

# 안전한 가상현실 서비스를 위한 표준화 동향



**정상권** \_ (주)조이펀 대표이사, 실감형혼합현실기술포럼 운영위원장  
**이범철** \_ TTA 디지털콘텐츠 프로젝트그룹(PG610) 부의장,  
 ETRI 책임연구원, IEEE 3079 TG2 의장

## 1. 머리말

안전한 가상현실 콘텐츠 서비스를 위해서는 가상 현실 콘텐츠를 경험하는 사용자가 겪을 수 있는 가상현실 멀미를 어떻게 저감하고 제어할 수 있는가 하는 문제가 가상현실 산업의 지속적인 성장 발전을 위해서 풀어야 하는 핵심적인 요소라고 할 수 있다. 머리 장착형 영상 장치(HMD, Head Mounted Display) 기반 가상현실 콘텐츠의 성격상 극대화된 몰입감, 시공간의 초월 등 사용자에게 제시되는 새로운 경험 확대라는 서비스 강점으로 인하여 엔터테인먼트, 교육 및 의료 등 다양한 분야에서 가상현실 콘텐츠는 필수적인 활용 분야로 자리매김하고 있다. 이러한 산업 여건의 확장과 함께 안전한 가상현실 서비스에 대한 요구는 더욱 증대되고 있으며, 이를 위한 가상현실 콘텐츠 서비스의 운영 환경, 멀미 저감형 가상현실 콘텐츠 제작 방안 및 가상현실 멀미 분석 환경 구축 등 산업계 적시 적용 가능한 표준화 활동이 더욱 활발해지고 있는 추세이다. 또한, 가상현실 멀미의 객관적 주관적 평가 방법에 대한 관심과 가상현실 콘텐츠에 대한 가상현실 멀미도(VRSL)의 등

급화 등 서비스 개선을 위한 노력이 확대되고 있다.

사용자에게 안전한 서비스를 제시하기 위한 대표적인 구현 사례로는 머리 장착형 영상 장치 기반의 가상현실 콘텐츠를 제작 단계에서부터 사용자가 겪을 수 있는 가상현실 멀미를 저감하기 위한 제작 지침이 표준으로 제시된 바 있다[1]. 제한된 공간 안에서 워킹하면서 진행되는 일인칭 슈팅 게임 장르의 가상현실 콘텐츠를 구동할 때 사용자의 시각 반응의 특성을 이용함으로써 제한된 실제 공간 안에서 타 사용자와 충돌 방지 및 실 공간 대비 가상 공간 확장 효과를 제시할 수 있는 방안들이 활발히 연구되고 있다[2][3]. 또한 가상현실 게임의 안전 가이드 연구를 통해 가상현실 게임 콘텐츠를 경험하는 사용자의 콘텐츠 구동 환경의 안전성 기준을 제시한 바 있으며[4], 교육 분야에서 활용되는 가상현실 콘텐츠 사용자의 안전한 활용을 위한 기준 제시[5]와 함께, 가상현실 콘텐츠를 응용하는 의료기기의 허가 및 심사를 위한 지침을 발표한 바 있다[6]. 그리고 ISO 국제 표준기구의 휴먼팩터 기술에 관한 표준화 활동의 일환으로 영상의 광고민성 저감을 위한 사용자 요구사항에 대한 기준이 표준안으로 마련된 바 있다[7].

본고에서는 안전한 가상현실 표준화 동향 중 대표적인 표준안에 대하여 소개한다. 먼저 가상현실 서비스의 위험 상황 인식 및 경고 시스템에 관한 표준에 대하여 언급하고, 멀미 저감형 가상현실 콘텐츠를 제작 관점에서 고려해야 하는 지침 내용을 설명한다. 그리고 가상현실 콘텐츠의 멀미에 대한 분석 및 평가를 위한 프레임워크에 대한 표준안에 대하여 살펴보기로 한다.

