

빠른 갱신속도의 변화가 상호작용 정확도에 미치는 영향에 관한 연구

(Effect of Faster Update Rate on Interaction Accuracy)

성 원 준 [†]
(Wonjun Seong)

고 박 우 ^{**}
(BoYu Gao)

이 주 영 ^{***}
(Jooyoung Lee)

이 하 섭 ^{****}
(Hasup Lee)

김 형 석 ^{*****}
(HyungSeok Kim)

김 지 인 ^{*****}
(Jee-In Kim)

요 약 본 논문에서는 시각적 피드백을 중심으로 하는 상호작용 시스템에서 화면 갱신속도와 상호작용 정확도의 상관관계를 다룬다. 일반적으로 인간의 시각인지 한계점은 초당 60프레임으로 생각되고 있으나, 본 연구에서는 이보다 높은 갱신속도가 사용자의 상호작용 정확도에 미치는 영향에 대해 알아보고자 한다. 실험을 통해 초당 60프레임 이상의 갱신속도에서도 상호작용 정확도는 증가함을 알 수 있었다. 이러한 결과에 영향을 준 원인을 이미지 렌더링 갱신속도와 사용자 입력 갱신속도 두 가지로 추정하여 이를 확인하기 위한 추가실험을 진행하였다. 비록 모니터의 화면 재생률이 초당 60프레임으로 되어있었지만 vertical sync를 사용하지 않음으로써 그 이상의 갱신속도와의 차이를 느낄 수 있었다. 실험결과를 통해 사용자 입력 갱신속도보다 이미지 렌더링 갱신속도가 상호작용 정확도에 더 큰 영향을 줌을 확인하였다. 본 연구는 상호작용 정확도를 높이기 위해 더욱 높은 갱신속도의 필요성을 제기하며, 인간의 시각인지 한계점은 초당 60프레임 이상이 될 수 있음을 보인다.

키워드: 갱신속도, 상호작용 정확도, 시각인지

Abstract The limitation of a human's visual perception is considered to be 60 frames per second. This study investigated the effects of fast update rates (above 60 fps) in terms of interaction accuracy. Initial experiments showed that the interaction accuracy increased at rates faster than 60 fps. We assumed that either or both of the following two situations would cause such an effect: the user could recognize rendering rates faster than 60 fps, or the input processing rates were significant for the high accuracy. To evaluate the significance of these events, we conducted a second and third experiment. Although the display refresh rate was also fixed at 60 fps (by disabling the vertical sync), the rendered image actually differed for 60 fps and 150 fps. This research shows that faster update rate is necessary to achieve high interaction accuracy, and its limit is far over the usually considered 60 fps.

Keywords: update rate, interaction accuracy, visual perception

· 이 논문은 산업통상자원부의 '창의산업융합 특성화 인계양성사업'(공고번호: N0000717)(50%)과 미래창조과학부의 '한국연구재단-차세대정보·컴퓨팅기술 개발사업'(공고번호: 2012M3C4A7032185)(50%)의 지원을 받아 연구되었음
· 이 논문은 2015 한국컴퓨터종합학술대회에서 '갱신속도의 변화가 상호작용 정확도에 미치는 영향에 관한 연구'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 비 회 원 : 건국대학교 스마트ICT융합학과
handsomewonjun@konkuk.ac.kr

^{**} 비 회 원 : 건국대학교 인터넷미디어공학과
yuye@konkuk.ac.kr

^{***} 학생회원 : 건국대학교 인터넷미디어공학과
lij1201@konkuk.ac.kr

^{****} 학생회원 : 건국대학교 VR Lab
hasups@gmail.com

^{*****} 종신회원 : 건국대학교 인터넷미디어공학과 교수(Konkuk Univ.)
hyuskim@konkuk.ac.kr
(Corresponding author) |
jinkm@konkuk.ac.kr

논문접수 : 2015년 11월 10일

(Received 10 November 2015)

심사완료 : 2016년 1월 4일

(Accepted 4 January 2016)

Copyright©2016 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.
정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지 제22권 제3호(2016. 3)

