

셀리언시가 높은 물체가 게임 난이도에 미치는 영향*

이지형*, 이찬근**, 이창하***
 중앙대학교 컴퓨터공학부* ** ***

chaoticspace@nate.com, {cglee, chlee}@cau.ac.kr

The Influence of Salient Objects on the Game Difficulties

Chi-Hyoung Rhee*, Chan-Gun Lee**, Chang Ha Lee***

School of Computer Science and Engineering, Chung-Ang University

요 약

슈팅 게임이나 플랫폼 게임과 같은 액션 게임에서는 플레이어 캐릭터가 적 캐릭터와 충돌하면 플레이어 캐릭터가 죽거나 에너지가 감소하게 되므로 적 캐릭터를 회피하는 요소가 중요하다. 본 논문에서는 적 캐릭터를 회피하는 요소가 중요한 게임에서 셀리언시(saliency)가 높은 물체가 있을 경우 게임의 난이도에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 고찰하였다. 플레이어는 셀리언시가 높은 물체의 움직임을 주목하게 되므로 이로 인해 셀리언시가 낮은 다른 많은 물체들의 움직임을 간과할 수 있다. 그 결과로 물체의 회피에 실패할 확률이 높아질 것이다. 본 연구에서는 셀리언시가 높은 물체의 존재여부가 게임 난이도에 미치는 영향을 검증하기 위해 사용자 실험을 수행하였으며, 셀리언시가 높은 물체가 없는 게임을 수행한 그룹이 셀리언시가 높은 물체가 있는 게임을 수행한 그룹보다 더 높은 점수를 획득하는 결과를 얻었다. 본 연구는 인간의 지각적인 측면에서 게임의 난이도에 영향을 끼칠 수 있는 요소를 살펴보고 이를 실험을 통해 검증하였고 이는 게임 제작 및 기획 단계에서 난이도 예측에 도움이 되는 요소가 될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

In action games such as shooting games or platform games, dodging enemy objects is crucial since the player character dies or loses energy when it collides with any enemy object. In this paper, we investigate how the difficulty of these games changes according to the existence of salient objects. Since salient objects attract the player's attention, other non-salient objects may be unattended by the player, resulting in failing to dodge them. We experimented on the influence of salient objects on the difficulty of a game, and found out that the subjects who played the game without salient objects performed better than the subjects who played the game with salient objects. This paper investigates a human perceptual issue that could affect the game difficulty and suggest a potential guideline for game design and planning.

Keyword : saliency, game difficulty, visual attention, perception

접수일자 : 2009년 11월 17일

일차수정 : 2010년 01월 07일

심사완료 : 2010년 01월 21일

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0074034)

1. 서론

게임 기획이나 제작 단계에서 게임의 난이도는 아주 중요한 요소 중의 하나이다. 그러나 게임의 난이도를 객관적으로 정의하기는 매우 어렵다. 기존의 게임의 난이도에 대해서 플레이어의 기술 수준에 따른 자동적인 난이도 조절 기법이나[1], 난이도에 따른 자동 지형 생성 기법[2], 또는 게임의 여러 가지 요소들 간의 밸런싱 측면에서의 난이도 설정 모델[3] 등의 다양한 연구가 이루어져 왔다. 게임의 난이도에 대해서는 대부분 물리적인 복잡성이나 크기, 속도, 높은 인공지능 수준 사용 등의 특성을 고려해왔고 플레이어가 게임 상의 물체를 어떻게 지각하고(perception) 반응하는가에 대한 측면에서는 고려되지 않았다. 본 논문에서는 인간의 지각적인 측면에서 사용될 수 있는 여러 가지 측정 요소 중 셀리언시(saliency)를 이용하여 게임 난이도와의 상관관계를 분석하였다.

슈팅 게임이나 플랫폼 게임과 같은 액션 게임에서는 플레이어 캐릭터가 적 캐릭터와 충돌하면 플레이어 캐릭터가 죽거나 에너지가 감소하게 된다. 셀리언시(saliency)란 어떠한 물체나 부분이 주변의 다른 부분과 비교하여 특출나게 인간의 주의(attention)를 끄는 성질을 말한다[4]. 셀리언시가 높은 물체가 있을 경우 플레이어가 그 물체에 주목함으로써 다른 일반 물체에 대한 주의력이 낮아질 수 있다. 그 결과로 일반 물체와 충돌할 확률이 높아져 게임이 빨리 종료할 수 있다.