## 2. 안전한 가상현실 표준 동향

### 2.1 가상현실 서비스 경고 시스템

가상현실 콘텐츠 서비스를 이용하기 위해서 일반적으로 사용하는 머리 장착형 영상 장치는 사용자의 완전한 몰입을 가능하게 하지만, 한편으로는 시각적으로 외부를 전혀 인지하지 못하는 상황이 발생하게 된다. 따라서 머리 장착형 영상 장치 기반 가상현실 콘텐츠를 구동하는 동안 사용자는 외부 환경 및 다른 가상현실 사용자와 충돌 등 예기치 못한 위험에 노출될 가능성이 높다. 본 표준에서 제시하고자 하는 것은 머리 장착형 영상 장치 기반의 가상현실 콘텐츠 사용자에게 몰입감뿐만 아니라 시정 안정성을 제공할 수 있도록 가상현실 콘텐츠를 경험하는 동안 외부 구동 환경에 대한 주변 감지 방법과 사용자의 외부 위험요인을 파악하여 사전에 경고할 수 있도록 하는 것이다[8]. <표 1>은 사용자가 머리 장착

형 영상 장치 기반 가상현실 콘텐츠를 구동하는 동안의 물리적 안전거리 확보를 위한 항목을 나타내고 있다.

가상현실 콘텐츠 서비스 구동에 대한 주변 상황 감지를 통해 위험 상황으로 판단될 경우 사용자에게 음성 혹은 영상 신호를 이용하여 사용자가 인지할 수 있도록 경고 시스템을 작동할 수 있는 방법을 제시한다. 사용자를 중심으로 잠재적 위험 상황인지 심각한 위험 상황인지를 판단하는 방법을 제시하고 있으며, 잠재적 위험 상황인 경우 음성 신호 또는 영상 신호 중 콘텐츠 사용에 지장을 주지 않는 방식으로 표현하게 된다. 심각한 위험으로 판단되는 경우는 음성 신호와 영상 신호를 모두 사용함으로써 사용자가 위험을 즉각적으로 인지하고 안전을 확보할 수 있도록 한다.

### 2.2 멀미 저감 콘텐츠 제작 지침

머리 장착형 영상 장치 기반 가상현실 콘텐츠 제작 환경에 있어서 가상현실 멀미를 저감하기 위한 다양한 방안이 제시되고 있다. 멀미 저감형 가상현실 콘텐츠를 개발하기 위하여 사용자, 디자이너 및 개발자가 참조할 수 있는 기본 지침의 필요성이 증대되고 있다. 가상현실 콘텐츠를 경험하는 사용자의 관점에서 콘텐츠의 몰입감을 유지하면서 가상현실 멀미를 조절하기 위한 노력은 가상현실 산업의 지속적인 성장 발전을 위해서 반드시 해결해야 할 문제점

<표 1> 물리적 안전 확보를 위한 항목[8]

항목	내용
절대적 안전거리	사용자로부터 반경 1m 이상
상대적 안전거리	주변 물체와 사용자 간의 상대 속도에 의해서 가까워지는 거리가 초당 1m 이상일 때, 5미터 이상
절대적 위험 물체	곡률이 2mm 이하인 날카로운 물체
상대적 위험 물체	사용자를 중심으로 반경 2m 이내에서 2m/sec 이상의 속도로 접근하는 물체

중 하나로 평가되고 있다. 가상현실 멀미를 저감하기 위한 방안은 가상현실 콘텐츠의 개발 및 구동환경 뿐만 아니라 사용자의 휴먼팩터 관점 등 다양한 관점을 고려하여 제시되어야 한다. 특히 가상현실 콘텐츠의 연출자 관점에서 멀미를 저감할 수 있는 360도 영상 구성 방안이 고려되어야 한다. 또한 가상현실 콘텐츠의 영상 제작 및 획득, 그리고 머리 장착형 영상 장치의 하드웨어 파라미터의 관점에서 멀미 저감을 위한 방안을 구분하여 제시할 필요가 있다. 이와 같이 다양한 관점을 다루는 이유는 가상현실 멀미의 원인과 결과에 기여하는 다양한 파라미터를 고려하는 것이 보다 효과적인 방법으로 가상현실 멀미를 저감하거나 제어할 수 있기 때문이다. [그림 1]은 멀미 저감을 위한 가상현실 콘텐츠 제작을 위한 방안을 콘텐츠, 머리 장착형 영상 장치, 휴먼팩터, 영상획득 및 콘텐츠 구동 등 4가지 파라미터별로 구분하고 각 파라미터에 해당하는 제작 지침을 포함했다[9].