1. 서론

영상의 갱신속도에 있어서 지금까지는 시각잔상효과와 점멸융합현상기이론에 바탕을 두고 최저한계에 가까운 초당 24프레임을 표준으로 사용해왔다. 하지만 최근 급격하게 발전한 디지털 동영상 기술에 의해 이러한 갱신속도의 한계를 넘어서 일반적인 촬영장비에서 초당 60프레임 이상을 기록하는 것이 가능하게 되었다[1]. 인간은 대상을 인식하고 행위를 하는 상호작용을 하기 때문에 갱신속도는 이와 같은 상호작용에서 중요한 요소가 된다. 인간의 시각인지시스템은 초당 60프레임 이상의 높은 갱신속도에 대해 인지하기 힘들다고 일반적으로 인식되고 있다[2]. 이러한 관점에서 갱신속도와 해상도를 모두 높이기 힘든 상황에서 시스템 디자이너가 높은 해상도 대신 높은 갱신속도를 선택할 명확한 과학적 근거가 제시되어 있지 않다[3]. 몇몇 연구에서는 터치 기반의 커서 제어와 같은 경우에 사용자와의 원활한 상호작용을 위해 초당 90프레임이 요구된다고 밝혔다[4].

본 연구는 갱신속도의 변화에 따른 사용자의 상호작용 정확도를 측정한다. 갱신속도가 초당 60프레임 이하에서는 낮은 상호작용 정확도를 보일 것이고, 갱신속도에 비례하여 상호작용 정확도가 증가할 것이라는 첫 번째 가정을 세웠다. 또한 초당 60프레임 이상의 높은 갱신속도에서도 상호작용 정확도는 갱신속도와 비례할 것이라는 가정을 하였다[5].

이전 연구에서의 실험을 통해 위의 가정하였던 바가 사실인지 확인하고[6] 이러한 결과에 영향을 준 원인을 두 가지로 유추해보았다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 사용자 입력 갱신속도를 고정한 두 번째 실험을 수행하였고[7], 이미지 렌더링 갱신속도를 고정한 세 번째 실험을 진행하여 해당 원인을 밝히고, 상호작용 정확도에 영향을 미치는 갱신속도의 한계를 알아보려고 한다.

2. 실험 1: 갱신속도 변화에 따른 영향

2.1 실험설계

첫 번째 실험은 갱신속도의 변화에 따라 상호작용 정확도를 측정한다. 지각능력과 행동기술과 같은 불필요한 요소들은 제거해야 한다. 상호작용과 인식 작업을 단순화하여 갱신속도에 따른 영향만을 측정하고자 한다.

상호작용 정확도를 측정하기 위해 간단한 게임을 제작하였다. 사용자는 왼쪽, 오른쪽으로 이동하는 간단한 상호작용을 통해 다른 자동차와의 충돌을 피해야하며 사용자를 제외한 다른 자동차들은 임의의 차선으로, 일정한 속력으로 이동한다. 정해진 시간동안의 충돌 횟수를 측정된 후, 평가결과를 분석하였다(그림 1).

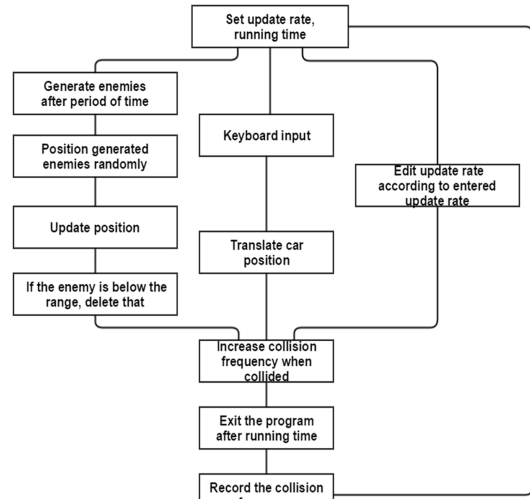


그림 1 실험절차

Fig. 1 Experimental procedure

• 실험조건

표 1 실험조건

Table 1 Experimental condition

Factor	Frames per second	Handling method
Update rate	10, 60, 90, 120, 150	Set before the start of the game

실험을 위해 갱신속도라는 요소를 다섯 단계(초당 10,60, 90, 120, 150프레임)로 조작 가능하게 하였고 기준시간은 2분으로 설정하였다(표 1). 갱신속도는 인지한계점까지 갱신속도와 상호작용 정확도의 관계를 알아보기 위해 초당 10프레임과 초당 60프레임을, 인지한계점 이후의 갱신속도와 상호작용 정확도의 관계를 알아보기 위해 초당 90, 120, 150프레임을 설정하였다. 기준시간은 게임의 난이도와 피 실험자의 집중도를 고려하여 2분으로 설정하였다. 갱신속도는 사용자의 학습효과를 최소화하기 위해 임의로 선정하였다.