하지만 기존 게임에서는 셀리언시가 높은 물체와 난이도와의 연관성에 주목하지 않았으며 주로 일반 물체와 다른 기능이 있는 물체를 셀리언시가 높은 물체로 표현하였다. 예를 들어 종스크롤(vertical scrolling) 방식의 슈팅게임에서 격추했을 경우 다른 물체보다 점수가 높거나 다른 기능이 있는 물체를 보다 크고 화려하게 표현한다거나([그림 1] 참조) 폭탄이나 에너지와 같은 아이템의 경우 깜박거림 등을 이용하여 플레이어의 주목을 끈다. 또한 슈팅게임 등에서도 공격하지 않아야 할

물체 등을 보통 물체와 상이한 그래픽이나 깜박거림 등을 이용하여 표현한다. 슈퍼 마리오와 같은 횡스크롤(horizontal scrolling) 게임의 경우 하나의 단계가 끝났을 경우 다음 단계로 넘어가기 위한 진행방향을 깜박이는 화살표로 표시하는 등 게임 진행상의 힌트를 주기도 한다. 또한 어드벤처 게임과 같은 퍼즐 요소가 있는 게임에서는 닫혀있는 문을 열기 위한 열쇠 등, 퍼즐을 풀기 위한 물체를 다른 물체와 다르게 표현하기도 한다. 하지만 이러한 요소는 특별한 기능이 있는 물체를 사용자에게 상기시키기 위한 목적으로만 사용되었고 그러한 물체의 존재가 게임 난이도를 상승시키는 지에 대한 연구는 없었다.



[그림 1] 기존 게임의 셀리언시가 높은 물체 활용 예: 게임 '갤러그'에서 우주선을 견인하는 물체는 다른 물체보다 크고 개수도 적게 나타난다.

어떠한 물체가 특정 기능이 있다는 것을 플레이어가 인지하면 그 물체가 나타날 경우 그것을 이용하려고 주목하게 될 것이다. 하지만 셀리언시는 인간의 상위 단계의 인식이 없이 시각적인 자극만으로 시선을 주목하게 되는 성질로 정의된다[5]. 따라서 물체를 인지하여 생각하고 반응하기 전에 무의식적으로 기계적인 반응을 하는 것을 뜻한다. 따라서 셀리언시가 높은 물체가 존재할 경우 그 물체가 다른 물체와 기능상의 차이가 없다는 것을

알더라도 플레이어의 주의를 끌게 될 것이다. 이러한 사실은 셀리언시가 높은 물체를 단순히 특정 기능을 가진 물체를 표현하는 데 사용하는 뿐 아니라 게임의 난이도에 영향을 줄 수 있는 요소가 될 수 있다는 것을 말해준다.

본 논문에서는 위 가정을 바탕으로 게임에서 셀리언시가 높은 물체의 존재와 게임의 난이도와의 관계를 사용자 실험을 통하여 알아보았다.

2. 셀리언시(saliency)

인간이 2차원 이미지의 어느 곳에 주의를 기울여 주목하는지를 예측하기 위한 측정 기준은 셀리언시(saliency) 또는 셀리언스(saliency)라는 용어로 정의되어 사용되어왔다. 그동안 이러한 측정 기준의 계산 모델(computational model)에 대한 연구는 많이 이루어졌다. Koch와 Ullman은 셀리언시가 높은(salient) 부분이란 그 부분을 둘러싼 주의와 많이 차이가 나는 부분이라는 초기 모델을 제시했으며[4], Itti *et al.*은 셀리언시를 계산하기 위한 모델을 제시하였다[5]. 그들은 색, 밝기, 방향 등의 세가지 이미지 특성에 대해 중심-주변부 비교 연산 방법(center-surround operator)을 여러 수준으로 적용하여 셀리언시 맵(saliency map)을 계산하는 방법을 제안하였다. 또한 Tsotsos *et al.*[6], Milanese *et al.*[7], Rosenholtz[8] 등 많은 연구자들이 이차원 셀리언시 맵을 계산하기 위한 다양한 방법을 제안하였다. 특히 Rosenholtz는 움직이는 물체에 대한 셀리언시 측정에 대한 연구를 수행하여 여러 가지 속도 및 색을 가지는 물체에 대하여 어떤 물체를 인간이 잘 찾을 수 있는 가를 셀리언시 맵을 통해 예측하는 방법을 제안하였다.

