Transportation Research Part F 62 (2019) 716–726

Contents lists available at ScienceDirect

Transportation Research Part F

journal homepage: www.elsevier.com/locate/trf

자동차 멀미에서 자율 주행 자동차 멀미까지: 리뷰

Julie Iskander , Mohammed Attia, Khaled Saleh, Darius Nahavandi, Ahmed Abobakr, Shady M ohamed, Houshyar Asadi, Abbas Khosravi, Chee Peng Lim, Mohammed Hossny

보혐능형 시스템 연구 및 혁신(IISRI), Deakin University, 호주 트랄리아

기사 정보

기사 내역: 2018년 12월 3일 접수, 2019년 2월 20일 수정된 형태로 접수, 2019년 2월 28일 승인, 2019년 3월 18일 온라인에서 제공

키워드: 멀미 완전 자율 주행 차 사용자 경험 차량 내 생태계 인포테인먼트

추상적인

멀미는 메스꺼움, 두통, 방향 감각 상실과 같은 일련의 증상으로, 가상 운동을 포함한 다양한 유형의 운동을 할 때 건강한 개인에게 영향을 미칩니다. 멀미를 완화하는 방법은 인체 측정학적, 신체적, 생리적 특성으로 인해 개인 간의 다양성에 크게 의존하기 때문에 논란의 여지가 있는 문제이므로 보편적인 솔루션을 식별하고 도출하기 어렵습니다. 자율 주행차의 도입으로 자동차를 탈 때 유발되는 멀미인 자동차 멀미에서 자율 주행차를 탈 때 발생하는 자율 주행차 멀미로 이동하고 있습니다. 완전 자율 주행차의 발전을 보장하려면 승객에게 편안한 경험을 제공해야 합니다. 자율 주행차의 수용에 영향을 미치는 중요한 요소는 승객이 멀미 증상이 전혀 없거나 제한적인 상태에서 편안한 스타일로 독서, 휴식 및/또는 사교와 같은 비운전 작업을 수행할 수 있는 능력입니다. 운전 중에는 멀미를 겪지 않는 운전자도 자율주행차에 탑승한 승객은 감각적 갈등 외에도 차량의 조종성 부족으로 인해 멀미를 겪을 수 있습니다. 따라서 자율주행차 멀미의 원인에 대한 심층적인 조사가 필요합니다. 이 논문에서는 멀미의 '어떻게'와 '왜'를 설명하는 다양한 이론을 제시한 다음 이러한 요소가 자율주행차 멀미에 적용되는지 논의합니다. 자율주행차 멀미를 제한하는 데 사용할 수 있는 다양한 멀미 예측 변수의 적용도 논의하고 자율주행차 멀미를 완화하는 실행 가능한 솔루션을 제공하는 프레임워크를 제안합니다.

1. 서론

자율 주행차(AV)는 우리 삶에 침투하고 있으며 곧 도시가 건설되고 관리되는 방식에 혁명을 일으킬 것입니다.AV는 감지, 컴퓨팅, 추적 및 제어(Elbanhawi, Simic, & Jazar, 2015)의 최신 기술로 구동됩니다.컴퓨터 비전, LIDAR(Light Detection and Ranging), 레이저 및 소나 기술을 사용하여 장애물을 감지하고 회피하는 것부터 관성 측정 장치 및 GPS를 사용하여 위치를 파악하는 것까지 Van Brummelen, O ' Brien, Gruyer 및 Najjaran(2018)까지 다양합니다.이러한 기술은 도로를 더 안전하고 녹색이며 연료 효율적으로 만들어 도로 사고를 예방하는 데 기여하며, 특히 도로 사고의 상당 부분을 차지하는 인적 오류(Bureau of Infrastructure, 2015)를 예방하는 데 기여합니다.또한 AV는 더 이상 주차 공간을 찾는 데 시간을 낭비하지 않아도 되므로 도시 운전자에게 좋은 소식입니다.

그러나 AV는 일상생활에 자리 잡기 전에 극복해야 할 여러 가지 과제에 직면합니다. 신뢰는 엄청난 과제입니다. 보행자나 다른 운전자와 같은 도로 이용자와 AV 승객(Saleh, Hossny, &

연락 저자. 이메일 주소: j.iskanderistafanos@deakin.edu.au (J. Iskander)

https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.02.020
1369-8478/

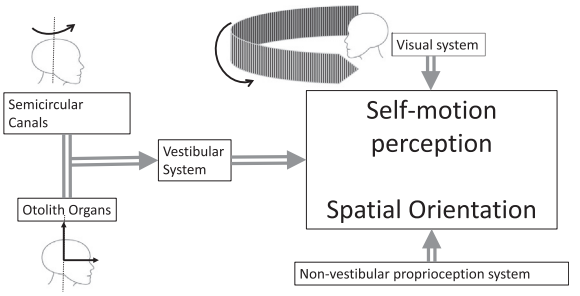

그림 1. 자기 운동의 지각을 제공하는 다양한 시스템 간의 상호작용에 대한 설명. 반원관과 이석기관으로 표현되는 전정계는 목의 회전 운동과 평행이동 운동을 구분합니다. 눈은 넓은 시야의 움직임에 의해 자극을 받습니다. 운동 제어 명령 외에도 비전정 고유 감각 입력은 공간적 방향 감각에 기여합니다. 이러한 결합된 시스템 간의 불일치 또는 정렬 불량은 멀미 증상을 유발할 수 있습니다(Iskander et al., 2018; Bertolini & Straumann, 2016).

Nahavandi, 2017)은 여전히 연구 커뮤니티에서 연구 중입니다. 또 다른 과제는 승객의 편안함입니다. 한 번 운전하는 사람이 통제권을 포기할 때 얼마나 편안할 수 있는지는 여전히 많은 운전자에게 주요 관심사입니다. 이 논문에서는 완전 자율 주행 차량에서 유발될 수 있는 멀미에 초점을 맞춥니다. 이를 자율 주행 자동차 멀미라고 합니다.

인간은 세 가지 공간 정보 출처(Donohew, 2006; Howard & Templeton, 1996; Mergner, Hlavacka, & Schweigart, 1993)를 사용하여 공간적 틀과 관련하여 움직임을 조직합니다. 청각 정보를 제외한 출처는 (1) 몸통과 사지에서 파생된 고유 감각 입력, (2) 머리의 위치를 지정하는 전정 입력, (3) 시각적 틀을 설정하는 시각적 입력입니다. 이 세 가지 감각 시스템은 서로에 대한 지속적인 조정과 정렬에 의존하는 세 가지 공간 참조 시스템을 생성하는 것으로 볼 수 있습니다(Donohew, 2006; Howard & Templeton, 1996; Mergner et al., 1993). 그림 1에서 볼 수 있습니다.

지각적 적응(Howard & Templeton, 1996)은 세 시스템이 서로에 대해 끊임없이 정렬되고 보정되는 메커니즘의 효과를 나타냅니다. 한 유형의 입력과 다른 유형의 입력 간의 불일치와 상관관계 실패는 충돌하는 시스템을 다시 정렬해야 하는 즉각적인 필요성을 생성합니다. 이러한 결합된 시스템에 대한 동작으로 인한 교란은 1881년 Irwin(1881)이 '멀미'라는 용어로 만들어낸 일련의 증상을 유발합니다.

멀미가 발생하는 이유에 대한 질문은 아직 확실하게 답이 나오지 않았지만, 비자연스러운 환경에 대한 자연스러운 반응이라는 점만은 확실합니다(Diels, Bos, Hottelart, & Reilhac, 2016; Reason, 1978). 멀미가 발생하는 방식에 대한 설명은 여러 가지가 있습니다. 여기에는 감각 갈등 이론(Reason, 1978), 진화 이론(Treisman, 1977) 및 자세 불안정성 이론(Stoffregen & Smart, 1998)이 포함됩니다.

멀미에 대한 연구는 19세기로 거슬러 올라가지만, AV 기술의 새로운 발전을 고려할 때 여전히 재검토가 필요합니다. 이 논문에서는 멀미를 완화하기 위한 다양한 이론, 방법 및 전략을 연구하고 이러한 연구 결과를 현대 AV에 어떻게 통합할 수 있는지 분석합니다. 이 연구의 범위는 완전 자율 주행차에 초점을 맞춥니다. 이는 국가 고속도로 교통 안전 관리국(NHTSA) 자율성 지수(Saleh et al., 2017)에 따르면 레벨 4 자율성(스티어링 휠 없음)으로 분류됩니다. 따라서 우리는 인간 참여(HITL) 또는 인간 참여(HOTL) 시나리오를 고려하지 않습니다. 우리는 승객과 차량의 입력을 사용하고, 그에 따라 차량 내 환경을 변경하여 승객의 경험을 향상시키고 멀미를 완화하는 멀미 회복 프레임워크를 제안합니다. 멀미를 줄이는 데 있어 자동차 환경 디자인의 영향은 Diels와 Bos(2016)에서 논의되었습니다. 그러나 제안된 프레임워크는 멀미를 완화하기 위해 차량 내 환경 디자인을 사용하는 데만 의존하지 않고 차량 내 환경을 실시간으로 조정하는 것도 포함합니다. 제안된 프레임워크에는 게임, 앱 또는 동영상 클립인지 여부에 관계없이 승객에게 표시되는 미디어 유형을 제어하는 인포테인먼트 구성 요소가 포함되어 있습니다. 인포테인먼트 구성 요소는 자동차 제조업체가 아닌 정보 기술 회사에서 제공합니다.