• 실험환경과 절차

연구의 본 실험에 들어가기에 앞서 피 실험자들은 게임에 대한 설명을 들은 후, 5분 동안 해당 게임을 하며 익숙해질 시간을 갖는다. 갱신속도는 조작범위 내에서 순서없이 임의적으로 선정된다. 피 실험자의 피로도를 고려하여 중간중간에 휴식시간을 부여한다(그림 2).

2.2 실험 진행

C#과 유니티를 사용하여 만든 갱신속도 조작이 가능한 간단한 레이싱 게임을 통하여 실험을 진행하였다. 일정한 시간마다 임의의 위치에 나타나는 다른 자동차를

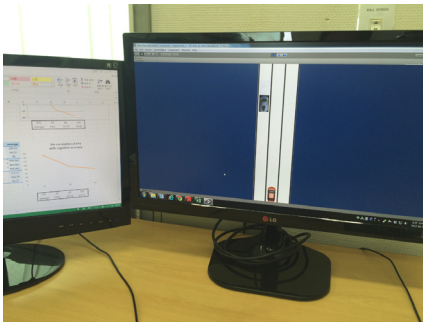


그림 2 실험 환경

Fig. 2 Experiment environment

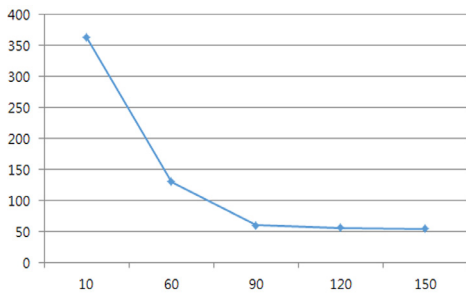
피하는 게임이다. 다른 자동차들과 충돌하여도 기준시간 동안에는 게임이 중단되지 않고 기준시간이 지나면 게임이 종료되고 충돌 횟수가 표시된다.

총 5명의 실험자를 대상으로 실험을 진행하여 다섯 가지 갱신속도(10, 60, 90, 120, 150)의 변화에 따라 기준시간인 2분 동안 사용자가 다른 자동차와 충돌한 횟수를 결과로 얻었다.

• 실험결과

실험 1의 결과를 요약하면 그림 3과 같다. 충돌 횟수를 통해 상호작용 정확도를 측정하였다. 충돌 횟수가 증가할수록 상호작용 정확도는 떨어진다. 사용자 각각의 평균 충돌 횟수를 100으로 환산하여 사용자의 편차를 해결하였다.

그림 3과 같이 갱신속도의 변화가 충돌 횟수에 미치는 영향을 분석한 결과, 초당 10프레임에서 초당 60프레임으로 갱신속도가 증가함에 따라 충돌 횟수가 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것을 통해 초당 60프레임 이하에서는 낮은 상호작용 정확도를 보이고, 갱신속도가 증가함에 따라 상호작용 정확도가 상승할 것이라는 첫 번째



Update Rate	10	60	90	120	150
Collision Frequency	362.98	130.23	59.93	56.56	54.53

그림 3 갱신속도의 변화가 충돌 횟수에 미치는 영향
Fig. 3 Effect of Update Rate on Collision Frequency

표 2 일원배치 분산분석(10, 60, 90, 120, 150FPS)

Table 2 one-way ANOVA (10, 60, 90, 120, 150FPS)

Source	SS	df	MS	F	p
Between	842852.2	4	210713.1	2.54	1.61E-10
Within	554579.4	55	10083.26		
Total	1397432	59			

가정이 사실임을 확인할 수 있다. 갱신속도가 초당 60프레임에서 초당 90프레임으로 변할 때는 초당 10프레임에서 초당 60프레임으로 변할 때보다는 충돌 횟수의 감소폭이 적었지만 여전히 감소하고 있으므로, 초당 60프레임 이상의 높은 갱신속도에서도 갱신속도와 상호작용 정확도가 비례할 것이라는 두 번째 가정도 역시 사실임을 확인할 수 있다. 초당 60프레임 이상에서도 갱신속도가 증가함에 따라 충돌 횟수는 감소하다가 갱신속도가 초당 90프레임 이상이 되면 충돌 횟수가 매우 미미하게 감소한다.

