

# 2D와 3D 영상의 정량적 영상피로 비교

한승조  
국방과학연구소

## Quantitative Analysis of Display Fatigue induced by 2D, 3D Videos

Seung Jo Han  
Agency for Defense Development

**요약** 본 논문의 목적은 운용자가 2D와 3D 영상을 주시할 경우 영상피로를 정량적으로 비교하는 것이다. 16명의 20대 남·여가 2D와 3D 영상을 10분간 관람을 한 후, 관람 전과 후의 Flicker Fusion Frequency(FFF)와 Cybersickness가 측정되었다. 관람 전과 후의 두 종속변수를 비교함으로써 정량적으로 3D가 2D에 비해 어느 정도 영상피로를 발생시키는지를 이론적 고찰과 함께 과학적인 기기와 방법으로 측정하였다. 주관적인 척도인 Cybersickness 증가율은 2D에 비해서 3D가 4배, FFF 감소율은 3D가 2D에 비해 2배 높은 결과를 보였다. 본 연구는 일반적으로 3D 영상이 2D 영상에 비해 영상피로를 크게 유발함을 과학적인 방법과 객관적인 데이터로 증명했다는데 의의가 있다.

**주제어** : 2D, 3D, 영상피로, 점멸융합주파수, 사이버멀미

**Abstract** This paper's objective is to investigate the display fatigue quantitatively according to watching 2D and 3D videos on the display. Though it has been known commonly that display fatigue by 3D is greater than one by 2D, there have been few researches with an aim to measure display fatigue scientifically. Flicker fusion frequency and cybersickness degree were measured before/after sixteen subjects(Male 8, Female 8) watch the 2D, 3D images. Two dependent variables affected by 2D and 3D videos were analyzed and compared statistically based on scientific evidences and researches. 3D showed a value 4 times as much as 2D in cybersickness increase rate, and the reduction rate of 3D was 2 times as much as that of 2D.

**Key Words** : 2D, 3D, Display fatigue, Flicker fusion frequency, Cybersickness

### 1. 서론

최근 급속한 3D 영상 기술의 발전과 함께 대두되고 있는 3D 시청에 따른 광과민성 발작, 영상멀미, 시각피로는 3D 산업발전을 위해 반드시 해결되어야 할 문제이다[1]. 영상을 시청할 경우 발생하는 피로감은 안구통증, 이중

상 경험과 같은 시각적 피로뿐만 아니라, 두통·멀미·어지러움도 발생하며, 심한 경우 구토까지 유발하는데 이러한 현상을 종합하여 영상피로(Display Fatigue)라고 한다[2]. 영상피로는 1차적으로 운용자(시청자)의 신체에 좋지 않은 반응을 주지만, 2차적으로 원전이나 무기체계 운용 시 심각한 시스템 오류나 안전사고로 이어질 가능

Received 29 January 2016, Revised 28 February 2016  
Accepted 20 March 2016, Published 28 March 2016  
Corresponding Author: Seung Jo Han  
(Agency for Defense Development)  
Email: seungjo1651@add.re.kr  
ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성이 높다.

권상희, 방은영(2012)의 연구에서는 뇌파(EEG)를 통해 2D와 3D 영상 시청 시 차이를 분석하였으며, 여러 뇌파 가운데 베타파( $\beta$ ) 측면에서 3D의 영향이 2D에 비해 크게 높게 나타났다[3]. 베타파( $\beta$ )는 복잡하고 계획적인 사고에서 많이 나타나는 전두엽과 측두엽에서 많이 나타나는데, 3D 영상이 2D 영상에 비해 많은 시각적 정보를 두뇌에 전달하고 필요한 정보를 활용하기 때문에 이러한 현상이 나타나는 것으로 분석되었다. 의학적 관점에서 위성욱(2013)의 연구에 의하면 3D 영상이 2D 영상보다 시청 후 주관적 눈 피로도가 높았으며, 주된 원인을 조절근점과 눈모음근점의 차이임을 밝힌 바 있다[4]. 또한, 조상현(2014)의 연구에서는 주관적인 영상피로 정도 비교 외에도 눈 깜박거림을 통해 2D와 3D의 영향력을 비교하였고, 주관적인 피로와 눈 깜박거림의 정도의 상관관계를 분석한 바 있다[5].