이 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성되어 있습니다. 2절에서는 다양한 유형의 멀미를 설명합니다. 3절에서는 멀미를 설명하는 이론을 요약합니다. 4절에서는 멀미 감지 방법을 나열합니다. 5절에서는 멀미를 완화하는 데 사용되는 전략을 논의합니다. 6절에서는 자율 주행 멀미 완화를 위한 다양한 방법을 통합하는 잠재적인 접근 방식을 분석합니다. 7절에서는 프레임워크의 다양한 구성 요소에 대한 논의와 함께 잠재적인 차량 내 멀미 회복 프레임워크를 제안합니다. 결론은 8절에 제시되어 있습니다.

2. 멀미의 종류와 자율주행차

오늘날 멀미는 여행 중에만 발생합니다. 실제 및 시뮬레이션된 동작의 대체 유형이 등장하면서, 사람들은 가상 환경에서 시각적으로 움직이는 장면이나 시뮬레이션된 동작에 의해 유발되는 다양한 유형의 멀미를 경험하거나 비행 또는 운전 시뮬레이터와 같은 다양한 시뮬레이터를 사용할 때 멀미를 경험합니다. AV는 운전자에게 멀미의 또 다른 원인이 되며, 일반 자동차에서는 멀미에서 벗어날 수 있습니다.

2.1. 시각 유도 멀미(VIMS)

Vection은 물리적 운동이 없는 상태에서의 자기 운동 감각으로, 원형 vection이라고도 합니다(Dichgans & Brandt, 1973). Vection은 움직이지 않는 관찰자가 관찰하는 회전하는 큰 시야에 의해 유발됩니다. 이는 일반적입니다. 예를 들어,

정지한 기차에서 지나가는 기차를 관찰할 때. 자체 모션 환상은 항상 움직이는 장면과 반대 방향에 있습니다. Vection은 시각적으로 유도된 멀미(VIMS)의 일반적인 전제 조건으로 보고되었습니다(Keshavarz, Hecht, & Lawson, 2014). 그러나 vection은 VIMS 없이도 발생할 수 있는데, VIMS는 물리적 움직임이 아닌 움직이는 장면을 볼 때 유발되는 일종의 멀미입니다. 또한 VIMS는 물리적 움직임이 없거나 제한된 상태에서 발생합니다. Vection은 시뮬레이터와 가상 환경에서 원하는 동작 환상을 만들어내는 데 유용합니다. 그러나 VIMS는 안전하고 편안한 몰입형 경험을 보장하기 위해 완화해야 하는 부작용이 됩니다. AV에서는 물리적 움직임이 있기 때문에 VIMS가 그럴 듯하지 않습니다. 그러나 몰입형 경험이 멀미를 완화하는 방법이나 심지어 오락을 위해 사용되는 경우, 감각적 갈등을 피하기 위해 가상 환경에서 제시되는 움직이는 장면과 차량의 움직임 사이에 매우 정확한 동기화가 필요합니다(Hettinger & Riccio, 1992). 어떠한 변동도 불편함과 멀미의 위험을 증가시킵니다. 사실, AV의 주요 문제 중 하나는 외부 세계의 시각적 입력이 없기 때문에 진동이 없다는 것입니다.

2.2. 시운동성 멀미(OKMS)

시운동성 안구 운동 시스템은 지속적인 저주파 머리 움직임 동안 망막에 이미지를 고정하는 것과 관련이 있습니다(Leigh & Zee, 2015). 안진은 비자발적이고 빠르고 반복적인 눈의 움직임을 수반하는 반면, 시운동성 안진은 큰 시각적 장면의 움직임에 의해 유발되는 반사로, 이는 진동과 VIMS를 생성합니다. OKMS는 머리가 시각적 장면에 대해 회전 축에서 기울어질 때 유발됩니다(Dichgans & Brandt, 1973). 이는 의사 코리올리 효과(PCE) 때문입니다. 코리올리 효과(CE)는 신체 회전 중 머리 기울임으로 인해 발생하는 멀미이고(Lackner et al., 1992), 의사 코리올리 효과(PCE)는 머리 기울임으로 인해 발생하지만, 물리적 회전은 없고 지각된 자기 회전만 발생합니다. 지각된 자기 회전은 피사체가 정지해 있을 때 수직 축을 중심으로 시각적 장면이 회전하여 발생합니다(Dichgans & Brandt, 1973). 따라서 지각된 자기 운동과 머리 기울임은 PCE를 일으킬 수 있으며, 이는 가상 환경에서 멀미를 유발합니다(Iskander, Hossny, & Nahavandi, 2018). AV에서는 회전 운동이 없기 때문에 OKMS가 있을 수 없습니다. 그러나 책을 읽거나 노트북 컴퓨터를 사용할 때 머리를 아래로 기울이면 CE가 발생할 수 있습니다.

2.3. 뱃멀미, 비행기멀미, 차멀미

멀미는 진동 운동과 다양한 가속도로 인해 발생할 수 있습니다(Money, 1970). 뱃멀미와 비행기 멀미는 주로 느리게 진동하는 수직 운동으로 인해 발생하는 반면, 차멀미는 제동 및/또는 빠른 방향 전환으로 인한 다양한 수평 가속도로 인해 발생합니다(Furman & Lempert, 2016; Money, 1970). 차량(예: 선박, 비행기 또는 자동차) 운동으로 인한 신체에 대한 머리 움직임은 멀미에 걸리기 쉬운 대상에서 다른 사람보다 더 큰 것으로 나타났습니다. 결과적으로 머리를 차량에 고정하면 멀미 증상을 극적으로 줄일 수 있습니다(Money, 1970). 자율 주행차에서 사용자는 가속도 변화에 노출됩니다. 또한, 차량 운동에 비해 다른 방향으로 머리를 더 많이 움직일 수 있는 다양한 활동에 참여하는 경향이 있어 멀미 발생률이 증가합니다.

2.4. 다양한 유형의 멀미 증상

멀미는 일반적으로 두통, 창백함, 땀, 메스꺼움, 구토 및 방향 감각 상실을 특징으로 합니다(Reason, 1978). VIMS 증상, 특히 시뮬레이션 멀미 증상은 멀미와 유사하지만 덜 심각합니다(Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal, 1993). 게다가 시뮬레이션 멀미는 적은 수의 사람에게 영향을 미칩니다(Kennedy et al., 1993). VIMS 증상에는 눈 운동 장애 외에도 현기증, 피로, 창백함, 졸음, 식은땀, 메스꺼움, 구토가 포함됩니다(Lawson, 2014). 눈 운동 장애는 VIMS의 증상이지만 멀미와 관련이 없습니다(Iskander et al., 2018; Stanney & Kennedy, 1997; Stanney, Kennedy, & Drexler, 1997). Stanney et al.에서 보고된 바와 같이 (1997), 시뮬레이션 멀미는 더 많은 안구 운동 장애를 유발하는 반면 사이버 멀미는 더 많은 방향 감각 상실 증상을 유발합니다.

3. 멀미는 왜 발생하나요?

멀미가 발생하는 이유를 설명하는 이론은 세 가지가 있다. 감각 갈등 이론(Reason, 1978), 진화 이론(Treisman, 1977), 자세 불안정성 이론(Stoffregen & Smart, 1998)이다. 19세기에 Reason과 Brand(1975), Reason(1978)은 멀미를 감각 입력 간의 갈등(일명 감각 갈등 이론)으로 돌렸는데, 전정 수용체, 눈, 비전정 고유 수용체가 감지한 동작 정보가 과거 경험에 근거한 예상 정보와 어긋나는 경우이다. 이는 멀미가 우리의 기대와 다른 감각 입력에 의해 유발된다고 설명했다.

1977년 Treisman(Treisman, 1977)은 비슷한 설명을 내놓았습니다. 그러나 그의 가설은 시각, 전정 또는 고유 감각 입력에 의해 정의된 공간적 틀에서 나오는 신호 사이의 지속적인 정렬 불량에 멀미를 기인한다는 점에서 달랐습니다. 그는 이러한 정렬 불량이 멀미 증상을 유발하는 이유에 대한 질문에 진화적 접근 방식을 취했습니다. 이러한 정렬 불량은 일반적으로 운동 제어 또는 감각 입력의 장애로 인해 발생합니다.

