특성에 따라 차등 적용 필요)

□ 제정이유

- VR 콘텐츠를 장시간 이용할 경우 어지럼증, 두통, 오심, 눈 통증 등 신체적 부작용 및 과몰입 등으로 인한 정신적 부작용을 유발할 수 있음

□ 논의 및 권고사항

- 콘텐츠 및 이용자 특성 등 이용시간에 영향을 미치는 다양한 요인 파악 및 분석
- 개인 멀미 순응도 체크 시스템 개발 및 적용 필요
- VR콘텐츠의 멀미 수준 체크 시스템 적용 방안

□ 오프라인 사업자 이용시간 현황(2017년 하반기 기준)

구분	주요 내용
㈜VR+	- (이용규모) 주중 1일 평균 35명, 주말 1일 평균 110명 방문 - (이용특성) 10~20대 방문객, 1개 콘텐츠 플레이 시간 5분 내외 이용, 자유이용권 이용 비율 90%, 개별 이용권 이용 비율 10%
㈜바른손	- (이용규모) 주중 1일 평균 70명, 주말 1일 평균 150명 방문 - (이용특성) 20대 방문객, 1개 콘텐츠 플레이 시간 5분 내외 이용, 자유이용권 이용 비율 100%
에버랜드 (㈜상화기획)	- (이용규모) 주중 1일 평균 850명, 주말 1일 평균 1700명 방문 - (이용특성) 10대, 외국인 방문객, 1개 콘텐츠 플레이 시간 3분 내외 이용, 개별 이용권 이용 비율 100%
한영 엔지니어링	- (이용규모) 주중 1일 평균 50명, 주말 1일 평균 100명 방문 - (이용특성) 20대 방문객, 1개 콘텐츠 플레이 시간 3분 내외 이용, 개별 이용권 이용 비율 100%
쓰리디팩토리	- (이용규모) 주중 1일 평균 70~100명, 주말 1일 평균 120~170명 방문 - (이용특성) 20대 방문객, 1개 콘텐츠 플레이 시간 10분 내외 이용, 자유이용권 이용 비율 100%

3. VR 이용환경

디바이스 착용 전에 안전하게 이용할 수 있는 범위의 파악과 주변을 먼저 확인하고, 콘텐츠 내에 주위 환경에 대한 주의 안내 메시지 표시를 권장한다.

□ 제정이유

- VR 기기는 이용자가 가상현실에 몰입할 수 있도록 사용자의 시야를 주변 환경으로부터 완전히 차단함에 따라, VR 이용 시 주변 환경(벽, 가구, 난간, 계단, 기타 물체 등)으로 인한 예상치 못한 사고발생 가능성 높음

□ 논의 및 권고사항

- VR기기의 이용환경에 대한 안전 기준 신설 및 적용 방안 모색
- 일정 범위에서 이동하면서 플레이하는 콘텐츠의 경우, 정해진 이용구역을 벗어날 때 경고기능이 있는 디바이스에서만 사용할 것을 권장하며 사전에 이용범위 안에 장애물이 없도록 확인함
- 관광진흥법 시행규칙, '17.1.1. 개정·시행에 따라 '탑승형 VR 게임'의 안전기준이 마련되어 이를 준수할 것을 권고함
 - ※ (개선사항) 탑승인원 5인 이하, 탑승높이 2m 이하는 기타유원시설에도 설치 허용/2년 마다 정기검사 실시
- 50대 이상의 이용자는 멀미 예방을 위해 고난이도 어트랙션 콘텐츠 사용 자제를 권고함
- 쾌적한 VR 콘텐츠 이용을 위해 VR 멀미 저감 연출기법 등이 적용된 양질의 콘텐츠를 사용
 - 향후 VR 콘텐츠별 멀미 증상에 대한 난이도 표시 필요

□ 주요 사례

- 탑승형(시뮬레이터) VR 게임의 안전기준 개선 내용
 - 탑승형 VR 게임은 일반 탑승형 게임과 달리 HMD를 착용하기 때문에 이용자의 시야가 확보되지 않아, 안전사고 발생 가능성이 높음
 - 게임법에 VR 게임에 대한 안전기준을 마련, VR 게임 이용자의 안전 확보(게임법 개정, '17.하, 문체부)

<< 탑승형 VR 게임 유원시설 안전기준 현황 >>

- 최근 유원시설에 적용되는 '탑승형 VR 게임' 안전기준을 합리화하여, 사업자의 규제부담을 경감한 바 있음 (관광진흥법 시행규칙, '17. 1. 1. 개정·시행)
 - (기존) 기타유원시설을 제외한 종합·일반유원시설에 한해 허용 / 매년 정기검사 실시
 - (개선) 탑승인원 5인 이하, 탑승높이 2m 이하는 기타유원시설에도 설치 허용 / 2년마다 정기검사 실시

4. AR 이용환경

AR 이용 시 실제 현실 공간에 가상물체를 겹쳐 보여주는 기술을 활용함에 따라 안전사고 예방을 위한 수칙 준수를 권고한다.