### 2.2.1 콘텐츠

콘텐츠 제작에 관련된 파라미터 중에 가상 카메라 움직임 최적화 기준은 가상현실 콘텐츠 제작 시 가상 카메라의 가속 움직임(전후/좌우 이동, 줌, 회전)은 가능한 한 빈도수가 낮도록 하고 일정한 이동속

도로 움직이기를 권장한다. 장면 복잡도 최적화는 가상현실 콘텐츠를 구현할 때 가상현실 공간을 구성하는 영상의 텍스처와 공간 주파수 성분이 포함된 배경 영상의 복잡도를 가능한 한 낮추도록 해야 한다. 시야각 조정 기준은 가상 카메라 화각을 고정된 디스플레이 화각에 일치시키도록 한다. 감각 불일치 동기화 기준의 경우 가상현실 콘텐츠 촬영 및 후반 작업 시 스티칭 오류를 최소화하기 위해 카메라 배치, 렌즈 왜곡, 카메라 싱크 등을 알맞게 조절해야 한다. 또한, 가상현실 콘텐츠 구동 시 사용자 인터페이스를 사용자의 머리 움직임에 따라 진행하도록 구성함으로써 감각 불일치를 줄일 수 있다. 사용자 인터페이스를 사용하는 경우에는 3차원 객체화를 시켜 가상현실 콘텐츠의 3차원 공간상에 배치할 것을 권장한다. 옵티컬 플로우는 가상현실 멀미도 평가를 위한 객관적인 측정 수단으로 활용할 수 있으며, 가상현실 콘텐츠의 영상으로부터 화면 복잡도를 표현할 수 있다. 가상현실 충실도는 가상현실 콘텐츠와 현실 간의 차이를 가능한 한 줄일 수 있는 방향으로 가상현실 콘텐츠의 영상을 구현해야 한다. 프레임 레퍼런스는 가상현실 멀미가 심하게 발생할 수 있는 가상현실 콘텐츠의 영상 변화와 상관없이 일정하게 제시되는 고정된 객체를 제시할 수 있도록 권고한다.

콘텐츠	머리 장착형 영상 장치	휴먼팩터	영상획득 및 콘텐츠구동
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가상 카메라 움직임 최적화</li> <li>· 장면 복잡도 최적화</li> <li>· 시야각 조정 기준</li> <li>· 감각불일치 동기화 기준</li> <li>· UI배치 기준</li> <li>· 옵티컬 플로우</li> <li>· 가상현실 충실도</li> <li>· 프레임 레퍼런스</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지연시간 최적화 기준</li> <li>· 프레임률 최적화 기준</li> <li>· 스테레오스코픽 3D영상 최적화</li> <li>· 해상도 최적화</li> <li>· 디스플레이 타입</li> <li>· 화면 감박거림 최적화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 성별 및 연령 기준</li> <li>· 사전 경험 기준</li> <li>· 멀미 민감도</li> <li>· 가상현실 경험의 인내력</li> <li>· 가상현실 멀미의 제어력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 스티칭 최적화 기준</li> <li>· 리그 구성 기준</li> <li>· 사운드 기준</li> <li>· 모션플랫폼 동기화 기준</li> <li>· 수직 동기화</li> <li>· 임상 프로토콜</li> </ul>

[그림 1] 멀미 저감을 위한 가상현실 콘텐츠 제작 고려 사항[9]

### 2.2.2 머리 장착형 영상 장치

머리 장착형 영상 장치와 관련된 지침 중 지연시간 최적화 기준은 가상현실 지연시간을 가능한 한 20ms 이하로 유지해야 함을 제시하고 있다. 프레임률 최적화 기준은 가상현실 콘텐츠 프레임률을 가상현실 머리 장착형 영상 장치의 재생률에 동기화되도록 하기 위한 기준이다. 가상현실 콘텐츠 중 영상 기반인 경우 30fps, 그래픽 기반인 경우 90fps 이상을 권장한다. 스테레오스코픽 3차원 영상 최적화 기준은 머리 장착형 영상 장치 기반 가상현실 콘텐츠를 제작할 때 수직, 틸팅, 스케일 불일치 등의 구조적 오류가 없도록 해야 한다는 것이다. 해상도 최적화 기준으로는 가상현실 콘텐츠는 사용자의 시력과 머리 장착형 영상 장치의 하드웨어 파라미터를 기반으로 최소한 4K급을 유지하도록 해야 한다. 디스플레이 타입의 경우 가상현실 콘텐츠의 멀미도 평가 기준을 머리 장착형 영상장치를 기반으로 한다. 화면 깜빡거림 최적화는 가상현실 콘텐츠를 제작할 때 그래픽스 효과에 의한 가상현실 스크린 상의 깜빡거림 효과를 최소화하도록 권장한다.