섭취한 독소에 의해 유발됩니다.따라서 인간은 섭취한 독소를 제거하는 데 도움이 되는 조기 경보 시스템으로 증상을 개발했습니다.또한 미래의 실수를 방지하는 메커니즘을 제공합니다.구토는 섭취한 독소를 제거하기 위해 발생하는 반면 메스꺼움과 피로는 미래에 독성 물질과 마주치는 것을 피하라는 상기시키기 위해 발생합니다(Treisman, 1977).그러나 특정 유형의 운동에 노출되면 서로 다른 공간적 틀 사이에 유사한 교란과 정렬 불량이 발생하여 동일한 증상(멀미)을 유발합니다.Treisman(1977)에 따르면 이는 조기 경보 메커니즘의 우연한 부작용입니다.

Riccio와 Stoffregen(1991)은 감각 갈등 이론을 반박했습니다. 그들은 멀미가 장기간의 자세 조절 불안정성으로 인해 발생할 수도 있다고 가정했습니다. 따라서 그들의 이론은 멀미를 감각 자극보다는 행동 문제로 돌립니다. Stoffregen과 Smart(1998)는 "움직이는 방"에서 있는 피험자에게 유발된 자세 불안정성을 연구했습니다. 그들은 멀미 증상이 나타나기 전에 자세 흔들림이 증가한다는 것을 발견했습니다. 또한 움직임이나 교란이 없더라도 멀미에 민감한 피험자와 그렇지 않은 피험자의 자세 사이에 상당한 차이가 있었습니다.

멀미에 대한 내성에는 성별 간 차이도 있습니다. 여성이 남성보다 멀미에 더 취약하다는 것이 여러 연구에서 보고되었습니다(Flanagan, May, & Dobie, 2005). 자세 제어, 멀미, 성별 차이 간의 관계는 Koslucher, Haaland, and Stoffregen(2016)에서 연구되었습니다. 성별 간의 인체 측정학적 차이가 여성이 멀미에 더 취약한 이유를 설명할 수 있다는 결론이 나왔습니다. 이들의 결과는 자세 불안정성 이론(Riccio & Stoffregen, 1991)과 일치했습니다. 반면에 개인적 특성도 멀미 취약성과 상관관계가 있습니다(Bick, 1983). 이 연구는 자세 안정성이 높은 남성은 멀미에 덜 취약한 반면 여성은 유의미한 상관관계를 보이지 않는다는 결론을 내렸습니다. 이 결과는 남성만을 위한 자세 불안정성 이론과 일치하지만 여성에게는 적용되지 않았습니다. 반면에 그들은 여성의 신경증이 멀미 감수성과 유의미하게 상관관계가 있는 반면 남성에서는 그렇지 않다고 보고했습니다. 그러나 사용된 표본 크기가 15명의 남성과 15명의 여성으로 작기 때문에 결과는 결정적이지 않습니다. 성별 차이는 Matchock, Levine, Gianaros, and Stern(2008)과 Golding, Kadzere, and Gresty(2005)에서 여성의 월경 주기와 관련하여 추가로 연구되었습니다. 이 연구들은 호르몬 변동이 멀미 증상을 매개할 수 있음을 시사했습니다. 결과적으로 여성의 신경증과 멀미 사이의 상관관계는 월경 주기로 인한 호르몬 변동으로 추적될 수 있습니다.

전정 자극은 멀미가 발생하는 데 필요한 요소라는 점을 알아두는 것이 중요합니다(Cheung, Howard, & Money, 1991; Treisman, 1977). 전정계가 파괴되거나 제8신경이 절단되면 멀미가 발생하지 않습니다. 더욱이 전정계에 결함이 있을 때는 시각계만으로는 멀미를 유발할 수 없습니다. 따라서 시각과 고유 감각 입력 사이의 정렬 불량만으로는 멀미가 발생하지 않습니다. 이는 전정계가 없는 경우에만 두 감각이 느슨하게 결합되어 있다는 가정으로 이어집니다. 전정계의 중요성은 움직일 때, 즉 민감한 피험자가 신체에 비해 머리 움직임이 클 때 머리를 움직이지 않으면 멀미의 심각성이 줄어든다는 사실을 발견하여 더욱 강조되었습니다(Gordon, Spitzer, Doweck, Shupak, & Gadoth, 1996).

4. 멀미 감지

멀미 증상은 일반적으로 펜사콜라 멀미 설문지(MSQ)(Kellogg, Kennedy, & Graybiel, 1964)를 사용하여 측정합니다.시뮬레이터 멀미 설문지(SSQ)는 MSQ의 수정된 버전으로 VIMS로 인한 증상을 더 잘 측정하는 것을 목표로 합니다(Kennedy et al., 1993).그러나 두 방법 모두 경험 후 방법입니다.빠른 멀미 척도(FMS)(Keshavarz & Hecht, 2011; Reinhard et al., 2017)는 멀미를 측정하기 위한 빠르고 노출 중 척도입니다.피험자는 매분 경험한 멀미 증상에 대해 20점 만점의 구두 평가를 합니다.

멀미의 발생을 객관적인 측정을 통해 예측하기 위해 많은 발전이 이루어졌습니다. 그러나 아직 최적의 방법을 찾지 못했습니다. Shupak과 Gordon(2006)에서 언급했듯이 개선된 모델에는 성별, 연령, 성격 특성과 같은 인간 관련 특성이 포함될 수 있습니다. 멀미로 이어지는 복잡한 과정을 나타내는 단일 다변량 방정식을 사용하는 것이 제안되었습니다(Shupak & Gordon, 2006). 그럼에도 불구하고 멀미 감수성을 예측하기 위한 단일 매개변수 모델은 아직 확립되지 않았습니다(Shupak & Gordon, 2006). 다음 하위 섹션에서 논의하는 것처럼 여러 연구에서 다양한 객관적 측정이 다루어졌습니다.

4.1. 생리적 신호

타액 분비 증가는 멀미의 흔한 보고된 징후입니다. 그러나 상반된 보고도 발견될 수 있는데, 즉 타액 분비 속도가 감소하면 멀미의 심각도가 증가합니다(Shupak & Gordon, 2006). 심박수 변이도(HRV) 매개변수는 멀미에 대한 자율 신경 반응을 객관적으로 측정하는 데 도움이 되며, 멀미에 걸리기 쉬운 사람과 그렇지 않은 사람을 크게 구별합니다(Doweck et al., 1997; Yokota, Aoki, Mizuta, Ito, & Isu, 2005). 피부 전도도, 위산도(EGG), 뇌파도(EEG)(Hu et al., 1999), 심전도(ECG)(Shupak & Gordon, 2006; Warwick-Evans et al., 1987)를 포함한 기타 객관적 측정은 멀미의 심각도를 결정하는 데 개별적으로 또는 집단적으로 사용되었습니다. 그러나 특히 자율주행차 멀미의 경우 자율주행차 멀미의 발생을 감지할 수 있는 주요 요소를 식별하기 위해 더 많은 연구가 필요합니다.

4.2. 전정안구반사(VOR) 매개변수

전정-안구-반사(VOR) 요인이 연구되었고(Nachum, Gordon, Shahal, Spitzer, & Shupak, 2002), 멀미에 취약한 대상과 멀미에 취약하지 않은 대상 간의 VOR 위상 지연에 유의미한 차이가 발견되었습니다. 멀미에 취약한 대상에서는 위상 지연이 더 높았습니다. 이는 낮은 전정 반응이 멀미에 취약한 대상의 특성임을 나타냅니다. 그러나 넓은 겹치는 영역으로 인해 취약한 대상과 취약하지 않은 대상을 구별할 수 있는 정의된 값을 찾을 수 없었습니다(Nachum et al., 2002). 반면, 눈 생체역학 모델링 및 시뮬레이션(Iskander, Hossny, Nahavandi, & Del Porto, 2018)의 최근 발전은 VOR을 시뮬레이션하고 멀미 감소에 있어 차량 역학의 적합성을 평가하기 위한 테스트 베드를 제공합니다. VOR을 평가하기 위해, 전정 자동 회전 테스트(VAT)(Nachum et al., 2002) 외에도 다양한 주파수에서 사인파 고조파 가속도(SHA)(Gordon et al., 1996) 테스트가 사용되었습니다.