□ 제정이유

- AR은 실제 존재하는 현실 공간에 가상물체를 겹쳐 보여주는 기술을 활용해 콘텐츠를 제작함에 따라, AR 이용 시 주변 환경(운전 및 보행 중, 사유지 침입, 절벽, 군사지역, 철길, 기타 물체 등)으로 인한 예상치 못한 사고 발생 가능성 높음

□ 논의 및 권고사항

- ‘AR 게임 과몰입 방지 기술’을 적용한 소프트웨어를 이용하거나, AR 과이용 방지를 위해 개발된 악세서리를 별도로 착용해 안전사고 예방에 대처할 것을 권고

□ 주요 사례

- 미국의 국립 안전위원회(National Safety Council)의 가이드라인
 - 미국의 국립안전위원회는 AR게임(포켓몬고) 이용 환경의 위험성(distracted walking, distrated driving)을 경고하며, 성명서를 발표함(2016년 7월)
 - 특히, 이미 발표된 cell phone distracted walking에 대한 가이드라인을 AR게임에 적용할 수 있음

* 출처: 미국 국립안전위원회(www.nsc.org)

- 일본의 AR게임 안전사고 방지대책 권고
 - 일본의 총무성과 소비자청은 AR게임(포켓몬고) 이용 환경의 위험성을 알리며, 종합안전대책의 기본 방향을 발표함(2016년 7월 27일)
 - ※ (1) 포켓몬고를 하면서 걷는 행위는 위험하다. (2) 위험한 장소에 들어가지 않도록 한다. (3) 길을 가다가 갑자기 멈추는 행위는 위험하다. (4) 포켓스탑이나 짐의 삭제 요청이 가능하다.

* 출처: 일본 소비자청 홈페이지(www.caa.go.jp/)

- 내각 사이버 세큐리티센터에서는 AR게임(포켓몬고) 이용자의 주의 환기를 위한 전단 내용을 배포

※ (1) 개인정보 보호 (2) 가짜 어플리케이션 주의 (3) 낯선 어플리케이션 설치 (4) 열사병 주의 (5) 여분의 배터리 휴대 (6) 예비 연락수단 준비 (7) 위험한 장소 진입 금지 (8) 게임을 통해 만나자고 하는 사람 경계 (9) 게임 중 걷는 행위 자제

* 출처: 일본 내각 사이버 세큐리티센터(www.nisc.go.jp/)

o AR게임 과이용 방지 기술 사례

- 닌텐도에서는 AR포켓몬고를 하면서 걷는 행위 등을 방지하기 위한수단으로 「Pokemon GO Plus」라는 전용 악세사리를 개발·판매 중
- 국내 지란지교소프트 '엑스키퍼'는 AR게임 중 보행하면 스마트폰에 수시로 경고창을 띄워주는 등의 안전사고 예방 행동을 유도함

5. 위생

다수의 사용자가 단일기기를 공유하여 사용할 경우 기기 오염 등으로 인한 전염성 있는 질환에 노출될 수 있으므로 소독 후 사용 또는 위생패드 사용을 권고한다.

□ 제정이유

- 단일기기를 지속적으로 사용하거나 다수 이용자가 함께 사용할 때 전염성 질환의 전파나 피부 자극 등의 부작용 발생 가능

□ 논의 및 권고사항

- VR 기기의 위생패드 교체의 용이성
- 기기별 접촉부위 분리세척 기능
 - 분리 세척기능이 없는 기기의 경우에는 일정 기간이나 타 사용자들이 사용할 때 접촉면을 소독하거나 일회용 마스크를 사용하도록 권장

□ 관련 제품

- 현재 이용 중인 VR 기기는 분리 세척이 불가능하기 때문에 이를 해결할 수 있는 관련 제품이 출시되고 있음



상용화된 VR 커버(3종)
(출처: vrcover.com)



일회용 마스크
(출처: 모구라VR스토어)

6. 기기발열

1) VR 기기

VR 기기 발열 시 기기 과부하 방지를 위해 이용자가 인지할 수 있도록 발열에 따른 정보 및 경고 문구를 화면에 디스플레이 할 것을 권고한다.

□ 제정이유

- VR 기기에 열이 발생하는 경우 저온화상과 같은 이용자의 안전문제 우려
 - VR 기기 이용 시 이용자의 눈 바로 앞에 디스플레이가 위치하고, HMD 기기가 이용자 눈 주위를 밀폐함에 따라 이용자는 기기발열에 취약함

□ 논의 및 권고사항

- Cardboard VR은 재생기기(스마트폰) 발열 시 이용 제한 기능 부재
- 스마트폰 기반 VR의 경우, 스마트폰에서 소프트웨어 플러그인을 통해 온도 조절이 가능하도록 설치
- 장기 착용에 따른 발열 시, 땀이나 습기가 차는 것도 VR기기 발열에 부정적인 영향을 미칠 가능성에 대한 고려

2) AR 기기

AR 기기 발열 시 저온 화상과 기기 과부하 방지를 위해 이용자가 인지할 수 있도록 발열에 따른 정보 및 경고 문구를 화면에 디스플레이 할 것을 권고한다.

□ 제정이유

- AR 기기에 열이 발생하는 경우 저온화상과 같은 이용자의 안전문제 우려
 - AR 기기 이용 시 이용자 눈 주위, 특히 양 옆으로 기기가 위치함에 따라 발열 위험성에 노출되어 있음

□ 논의 및 권고사항

- AR HMD의 디자인에 따른 기기발열 가능성 사례에 대한 논의

□ 주요사례

- 스마트폰을 끼워 사용하는 VR 기기의 경우 발열 때문에 사용 중 경고 메시지가 뜨거나 스마트폰 전원이 꺼지는 현상이 자주 나타남
- 관련 전문가들은 발열 문제는 프로세서의 성능에 기인한다고 분석하고 가상현실에 특화된 중앙처리장치(CPU) 개발 추진 중



- AR HMD의 경우, 앞쪽 프레임과 다리 부분에 프로젝터 및 배터리가 내장되어 있는 구조이기 때문에 VR HMD보다 발열에 대한 이슈 가능성 제기

□ VR 콘텐츠 제작 안전 가이드라인

1. Latency 최적화

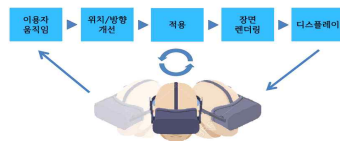
VR Latency는 가능한 20ms 이하로 유지해야 한다.