### 2.2.3 휴먼팩터

사용자 휴먼팩터 파라미터의 경우 성별 및 연령 기준은 MSSQ 설계와 조사에 성별과 연령대를 반영해야 한다. 사전 경험 기준은 MSSQ 설문 조사를 통하여 사용자의 가상현실 콘텐츠에 대한 사전 경험과 경험의 수준에 대하여 고려해야 한다. 멀미 민감도는 MSSQ 조사 시 멀미에 대한 사용자 개인의 민감도를 반영한다. 가상현실 경험의 인내력은 MSSQ 조사에 있어서 가상현실 콘텐츠 경험을 견딜 수 있는 개별 사용자의 강인성 정도를 고려하기 위한 것이다. 가상현실 멀미의 제어력은 MSSQ 조사에 있어서 가상현실 콘텐츠의 개인적인 가상현실 멀미 제어 레벨을 고려해야 한다.

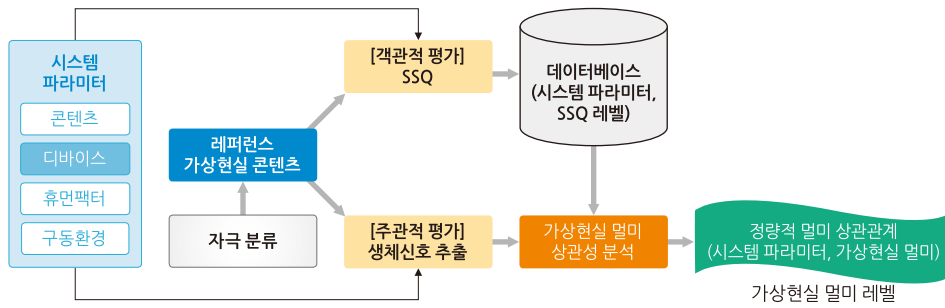
### 2.2.4 영상획득 및 콘텐츠 구동

영상 획득 및 콘텐츠 구동 환경에 대한 기준의 경우 스티칭 최적화 기준은 가상현실 콘텐츠 촬영 및 후반 작업 시 스티칭 오류의 최소화를 위해 카메라 배치, 렌즈 왜곡, 카메라 싱크 등을 조종하기 위한 것이다. 리그 구성 기준은 360도 가상현실 실사 콘텐츠 제작 시 카메라 간 간격을 무시차 지점에 근접하도록 리그 시스템을 구성하도록 한다. 사운드 기준은 사용자의 머리가 움직이는 방향에 맞추어 사운드의 위치를 조정할 것을 권장한다. 모션플랫폼 동기화 기준은 모션 플랫폼 탑승 사용자의 신체 움직임과 시각적 경험 간의 동기화를 위해 가상현실 입력과 가상현실 모션 출력 간의 전달 지연 시간을 150ms 이하로 유지할 수 있도록 권장한다. 수직 동기화의 경우 가상현실 콘텐츠의 구동을 최적화하기 위해서는 수평동기화를 OFF로 세팅한다. 임상 프로토콜은 시험자의 과거 최악한 경험을 반영하여 평가할 수 있도록 MSSQ를 적용하고, 주관적인 가상현실 멀미도는 SSQ를 적용하여 가상현실 멀미 증상에 기반하여 기록한다.

## 2.3 가상현실 멀미 측정 프레임워크

가상현실 콘텐츠의 멀미 및 피로도에 대한 평가 및 분석 프레임워크는 가상현실 휴먼팩터 파라미터와 가상현실 멀미 증상 간의 상관관계를 정량화하기 위한 구성 체계를 포함하게 된다. [그림 2]에서는 가상현실 멀미도의 분석과 평가를 위한 프레임워크에 대한 동작 처리 절차와 처리 방법에 대한 흐름도를 제시하고 있다[10].