4.3. 자세 안정성

Smart, Stoffregen, Bardy(2002)는 자세 불안정성이 멀미와 관련이 있으며, 자세 불안정성을 측정하는 것이 멀미의 예측 인자가 될 수 있다고 밝혔습니다. 시각 및 감각 피드백이 없는 경우 자세 흔들림은 멀미와 강력하게 상관관계가 있었습니다(Owen, Leadbetter, & Yardley, 1998). 멀미에 대한 감수성이 낮은 대상은 시각적으로 유도된 동작의 영향을 받지 않는 것으로 밝혀졌습니다. 이는 그들이 자세 균형을 위해 시각적 신호가 아닌 고유 감각, 전정 신호에 의존한다는 것을 의미합니다(Yokota et al., 2005). 이는 개인적 차이와 적응 차이가 멀미에 대한 감수성에 미치는 영향을 강조합니다.

5. 멀미 완화

멀미를 완화하는 데 사용할 수 있는 약리학적으로 효과적인 솔루션이 여러 가지 있습니다. 그럼에도 불구하고, 그 중 대부분은 피할 수 없는 부작용이 있으며, 여기에는 종종 졸음과 정신 운동 성능 감소가 포함됩니다(Shupak & Gordon, 2006). 일부 솔루션은 설탕 알약이나 약초 요리법의 플라시보 효과에 의존하기도 합니다(Holtmann, Clarke, Scherer, & Höhn, 1989). 이 논문에서는 상충되는 감각 입력을 줄이고, 감각 적응을 강화하거나, 대처 메커니즘을 유도하는 심리적 요인을 촉진하여 멀미를 완화하는 비약리학적 방법에 초점을 맞춥니다.

5.1. 시각적 단서

영어: 시각적 단서라고도 하는 앵커는 자동차를 탈 때 멀미를 겪는 개인을 완화하는 데 사용되었습니다. 앵커는 개인이 집중할 수 있는 현실 세계의 정적 물체로, 기차를 타는 동안 지나가는 나무를 보거나 발레리나가 피루엣을 추는 동안 한 지점에 집중하는 것과 같습니다. 앵커는 뇌가 움직임을 인식하는 데 도움이 되므로 전정 시스템과 지각 시스템 간의 갈등을 줄입니다. 선박 시뮬레이터의 폐쇄된 객실에 투사된 인공 수평선은 뱃멀미 증상을 줄이는 것으로 나타났지만 성능을 향상시키지는 못했습니다(Tal et al., 2012). 시각적 단서는 시뮬레이터 멀미를 완화하는 데에도 유용합니다(Jeng-Weei Lin, Parker, Lahav, & Furness, 2005).

2014년, 커티스(Curtis, 2014)는 가상 현실에서 멀미를 완화하는 다양한 기술을 탐구했습니다. 그는 물리적 세계에서 사용되는 완화 방법이 가상 환경에서 효과적으로 사용될 수 있음을 발견했습니다. 그는 손-눈 협응 활동과 자연적 붕괴 과제라는 두 가지 방법을 연구했습니다. 손-눈 협응 활동에서 피험자는 보드에 못을 놓았고, 자연적 붕괴 과제에서 피험자는 멀미가 사라질 때까지 가만히 앉아 있도록 요청받았습니다. 자연적 붕괴 방법은 효과적이었지만, 가상 환경에서 수행했을 때는 손-눈 협응이 덜 효과적이었습니다.

Turner와 Griffin(1999)은 특히 외부 도로의 정면 시야가 좋지 않은 상황에서 저주파 횡가속도에 노출될수록 멀미가 증가한다고 밝혔습니다. 전방 시야를 개선하면 멀미를 상당히 줄일 수 있습니다. 그러나 외부 도로의 전방 시야를 확보해도 멀미가 완전히 없어지지는 않습니다. 이는 멀미의 감각적 갈등 이론과 일치하는데, 도로의 전방 시야가 없으면 시각적 단서는 정적인 반면 전정계는 동적 움직임을 감지하기 때문입니다(Turner & Griffin, 1999). 이 경우 멀미에 대한 취약성은 이동 빈도(특히 처음 사용하는 사람 또는 신규 사용자의 경우), 좌석 위치(뒷좌석은 횡가속도의 영향을 더 많이 받으므로 전방 시야가 좋으면 멀미를 줄일 수 있음)에 따라 달라집니다.

최근 시각적 입력을 완전히 없애면 멀미의 발병을 늦추거나 심각도를 줄일 수 있다는 사실이 밝혀졌습니다(Ishak, Bubka, & Bonato, 2018). 이러한 결과는 감각 갈등 이론과 일치하는데, 시각적 폐색이 시각적 입력의 효과를 약화시켜 갈등을 줄이고 멀미를 줄이기 때문입니다. 그러나 AV에서는 실용적인 솔루션이 아닙니다. 승객이 여행 내내 눈을 감거나 어두운 고글을 착용해야 하기 때문에 AV를 사용하는 이점이 훼손됩니다. 그러나 이는 멀미 증상을 완화하기 위한 일시적인 상태일 수 있습니다.

5.2. 자세 및 차량 조종성

후쿠다(1976)는 운전자와 숙련된 승객이 그가 '구심 자세'라고 부르는 자세를 취했을 때 멀미에 덜 민감하다고 지적했습니다.이것은 그들이 머리와 상체를 돌려 차량의 회전 방향을 향한다는 것을 의미합니다.능동적인 머리 기울임은 추가로 조사되었고 승객의 멀미를 줄일 수 있는 것으로 밝혀졌습니다(Wada, Konno, Fujisawa, & Doi, 2012).게다가 운전자가 차량의 속도와 방향을 제어할 수 있는 전통적인 자동차에서는 운전자가 멀미를 겪지 않습니다.Rolnick과 Lubow(1991)의 연구에서는 차량 움직임에 대한 제어 가능성이 멀미에 대한 면역력 증가와 상관관계가 있음을 발견했습니다.

5.3. 몰입형 경험

2018년 3월, Apple Inc.가 AV에서 가상 현실(VR)을 사용하는 것을 다루는 것을 목표로 한 특허(Rober et al., 2018)가 공개되었습니다. 몰입형 가상 디스플레이(Rober et al., 2018)의 목적은 실제 세계를 시각적 단서와 전정 및 감각 정보가 일치하는 가상 세계로 대체하여 감각 입력의 충돌을 제거하는 것입니다. VR은 사용자 선호도와 상태에 따라 변경될 수 있으며, 이는 멀미 징후를 수용하기 위해 가상 장면을 변경해야 함을 나타냅니다. 자동차 내에서 VR의 사용성을 조사한 McGill, Ng 및 Brewster(2017)의 연구에 따르면, 자동차 멀미를 완화하고 몰입감을 높이는 가상 프레젠테이션 측면에서 모든 사람에게 맞는 단일 솔루션은 없으며, 가장 중요한 것은 모든 승객(멀미에 취약한 승객과 그렇지 않은 승객)에게 적합하다는 것을 발견했습니다.

6. 자율성 멀미

이 논문에서 우리는 멀미가 발생하는 이유를 설명하는 다양한 이론을 논의했습니다. 또한 멀미의 영향을 감지, 완화 및/또는 줄이는 다양한 방법을 논의했습니다. 다양한 생리적 측정치를 포함하는 다중 변수 방정식은 멀미에 대한 취약성을 예측하는 좋은 지표가 될 수 있으며 감각 충돌에 노출되는 동안 멀미가 시작되는 것을 예측하는 지표가 될 수 있다는 결론이 내려졌습니다(Shupak & Gordon, 2006). 이는 편안한 경험을 제공하기 위해 AV의 경우로 확장될 수 있습니다. 이 섹션에서는 논의 범위를 AV와 자율 주행 자동차 멀미로 좁힙니다.

AV는 도로를 더 녹색으로 만들고, 더 안전하게 만들며, 사고 발생 가능성을 낮출 것으로 예상되기 때문에 우리 삶의 여러 문제에 대한 해결책을 제공합니다.또한, 인간에게 시간을 절약할 수 있는 방법을 제공하고, 어린이(Lee & Mirman, 2018)와 장애인(Ferati, Murano, & Giannoumis, 2017)에게 독립적인 교통 수단을 제공합니다.따라서 AV의 잠재적 사용자 스펙트럼은 넓습니다.AV의 광범위한 사용에 대한 주요 과제 중 하나는 승객이 멀미에 더 취약해진다는 것입니다.멀미는 감각적 갈등 효과 외에도 제어 불가능성으로 인해 한때 운전자였지만 지금은 승객이 된 상황에서 유발될 수 있습니다.이것은 AV의 수용성에 대한 가장 어려운 장벽이 될 수 있습니다(Fukuda, 1976; Rolnick & Lubow, 1991).