위의 연구 등을 바탕으로 2D보다 3D가 큰 영상피로를 유발하는 이유는 다음과 같이 해부학적/인간정보처리 절차에 따라 설명이 가능하다.

첫째, 2D보다 3D가 더 많은 시각적 정보가 만들어지고 시청자에게 부여된다. 이러한 정보는 뇌의 정보처리 프로세스에 과부하를 유발시켜 인지피로를 유발한다[6]. 둘째, 3D 영상은 입체효과를 위해 초점거리(Focal Length)와 상이 맺히는 거리의 불일치(Mismatch)뿐만 아니라, 좌안(Left Eye)과 우안(Right Eye)이 동일한 물체(화면)를 보더라도 인간이 인지하지 못할 정도의 다른 화면을 제시하여 좌·우안의 불일치가 더해진다. 셋째, 3D는 화면으로부터 보이는 영상이 2D에 비해 눈 가까이 보이기 때문에 조절근점(Near Point of Accomodation)과 눈모임근점(Near Point of Convergence)이 증가한다. 조절근점과 눈모임근점이 증가했다는 것은 눈의 조절 및 모임 능력이 떨어졌음을 의미하고, 떨어진 눈 조절 및 모임 능력감소는 눈 피로가 증가되었다는 것을 의미한다.

영상피로를 측정하는 방법은 일반적으로 EEG, 점멸융합주파수(Flicker Fusion Frequency: FFF)[7], 심박수(Heart Rate)[2] 그리고 주관적인(Subjective) 피로도[2,8] 측정 등이 있으며, 본 연구에서는 2D와 3D 영상으로부터 발생하는 영상피로를 객관적인 측정방법으로써 FFF와 주관적인 방법으로써 사이버멀미 질문지(Cybersickness Questionnaire: CQ)[9]를 이용하여 측정

하였다. 앞서 살펴본 바와 같이 주관적인 피로도, EEG, 눈 깜박거림 등을 통한 영상피로는 많이 연구되었지만, FFF와 CQ를 동시에 이용하여 연구는 진행된 바 없다.

따라서 본 연구의 목적은 2D와 3D 영상을 일정시간 시청할 경우 발생하는 영상피로를 FFF와 CQ를 통해 정량적으로 측정하고 그 결과를 분석하여 이론적으로 3D가 상대적으로 영상피로를 많이 발생시키는 것을 증명하는 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구 도구

영상피로를 측정 장비는 [Fig. 1]과 같은 시각용 점멸융합주파수 측정기(Visual Flicker Fusion Frequency Tester, Visual FFF Tester)가 사용된다. 영상피로는 눈의 피로이자 시각정보를 담당하는 대뇌 피질(Cortex)의 피로이다. 점멸융합주파수는 계속되는 시각 자극이 점멸하지 않고 연속으로 느껴지는 주파수를 말하는 것으로 시각 및 정신적 피로의 척도로 사용된다[10,11].

눈이나 대뇌가 피로해지면 정상적인 정보처리 능력이 떨어지기 때문에 더 낮은 점멸융합주파수를 보이게 되며, 자극 부여 전의 주파수와 부여 후의 주파수 차이가 시각적 자극이 발생시키는 스트레스의 양이다. 개인마다 자극 부여 전·후의 주파수는 다르기 때문에 반드시 정규화(Normalization) 과정이 필요하다[10].