□ 제정이유

- VR Latency는 이용자 몰입감 및 불편감을 느끼는 정도에 영향을 줌
※ Latency 유발 요인 : 머리움직임 추적 반응시간, 렌더링, 영상전송, 디스플레이 응답속도 등

□ 논의 및 권고사항

- VR 기기의 Latency는 최소화해야 하나 VR 기기의 처리과정 중에서 각 단계별 지연시간 발생이 불가피함



VR HMD 처리과정

(출처: Aukstakalnis, S. (2017). Practical Augmented Reality. Boston: Addison-Wesley, p.336)

- 실제로 VR Latency 중 frame latency가 10ms 이상이기 때문에, 헤드트래킹 기술 수준으로써는 20ms 이하 달성은 어려움
※ frame rate : GPU 렌더링에 의해 화면 출력으로 나타나는데 까지 소요되는 시간

□ 주요 특징

- 신체가 느끼는 움직임과 시각적으로 인지하는 움직임 사이의 불일치 (Latency, 지연시간)가 클수록 VR 기기 이용 피로감이 증대
- Latency 주요 원인
 - VR 기기의 처리과정 중에서 각 단계별 지연(헤드트래킹 반응시간, 렌더링, 영상전송, 디스플레이 응답속도 등) 발생
 - VR Latency에서 헤드트래킹 지연은 VR HMD의 하드웨어 속성으로써 고정되어 있으나, VR 영상 렌더링 속도는 컴퓨터 성능 및 VR 콘텐츠의 복잡성에 따라 변이가 있음

2. Frame Rate 최적화

VR 콘텐츠의 Frame Rate는 VR HMD의 Refresh Rate에 동기화되어야 하며, 최소 Frame Rate는 영상 30fps 이상, 그래픽 60fps 이상, 인터랙션 90fps 이상을 권장한다.

□ 제정이유

- Frame Rate가 낮으면 Flickering 현상이 나타나 이용자에게 두통, 눈의 피로, 감과민성 발작 등을 유발할 수 있음
- 인터랙션 콘텐츠의 Frame Rate는 최소한 디스플레이의 Refresh Rate 수준은 되어야 함

□ 논의 및 권고사항

- 高대비(contrast), 高명암비 VR콘텐츠는 Frame Rate가 높더라도 Flickering 현상이 나타날 수 있음
 - ※ 대비(contrast) : 한 물체를 다른 물체와 구별할 수 있게 해주는 시각적인 특성(색과 밝기의 차이)
 - ※ 명암비(sharpness) : 밝고 어두운 것과는 상관없이, 색을 선명하게 보여주는 정도
- 기기별 Refresh Rate 스펙에 차이가 있으므로, 맞춤형 VR 콘텐츠 제작에 적합한 Frame Rate가 다를 수 있음
- 오클루전 컬링 기술의 활용
 - 오클루전 컬링: 가상 카메라에 잡히지 않는 객체는 렌더링을 하지 않는 기술
 - 오클루전 컬링 기술을 활용할 시, 렌더링을 할 객체의 수가 줄어들므로 연산량이 적어짐에 따라 높은 Frame Rate 유지에 용이해짐
- 게임 기획 단계부터 높은 Frame Rate의 유지가 가능하도록 기획해야 함
 - ex) ① 배경 이미지를 활용하여 렌더링을 해야 할 객체의 수를 줄임
 - ② 게임 공간을 최소화하여 공간에 배치할 렌더링 객체의 수를 줄임
- 영상 콘텐츠의 경우는 카메라의 한계로 인해 60fps 이상으로 구현하는 것은 어려움

3. 가상 카메라 움직임 최적화

- VR 콘텐츠 제작 시 가상 카메라의 가속 움직임(전후/좌우 이동, 줌, 회전)은 가능한 빈도수가 낮도록 하고 일정한 이동속도로 움직이기를 권장한다.
- VR 영상 콘텐츠를 촬영할 때는 팬, 틸트, 롤, 줌인·아웃 등은 사용하지 않고 해당의 효과는 후반 작업에서 적용시키는 것을 권장한다.
- VR 게임 콘텐츠에서는 이용자의 움직임과 독립된 가상 카메라의 움직임 활용을 자제한다.

□ 제정이유

- VR 영상 제작 시 급작스런 카메라 움직임은 VR 콘텐츠의 시야각(cFoV: 가상 카메라 화각)을 급격히 변화시켜 이용자에게 멀미 및 어지럼증 등을 유발함
- 인간의 전정기관 신경계는 움직임의 변화(가속도)에 민감하여 VR 영상에서 카메라의 급격한 움직임을 최소화해야 함

□ 논의 및 권고사항

- 카메라 움직임(전후/좌우 이동, 줌, 회전, 가속도 등)의 허용 범위
- 콘텐츠 구성에 따라 적용 범위가 복잡하여 일관되게 권장하기 어려움
- 카메라 움직임의 제약은 재미요소(창의성)에 영향을 미치기 때문에 시청시간이 줄어들 수 있음
- 게임 콘텐츠에서 가상 카메라의 움직임은 크게 4가지로 분류될 수 있음
 - 트레드밀: 이용자의 모션 트래킹이 가능하여 가상 카메라의 이동 속도를 이용자의 모션 속도와 일치시켜야 함
 - 워킹 어트랙션: 이용자의 모션 트래킹이 가능하여 가상 카메라의 이동 속도를 이용자의 모션 속도와 일치시켜야 함
 - 모션 어트랙션: 이용자의 시각정보와 모션플랫폼의 물리적 피드백을 일치시켜야 함
 - 컨트롤러형: 컨트롤러를 이용한 가상 카메라의 움직임 설정을 자제해야 함
- 실사 영상의 경우, 카메라 움직임이 매우 중요한 요인으로 작용함
 - 리그 시스템과 스테빌라이저 사용이 중요함