Treisman의 멀미에 대한 진화론적 설명(Treisman, 1977)과 감각 갈등 이론(Reason & Brand, 1975)을 고려할 때, AV 사용이 증가함에 따라 멀미에 덜 민감한 새로운 세대가 등장할 것으로 예상합니다. AV를 타는 것은 습관이 되고 멀미에 대한 면역력이 발달할 것입니다(Turner & Griffin, 1999). 하지만 그때까지 AV를 타는 것을 가능한 한 편안하게 만들고 습관이 되게 하려면 어떻게 해야 할까요? 가장 중요한 것은 완화 알고리즘을 도입한다면 우리나 미래 세대가 AV에서 멀미를 수용하는 데 필요한 기술을 개발하지 못하게 될까요?

멀미는 여전히 논란의 여지가 있는 문제인데, 근본적인 신체적, 생리적 특성으로 인해 개인 간 변동성에 크게 의존하기 때문에 보편적인 해결책을 찾기가 어렵습니다. 따라서 만족스러운 결과를 얻기 위해 다양한 해결책에 대한 연구가 수행됩니다. 여러 가지 더 간단한 해결책을 통합하여 연구해야 합니다. 사람 간의 개인 차이로 인해 멀미의 원인과 결과가 다양하고 개인적 차이에 따라 달라집니다. 모든 사람에게 맞는 단일 해결책을 공식화하는 것은 매우 불가능합니다. VR 차량 연구(McGill et al., 2017)의 결과도 동일한 결과를 공유합니다. 최상의 해결책은 사용자 정의 가능한 가상 차량 내 환경이든 수정 가능한 차량 내 환경이든 사용자 정의 가능한 솔루션입니다.

개인화된 고도로 사용자 정의 가능한 솔루션이 최근 Apple Inc.에서 제공되었습니다(Rober et al., 2018). 이 솔루션은 감지된 동작에 맞춰 멀미를 완화하는 대체 VR을 제공합니다. 가상 환경은 개인의 선호도에 따라 사용자 정의되며 승객에게 멀미 징후가 감지되면 변경됩니다. 그러나 대체 현실 솔루션이 아무리 흥미롭게 보이더라도 승객을 그 가상 몰입형 경험으로만 제한합니다. VR 영역을 통하지 않고는 다른 형태의 인간 소통이 불가능할 수 있습니다. AV의 승객은 VR이 제공할 수 없는 다양한 활동을 원할 수 있습니다. 또한 VR이 승객에게 필요한 모든 소통, 엔터테인먼트 및 생산성 측면을 고충실도로 충족할 수 있는지 여부는 아직 알려지지 않았습니다. 그 외에도 승객이 몰입 중에 사이버 멀미를 겪을 가능성이 있습니다(Iskander et al., 2018). 이러한 솔루션은 현재 인기 있는 가속화된 개인 이동성을 위한 하이퍼루프(Pierce, 2017)와 같이 매우 통제된 환경에서 이동 시간이 짧은 시나리오에 매우 유용할 수 있습니다.

우리는 자율성 멀미의 잠재적 원인을 표 1에 표시된 대로 5가지 범주로 요약할 수 있습니다. 여기에는 (1) 멀미의 주요 원인인 수평 가속도 변화(Furman & Lempert, 2016; Money, 1970), (2) 자세 불안정성 또는 자세 안정성 이론에서 암시하는 자세 안정성 제어 상실(Riccio &

(3) Rolnick 및 Lubow(1991; Stoffregen & Smart, 1998); (3) Rolnick 및 Lubow(1991) 및 Fukuda(1976)에서 도입된 바와 같이 제어 가능성의 상실과 도로의 정면이 없고 시각적 단서가 주어지지 않을 때 발생하는 동작 방향에 대한 예상 상실; (4) 독서, 문자 메시지 보내기 또는 노트북 작업 시와 같이 머리를 아래로 기울이는 것은 특히 CE로 인한 과도한 차량 회전(코너링)으로 인해 멀미 발생률을 증가시킨다(La ckner et al., 1992); 마지막으로 (5) 매우 큰 화면이나 VR 헤드셋을 사용할 때 가상 동작과 차량 동작 프로필 간의 동기화가 부족하다.

솔루션은 예방 솔루션과 완화 솔루션의 두 그룹으로 분류할 수 있습니다. 예방 솔루션에는 인간 행동 적응 요인과 차량 제어 요인이 포함됩니다. 인간 행동 적응 요인에는 다음이 포함되지만 이에 국한되지는 않습니다.

• 흔들림을 방지하여 자세의 안정성을 유지(Stoffregen & Smart, 1998)하고, Fukud
a(1976)가 제안한 • 구심력 자세를 유지합니다.

차량 제어 요소에는 다음이 포함되지만 이에 국한되지 않습니다.

• 일정 속도 또는 원활한 가속/감속 프로필(Le Vine, Zolfaghari, & Polak, 2015); • 중앙 디스플레이 위치 높이
; • 고정식 머리 받침대가 있는 좌석

완화 솔루션은 승객의 상태를 모니터링한 다음 차량 내 환경에 대한 자동 조정을 수행하거나 오디오 또는 시각 미디어를 통해 조정을 권장하는 것을 기반으로 합니다. 자율 주행 멀미에 대한 잠재적인 완화 프레임워크의 예는 그림 2에 나와 있습니다.

7. 멀미에 강한 프레임워크

자동차 제조에 있어 정보기술 기업의 참여가 급속히 증가하고 있다는 점을 고려할 때, 자율주행 자동차 멀미 완화 구성 요소는 웨어러블 컴퓨팅, 차량 엔터테인먼트 시스템의 새로운 발전, 멀미를 완화할 수 있고 완화해야 하는 타사 건강 및 웰빙 소프트웨어 애플리케이션(앱)을 게시하기 위한 강력하면서도 유연한 프레임워크에 기반을 둘 가능성이 가장 높다고 생각합니다.

그림 2에 표시된 것처럼 완화 솔루션의 구성 요소는 승객 중심의 생리적 입력, 차량 중심 입력, 차량 중심 적응 솔루션, 대화형 차량 엔터테인먼트(인포테인먼트) 앱 개발 프레임워크입니다.

표 1 자율 주행차 멀미를 유발할 수 있는 요인.

#	Factor	Description	Related Publications
(1)	Variation in horizontal acceleration	This factor is common in traditional carsickness when sudden braking and cornering occurs. It can also happen in autonomous cars. It can be avoided or reduced by maintaining a constant speed as long as possible	Money (1970), Furman and Lempert (2016), and Le Vine et al. (2015)
(2)	Posture instability	According to the posture instability theory, posture instability is the main driver of motion sickness, and a predictor of the onset of motion sickness symptoms. This can be solved by adding head rests to seats that fixates the head and neck to avoid/reduce lateral sway	Riccio and Stoffregen (1991), and Stoffregen and Smart (1998)
(3)	Loss of controllability and loss of anticipation of motion direction	Loss of controllability on the vehicle and engagement in other activities is linked to increased incidence of motion sickness occurrence in once-driver-now-passenger. This can be avoided/ reduced through informing passengers on change of motion direction via audio/visual media. In addition, seat readjustment to face direction of motion when turning or cornering can also be useful	Fukuda (1976), Rolnick and Lubow (1991), and Turner and Griffin (1999)
(4)	Head downward inclination	Engagement in other activities other than driving, like reading and working on laptops might cause a head tilt downwards leading to Coriolis effect motion sickness. This can be avoided/reduced through designing book stands and displays at eye level. They must not completely block peripheral vision, since motion cues can be detected through peripheral vision to avoid sensory conflict	Lackner et al. (1992), Karjanto et al. (2018), and Diels and Bos (2016)
(5)	Lack of synchronisation between virtual motion and the vehicle motion profile	Virtual Reality or Augmented Reality have been introduced as a possible engagement solution in autonomous cars. However, they can pose a risk of increased motion sickness if the motion of objects and the visual scene produced in the virtual environment does not synchronise with the motion felt by the passenger due to the vehicle motion. The same applies when using very large screens that prevents the perception of any motion cues from the external environment	Rober et al. (2018)