초당 90프레임 이상에서 충돌횟수의 미미한 감소에 유의한 차이가 있는지의 여부를 알아보기 위해 ANOVA를 실시하였다. 먼저 표 2에서 충돌 횟수는 전체 5개의 갱신속도별로 유의한 차이를 보이고 있었다. 하지만 초당 90프레임 이상에서 충돌횟수의 미미한 감소는 유의한 차이를 보이고 있지 않았다(표 3). 그에 대한 원인을 밝히고자 초당 60프레임부터 초당 150프레임까지 갱신속도 사이의 t-검정을 진행하였다. 분석결과, 초당 60프레임에서 90프레임 사이의 충돌횟수 감소만이 유의한 차이를 보이고(표 4), 초당 90프레임 이상에서의 충돌횟수 감소는 유의하지 않다는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 상호작용 위치에 직접 주어지는 피드백의 경우 90프레임이 요구된다는 기존 연구[4]의 결과에 더하여, 피드백의 위치가 물리적으로 떨어져 있는 경우에도 90프레임 이상의 갱신속도가 요구되는 것을 의미한다. 다만, 실험 결과로부터 볼 때 120프레임 이상의 경우 그 차이는 크게 나지 않았다.

표 3 일원배치 분산분석(90, 120, 150FPS)

Table 3 one-way ANOVA (90, 120, 150FPS)

Source	SS	df	MS	F	p
Between	178.758	2	89.379	3.285	0.88
Within	23053.24	33	698.583		
Total	23232	35			

표 4 t-검정(60, 90FPS)

Table 4 t-test (60, 90FPS)

Group	M	SD	df	t	p
60	130.232	62.298	22	2.074	0.002
90	59.93	31.591			

흥미로운 것은 디스플레이 장치의 한계로 인해 모니터의 재생률이 초당 60프레임으로 고정되어 있었다는 사실이다. 이 문제를 해결하기 위해 vertical sync를 작동하지 않게 하였다. 따라서 특정 순간 화면에 여러 프레임의 부분이 동시에 보일 수 있다. 예를 들어, 화면의 윗부분은 $i+2$ 프레임이고, 중간부분은 $i+1$, 아랫부분은 i 프레임인 것이다.

실험을 통해 결과에 영향을 줄 수 있는 원인을 두 가지로 유추해보았다. 첫 번째는 사용자 입력 갱신속도의 증가이고 두 번째는 화면에 정보를 제공하는 이미지 프레임 수의 증가라고 유추하였다. 두 번째 실험과 세 번째 실험을 설계하여 실제로 상호작용 정확도에 영향을 미치는 원인을 알아보고, 상호작용 정확도에 영향을 미치는 갱신속도의 한계를 알아보고자 한다.

3. 실험 2: 고정된 입력 갱신속도에서의 상호작용 정확도

3.1 실험설계

상호작용 정확도를 증가시키는 원인을 알아보기 위해 사용자 입력 갱신속도를 고정한 두 번째 실험을 설계하였다. 만약 입력 갱신속도가 고정된 상태에서 높은 갱신속도에 따라 상호작용 정확도가 증가한다면, 여러 프레임이 혼합되어 표현된 것이 높은 상호작용 정확도의 주요 요소라고 판단할 수 있다. 이것은 초당 60프레임 이상의 갱신속도에 대한 시각적 인지가 가능하다는 것을 보인다.

표 5 실험조건

Table 5 Experimental condition

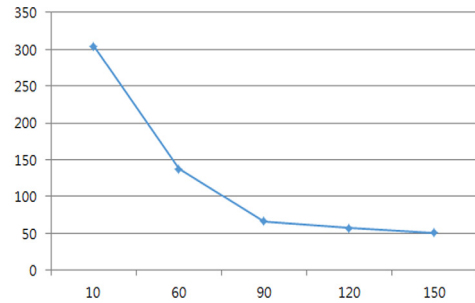
Factor	Frames per second	Handling method
Input processing rate	60 (fixed)	Set before starting
Image rendering rate	10, 60, 90, 120, 150	Set before starting

3.2 실험 진행

총 5명의 실험자를 대상으로 실험을 진행하여 사용자 입력 갱신속도는 초당 60프레임으로 일정하게 유지하고 이미지 렌더링의 갱신속도를 다섯 단계(10, 60, 90, 150, 120)로 변화하여 기준시간(2분)동안 그에 따른 충돌 횟수에 따른 상호작용 정확도를 결과로 얻었다(표 5).