4. 리그 구성

- 360° VR 실사 콘텐츠 제작 시, 카메라간 간격을 노-패럴랙스 포인트(No-parallax point)에 근접하도록 리그 시스템을 구성해야 한다.
- 원경을 촬영할 때보다 근경을 촬영할 때 노-패럴랙스 포인트의 오차 범위를 더 작게 설정해야 한다.
- 리그 구성 시에 카메라 화각의 약 20° (촬영 영상의 15~20%) 수준으로 겹치게 카메라를 배치할 것을 권장한다.
- VR 영상 촬영 시에는 카메라간의 동기화가 매우 중요하기 때문에 Genlock 사용을 권고한다.

□ 제정이유

- 리그 구성 시, 카메라의 물리적인 부피로 인해 광학기기 간에 노-패럴랙스 포인트가 일치하지 않는 현상 발생
- 360° VR 실사 콘텐츠 제작 시, 카메라 구조에 의한 물리적 한계를 리그 시스템 설계를 통해 극복 가능함

□ 논의 및 권고사항

- 일반적으로 고성능 카메라의 경우, 부피가 크기 때문에 기기 간에 노-패럴랙스 포인트를 근접시키는 것이 어렵고 액션캠*의 경우, 노-패럴랙스 포인트를 근접하게 구성하는 것은 용이하지만 중급 기기 대비 화질 저하 현상이 발생함
 - * 액션캠 : 신체나 장비 등에 부착한 상태에서 촬영하는 초소형 캠코더
- 리그의 수평 유지는 매우 중요한 사항이므로 촬영 현장에서는 전자수평계를 활용함
- 다수의 카메라를 활용한 촬영은 콘텐츠의 품질 상승 대비 작업 시간이 오래 걸리기 때문에 권장하지 않음
 - ex) 8대 카메라를 활용한 리그가 16대의 카메라를 활용한 리그보다 효율적으로 콘텐츠를 제작할 수 있음
- VR 2D 영상 촬영 시에는 3D 영상 촬영 때와는 달리 리그 수평 유지의 중요도가 적음
- VR 영상에서는 수평 촬영이 중요하기 때문에 리그의 카메라 배치는 전방위형 리그보다 수평형 리그가 유리함

□ 노-패럴랙스 포인트 세팅

- 노-패럴랙스 포인트를 카메라의 회전축에 일치시키면 카메라가 어떤 방향으로 회전을 해도 CCD에 맺히는 상이 변하지 않음
- (파노라마 로테이터) 노-패럴랙스 포인트를 카메라의 회전축에 고정시키는 장치

	
<p>파노라마 로테이터</p>	<p>파노라마 로테이터에 카메라를 장착시킨 모습</p>
<p>NPP(No Parallax Point)</p> 	<p>NPP(No Parallax Point)</p> 
<p>노-패럴랙스 포인트와 회전중심축이 일치되지 않은 경우</p>	<p>노-패럴랙스 포인트와 회전중심축이 일치된 경우</p>

5. 스티칭 최적화

- VR 콘텐츠 촬영 및 후반작업 시 스티칭 오류를 최소화하기 위해 카메라 배치, 렌즈 왜곡, 카메라 싱크 등을 알맞게 조정해야 한다.
- 카메라 싱크는 피사체의 움직임 속도가 빠르거나 S3D로 촬영할 때 중요도가 높아지므로 정확히 맞추는 것을 권장한다.

□ 제정이유

- VR 촬영 영상의 스티칭을 정교하게 작업하지 않으면 왜곡된 부분이 그대로 사용자의 시야에 노출되어 이용자의 몰입감이 저하됨

□ 논의 및 권고사항

- 카메라 렌즈 간 간격에 의해 발생하는 오류는 최적화가 불가능
- 실사 영상 촬영자의 기획, 연출 및 촬영방법에 따라 스티칭 에러가 다양한 형태로 나타나므로, 스티칭 최적화 기준 적용이 어려움
- 카메라간의 싱크 차이는 최소 0.5 프레임 이하로 맞추는 것을 권장함

□ 스티칭 오류 해결의 기술적 한계

- 원본 영상에 카메라 간 오차(초점거리, 수평, 왜곡을 등)가 있는 경우
- 스티칭 경계 부분의 피사체가 움직이는 경우
- 원본 영상이 너무 어둡거나 밝은 영상일 경우
- 한 영상 내 명암비(Contrast ratio) 차이가 큰 경우
- 스티칭 라인을 잡기 어려울 정도로 배경이 단조로운 경우 등
- 스티칭 영역은 카메라의 센서 간격이 물리적으로 완전히 인접할 수 없으므로 특정 영역에 피사체가 걸릴 경우 화면에 나오지 않음

6. FOV(Field of View) 조정

가상 카메라 화각(cFOV)을 고정된 디스플레이 화각(dFOV)에 가능한 일 치시켜야 한다.