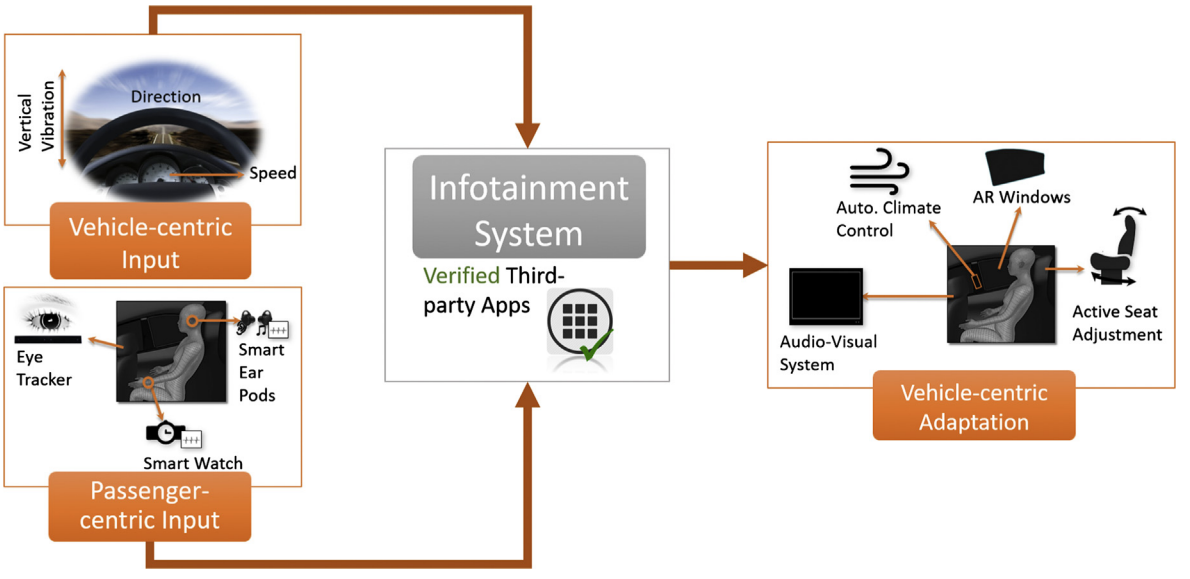

그림 2. 자율 주행 멀미를 완화하기 위한 잠재적 승용차 시스템. 제안된 시스템은 차량과 승객의 생체 신호에서 수집한 정보를 사용하고, 멀미 증상을 예방/완화하기 위해 차량/환경 조정을 생성하는 특수한 타사 앱으로 구성된 인포테인먼트 시스템을 기반으로 합니다.

7.1. 승객 중심 구성 요소

승객으로부터 수집된 데이터는 생리적 매개변수를 측정하여 인포테인먼트 시스템에 입력으로 제공됩니다. 수집된 데이터는 멀미의 시작을 감지하는 데 도움이 됩니다. 심박수, 심박수 변동성, 호흡 및 피부 온도를 포함한 생리적 매개변수는 Apple Watch 또는 Fit-bit과 같은 웨어러블 기기(Zheng et al., 2014) 또는 훨씬 더 특수화된 센서를 사용하여 측정할 수 있습니다. 마커리스 또는 키넥트 기반 모션 캡처 시스템과 같은 신체 외부 센서도 자세와 머리 움직임을 감지하는 데 사용할 수 있습니다(Abobakr et al., 2017). 눈 추적기와 통합된 자세 추정은 VOR 매개변수를 감지하는 데 사용할 수 있습니다. 또한 열 카메라를 사용하여 피부 온도 변동을 측정할 수 있으며, 이는 멀미에 수반되는 땀을 감지할 수 있습니다(Ioannou, Gallese, & Merla, 2014). EEG와 같은 다른 생리적 신호 측정도 통합할 수 있습니다. 그러나 EEG와 ECG는 더 침습적이고 주로 피부 접촉을 통해 특정 장치를 착용해야 하기 때문에 승객에게 불편함을 유발할 수 있습니다 .기능적 근적외선 분광법(fNIRS)(Irani, Platek, Bunce, Ruocco, & Chute, 2007; Soltanlou, Sitnikova, Nuerk, & Dresler, 2018)은 EEG보다 덜 침습적이지만 다양한 인지 및 정신 상태를 감지하는 데 유용한 유행하는 신경 영상 기술(Strait & Scheutz, 2014)이며 인지 발달(Soltanlou et al., 2018)과 뇌 장애(Irani et al., 2007)를 연구하는 데 유용합니다.

그러나 멀미의 주요 과제는 여전히 주제 특정성입니다. 따라서 웨어러블 기기를 사용한 맞춤형 솔루션이 앞으로 나아가는 가장 좋은 방법일 것입니다. 스마트 웨어러블 기기의 최근 개선으로 인해 다양한 승객에 대해 다양한 개인화된 프로필을 도출할 수 있으며, 이를 통해 AV에서 다양한 승객에게 다양한 완화 접근 방식을 구현할 수 있습니다.

승객의 생리적 신호는 인포테인먼트 시스템에 지속적으로 스트리밍되고, 이를 통해 검증된 타사 앱에 적절한 데이터가 제공됩니다.

7.2. 차량 중심 구성 요소

차량 중심 관점에서 제안된 시스템은 속도, 방향, 수직 진동과 같은 차량 관련 입력과 온도 및 좌석 위치와 같은 차량 내부 환경에 대한 정보가 필요합니다. Diels(2014)가 제안한 바와 같이, 자율 주행 멀미는 물론 전통적인 멀미도 일정한 속도를 유지하고 속도 가속을 피함으로써 크게 줄일 수 있습니다. 따라서 제조업체는 이를 AV의 성공적인 수용을 위한 필수 요소로 고려해야 합니다. Diels와 Bos(2016)는 도로를 명확하게 볼 수 있도록 하는 것(창문 최대화 및 적절한 좌석 높이)과 움직임을 예상할 수 있는 시각적 신호를 포함하는 차량 내부 환경에 대한 설계 지침을 제시했습니다. 반면, 디스플레이를 사용할 때는 승객의 중앙 시야를 사용하여 보고 주변 시야는 움직임 정보를 수집하도록 디스플레이의 크기와 위치를 선택할 것을 권장했습니다(Diels & Bos, 2016; Karjanto et al., 2018).

차량 내 환경은 승객의 상태에 따라 달라야 합니다. 멀미를 완화하기 위해 승객 경험을 다양하게 하는 것에는 가속 효과를 줄이기 위해 좌석 기울기를 바꾸는 것이 포함될 수 있습니다. 반면에 외부 시야를 인공적인 지평선으로 투사하여 감각적 갈등을 제거하기 위한 시각적 단서를 추가하는 것이 유용합니다(Tal, Wiener,

& Shupak, 2014), 디스플레이에 동작 신호를 표시하거나 몰입형 기술을 사용하여 보이는 것과 느껴지는 것의 차이를 보상하는 VR을 생성합니다(Rober et al., 2018).

오디오 피드백은 거친 지형에서 운전하는 것과 같이 승객이 움직임의 변화를 예상하는 데 도움이 될 수도 있습니다. 움직임의 변화를 예상하면 멀미를 줄이는 데 도움이 될 수 있으며, 특히 특정 자세 변경에 대한 권장 사항(Fukuda, 1976)이나 변화의 효과를 수용하기 위해 능동적인 머리 기울임을 제공할 수 있습니다. Koo et al.(2015)은 반자율주행 자동차의 오디오 피드백 효율성 문제를 논의했습니다. 이 연구는 '왜' 정보(자동차가 그런 식으로 작동하는 이유, 예: "앞에 장애물이 있습니다.")가 포함된 메시지가 운전자 만족도와 성과를 더 높이는 반면, '어떻게' 정보(자동차가 작동하는 방법, 예: "자동차가 브레이크를 밟습니다.")가 포함된 메시지는 성과가 상당히 감소한다는 결론을 내렸습니다. 그러나 '왜'와 '어떻게' 정보를 결합했을 때 가장 안전한 성과를 달성했지만 운전자는 불안감과 인지 부하가 증가했다고 표현했습니다. 연구(Koo et al., 2015)에서는 반자율주행차를 논의하지만, 본 연구에서는 완전자율주행차에 초점을 맞추었지만 Koo et al.(2015)의 결과는 AV를 위한 멀미 회복 프레임워크를 설계할 때 유용합니다. 승객의 멀미 완화에 필요한 오디오 메시지는 간결하지만 축약된 메시지를 전달해야 할 수도 있습니다(Reeves & Nass, 1996; Norman, 1990). 너무 많은 정보나 너무 적은 정보로 승객을 과부하 시키거나 좌절시키는 것을 피하기 위해서입니다. 여기서 가장 큰 과제는 승객에게 적절한 양과 유형의 정보를 제공하는 것입니다(Koo et al., 2015; Norman, 1990). 따라서 자율 주행차 멀미를 완화하기 위한 오디오 메시지의 효과를 조사하는 심층 연구가 필요합니다.

마지막으로, AV에 적응형 기후 및 환경 제어를 통합하면 다양한 승객의 호흡 패턴을 조절하여 멀미의 영향을 줄일 수 있습니다(Ziavra, Yen, Golding, Bronstein, & Gresty, 2003; Sang, Billar, Golding, & Gresty, 2003).