• 실험결과

그림 4와 같이 이미지 렌더링 갱신속도의 변화가 충돌 횟수에 미치는 영향을 분석한 결과, 초당 10프레임에서 초당 60프레임으로 이미지 렌더링 갱신속도가 증가함에 따라 충돌 횟수가 감소하였고 초당 60프레임에서



Rendering Rate	10	60	90	120	150
Collision Frequency	304.03	137.32	66.51	56.93	50.97

그림 4 이미지 렌더링 갱신속도의 변화가 충돌 횟수에 미치는 영향

Fig. 4 Effect of Image Rendering Rate on Collision Frequency

초당 90프레임으로 변할 때는 초당 10프레임에서 초당 60프레임으로 변할 때보다는 충돌 횟수의 감소폭이 적었지만 여전히 감소하였다. 초당 60프레임 이상에서도 갱신속도가 증가함에 따라 충돌 횟수는 감소하다가 갱신속도가 초당 90프레임 이상이 되면 충돌 횟수가 매우 미미하게 감소한다.

실험 1과 마찬가지로 초당 90프레임 이상에서 충돌횟수의 미미한 감소에 유의한 차이가 있는지의 여부를 알아보기 위해 ANOVA를 실시하였다. 먼저 표 6에서 충돌 횟수는 전체 5개의 갱신속도별로 유의한 차이를 보이고 있었다. 하지만 초당 90프레임 이상에서 충돌횟수의 미미한 감소는 유의한 차이를 보이고 있지 않았다(표 7). 그에 대한 원인을 밝히고자 초당 60프레임부터 초당 150프레임까지 갱신속도 사이의 t-검정을 진행하였다. 분석결과, 초당 60프레임에서 90프레임 사이의 충돌횟수 감소만이 유의한 차이를 보이고(표 8), 초당 90프레임 이상에서의 충돌횟수 감소는 유의하지 않다는 실험 1의

표 6 일원배치 분산분석(10, 60, 90, 120, 150FPS)

Table 6 one-way ANOVA (10, 60, 90, 120, 150FPS)

Source	SS	df	MS	F	p
Between	548645.3	4	137161.3	2.54	2.43E-12
Within	282179	55	5130.527		
Total	830824.3	59			

표 7 일원배치 분산분석(90, 120, 150FPS)

Table 7 one-way ANOVA (90, 120, 150FPS)

Source	SS	df	MS	F	p
Between	1475.707	2	737.853	3.285	0.367
Within	23578.59	33	714.503		
Total	25054.29	35			

표 8 t-검정(60, 90FPS)
Table 8 t-test (60, 90FPS)

Group	M	SD	df	t	p
60	137.318	75.916	22	2.074	0.005
90	66.508	23.979			

결과와 동일한 결과를 얻었다.

이는 입력 갱신속도를 일정하게 유지하여도 실험 2와 실험 1의 결과가 유사함을 보인다. 이러한 결과로부터 사용자는 초당 60프레임 이상의 높은 갱신속도에서도 스크린에서의 작은 변화를 인지할 수 있음을 알 수 있다. 실험 3을 통하여 입력 갱신속도가 상호작용 정확도에 미치는 영향에 대해서도 알아보고 상호작용 정확도에 영향을 미치는 갱신속도의 한계를 알아보려고 한다.

4. 실험 3: 고정된 이미지 렌더링 갱신속도에서의 상호작용 정확도

4.1 실험설계

상호작용 정확도를 증가시키는 원인을 알아보기 위해 이미지 렌더링 갱신속도를 고정된 세 번째 실험을 설계하였다. 만약 이미지 렌더링 갱신속도가 고정된 상태에서 높은 갱신속도에 따라 상호작용 정확도가 증가한다면, 빠른 사용자 입력 갱신속도가 높은 상호작용 정확도의 주요 요소라고 판단할 수 있다. 이것은 갱신속도에 대한 시각적 인지 이외의 다른 요인에 의해 상호작용 정확도가 증가할 수 있다는 것을 보인다.