최근에는 이러한 2차원 셀리언시를 3차원 모델에 확장하고자 하는 시도가 있었다. Yee *et al.*[9]은 Itti *et al.*의 방법을 이용하여 3차원 모델이 렌더링된 이미지의 셀리언시 맵을 계산하는 방법을 사용하였다. 이렇게 계산된 셀리언시 맵을 이용하

여 더 정확한 렌더링 결과를 생성하는 방법을 제안하였다. Mantiuk *et al.*[10]은 3차원 애니메이션의 압축 동영상을 생성하는데 2차원 셀리언시를 이용하였고, Frintrop *et al.*[11]은 3차원 데이터에서 물체를 검색하는데 셀리언시 맵을 이용하였다. Howlett[12]은 Eye-tracker를 이용하여 사용자가 3차원 모델의 렌더링된 이미지 중 어디를 보는지 측정하여 간략화 방법(simplification)에 사용하였다. 이러한 방법들은 모두 3차원 데이터에 적용하기 위해 2차원 셀리언시를 이용한 것이며 3차원 구조로부터 직접 셀리언시를 구하고자 하는 노력은 최근 몇몇 연구에서 나타났다. Watanabe와 Belyaev[13], Hisada *et al.*[14]와 같은 연구자들은 3차원 물체의 셀리언시가 높은 마루(ridge)와 골(ravine)을 찾아내는 방법을 제안하였다. Lee *et al.*[15]은 Itti *et al.*의 방법을 3차원으로 확장하여 3차원 표면의 곡률(curvature)이 주변과 얼마나 다른 지를 측정하기 위해 중심-주변부 비교 연산 방법(center-surround operator)을 여러 수준으로 적용하여 메시 셀리언시(mesh saliency)를 계산하였으며 이를 간략화(simplification)나 시점 선택과 같은 응용 부분에 적용하였다.

3. 셀리언시와 게임 난이도

본 논문에서는 게임에서 셀리언시가 높은 물체가 존재할 경우 게임의 난이도가 높아진다는 가설을 세우고 사용자 실험을 통하여 이를 검증하였다. 셀리언시란 배경 지식을 바탕으로 한 인간의 상위 단계의 생각이 개입하지 않고 무의식적으로 반응하는 것을 말하므로 최대한 단순한 게임을 구상하였다. 물체의 전후 맥락 상의 지식을 최소화하기 위해서 물체의 특징에 상관없이 기능상으로는 모두 동일하게 구현하고 이를 피실험자에게 설명하는 것이 필요하다. 이를 위해 플레이어가 우주선을 조정하여 랜덤하게 움직이는 적 물체를 피하는 단순한 게임을 구현하여 적 물체 중 색, 모양, 크기, 또는

속도에서 특이한 물체, 즉 셀리언시가 높은 물체 (salient object)가 있을 경우 게임 수행 결과나 플레이어의 반응에 차이가 있는지 검증하는 실험을 실시하였다. 실험의 목표는 셀리언시가 높은 물체가 게임의 난이도를 높이는지, 플레이어가 셀리언시가 높은 물체에 대해 일반 물체와 다르게 반응하는지, 또한 본 논문에서 셀리언시를 높이기 위해 사용한 네가지 특성간의 차이가 존재하는지를 알아보는 것이다.

4. 실험

4.1 실험 방법

게임에서의 총알 발사 등을 통한 공격, 아이템 획득 등 다른 복잡한 요소가 있을 경우 플레이어가 해당 목적을 위해 행동할 수 있으므로 본 논문에서 실험하고자 하는 셀리언시가 높은 물체가 게임 점수에 미치는 영향이 작아질 수 있다. 따라서 다른 요소들을 모두 배제하고 단순히 움직이는 물체를 피하는 게임을 구현하여 실험에 사용하였다. 사용된 게임은 2차원의 탑다운 시점(top-down view)을 사용하였고 키보드 화살표 키 입력을 이용하여 플레이어 우주선이 사방에서 랜덤하게 움직이는 물체를 피하도록 하는 게임이다. 셀리언시가 높은 물체가 게임 수행 결과에 미치는 영향을 알기 위해 셀리언시가 높은 물체가 나타나는 게임과 셀리언시가 높은 물체가 전혀 나타나지 않는 게임의 두가지 버전의 게임을 준비하였다. 두 가지 유형의 게임의 구성은 각각 4.2절과 4.3절에서 자세히 설명하였다.