□ 제정이유

- 가상 카메라 화각(cFOV)과 디스플레이 화각(dFOV)간 스케일 차이가 발생하면 움직임 및 화면왜곡, 화질저하 등에 의한 불편감 유발 가능

□ 논의 및 권고사항

- dFOV를 줄일 경우 VR 멀미 저감이 가능하나, 동시에 VR 영상의 몰입감 및 시각적 상황인지력도 감소시키게 됨
- dFOV를 늘일 경우 디스플레이 장치가 무거워져서, 사용자의 착용감 저하 및 피로도를 가중시킴

※ VR HMD의 무게가 300g 이하는 되어야 사용자 착용감이 보장됨

※ 현 상용 VR HMD의 무게는 대부분 300g 이상으로써, 사용자가 장시간 사용에는 어려운 점이 있음
(오쿨러스: 470g, 기어VR: 345g 등)

□ 주요 특징

- (dFOV) 넓은 dFOV는 이용자의 몰입감을 증가시키고 현장감을 유도 하지만 시각적 불편감도 나타날 수 있음
 - 시각시스템 주변부에서 더 많은 왜곡 및 움직임을 체험하게 함
 - 좁은 dFOV 보다 상대적으로 더 많은 시각 정보 전달로 인해 전정기관-시각 간 인지부조화를 심화시킴
- (cFOV) cFOV 값이 적절치 않으면 머리 움직임의 반응이 가상현실 환경에서 자연스럽지 않게 적용될 수 있음(ex. 머리 움직임 10° 일 때 VR 움직임 15°)

7. 감각불일치 동기화

- VR의 시각적 경험과 체감효과를 동기화시키는 콘텐츠 제작을 권고한다.
- 인터랙션 콘텐츠는 상황 예측이 가능한 요소를 삽입한다.

□ 제정이유

- VR 콘텐츠의 시각 경험과 체감 경험이 일치하지 않는 비동기화가 발생하면 이용자에게 어지럼증 및 불편감이 유발됨

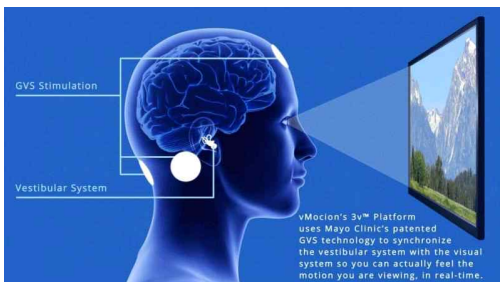
※비동기화 발생원인 : VR 영상의 시각적 경험과 인간의 內耳 전정기관에 대한 자극간의 불일치, VR 영상의 시각적 경험과 사용자 고유수용감각 간의 불일치

□ 논의 및 권고사항

- VR 콘텐츠 움직임과 사용자의 체감 경험을 완벽히 동기화 할 수 없음
- VR 체험 시 사용자 인터랙션의 정확도/지연과 멀미간의 상관도 규명 필요
- VR 콘텐츠의 반복적 사용 시 멀미 저감 효과와 피로감 누적효과가 동시에 발생하는 문제

□ 동기화 요소

- (이용자 움직임) VR 콘텐츠 내 움직임과 사용자 체험 움직임 간의 일치화(시각 움직임과 전정기관 자극간의 동기화가 필요)
- (콘텐츠 움직임) VR 콘텐츠 내 아바타 몸동작과 이용자의 상호작용 동작 간의 일치화 (시각 동작과 고유수용감각간의 동기화가 필요)
- (심리적 경험) VR 콘텐츠 체험 시 경험 축적에 따른 상황 예측성과 사용자 체험 간의 일치화



전정기관의 움직임 감지 및 VR 영상 동기화
(출처: Mayo Clinic. (2016).



고유수용감각(Proprioceptive sense)과 시각간의 불일치

동기화 요소

8. 모션플랫폼 동기화

- 모션플랫폼 탑승 사용자의 신체 움직임과 시각적 경험 간의 동기화를 위해, VR 입력과 VR 모션 출력 간의 전달지연시간을 150ms 이하로 권고한다.
- 전달지연시간 최소화와 정밀도 최대화를 위한 하드웨어(통신, 모터, 기구부품 등)의 정밀 제작과 콘텐츠 단에서 재미요소를 기반하여 모션데이터를 필터링한다.
- 모션플랫폼의 모션데이터를 구성할 때, 인체에 민감하게 반응하지 않는 축 방향을 우선 순위로 자극한다.

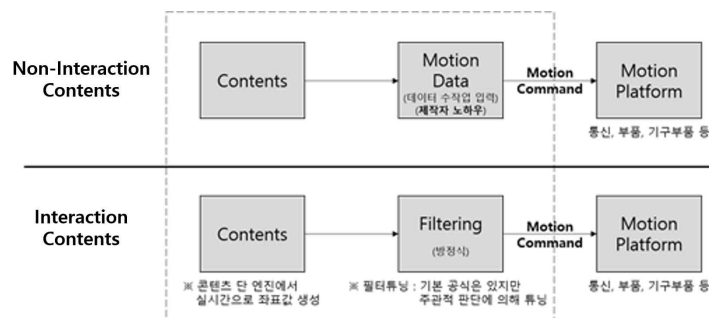
□ 제정이유

- 모션플랫폼 탑승 사용자에게 VR 콘텐츠가 제공하는 시각 경험과 실체감 움직임간의 비동기화가 발생하면 사용자에게 어지럼증 및 불편감이 유발됨

※ 비동기화 발생원인 : 사용자 조종 입력과 VR 출력영상 움직임간 및 사용자 동작인식과 VR 출력영상 움직임간의 불일치

□ 논의 및 권고사항

- 영상과 모션 간의 지연은 하드웨어 성능에서 결정되기 때문에 1차적으로 하드웨어에서 해결해야 하며, 차선책으로 콘텐츠 단에서 보간법 등을 활용하여 지연 최소화를 시킴
- 인터랙션 콘텐츠에서 콘텐츠가 움직이는 좌표값(모션 데이터)이 모션플랫폼에 그대로 못가기 때문에 필터링 과정을 거치고, 이 과정에서 재미요소와 모션플랫폼의 동작 범위 한계, 안전 측면이 고려되어야 함
 - 필터링은 하드웨어 정밀도와 관계없이 재미요소 측면에서 제작자의 주관적 판단에 의해 튜닝됨
 - 인터랙션 콘텐츠는 콘텐츠 단에서 실시간으로 좌표값이 생성되기 때문에 모션데이터를 거치지 않고 바로 필터링 단계를 거침