표 9 실험조건

Table 9 Experimental condition

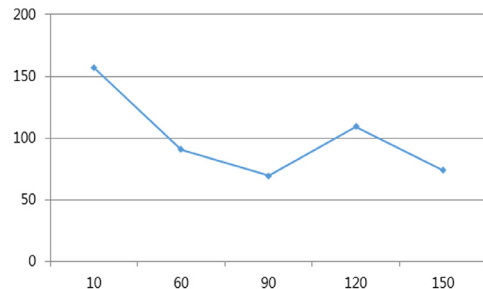
Factor	Frames per second	Handling method
Input processing rate	10, 60, 90, 120, 150	Set before starting
Image rendering rate	120(fixed)	Set before starting

4.2 실험 진행

총 5명의 실험자를 대상으로 실험을 진행하여 이미지 렌더링 갱신속도는 초당 120프레임으로 일정하게 유지하고 사용자 입력 갱신속도를 다섯 단계(10, 60, 90, 120, 150)로 변화하여 기준시간(2분)동안의 충돌 횟수에 따른 상호작용 정확도를 결과로 얻었다(표 9).

- 실험결과

그림 5와 같이 사용자 입력 갱신속도의 변화가 충돌 횟수에 미치는 영향을 분석한 결과, 초당 10프레임을 제외 한 나머지 경우에는 큰 차이나 상관관계가 보이지 않았다. 초당 10프레임에서는 나머지 경우보다 충돌 횟수



Input Processing Rate	10	60	90	120	150
Collision Frequency	157.17	90.55	69.30	109.42	73.62

그림 5 사용자 입력 갱신속도의 변화가 충돌 횟수에 미치는 영향

Fig. 5 Effect of Input Processing Rate on Collision Frequency

가 현저히 많게 나타났다.

이는 입력 갱신속도를 일정하게 유지하여도 실험 1과 유사한 결과한 결과를 보였던 실험 2의 결과와는 차이를 보인다. 이러한 결과로부터 실제로 상호작용 정확도에 영향을 미치는 요인은 사용자의 입력 갱신속도가 아닌 이미지 렌더링 갱신속도임을 확인하였다. 따라서 사용자는 초당 60프레임 이상의 높은 갱신속도에서도 스크린에서의 작은 변화를 인지할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

실험 1에서는 인간의 시각인지 한계점이라고 하는 초당 60프레임 이상의 높은 갱신속도에서도 갱신속도가 증가할수록 사용자의 상호작용 정확도가 증가한다는 것을 확인하였다. 실험 2와 3을 통하여 실험 1의 결과에 영향을 준 요소를 알아보려고 하여, 예상된 두 가지 요소인 사용자 입력 갱신속도와 이미지 렌더링 갱신속도를 각각 하나는 고정시키고 다른 하나는 변화하여 그에 따른 사용자의 상호작용 정확도를 측정하였다.

사용자 입력 갱신속도를 일정하게 유지한 채 진행된 실험 2에서는 실험 1과 매우 유사한 결과가 나왔고, 이미지 렌더링 갱신속도를 일정하게 유지한 채 진행된 실험 3에서는 실험 1과 유사한 결과가 나오지 않았다. 따라서 실험 2에서 변수로 두었던 이미지 렌더링 갱신속도가 사용자의 상호작용 정확도에 중요한 요소로 작용하고 있음을 확인하였다.

또한 사용자의 상호작용 정확도에 영향을 미쳤던 실험 1과 2에서, 초당 60프레임 이상에서도 갱신속도가 증가함에 따라 충돌 횟수는 감소하다가 갱신속도가 초당 90프레임 이상이 되면 충돌 횟수가 매우 미미하게 감소한다. 초당 60프레임부터 초당 150프레임까지의 충돌횟

수에 대한 ANOVA와 t-검정을 진행한 결과, 초당 60프레임보다 높은 초당 90프레임의 갱신속도에서 사용자는 더 좋은 상호작용 정확도를 낼 수 있음을 보이나, 정확한 시각 인지 한계점을 알아내기 위해서는 추가 실험이 필요할 것으로 보인다.