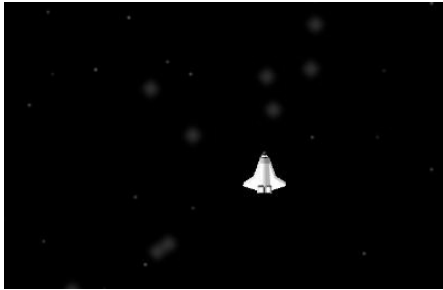
실험은 20대 대학생 및 대학원생 32명을 대상으로 이루어졌다. 피실험자들은 16명씩 두 그룹으로 나누어 한 그룹은 셀리언시가 높은 물체가 있는 게임을 실시하였고 다른 그룹은 셀리언시가 높은 물체가 없는 게임을 실시하였다. 피실험자의 게임 경험에 따라 게임 수행 결과가 달라질 수 있으므로 실험 전 설문지를 통해 피실험자의 게임 경험을

조사하였고 게임에 대한 간단한 설명 후 게임을 실시하였다. 또한 실험 수행 전 피 실험자에게 셀리언시가 높은 물체도 일반 물체와 기능상의 차이가 없다는 것을 설명하였다. 게임 수행 결과는 플레이어가 게임을 수행한 시간에 의해 평가하였다. 피실험자가 수행한 게임 결과는 파일에 저장되어 분석에 사용되었다. 게임 수행 결과는 다음과 같은 내용이 저장되었다.

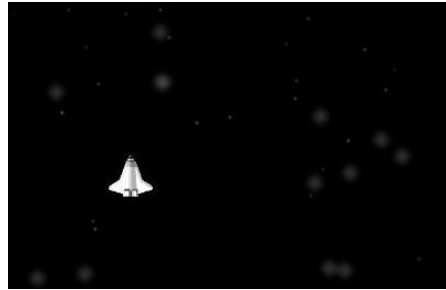
- 실행 시간: 플레이어 우주선이 살아남은 시간으로 게임 난이도를 추정하는데 사용되었다. 시간이 짧을수록 난이도가 높은 것이다.
- 게임 종료 시 나타난 셀리언시가 높은 물체의 형태: 셀리언시가 높은 물체는 4.3절에 설명된 것과 같이 다양한 형태를 지니고 있으며 게임이 종료되었을 때 어떠한 형태를 지니고 있었는지를 저장한다. 이는 어떠한 형태가 가장 많이 난이도에 영향을 끼치는지 추정하는데 사용될 수 있다.
- 셀리언시가 높은 물체와의 평균 거리: 셀리언시가 높은 물체의 경우 일반 적 물체보다 플레이어의 주목을 받는다고 가정한다면 플레이어가 셀리언시가 높은 물체를 피하기 위해 더 주의를 기울일 것이다. 따라서 플레이어 우주선과 셀리언시가 높은 물체와의 평균 거리를 저장하였다. 또한 셀리언시가 높은 물체가 없는 게임에서 이 물체의 셀리언시가 높지 않았을 때의 우주선과 평균 거리를 저장하여 두 경우의 평균 거리를 비교하였다.

4.2 셀리언시가 높은 물체가 없는 게임

본 실험에 사용된 게임 중 셀리언시가 높은 물체가 없는 게임에서의 적 물체는 모두 동일한 색과 모양 및 크기를 가지고 있으며 유사한 속도로 움직인다. 적 물체는 처음에 20개가 화면 밖에서 랜덤한 위치에 랜덤한 속도로 생성되어 움직인다. 각 물체가 랜덤하게 움직이다가 화면을 벗어나 소멸되면 새로운 물체가 랜덤한 방향과 위치를 가지