<콘텐츠 유형에 따른 모션플랫폼 입력 워크플로우>

□ 주요 특징

- 비인터랙션 콘텐츠의 모션 데이터 입력 방법
 - 툴 사용, 경험 의존
- 인터랙션 콘텐츠의 모션 데이터 입력방법
 - 대상 오브젝트(영상 카메라 뷰) 좌표값을 모션플랫폼 구동 데이터로 실시간 활용
- 모션플랫폼과 콘텐츠를 따로 제작하는 경우, 콘텐츠의 움직임 값을 모션플랫폼에 바로 전달할 수 없는 경우가 많기 때문에 동기화에 어려움이 발생함
- 모션플랫폼의 지연과 정밀도는 커맨드 이전 단계와 관련이 없고 커맨드 이후 단계인 하드웨어 성능에서 결정이 됨
- 모션플랫폼 하드웨어에서 지연을 유발하는 요인: 통신, 모터, 기구부품 등 (모션플랫폼의 지연시간: 20~30ms 이내)

9. UI(User Interface) 배치

- UI를 사용하는 경우에는 3D 객체화시켜 3차원 공간 상에 배치하는 것을 권장한다.
- HUD형 UI 구현 시에는 3차원 객체의 깊이값과 일치시켜서 구현해야 한다.
- VR 영상 콘텐츠에 자막을 삽입할 때는 스피어리컬 왜곡을 적용할 것을 권고한다.

□ 제정이유

- 카메라에 붙어다니는 UI는 불필요하게 사용자 시선을 계속 따라다니기 때문에 불편함과 멀미감을 유발할 수 있음

□ 논의 및 권고사항

- UI를 상황에 따라 카메라에 붙이기 때문에 활용성에 대한 논의 필요
 - 콘텐츠 내 적의 위치를 알려주는 내비게이션 기능, 자막 등
 - VR 콘텐츠 내에 고정된 프레임이 있는 경우, 멀미 현상이 저감하는 효과가 있음
- 1인칭 시점의 VR 콘텐츠에서의 아바타 등 UI 활용성에 대한 논의
 - 아바타 움직임이 실제 사용자 움직임을 적절히 반영하지 못하게 되면 어지러움이 유발됨
 - 이에 따라 아바타가 UI로 제공되지 않으나, 아바타 설정을 통해 가상공간에서 사용자의 몰입감을 높일 수도 있음
- 영상 콘텐츠에서의 자막은 HUD 형태와 같이 이용자 시선을 따라가도록 해야 함
 - 자막이 영상에 고정되어 있으면 이용자가 자막을 놓치는 경우가 빈번하게 발생함
- 자막의 폰트는 기본적으로 볼드체를 사용함

□ 주요 특징

- VR 콘텐츠 사용 중 불편함 및 멀미감을 없애기 위해, 상당수의 UI 요소에 대한 특별한 연출이 필요함
 - UI 요소를 3D 오브젝트로 구성해 실제 3차원 가상 공간에 배치하게 됨
 - 인간의 유효 시야각 범위 내에 배치
 - 필요한 상황에서만 나타나는 UI
 - 캐릭터에 UI를 부착
 - 카메라 기준으로 부채꼴로 배치된 UI
 - 인간의 유효 시야각 범위 내에 배치
 - 시선 마우스(reticle)의 사용

10. 사운드 구성

사용자의 머리가 움직이는 방향에 맞추어 공간 사운드의 위치를 조정할 것을 권장한다.

□ 제정이유

- VR 콘텐츠 사용자가 고개를 돌리는 방향에 따라서 사운드 구성을 다르게 하면, 멀미 및 어지러움을 다소 적게 느낌

□ 논의 및 권고사항

- Viewer(360° 콘텐츠를 제작 후 서비스하기 위해 필요) 내 스크립트를 추가하여 공간에 사운드를 제어할 수 있는 솔루션 존재함
 - 전문 지식 없이도 쉽게 콘텐츠 서비스 가능
- 관객들은 전면을 중심으로 한 110° 각도의 영상을 위주로 감상하게 되는데, 방향성을 가진 바이노럴 사운드를 활용하여 관객의 주의를 끌어냄으로써 영상의 범위를 넓힐 수 있음
- 공간 사운드 효과를 위해 엔진의 리소스를 과다하게 사용하여 Frame Rate가 낮아지면, Frame Rate의 최적화를 우선 시하는 것이 멀미 저감에 유리함

□ 주요 특징

- 사운드 오브젝트*가 VR 공간에서 스스로 움직이거나 사용자의 두부 움직임에 따라 위치가 상대적으로 바뀌는데, 이에 맞춰서 귀에 들리는 소리를 바로 구현해야 함
 - * 사운드 오브젝트 : VR 공간에서 소리가 나는 물체
 - 360도 공간을 담지 못하거나 인터랙션 요소를 커버하지 못하면 콘텐츠의 몰입감이 크게 저하
- VR 사운드 평가 요소
 - 녹음 퀄리티 (스튜디오 녹음 상태)
 - 사운드 로컬라이제이션