[Fig. 1] Visual Flicker Fusion Frequency Tester

영상피로는 눈의 피로뿐만 아니라 신체의 전정기관이나 내장에 영향이 있고, 개인이 감내할 수 있는 수준이 다르기 때문에 FFF 외에도 주관적으로 느끼는 바를 측정하고 이를 계량화하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 사이버멀미(Cybersickness)를 측정하는 방법으로 사이

<Table 1> Cybersickness Questionnaire Example

Response	2D		3D		Criteria
	Before	After	Before	After	
Overall discomfort	1	1	1	2	A,B
Overall Fatigue	0	0	0	1	B
Headache	0	0	0	0	B
Eye fatigue	0	1	0	2	B
Trouble of eye focus	0	1	0	2	B,C
Increase of saliva	0	0	0	0	A
Sweating	0	0	0	0	A
Nauseous	0	0	0	0	A
Trouble of mind focus	0	0	0	1	A,B,C
Dull Feeling in the head	0	0	0	0	C
Murky sight	0	0	0	3	B,C
Feeling somewhat dizziness when opening eyes	0	0	0	0	C
Feeling somewhat dizziness when closing eyes	0	0	0	0	C
Overall dizziness	0	0	0	0	C
Burden to stomach	1	1	1	1	A
Belching	0	0	0	0	A

버멀미 질문지(Cybersickness Questionnaire)를 이용하였다. 이 질문지는 <Table 1>에서와 같이 메스꺼움의 척도(A), 안구불편의 척도(B), 방향감각 저하의 척도(C)로 구성된 질문에 주관적으로 피실험자가 체크할 수 있도록 되어 있다.

<Table 1>에서 16개의 문항은 “그렇다”, “약간 그렇다”, “보통이다”, “심하다”에 대해 각각 0, 1, 2, 3점을 부여하도록 되어 있으며, 표에서는 임의의 숫자를 넣은 것으로, 이를 종합하여 하나의 결과 값으로 정리하는 방법은 다음과 같다. 예에서 보는 바와 같이 Cybersickness의 종합점수에는 방향감각 저하의 정도가 가장 큰 비중을 차지한다.

3D 시청 후 CQ Score 계산(예) : A; 2+1+1 = 4, B; 2+1+2+2+1+3)= 11, C; 2+1+3) = 6. Total Score = 4×9.54\* + 11×7.58\* + 6×13.92\* = 135.46, \* : A, B, C 가중치

**2.2 연구대상 및 자료수집 절차**

피실험자는 20대 대학생 16명(남성 8, 여성 8)이 선정되었으며, 평균나이 21.55(±1.47), 좌/우 평균 시력은 각각 1.005(±0.309), 1.005(±0.305)였다. 피실험자는 가정에서 정기적으로 3D TV를 시청하는 인원이 아니었으며, 실험 당일 시각적인 상태가 모두 양호하였다.

개인별로 실험절차는 [시청 전 CQ - 시청 전 FFF - 2D(3D) 10분간 시청 - 시청 후 FFF - 시청 후 CQ]의 단

계를 설정하였고, 시청 영상은 2009년도에 개봉된 Avatar 영화였다.



[Fig. 2] Display : “Avatar”

2D와 3D 영상은 동일하였으며, 전 시청이 후 시청에 미치는 학습효과(Learning Effect)[7,12]를 줄이기 위해 각 시청 사이에는 10분의 휴식시간을 부여하였다.

여기서 Visual FFF Tester를 이용하였을 때 두 개의 점이 깜빡이다가 하나로 된 시점의 주파수(Frequency)를 측정하였다. 통상 낮은 주파수는 높은 시각적 스트레스를 나타낸다고 해석한다[7].

**2.3 분석 방법**

독립변수는 2수준으로 성별(Gender)과 영상 Type(2D vs. 3D)이었으며, CQ 관련 종속변수는 증가율(Increase

Rate)로  $\{(After-Before)/Before\}$ 로 계산되며, FFF 관련 종속변수는 시청 후에는 주파수가 통상 감소되므로(피로가 쌓이므로) FFF 감소율(Reduction Rate)로써  $\{(Before - After)/Before\}$ 로 계산되었다[7].

### 3. 연구 결과

<Table 2>는 위에서 설명한 종속변수를 기준으로 한 결과를 보여주고 있다.