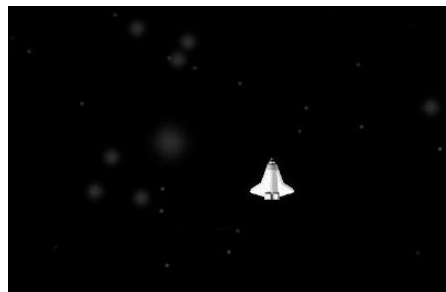
(a) 높은 셀리언시의 물체가 없을 경우



(b) 색



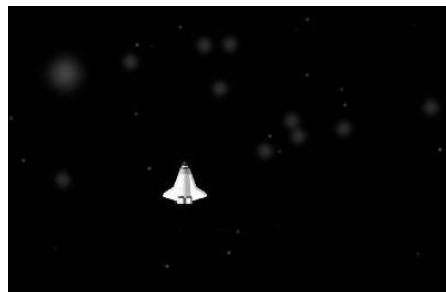
(c) 모양



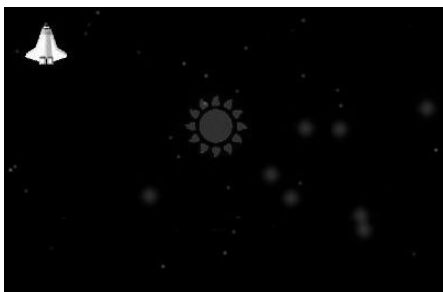
(d) 크기



(e) 색, 모양



(f) 색, 크기



(g) 모양, 크기



(h) 색, 모양, 크기

[그림 2] 셀리언시가 높은 물체의 유형

고 생성된다. 게임 시간이 10초가 지나갈 때마다 2개의 적 물체가 새로이 추가되어 난이도가 올라간다. 플레이어가 조정하는 우주선이 하나 있으며 우주선이 적 물체와 충돌하면 게임이 종료된다. 플레이어는 화살표 키를 이용하여 우주선이 적 물체를 피하도록 조정하여 최대한 오래 살아남는 것이 게임의 목표이다. [그림 2] (a)은 셀리언시가 높은 물체가 없는 게임의 한 장면을 보여준다.

4.3 셀리언시가 높은 물체가 있는 게임

셀리언시가 높은 물체가 있는 게임은 4.2절에 설명된 셀리언시가 높은 물체가 없는 게임에서 초기에 적 물체를 생성할 때 하나의 적 물체를 셀리언시가 높은 물체로 생성한 것이다. 즉 초기에 20개의 일반 물체 대신 19개의 일반 물체와 1개의 셀리언시가 높은 물체를 생성한 것이다. 그 외의 내용은 모두 완전히 동일하며 10초가 지날 때마다 추가되는 두 개의 적 물체도 셀리언시가 높지 않은 일반 물체이다. 한번 나타난 물체가 반복하여 계속 나타난다면 셀리언시가 낮아질 수 있으므로 셀리언시가 높은 물체가 소멸되어 새로이 생성될 때 마다 랜덤하게 특성을 변화시켰다.

본 연구에서는 물체의 셀리언시(saliency)를 높이기 위해 색, 모양, 크기, 속도 등의 네 가지 특성을 이용하였다.

- 색: 일반 적 물체는 파란색으로 하고 셀리언시가 높은 색은 빨간색으로 하였다.
- 모양: 일반 적 물체는 [그림 2]에 나타난 것과 같은 둥근 모양을 사용하였고 셀리언시가 높은 모양은 아래 [그림 3]에 나타난 다섯 가지 모양을 랜덤하게 선택하여 사용하였다.



[그림 3] 셀리언시를 높이기 위해 사용된 모양

- 크기: 모든 적 물체의 경계 상자(bounding box)는 정사각형 형태로 하였다. 물체의 크기는 경계 상자의 대각선 방향으로 정의할 수 있으며 셀리언시가 높은 크기는 일반 적 물체의 두 배로 하였다.
- 속도: 셀리언시가 높은 속도는 일반 적 물체 속도의 두 배로 하였다.

셀리언시가 높은 물체를 생성할 때는 위 네 가지 특성을 랜덤하게 선택하여 셀리언시가 높아지도록 설정하였다. 따라서 셀리언시가 높은 물체는 $2^4 - 1 = 15$ 가지의 형태가 존재한다. [그림 2] (b) ~ (h)는 게임 실행 화면에서의 다양한 물체의 형태를 보여준다.