11. Stereoscopic 3D 최적화

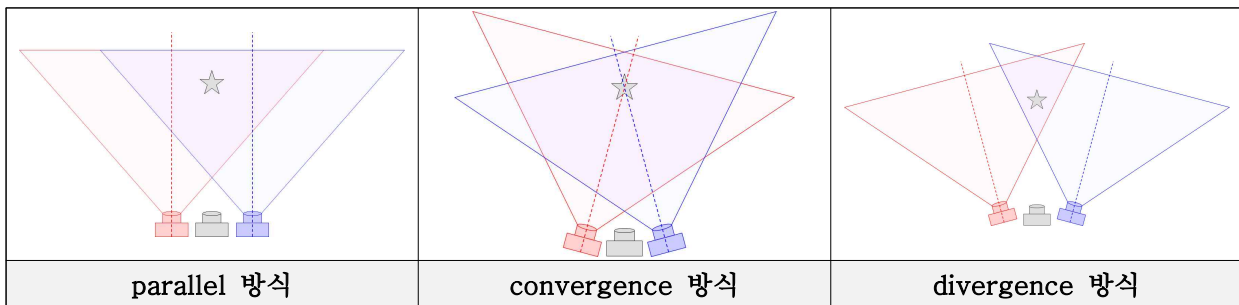
- HMD 기반의 VR 3D 영상 콘텐츠 제작 시, 지오메트리 에러(ex. 수직 불일치, 기울임 불일치, 스케일 불일치 등)가 발생하지 않도록 한다.
- VR 3D 영상 촬영 시에는 카메라 간의 간격을 인간의 동공간거리에 기반하여 6.5cm 내외로 설정한다.
- VR 3D 영상 콘텐츠에서의 자막은 영상에서 적용된 깊이값보다 이용자의 앞쪽으로 배치해야 한다.
- 영상 내에서의 갑작스런 심도 변화는 눈의 피로감을 주기 때문에 해당 연출법은 자제할 것을 권장한다.

□ 제정이유

- HMD 환경의 S3D 콘텐츠를 시청할 때, 지오메트리 에러로 인해 눈에 피로감이 유발되기 때문에 피로감을 최소화할 수 있는 S3D 콘텐츠 제작 기법이 필요함

□ 논의 및 권고사항

- HMD 기반의 S3D 콘텐츠 제작을 위한 리그 구성
 - VR 영상 콘텐츠는 파노라마 형식으로 촬영되기 때문에 convergence 방식의 리그로는 S3D를 제작할 수 없고, parallel 방식이나 divergence 방식의 리그만 사용이 가능함



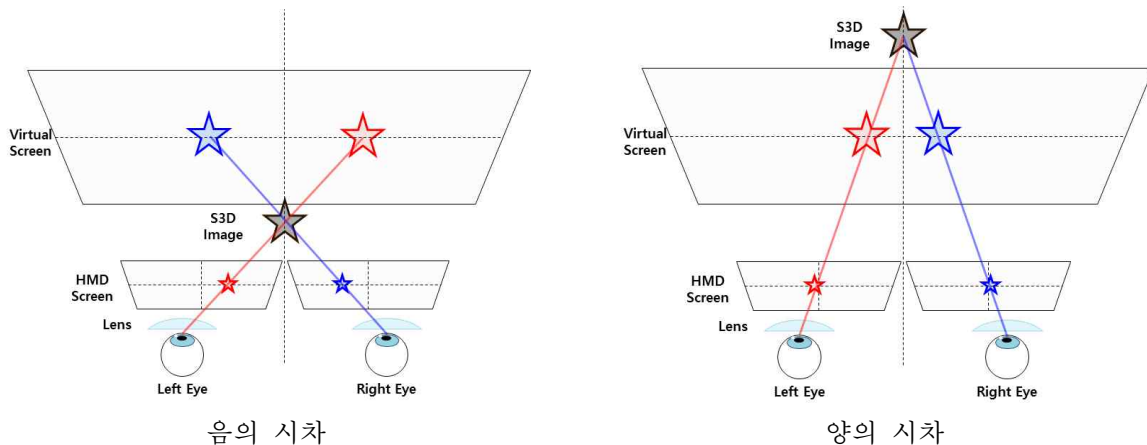
<리그 구현 방식>

- HMD 기반의 S3D 콘텐츠는 기존의 TV나 극장용 S3D 제작 방식과는 달리 초근거리에서 2개의 디스플레이를 통해 구현되는 방식이기 때문에 인간의 양안 동공간거리인 6.5cm를 기준으로 두 카메라 간의 간격을 설정하여 제작함
 - * TV나 극장용 S3D 콘텐츠 제작은 촬영 환경에 따라 카메라 간격이 변동됨
- HMD 기반의 S3D 콘텐츠는 하드웨어나 소프트웨어에서 시차를 조정할 수 없기 때문에 콘텐츠 촬영 및 제작 단계에서 설정하는 시차값(6.5cm)이 매우 중요함