<Table 2> Experimental Results

Variables	CQ Increase Rate		FFF Reduction Rate		
	2D	3D	2D	3D	
Female	0.3708	1.2999	0.0294	0.0294	
	0.6528	1.1645	0.0541	0.0556	
	0.1641	0.1774	0.0294	0.081	
	0.8037	5.1134	0.0345	0.0667	
	0.1214	0.2966	0.0286	0.0571	
	0.4441	1.4504	0.0303	0.0810	
	0.1152	0.2303	0.0286	0.0571	
	0.1587	0.6628	0.0294	0.0909	
	0.2442	1.4253	0.0278	0.0833	
Male	0.3498	0.6018	0.0303	0.0303	
	0.1499	0.5086	0.0571	0.0571	
	0.0118	0.8822	0.0278	0.0571	
	0.1964	0.594	0.0556	0.0556	
	0.1500	2.2276	0.0294	0.0667	
	0.0000	0.0668	0.0278	0.0556	
	0.9369	3.1579	0.0000	0.0667	
	<b>AVE.</b>	<b>0.3040</b>	<b>1.2400</b>	<b>0.0325</b>	<b>0.0621</b>
	<b>S.D.</b>	<b>0.2700</b>	<b>1.3200</b>	<b>0.0137</b>	<b>0.0169</b>

<Table 2>를 이용하여 두 개의 독립변수가 각각의 종속변수에 통계적으로 유의하게 영향을 미치는지 알아보기 위해 Two-way repeated ANOVA[7,13]를 실시하였고, 그 결과는 <Table 3>과 <Table 4>에 제시되어 있다.

<Table 3> ANOVA Result(CQ Increase Rate)

Sources	DF	SS	MS	F	P
Gender	1	0.0928	0.0928	152.9700	0.0510
Type	1	7.0216	7.0216	1,1579.3000	0.0060*
Gender*Type	1	0.0006	0.0006	0.0000	0.9800
Error	28	27.0354	0.9655	-	-
Total	31	34.1503	-	-	-

\* : P-value < 0.05

<Table 4> ANOVA Result(FFF Reduction Rate)

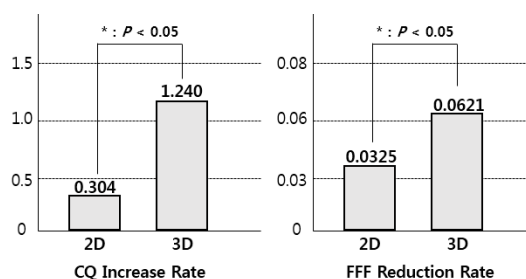
Sources	DF	SS	MS	F	P
Gender	1	0.0000	0.0000	2.1400	0.3820
Type	1	0.0070	0.0070	165.9100	0.0490
Gender*Type	1	0.0000	0.0000	0.1700	0.6830
Error	28	0.0070	0.0002	-	-
Total	31	0.0141	-	-	-

\* : P-value < 0.05

CQ 증가율에서는 성별과 상호작용(성별\*TV Type)이 종속변수에 유의수준( $\alpha$ ) 0.05에서 유의하게 영향을 미치지 않았으며( $P>0.05$ ), 영상 Type만 유의한 영향을 미쳤다( $P<0.05$ ). 3D는 2D에 비해 CQ 증가율이 4배로 나타났다. 마찬가지로 FFF 감소율도 영상 Type만 통계적으로 유의하게 종속변수에 영향을 미쳤다( $P<0.05$ ).

결과에서 보듯이 CQ 증가율과 마찬가지로 FFF 감소율은 3D가 2D에 비해 2배 가량 높음을 알 수 있다. CQ 증가율과 FFF 감소율의 차이가 큰 것은 종속변수의 차이(주관적 판단 vs. 생리적 반응 결과)에 기인하는 것으로 종합적인 결과해석에서 큰 의미가 없다.

Post-Hoc Test를 위해 쌍체(Pairwise) t-Test를 실행한 결과, [Fig. 3]에서와 같이 두 개의 종속변수 모두에서 2D보다 3D가 종속변수의 값이 유의하게 높게 나타났지만( $P<0.05$ ), 성별의 차이는 유의한 차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ).