4.4 실험 결과

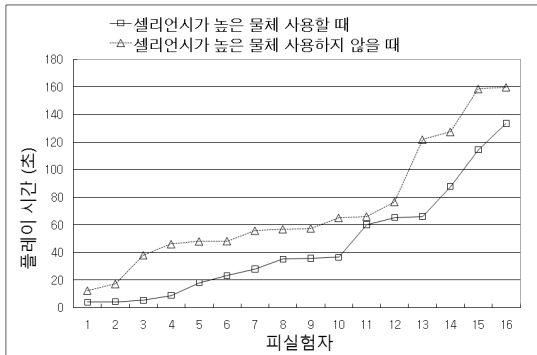
[표 1] 실험 결과

	그룹 1 (셀리언시가 높은 물체 사용)	그룹 2 (셀리언시가 높은 물체 미사용)
게임 경험 (0~5)	4.00	4.19
평균 시간 (초)	39.617	72.264
평균 거리	387.01	359.99

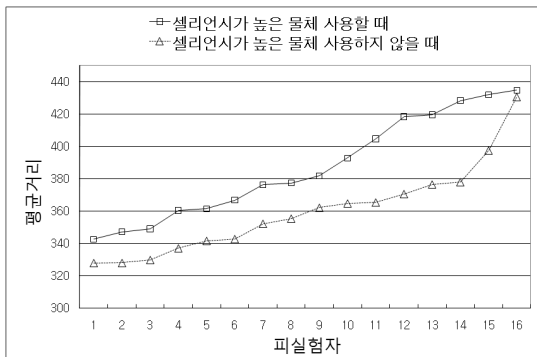
[표 1]은 실험 결과를 보여준다. 게임 경험은 실험 시작 전 설문을 통하여 조사한 것으로 0~5사이의 스케일로 답변하도록 하였다. 0은 게임 경험이 전혀 없는 것이고 숫자가 높아질수록 게임 경험이 많은 것이다. [표 1]에 나타난 것과 같이 두 그룹 모두 비교적 게임 경험이 많은 것으로 나타났다. T테스트 결과 $p=0.37$ 로 두 그룹 간의 게임 경험 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

평균 게임 시간은 셀리언시가 높은 물체를 사용한 그룹이 39.617초, 셀리언시가 높은 물체를 사용하지 않은 그룹이 72.264초로 셀리언시가 높은 물

체를 사용하지 않았을 경우 더 오래 게임을 수행하였고 따라서 게임 난이도가 더 낮다고 판단할 수 있다. T테스트를 실시한 결과 $p=0.042$ 로 95% 신뢰도 수준에서 통계적으로 매우 의미 있는 차이가 있다고 할 수 있다. 따라서 셀리언시가 높은 물체를 사용했을 경우 게임의 난이도가 높아진다고 결론내릴 수 있다. [그림 4]은 각 피실험자의 게임 시간을 정렬하여 보여준 것이다. 셀리언시가 높은 물체를 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 게임 시간 차이를 보여준다.



[그림 4] 플레이어 시간 비교



[그림 5] 평균 거리 비교

평균 거리는 그룹 1에서는 셀리언시가 높은 물체와 플레이어 우주선과의 평균 거리이며 그룹 2에서는 전체 적 물체 중 하나의 물체와 플레이어 우주선과의 평균 거리이다. 각 그룹에서 평균 거리를 측정하기 위해 사용된 물체는 동일한 매카니즘

으로 생성되었으며 동일 물체가 그룹 1에서 사용된 게임에서는 셀리언시가 높은 특징이 추가된 것이다. 따라서 평균 거리는 셀리언시가 높은 물체에 대해 플레이어가 일반 물체와 다르게 반응하는 가를 나타낸다. [표 1]에 나타난 거리는 800×550 의 게임 스크린 스페이스 상에서의 거리이다. 그룹 1에서의 평균 거리는 387.01로서 그룹 2에서의 359.99보다 멀게 나타났다. T테스트를 실시한 결과 $p=0.008$ 로 99% 신뢰도 수준에서 통계적으로 매우 유의미하게 차이가 있다고 할 수 있다. 따라서 플레이어 우주선이 평균적으로 셀리언시가 높은 물체와 더 멀리 떨어져 있다는 것이다. 이는 플레이어가 셀리언시가 높은 물체에 주목을 하게 되므로 셀리언시가 높은 물체의 위치를 더 잘 파악할 수 있게 되고 충돌하지 않도록 더 주의를 기울여서 우주선을 조정한다고 해석할 수 있다. [그림 5]에서는 각 피실험자의 우주선과 대상 물체와의 평균 거리를 보여준다. 물체가 셀리언시가 높은 경우 일반 물체보다 평균 거리가 멀다는 것을 보여준다.