아울러 지연시간(latency)과 관련하여 인간은 최소 11ms까지의 지연시간 또는 초당 90프레임의 갱신속도를 구분할 수 있었다는 연구가 최근 발표되었다[4]. 본 연구는 이러한 결과를 뒷받침하여 터치 기반의 직접 제어뿐만 아니라 키보드 기반의 간접 제어에도 적용하여 인지적 성능이 상호작용의 결과로 적용될 수 있음을 보인다.

References

[1] Sukho Lee, "A Study on Influence of Technical Elements of Moving Image on Visual Cognitive Response(1) - Focused on Frame Rate and Motion Blur -," *Korea Science & Art Forum*, Vol. 14, pp. 333- 348, 2013. (in Korean)

[2] James L. Kent, *Psychedelic Information Theory: Shamanism in the Age of Reason*, 1st Ed., PIT Press, Seattle, pp. 40, 2010.

[3] Mark Claypool, Kajal Claypool, Feissal Damaa, "The Effects of Frame Rate and Resolution on Users Playing First Person Shooter Games," *Multi-media Computing and Networking*, Vol. 6071, 2006.

[4] Jonathan Deber, Ricardo Jota, Clifton Forlines, Daniel Wigdor, "How Much Faster is Fast Enough? User Perception of Latency & Latency Improvements in Direct and Indirect Touch," *CHI 2015*, pp. 1827-1836, 2015.

[5] Ricardo Jota, Albert Ng, Paul Dietz, Daniel Wigdor, "How Fast is Fast Enough? A Study of the Effects of Latency in Direct-Touch Pointing Tasks," *CHI 2013*, pp. 2291-2300, 2013.

[6] Wonjun Seong, BoYu Gao, Jooyoung Lee, Hasup Lee, HyungSeok Kim, Jee-In Kim, "Effect of Update Rate on Interaction Accuracy," *KCC 2015*, pp. 1348-1350, 2015. (in Korean)

[7] Wonjun Seong, Daemun Kang, Jini Kwon, HyungSeok Kim, Jee-In Kim, "Effects of Fast Update Rate on Interaction Accuracy," *ICEI 2015*, 2015. (in Korean)



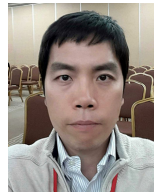
성 원 준
2014년 수원가톨릭대학교 신학과 학사
2014년~현재 건국대학교 스마트 ICT 융합학과 석사과정. 관심분야는 가상현실, 웨어러블 디바이스



고 박 우
2011 Southwest University for Nationalities, Computer Science and Technology 학사. 2013년 건국대학교 인터넷미디어 공학과 석사. 2013년~현재 건국대학교 인터넷미디어공학과 박사과정. 관심분야는 스케치 기반 인터페이스, 기하학적 모델링, Believable interaction



이 주 영
2010년 건국대학교 인터넷미디어공학과 학사. 2012년 건국대학교 인터넷미디어 공학과 석사. 2012년~현재 건국대학교 인터넷미디어공학과 박사과정. 관심분야는 가상현실, HCI



이 하 섭
1995년 KAIST 전산학과 학사. 1997년 KAIST 전산학과 석사. 2007년 KAIST 전산학과 박사. 2009년~2012년 Keio University-Assistant Professor. 2012년~2013년 Keio University-Lecturer (Senior Assistant Professor). 2013년~현재 Keio University-Researcher. 2014년~현재 건국대학교-Research Fellow. 관심분야는 Virtual reality, Computer graphics, Computer vision



김 형 석
1994년 KAIST 전산학과 학사. 1996년 KAIST 전산학과 석사. 2003년 KAIST 전산학과 박사. 2003년 KAIST ATEC 연구소 PostDoc. 2006년 스위스 체네바 대학 MIRALab Senior Researcher. 2012년 싱가포르 난양 공과대학 IMI 방문교수. 2006년~현재 건국대학교 인터넷미디어공학과 정교수. 관심분야는 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, HCI



김 지 인
1982년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1984년 KAIST 전산학과 석사. 1993년 펜실베이니아대학교 Computer Science and Information 박사. 1995년~현재 건국대학교 인터넷미디어 공학과 정교수. 관심분야는 유비쿼터스 컴퓨팅, 과학적 시각화, HCI