7.3. 인포테인먼트 소프트웨어 구성 요소

멀미를 감지하고 완화하는 연구의 주요 동인은 AV에 대한 애플리케이션 개발 프레임워크를 용이하게 하는 데 의존할 것입니다. 그러나 이는 자동차 산업에 의해 주도될 가능성이 없습니다. 자동차 제조업체는 특히 Tesla와 Uber의 도로 사망 사고 이후 AV의 도로 안전 측면에 집중합니다. 반면 Apple이 최근 발표한 특허를 고려할 때 정보 기술 회사의 연구 모멘텀은 멀미 문제를 해결하는 데 더 중점을 두고 있다는 증거가 있습니다. 피험자의 생리적 상태를 모니터링하고 프로파일링하고, 음악 선호도에 대한 액세스를 제공하고, 차량의 엔터테인먼트 콘솔을 작동하는 솔루션(일명 앱)을 개발하기 위한 포괄적인 프레임워크를 제공함으로써 멀미를 예측, 감지 및 완화할 수 있습니다.

Apple의 CarPlay와 Google의 Android-Auto는 모두 다양한 자동차 제조업체의 차량 내부 시스템을 수용하기 위해 경쟁하고 있습니다. 여러 비즈니스 모델에 의해 지원되는 두 프레임워크의 소프트웨어 개발을 통해 타사 회사는 멀미를 완화하기 위한 보다 혁신적인 솔루션을 개발할 수 있습니다.

Diels와 Bos(2016)의 중요한 요점은 승객에게 제공되는 미디어 콘텐츠가 멀미를 완화하거나 제거하기 위해 차량의 모션 프로필을 반영해야 한다는 것입니다. 또한 그들은 이것이 자동차 설계자의 통제 밖에 있다고 지적했습니다. 이것이 우리가 제안한 프레임워크에 AV 승객에게 제공되는 타사 콘텐츠에 대한 지침과 제한을 제공하는 인포테인먼트 시스템을 포함하는 이유입니다.

인포테인먼트 프레임워크는 Apple의 App Store나 Google Play와 비슷하지만 AV 내부에서 재생되는 앱의 경우입니다. 따라서 검증된 AV 앱은 보안, 개인 정보 보호 및 안전을 보장하는 특정 지침을 준수해야 합니다. 검증된 AV 앱은 멀미 증상을 유발하거나 악화시킬 수 있는 자극을 피하는 것과 관련된 지침을 준수해야 합니다. 또한 AV 앱은 인포테인먼트 시스템에서 제공하는 다양한 입력을 사용하여 승객의 상태에 따라 콘텐츠를 지속적으로 재조정해야 합니다.

그림 2에 표시된 대로, 타사 앱은 차량과 승객의 인포테인먼트 시스템에서 제공하는 입력을 사용하여 다중 모드 상호 작용(Ferati et al., 2017)(시각적, 청각적, 심지어 촉각적 상호 작용)을 포함할 수 있는 AV 앱의 형태로 승객에게 적합한 맞춤형 출력을 제공합니다. 앱은 콘텐츠의 속도를 낮추거나 높이고, 차량 움직임에 대한 동작 신호를 표시하거나, 멀미 증상을 줄이고 악화를 방지하기 위해 잠시 꺼지기를 권장할 수 있습니다. 출력에는 그림 2에 표시된 대로 좌석 조정 및/또는 기후 변화와 같이 승객의 상태에 더 잘 맞게 차량 내 환경을 조정하는 것도 포함될 수 있습니다. 본질적으로 출력은 승객의 상태 또는 선호도에 따라 조절되어야 합니다.

8. 결론

이 논문은 점점 더 많은 운전자가 차량 제어를 포기함에 따라 자율주행차에서의 멀미가 사라질 것인지, 아니면 멀미가 해결해야 할 심각한 불편함인지에 대한 논쟁을 다시 불러일으킵니다.

운전자가 차량의 움직임에 대한 제어력을 잃는 완전 자율 주행차에서 일부 운전자는 이전에 경험하지 못했던 멀미에 취약해집니다. 이러한 경험의 불편함은 완화해야 할 도전이 될 수 있습니다.

멀미 감지 및 완화 전략이 여러 개 있지만, 진정한 과제는 이러한 솔루션을 AV에 완벽하게 통합하여 승객의 편안함과 프라이버시를 보장하는 것입니다. 멀미에 대한 많은 예측 요인이 연구되었지만, 모든 멀미 사례를 다루는 일반적인 방정식은 아직 확립되지 않았습니다.

멀미는 수십 년간의 연구 끝에 여전히 논란의 여지가 있는 주제로, AV 설계자와 제조업체에게 큰 과제를 안겨줍니다.

우리는 타액 분비 증가, 심박수 변화, 피부 온도 변화 또는 땀, 전정-안구 반사 매개변수 및 자세 흔들림 또는 불안정성을 포함한 멀미의 다양한 예측 요인에 대해 논의했습니다. 또한 시각적 단서 또는 인공적 지평선 추가, 특정 자세 행동의 적응 또는 Apple에서 제안한 몰입형 경험의 사용을 포함한 완화 방법도 분석 및 논의했습니다. 우리는 승객의 다양한 입력을 받아 차량 환경을 수정하여 멀미 증상을 줄이면서도 승객이 선택 사항을 제한하지 않고 원하는 활동을 수행할 수 있는 능력을 제공하는 복잡한 프레임워크를 만드는 잠재력에 대한 논의를 시작했습니다.

정보 기술 산업은 멀미에 대한 다가올 연구의 주요 원동력이 될 가능성이 더 높은 반면, 자동차 제조업체는 도로 안전 관련 과제에 집중합니다. 또한, 차량 실내에 오디오, 시각 및 촉각 신호를 통합하는 것은 웨어러블 컴퓨팅, 엔터테인먼트 및 소셜 미디어 산업을 포함한 다양한 산업이 참여하기 때문에 채택될 가능성이 가장 높습니다.

마지막으로, AV에서 멀미를 완전히 없앨 가능성은 여전히 추가 조사 대상입니다. AV가 인간 문명의 미래에 불가피한 부분이 되면서 미래에는 더 많은 대안적 솔루션이 제안될 것입니다.

승인

이 연구는 디킨 대학의 지능형 시스템 연구 및 혁신 연구소(IISRI)의 전적인 지원을 받았습니다.

참고문헌

Abobakr, A., Nahavandi, D., Iskander, J., Hossny, M., Nahavandi, S., & Smets, M. (2017). 심층 잔여 네트워크를 사용한 키넥트 기반 직장 자세 분석 시스템. 2017 IEEE 국제 시스템 공학 심포지엄(ISSE)(pp. 1 – 6). IEEE. Bertolini, G., & Straumann, D. (2016). 움직이는 세상에서의 움직임: 전정 멀미에 대한 고찰. 신경학의 최전선, 7. Bick, P. A. (1983). 심리학과 심리 치료: 이론. 연구와 실천, 56(2), 189 – 196. 인프라국(2015). 운송 및 지역 경제(BITRE), 호주 도로 외상, 2014 통계 요약 bitre, 캔버라 ACT. Cheung, B., Howard, I., & Money, K. (1991). 정상 및 양측 미로 결함이 있는 대상의 시각 유발 멀미. 항공, 우주 및 환경 의학. Curtis, M. K. (2014). 시각 유발 멀미에 대한 연구: 실제 및 가상 환경에서 완화 기술 비교 박사 학위 논문. 아이오와 주립 대학교. Dichgans, J., & Brandt, T. (1973). 움직이는 시각 자극에 의해 유발되는 시운동성 멀미 및 유사 코리올리 효과. Acta Oto-laryngologica, 76(1 – 6), 339 – 348. Diels, C. (2014). 자율 주행차가 우리를 아프게 할까. Contemporary Ergonomics and Human Factors, 301 – 307. Diels, C., & Bos, J. E. (2016). 자율 주행 차멀미. 응용 인간공학, 53, 374 – 382. Diels, C., Bos, J. E., Hottelart, K., & Reilhac, P. (2016). 자동 차량의 멀미: 방안의 코끼리. 도로 차량 자동화(Vol. 3, pp. 121 – 129). Springer. Donohew, B. E. (2006). 측면 및 롤 진동이 있는 멀미. 박사 학위 논문. 사우스햄튼 대학교. Doweck, I., Gordon, C. R., Shlitner, A., Spitzer, O., Gonen, A., Binah, O., ... Shupak, A. (1997). 실험적 멀미와 관련된 r-r 변동성의 변화. 자율신경계 저널, 67(1), 31 – 37. Elbanhawi, M., Simic, M., & Jazar, R. (2015). 승객석에서: 자율 주행차의 승차감 측정 조사.IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 7(3), 4 – 17.Ferati, M., Murano, P., & Giannoumis, G. A. (2017). 자율 주행차의 사용자 인터페이스에 대한 범용 디자인.국제 응용 인간 요인 및 인간 공학 컨퍼런스에서(pp. 220 – 228).Springer.Flanagan, M. B., May, J. G., & Dobie, T. G. (2005).시각으로 유발되는 멀미에 대한 내성의 성별 차이.항공, 우주 및 환경 의학, 76(7), 642 – 646.Fukuda, T. (1976).자세 행동 및 멀미.Acta Oto-laryngologica, 81(3 – 6), 237 – 241. Furman, J., & Lempert, T. (2016). 멀미. Neuro-Otology, 137, 371. Golding, J. F., Kadzere, P., & Gresty, M. A. (2005). 멀미 감수성은 월경 주기를 통해 변동한다. 항공, 우주 및 환경 의학, 76(10), 970 – 973. Gordon, C., Spitzer, O., Doweck, I., Shupak, A., & Gadoth, N. (1996). 전정-안구 반사 및 멀미 감수성. 전정 연구 저널, 6(4), 229 – 233. Hettinger, L. J., & Riccio, G. E. (1992). 가상 환경에서 시각적으로 유발된 멀미. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 1(3), 306 – 310. Holtmann, S., Clarke, A., Scherer, H., & Höhn, M. (1989). 생강의 멀미 방지 메커니즘: 위약 및 디멘히드리네이트와의 비교 연구. Acta Oto-laryngologica, 108(3 – 4), 168 – 174. Howard, I. P., & Templeton, W. B. (1996). 인간의 공간 지향성. Hu, S., McChesney, K. A., Player, K. A., Bahl, A. M., Buchanan, J. B., & Scozzafava, J. E. (1999). 광운동성 회전 드럼을 보면서 유발된 멀미의 생리적 상관관계에 대한 체계적 조사. 항공, 우주 및 환경 의학. Ioannou, S., Gallese, V., & Merla, A. (2014). 심리생리학에서의 열적외선 영상: 가능성과 한계. Psychophysiology, 51(10), 951 – 963. Irani, F., Platek, S. M., Bunce, S., Ruocco, A. C., & Chute, D. (2007). 기능적 근적외선 분광법(fnirs): 뇌 질환 연구에 중요한 응용 분야가 있는 새로운 신경영상 기술. The Clinical Neuropsychologist, 21(1), 9 – 37. Irwin, J. (1881). 뱃멀미의 병리학. The Lancet, 118(3039), 907 – 909. Ishak, S., Bubka, A., & Bonato, F. (2018). 시각 폐색은 비행 시뮬레이터에서 멀미를 줄인다. Perception, p. 0301006618761336. Iskander, J., Hossny, M., & Nahavandi, S. (2018). 가상 현실에서 시각 피로를 평가하기 위한 안구 생체 역학 모델에 대한 리뷰. IEEE Access, 6, 19345 – 19361. Iskander, J., Hossny, M., Nahavandi, S., & Del Porto, L. (2018). 다양한 눈 움직임의 동적 시뮬레이션을 위한 안구 생체 역학 모델. Journal of Biomechanics, 71, 208 – 216. Jeng-Weei Lin, J., Parker, D., Lahav, M., & Furness, T. (2005). 눈에 띄지 않는 차량 동작 예측 단서가 운전 시뮬레이터에서 수동 주행 중 시뮬레이터 멀미를 줄였습니다. Ergonomics, 48(6), 608 – 624.