가상현실 멀미 예측을 위한 임상 측정 프레임워크는 다음과 같은 구성 요소를 포함한다. 레퍼런스 가상현실 콘텐츠의 구성 방법은 가상현실 멀미를 시험하고 측정하기 위해서는 가상현실 콘텐츠의 영상 구성을 통하여 가상현실 멀미도의 변화를 측정하기 위



[그림 2] 가상현실 멀미도의 분석 및 평가를 위한 프레임워크[10]

한 객관적인 기준을 세워 가상현실 콘텐츠를 레퍼런스화 하여 제작할 필요가 있다. 이때 가상현실 콘텐츠의 영상 구성을 통하여 미미한 가상현실 멀미도부터 심각한 어지럼증과 구토를 유발할 정도의 강한 멀미도까지를 단계적으로 측정할 수 있는 기준을 제시할 수 있어야 하며, 이러한 기준을 반영한 가상현실 콘텐츠를 구현해야 한다. 기존 가상현실 콘텐츠를 활용하여 케이스 스터디 형태의 기준 콘텐츠로도 활용가능하다.

사용자에게 제시되는 자극의 분류 기준에 따라 레퍼런스 가상현실 콘텐츠의 구현에 반영되어야 하며, 이러한 분류 기준을 활용하여 멀미도의 객관적인 평가 척도를 구분할 수 있어야 한다.

시스템 파라미터에 포함되는 요소는 가상현실 콘텐츠 관련 요소, 가상현실 콘텐츠의 디스플레이 장치에 관련되는 요소, 사용자의 개인화와 관련된 인지/심리적인 요소, 그리고 가상현실 콘텐츠의 체험 환경 및 가상현실 콘텐츠 영상의 획득과 관련된 요소를 포함할 수 있다. 이러한 가상현실 콘텐츠의 멀미도를 평가하고 분석하기 위한 시스템 파라미터 구성 요소는 객관적/주관적 평가 방법에 따라 처리하게 된다. 주관적인 방법으로 가상현실 콘텐츠의 평가 및 분석 방법으로 활용되는 데이터는 사용자의 주관적인 의견을 반영하는 사용자에게 직접 설문 등의

방법을 적용할 수 있다. 주관적인 평가의 절차는 가상현실 콘텐츠의 경험 전, 후 및 경험 과정에서 진행할 수 있다. 객관적인 가상현실 콘텐츠의 평가 및 분석 방법으로 활용되는 데이터는 가상현실 콘텐츠를 경험하는 과정에서 측정되는 사용자의 생체신호를 활용할 수 있으며, 또한 가상현실 콘텐츠 영상 자체의 변화량을 고려한 별도의 측정방법을 정의하여 진행할 수 있다.

주관적인 또는 객관적인 평가 및 분석 결과에 따라 생산되는 임상 시험 데이터베이스를 축적할 수 있으며, 이 데이터베이스의 유효성 검증을 통하여 레퍼런스 데이터베이스를 구축할 수 있다.

시스템 파라미터 구성 요소와 사용자가 경험하는 가상현실 콘텐츠에 대한 멀미 증상 간의 상관성을 정량화하기 위한 방법을 적용할 수 있으며 이를 위한 절차를 정의할 수 있다. 상관성 분석 방법으로는 통계적인 방법 또는 머신러닝 알고리즘 이용 방법을 적용할 수 있다. 시스템 파라미터 구성 요소와 가상현실 멀미와의 상관성을 종합적으로 판단하여 레퍼런스 가상현실 콘텐츠의 멀미에 대한 기준치를 제시할 수 있어야 한다. 이를 가상현실 멀미도로 정의하고, 적용 범위는 가상현실 콘텐츠 전체에 대한 평가 기준과 가상현실 콘텐츠를 구성하는 스테이지, 신(Scene) 별로 평가하는 기준으로 활용될 수 있다.

가상현실 콘텐츠에 대한 사용자 경험에 대하여 가상현실 멀미도를 평가 및 분석하기 위해서 임상 시험의 구성 및 시험 방법을 정의할 수 있어야 한다. 임상 시험에 임하는 사용자에게는 반드시 임상연구에 참여하는 연구대상자의 권리, 안전, 복지를 위하여 인간을 대상으로 하는 모든 생명과학연구의 윤리적, 과학적 측면을 심의하여 연구계획을 승인할 수 있는 독립된 상설위원회인 임상시험심사위원회(IRB, Institutional Review Board)의 허가를 얻어야 한다.