실험에서는 또한 그룹 1의 실험에서 플레이어가 우주선이 적 물체와 충돌할 때, 즉 게임이 종료될 때 나타난 셀리언시가 높은 물체가 어떠한 형태를 가지고 있는지를 조사하였다. [표 2]에서 그 결과를 보여준다. 전체 15가지의 형태가 있으며 각 형태는 동일한 확률로 나타나도록 구현되었다. 전체 16번의 실험이 이루어졌으므로 각 형태가 확률적으로 $16/15=1.07$ 번이 나타나야 한다. [표 2]에서 나타난 바와 같이 색과 모양이 특징적일 때 4번으로 가장 많이 나타났다. 하지만 실제 나타난 횟수에 대해 카이제곱(χ^2) 테스트를 실시한 결과 $p=0.450$ 으로 통계적으로 의미 있는 차이가 있다고 할 수 없다. 이는 경우의 수에 비해 실험의 개수가 너무 적어서 일어난 현상으로 더 많은 실험을 실시할 경우 의미 있는 결과가 나올 수 있을 것이다. 셀리언시 특성 중 크기와 속도의 경우 적 물체가 크거나 빠르다면 더 피하기 어렵게 되므로 게임이 더 어려워질 수 있다. 하지만 색과 모양의 경우 물리적으로는 회피의 난이도에 전혀 영향을 주지 않는다. 게임이 종료할 때에 색과 모양이 달라지는

셀리언시가 크기와 속도가 달라지는 셀리언시보다 영향력이 작지 않으며 오히려 더 영향력이 클 가능성이 있다는 사실에서 셀리언시가 높은 물체의 인간 지각적인(perception) 측면이 게임 난이도에 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

[표 2] 그룹 1에서 게임 종료 시 나타난 높은 셀리언시를 가진 물체의 형태

	색	모양	크기	속도	게임 종료 시 나타난 횟수
1	×	×	×	○	2
2	×	×	○	×	1
3	×	×	○	○	1
4	×	○	×	×	1
5	×	○	×	○	1
6	×	○	○	×	1
7	×	○	○	○	0
8	○	×	×	×	0
9	○	×	×	○	0
10	○	×	○	×	1
11	○	×	○	○	1
12	○	○	×	×	4
13	○	○	×	○	0
14	○	○	○	×	2
15	○	○	○	○	1

5. 결 론

본 논문은 물체의 물리적인 특성뿐만 아니라 인간 지각적인 측면에서의 특성이 게임 난이도에 영향을 줄 수 있다는 가정에서 사용자 실험을 실시하여 검증하였다. 색, 모양, 크기, 속도 등의 네가지 특성을 사용하여 셀리언시가 높은 물체를 생성하고 이러한 물체의 존재가 게임의 난이도를 상승시킨다는 결론을 얻게 되었다. 또한 플레이어 우주선과의 평균 거리를 측정하여 플레이어가 일반 물체보다 셀리언시가 높은 물체를 회피하는데 더 주의를 기울인다는 결론을 얻었다. 또한 색이나 모양과 같이 일반적으로 난이도에 영향을 끼치지 않을

것이라고 생각되는 특성도 셀리언시가 높도록 나타났을 경우 난이도에 영향을 끼친다는 것을 알게 되었다. 이러한 결과는 게임 제작 및 기획 단계에서 난이도 예측에 도움이 되는 요소가 될 수 있을 것이다. 예를 들어 슈팅게임의 경우 기능상의 차이가 없는 물체의 경우에도 색과 모양을 달리하여 여러 형태를 제공하는 경우가 있다. 이럴 경우 셀리언시가 높은 물체를 소량 생성할 경우 게임 난이도가 높아질 수 있을 것이다. 향후 본 논문에서 다룬 특성 외의 다른 인지적인 요소들과 게임 난이도와의 상관관계에 대한 후속 연구 또한 관련 분야 발전에 도움이 될 것이다. 또한 본 논문에서는 2차원 기반의 게임만을 다루었으나 FPS (First-Person Shooter) 게임과 같은 3차원 게임에서의 셀리언시가 높은 물체에 대한 고찰도 흥미로운 연구 주제가 될 것이다.