[Fig. 3] Pairwise t-Test Results(Type)

### 4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 3D 영상이 2D 영상에 비해서 얼마만큼의 영상피로를 주는가에 대한 질문에 답하기 위해서 기

존에 시도되지 않은 척도로써 CQ와 FFF를 이용하여 비교 실험이 진행되었다. 이론적인 근거에 부합되게 3D 영상은 영상피로를 2D보다 크게 유발하는 것으로 증명되었다.

직관적으로도 3D 영상은 2D 영상에 비해 몇 배 이상의 이미지를 포함할 수 밖에 없고, 2D 영상에 비해 3D 영상이 인간의 뇌에서 인식하는 방식도 복잡하다. 즉, 3D 영상을 좌측 이미지와 우측 이미지를 각각 좌측과 우측 눈으로 보내는 개념이다. 또한, 3D 영상은 초당 화면 전환 속도 또한 기존 2D 영상보다 빠르며, 대부분의 3D 영상은 240Hz의 범위를 지나, 2D가 120Hz의 범위를 지닌 것에 비해 2배 이상의 영상 정보가 눈과 뇌에 전달된다[3].

최근의 연구결과를 통해 본 연구의 결과를 비교해 보면 다음과 같다. 게임 사업에서 3D의 이용이 대중화 되고 있고 관련된 연구도 다양하게 이루어지고 있다. 2D와 3D 게임을 수행한 피실험자들의 EEG를 비교한 실험[14]에 따르면, 3D 시청시가 2D 시청시보다 높은 진폭대의 베타파( $\beta$ )가 관측되었으며, 이러한 결과는 권상희, 방은영(2012)의 연구결과[3]와도 일치한다. 이는 초당 화면 전환 속도와 이를 정보 처리하는 뇌 부하가 3D가 2D보다 훨씬 높기 때문인 것으로 분석되었다. 또한, 권준기 등(2012)은 두 영상시청 전, 후의 눈의 피로도와 눈물막 파괴시간, 안구표면 온도변화 등을 비교한 실험을 실시하였고, 결과적으로 3D가 눈의 피로도와 두통, 집중력 저하 정도가 높게 나타났다[15]. 이러한 결과는 윤정호 등의 연구결과(2012)와도 일치하는데, 3D가 2D에 비해서 눈부심, 복시, 흐림, 어지럼증이 통계적으로 유의하게 높게 나타났다[16]. 이러한 결과를 발생시키는 원인은 앞에서 설명한 정보 처리량의 차이 외에도 초점거리와 상이 맺히는 거리의 불일치, 눈의 조절 및 모임 능력의 저하가 3D에서 크게 나타나기 때문으로 분석되었다.

2D 영상에서 3D 영상으로 전화되는 기술발전 추세를 고려하며, 3D 영상의 인간공학적 관점에서 안정적인 운용을 위해서는 많은 기술적 연구가 필요하다.

영상 피로로부터 발생하는 신체적 반응들은 과업 수행도에 부정적인 영향을 미치므로 영상피로를 줄여주는 처음부터 시스템을 구현하거나, 이미 구현된 시스템이라면 이에 맞는 영상 피로에 덜 민감한 작업자를 배치하는 것이 과업 수행도의 저하를 막을 수 있는 하나의 대안이

다. 즉, 인간의 정보처리 모델(Human Information Processing Model) 측면에서 영상 피로는 작업 기억에 영향을 미치지 않지만, 장기 기억에는 거의 영향을 미치지 않는다[10,17]. 이는 장기 기억이 요구되는 반복적 자극 학습을 통한 피로 하에서의 과업 수행도 향상을 어렵게 한다. 따라서 영상 피로를 덜 주는 시스템을 구현하기 어렵거나 기존 시스템에 맞추어서 작업자를 학습시키기도 곤란하다면, 영상 피로에 덜 민감한 작업자를 선별하여 배치하는 방안이 합리적일 수 있다.