Karjanto, J., Yusof, N. M., Wang, C., Terken, J., Delbressine, F., & Rauterberg, M. (2018). 완전 자동 주행에서 상황 인식을 향상시키고 멀미를 완화하는 주변 시각 피드포워드 시스템의 효과. Transportation Research Part F: 교통 심리학 및 행동, 58, 678 – 692. Kellogg, R. S., Kennedy, R. S., & Graybiel, A. (1964). 무중력 기동 중 미로 결함이 있는 사람과 정상인의 멀미 증상, Aerospace Medical Research Labs Wright-Patterson, AFB OHIO, Tech. Rep. Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). 시뮬레이터 멀미 설문지: 시뮬레이터 멀미를 정량화하기 위한 향상된 방법. 국제 항공 심리학 저널, 3(3), 203 – 220. Keshavarz, B., & Hecht, H. (2011). 멀미를 정량화하는 효율적인 방법의 검증. 인간 요인, 53(4), 415 – 426. Keshavarz, B., Hecht, H., & Lawson, B. (2014). 시각적으로 유발된 멀미: 특성, 원인 및 대책. 가상 환경 핸드북: 설계, 구현 및 응용 프로그램, 648 – 697. Koo, J., Kwac, J., Ju, W., Steinert, M., Leifer, L., & Nass, C. (2015). 내 차가 왜 저럴까? 운전자의 이해, 신뢰 및 성과를 개선하기 위한 반자율 주행 동작 설명. International Journal on Interactive Design and Manufacturing(IJIDeM), 9(4), 269 – 275. Koslucher, F., Haaland, E., & Stoffregen, T. A. (2016). 시각적 성능과 자세 흔들림의 성별 차이는 시각적으로 유발된 멀미에서 성별 차이에 선행한다. Experimental Brain Research, 234(1), 313 – 322. Lackner, J., & DiZio, P. (1992). 중력, 관성 및 코리올리 힘이 안진, 멀미 및 지각된 머리 궤적에 미치는 영향. The head-neck sensory-motor symposium(pp. 216 – 222). NY: Oxford University Press. Lawson, B. D. (2014). 멀미 증상과 기원. Lee, Y.-C., & Mirman, J. H. (2018). 자율 주행차를 사용하여 어린이의 이동성을 향상시키는 것에 대한 부모의 관점.교통 연구 Part C: 신흥 기술, 96, 415 – 431.Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2015).눈 움직임의 신경학(Vol. 90) 미국: Oxford University Press.Le Vine, S., Zolfaghari, A., & Polak, J. (2015).자율 주행차: 탑승자 경험과 교차로 용량 간의 긴장.교통 연구 Part C: 신흥 기술, 52, 1 – 14.Matchock, R. L., Levine, M. E., Gianaros, P. J., & Stern, R. M. (2008).월경 주기에 따른 메스꺼움과 멀미에 대한 민감성.여성 건강 문제, 18(4), 328 – 335. McGill, M., Ng, A., & Brewster, S. (2017). 나는 승객이다: 시각적 동작 단서가 차량 내 VR에서 멀미에 미치는 영향. 2017년 chi 컴퓨팅 시스템의 인간적 요인에 대한 컨퍼런스 회의록(5655-5668쪽). ACM. Mergner, T., Hlavacka, F., & Schweigart, G. (1993). 전정 감각과 고유 감각 입력의 상호작용. 전정 연구 저널: 평형 및 방향. Money, K. (1970). 멀미. 생리학 리뷰, 50(1), 1 – 39. Nachum, Z., Gordon, C. R., Shahal, B., Spitzer, O., & Shupak, A. (2002). 활성 고주파 전정-안구 반사 및 뱃멀미 감수성. Laryngoscope, 112(1), 179 – 182. Norman, D. A. (1990). 자동화의 '문제': 부적절한 피드백 및 상호 작용, '과도한 자동화'가 아닙니다. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 327(1241), 585 – 593. Owen, N., Leadbetter, A. G., & Yardley, L. (1998). 건강한 피험자의 자세 제어와 멀미의 관계. Brain Research Bulletin, 47(5), 471 – 474. Pierce, A. (2017). Hyperloop-새로운 교통 시스템. Tech Directions, 76(9), 8. Reason, J. T. (1978). 멀미 적응: 신경적 불일치 모델. Journal of the Royal Society of Medicine, 71(11), 819. Reason, J. T., & Brand, J. J. (1975). 멀미. 학술 출판사. Reeves, B., & Nass, C. I. (1996). 미디어 방정식: 사람들이 컴퓨터, 텔레비전, 뉴미디어를 실제 사람과 장소처럼 대하는 방식. 케임브리지 대학교 출판사. Reinhard, R., Rutrecht, H. M., Hengstenberg, P., Tutulmaz, E., Geissler, B., Hecht, H., ... Muttray, A. (2017). 고정 기반 주행 시뮬레이터에서 시각적으로 유발된 멀미를 평가하는 가장 좋은 방법. 운송 연구 Part F: 교통 심리학 및 행동, 48, 74 – 88. Riccio, G. E., & Stoffregen, T. A. (1991). 멀미와 자세 불안정성에 대한 생태학적 이론. 생태 심리학, 3(3), 195 – 240. Rober, M. B., Cohen, S. I., Kurz, D., Holl, T., Lyon, B. B., Meier, P. G., . . ., Gerhard, H. (2018). 몰입형 가상 디스플레이, 특허 US 2018/0089901, 03 29, 2018. 제공: <http://pdfaiw.uspto.gov/.aiw?PageNum=0&docid=20180089901&IDKey=AE3F8EE95563> Rolnick, A., & Lubow, R. (1991). 운전자가 멀미를 거의 겪지 않는 이유는? 멀미에서 제어 가능성의 역할. 인체공학, 34(7), 867 – 879. Saleh, K., Hossny, M., & Nahavandi, S. (2017). 신뢰할 수 있는 자율 주행차를 향해