참고문헌

- [1] S.-W. Um, T.-Y. Kim, and J.-S. Choi, "Dynamic Difficulty Controlling Game System", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 53, No. 2, pp. 812-818, 2007.
- [2] 연제혁, 김성수, 임형준, 이원형, "게임 난이도를 고려한 게임지형 자동생성 기법에 관한 연구", *한국인터넷정보학회 추계학술발표대회*, Vol. 5, No. 2, pp. 477-481, 2004. 11.
- [3] 환승우, 이재중, 박진완, "대전 격투게임의 사례 분석을 통한 게임 밸런싱 연구", *한국게임학회 논문지*, Vol. 8, No. 1, pp. 15-27, 2008. 2.
- [4] C. Koch and S. Ullman, "Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry", *Human Neurobiology*, Vol. 4, pp. 219-227, 1985.
- [5] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, "A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 11, pp. 1254-1259, 1998.
- [6] J. K. Tsotsos, S. M. Culhane, W. Y. K. Wai, Y. H. Lai, N. Davis, and F. Nuflo, "Modeling visual-attention via selective tuning", *Artificial*

- Intelligence, Vol. 78, No. 1-2, pp. 507-545, 1995.
- [7] R. Milanese, H. Wechsler, S. Gil, J. Bost, and T. Pun, "Integration of bottom-up and top-down cues for visual attention using non-linear relaxation", Proceedings of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, pages 781-785, 1994.
 - [8] R. Rosenholtz, "A simple saliency model predicts a number of motion popout phenomena", Vision Research, Vol. 39, No. 19, pp. 3157-3163, 1999.
 - [9] H. Yee, S. Pattanaik, and D. P. Greenberg, "Spatiotemporal sensitivity and visual attention for efficient rendering of dynamic environments", ACM Transactions on Graphics, Vol. 20, No. 1, pp. 39-65, 2001.
 - [10] R. Mantiuk, K. Myszkowski, and S. Pattanaik, "Attention guided MPEG compression for computer animations", Proceedings of the 19th Spring Conference on Computer Graphics, pp. 239-244, 2003.
 - [11] S. Frintrop, A. Nüchter, and H. Surmann, "Visual attention for object recognition in spatial 3D data", 2nd International Workshop on Attention and Performance in Computational Vision (WAPCV 2004), pp. 75-82, 2004.
 - [12] S. Howlett, J. Hamill, and C. O'Sullivan, "An experimental approach to predicting saliency for simplified polygonal models", Proceedings of the 1st Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization, pp. 57-64, 2004.
 - [13] K. Watanabe and A. G. Belyaev, "Detection of salient curvature features on polygonal surfaces", Computer Graphics Forum (Eurographics 2001), Vol. 20, No. 3, pp. 385-392, 2001.
 - [14] M. Hisada, A. G. Belyaev, and T. L. Kunii, "A skeleton-based approach for detection of perceptually salient features on polygonal surfaces", Computer Graphics Forum, Vol. 21, No. 4, pp. 689-700, 2002.
 - [15] C. H. Lee, A. Varshney, and D. Jacobs, "Mesh Saliency", ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2005), Vol. 24, No. 3, pp. 659-666, 2005.



이지형 (Rhee, Chi-Hyoung)

2008 중앙대학교 전자전기공학부(학사)
2008-현재 중앙대학교 컴퓨터공학부 석사과정

관심분야 : 3D Computer Graphics, 3D 게임, NPR



이찬근 (Lee, Chan-Gun)

1996 중앙대학교 전자계산학과(학사)
1998 KAIST 전산학과(석사)
2005 미국 U. of Texas at Austin, 전산학과(박사)
2005-2007 미국 인텔 소프트웨어 엔지니어
2007-현재 중앙대학교 컴퓨터공학부 조교수

관심분야 : 실시간 소프트웨어, 수행시간 모니터링,
소프트웨어 테스트



이창하 (Lee, Chang Ha)

1995 서울대학교 계산통계학과(학사)
1997 서울대학교 계산통계학과(석사)
2005 미국 U. of Maryland, Computer Science(박사)
2005-2006 NCA Medical Simulation Center 연구원
2007-현재 중앙대학교 컴퓨터공학부 조교수

관심분야 : 3D Computer Graphics, Perception