- HMD 기반의 S3D 콘텐츠 제작 시에는 convergence 방식의 리그 구성을 할 수 없음에 따라 convergence 포인트가 없기 때문에 TV나 극장 환경과 같이 기준 시차값이 없음
(두 카메라 간의 간격 설정에 의해서만 시차를 설정함)
* TV 기준의 시차값: 1~4%, 극장 기준의 시차값: 1~2.5%
- HMD 기반의 그래픽 S3D 콘텐츠는 콘텐츠를 구동시키는 엔진 상에서 가상 카메라의 노-패럴랙스 포인트를 맞춘 후 제작이 가능하지만, 실사 영상 S3D 콘텐츠는 시차를 설정하면서 카메라의 노-패럴랙스 포인트를 맞춰야 하는 모순이 있기 때문에 3D 제작에 어려움이 발생함
(높은 품질의 스티칭 작업을 위해 노-패럴랙스 포인트를 맞춰야 하는데, 이와는 역설적으로 S3D는 시차를 설정해야만 하는 점이 있음)
- 영상 내에서의 이용자와 객체 간의 거리는 10cm 내외까지 가능하지만, 최대 근접할 수 있는 거리보다 이용자에게 근거리를 볼 수 있도록 적응할 수 있는 시간을 주는 것이 중요함
- VR S3D 영상에서의 깊이감은 촬영 단계에서 결정되므로 후반작업보다 중요시됨
- VR S3D 영상 최적화(영상의 품질)는 스티칭 불일치 방지가 중요하므로 후반작업이 촬영 단계보다 중요시됨

□ 주요 특징

- HMD 내 S3D 구현 모식도



□ AR 콘텐츠 제작 안전 가이드라인

1. AR 그래픽의 naturalness 이미지 구현

현실과 가상 객체 합성 시 자연스러움을 위해, 가상 객체의 컬러, 선명도, 광원에 대한 최적화 렌더링 및 정합도 제고를 권고한다.

□ 제정이유

- 증강현실 콘텐츠의 경우는 가상 객체와 실사 간의 자연스러운 합성을 위한 AR 콘텐츠 naturalness 영상 표현이 중요함

□ 논의 및 권고사항

- AR은 VR과는 달리 휴먼팩터 관점에서의 멀미/피로도 유발 이슈가 적음
- AR은 VR과는 달리, See-through 특성 상 다수 참여자 경험을 반영하는 것이 중요함
- AR 글래스는 빛이 투과되는 형태이기 때문에 주간과 야간 등 외부 환경의 밝기 차이에서 발생하는 문제가 존재함
- 특히, AR 콘텐츠 제작 이슈는 AR 글래스 장치의 하드웨어 스펙에 의존적이므로 개별적인 제작 가이드라인이 필요
- AR에서는 글래스의 무게가 가장 중요한 사항임
 - 기술적 이슈: 포토폴리머(빛을 꺾는 기술), 식각기술(패턴을 설계하고 새기는 기술, 패터닝 기술), DOE, 웨이브 가이드(상을 나누어 합치는 기술)
 - 해당 기술들이 보완되면 글래스를 얇게 설계하는 것이 가능해짐
- 현재 AR 디스플레이에서는 LCOS를 많이 사용하지만, 구현되는 그래픽의 밝기 문제로 인해 OLED로 가는 과도기임
- 조도 센서를 사용하여 실제 광원 정보를 반영 후 가상객체를 합성하면 더욱 자연스러운 합성이 가능함
 - Google AR Core: 실제 빛 정보를 기반으로 가상 객체의 광원 효과를 줄 수 있는 소프트웨어
 - 앰비언트 오클루전: 현실에서 그림자와 같이 빛이 차폐된 공간에서의 가상 객체 광원 효과 적용 기술

2. AR 그래픽의 객체 공간 배치

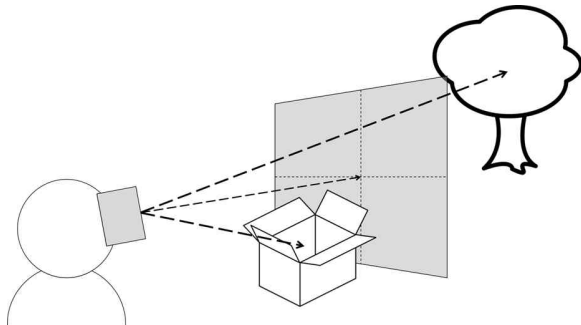
현실과 가상 객체 합성 시 자연스러운 공간감 인지를 위해 최적화된 가상 객체의 공간 배치가 필요하다.

□ 제정이유

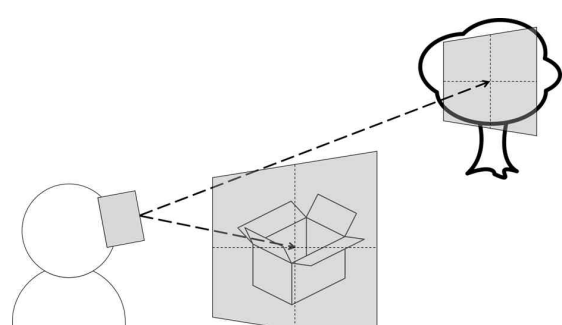
- 현재 AR 글래스의 기술은 디바이스의 광학적 화면 출력 거리에만 한정되어 가상 객체를 투사하는데, 이에 따라 두 환경(현실과 AR 그래픽) 간에 공간감 정보가 충돌하여 시각적 불편감을 호소함

□ 논의 및 권고사항

- AR의 시스템 상, 현실과 글래스를 통해 출력되는 그래픽 상의 공간감 부조화 발생
- 단안 방식의 AR 글래스의 경우, 양안요인(양안시차) 이용 불가
- 휴먼팩터적으로 논의될 수 있는 항목 중, 화각, 해상도, Frame Rate 등의 정량적인 항목에서 발생하는 문제도 있지만 이러한 항목에서 발생하는 영향이 공간감 인지 충돌에서 발생하는 부조화에 비해 영향이 크지 않음



각 위치에 따른 인간의 주시와 고정 위치의 AR 그래픽



각 위치별 인간의 주시와 이에 따른 이상적인 AR 그래픽의 추적