사용자의 개인특성 반영은 가상현실 콘텐츠에 대한 멀미도 평가 및 분석에 필수적인 요소이며, 사용자의 멀미에 대한 민감도 및 과거 경험치를 반영함으로써 임상시험 결과에 대한 보다 정교한 분석과 해석이 가능하게 된다. 기존 운송수단에 의한 멀미 측정 연구의 기준이 되는 평가 설문 방법의 가상현실 콘텐츠에 특화된 멀미 평가를 위한 기준에 대한 정의가 필요하다.

### 3. 맺음말

본고에서 다룬 안전한 가상현실 콘텐츠 서비스를 제공하기 위한 국내외 표준들은 실감형혼합현실기술포럼에서 다루어진 것들이다. 산업체들을 기반으로 한 포럼의 특성상 안전한 산업적 활성화 측면과 가상현실 콘텐츠를 경험하는 사용자의 측면을 우선적으로 고려한다. 이때 해결해야 하는 가장 중요한 문제 중 하나는 가상현실 멀미 저감을 위한 구체적인 실행 방안과 가상현실 콘텐츠 서비스 구동 환경의 안정성 확보라고 할 수 있다. 이를 위한 표준안으로써 가상현실 서비스 경고 시스템, 멀미저감형 가상현실 콘텐츠 제작 지침 및 가상현실 멀미·분석 평가를 위한 프레임워크 표준에 대해 살펴보았다. 안전한 가상현실 콘텐츠 서비스를 위해서는 가상현실 콘텐

츠의 장르별 활용 분야별 특화된 기준이 필요하다고 하겠다. TTA

### [참고문헌]

- [1] 이법렬, 남승우, 오희석, 손욱호, 정상권, '멀미저감을 위한 머리 장착형 영상 장치 기반 가상현실 콘텐츠 제작 지침', TTA Journal Vol.175, pp. 88-94, 2018.2.
- [2] Qi Sun et. al., 'Towards Virtual Reality Infinite Walking: Dynamic Saccadic Redirection', ACM Trans. Graph. Vol.37, No.4 Aug. 2018.
- [3] Eike Langbehn et. al., 'In the Blink of an Eye - Leveraging Blink-Induced Suppression for Imperceptible Position and Orientation Redirection in Virtual Reality', ACM Trans. Graph. Vol.37, No.4 Aug. 2018.
- [4] 한국콘텐츠진흥원, '가상현실게임 안전 가이드 연구', 2018.4.
- [5] 에듀테크표준화포럼, '교육용 가상현실, 혼합현실 콘텐츠 활용 가이드라인 V2.0(IMS KR 1014-2)', 2018.12.1.
- [6] 식품의약품안전처, '가상·증강현실(VR·AR) 기술이 적용된 의료 기기의 허가·심사 가이드라인(민원인 안내서)', 2018.6.
- [7] ISO 9241-391:2016(E), 'Ergonomics of Human System Interaction - Part 391:Requirements, analysis and compliance test methods for the reduction of photosensitive seizures', 2016.2.1.
- [8] TTA, '안전한 가상현실 서비스를 위한 주변감지와 경고 시스템 (TTAK.KO-10.1116)', 2018.12.19.
- [9] TTA, '멀미 저감을 위한 머리 장착형 영상 장치 기반 가상현실 콘텐츠 제작 지침(TTAK.KO-10.1030/R1)', 2018.12.19.
- [10] TTA, '가상현실 콘텐츠의 멀미 및 피로도에 대한 평가 및 분석 프레임워크(TTAK.KO-10.1104)', 2018.12.19.

### [주요 용어 풀이]

- MSSQ(Motion Sickness Susceptibility Questionnaire): 사용자가 경험하는 멀미 민감도에 대한 설문조사 방법임. 사용자의 연령, 사전 경험 등 후면팩터 정보를 포함
- SSQ(Simulator Sickness Questionnaire): 시뮬레이터 환경에 대한 사용자의 경험 시 느끼는 멀미 현상에 대한 설문조사 방법임. 보통 사용자가 느끼는 멀미 현상으로는 일반적인 불편감, 피로감, 두통, 눈 피로, 초점 흐림, 타액 분비 증가, 땀, 구토감, 집중 장애, 머리 팽만감, 시야 흐림, 어지럼증, 위 불편, 트림 등이 있음.
- VRSL(Virtual Reality Sickness Level): 가상현실 콘텐츠를 경험하는 사용자가 겪을 수 있는 구토감, 눈의 피로, 어지럼증 등의 현상인 가상현실 멀미의 유발 정도를 나타내는 등급 규정