본 연구는 3D 기술 발전과 3D 영상의 보급이 활발해지는 현재[18,19], 이러한 3D 영상 보급의 가장 큰 장애 중 하나인 영상피로의 인체 안정성 분야에 기초연구으로써 그 의의가 있다. 비록 3D 영상은 아니지만 1997년 일본에서 약 700명의 어린이가 포켓몬 몬스터라는 애니메이션을 시청 하는 도중 두통, 구토, 발작 증세 등으로 입원한 사례[2]에서 보듯이 영상기술과 더불어 사회적으로 큰 파장을 줄 수 있는 영상피로를 줄이기 위한 연구도 반드시 병행되어야 됨을 알 수 있다.

지속적인 영상피로를 줄일 수 있는 연구 진행과 함께 제조물책임법(Product Liability Law)과 관련하여 적절한 시청 유의사항을 시청자에게 경고[20]해야 하겠으며, 영상피로를 줄이기 위한 표준이나 가이드라인이 정립된 상태에서 제품 개발 및 보급이 이루어져야 하겠다.

추후에는 영상피로를 최소로 유발할 수 있는 최적의 영상 노출 시간과, 이미 노출된 영상피로를 줄이기 위한 최적의 휴식시간 등에 대한 연구, 그리고 시청자 연령대별(특히, 어린이 및 노약자)로 실험참가자를 세분화한 실험 등이 필요하다. 참고로 감기택(2016) 연구에 의하면 연령이 높아질수록 3D 영상물을 시청 할 경우 주관적인 불편감(눈통증, 어지러움, 상호림 등)이 증가함을 보인 바 있다[21].

## REFERENCES

- [1] Hoffman, D. M., Girshick, A. R., Akeley, K., and Banks, M. S., "Vergence-accomodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue", *Journal of Vision*, Vol. 8, No 33, pp. 1-30, 2008.
- [2] Park Sang In, Whang Min Cheol, and Kim Jong

- Wha, "Autonomic nervous systems response to affected by 3D visual fatigue evoked during watching 3D TV", Korean Society for Emotion and Sensitivity, Vol. 14, No. 4. pp. 653-662, 2011.
- [3] Kwon Sanghee and Bang Eunyoung, "Study on 3D pictures and human facts: Comparison of 2D and 3D receptions by measuring brainwaves", 2012 Proceedings of Human-Computer Interaction Korea, pp. 943-947, 2012.
- [4] Wee Sung Wook, "The analysis of factors inducing visual asthenopia with viewing 3D displays". M.D. thesis. The Chung-Aang University. 2013.
- [5] Cho Sang-Hyun, "An analysis of visual discomfort caused by watching stereoscopic 3D content". Ph.D. dissertation. The Catholic University of Korea. 2014.
- [6] Nichols, M. J., and Newsome, W. T., "The neurobiology of cognition", Nature, Vol. 402, pp. C35-C38, 1999.
- [7] Kim Sun-uk and Han Seung Jo, "The relationship between visual stress and MBTI personality types", Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 13, No. 9, pp. 4036-4044, 2012.
- [8] Jang Young Gun, "A study of web based screening for visual stress syndromes", Ergonomics Society of Korea, Vol. 28, No. 4, pp. 91-99, 2009.
- [9] Howarth, P. A., and Costello, P. J., "The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system", Displays, Vol. 18, No. 2, pp.107-116, 1997.
- [10] Corr, P. J., and Kumari, V., "Sociability/Impulsivity and attenuated dopaminergic arousal: Critical flicker/fusion frequency and procedural learning", Personality and Individual Differences, Vol. 22, No. 6, pp. 805-815, 1997.
- [11] Corr, P. J., Pickering, A. D., and Gary, J. A., "Sociality/Impulsivity and caffeine-induced arousal: Critical flicker/fusion frequency and procedural learning", Personality and Individual Differences, Vol. 18, No. 6, pp.713-730, 1995.
- [12] Han Seung Jo, "Effects of asymmetric load on low back and workers-oriented expert system for evaluating low back loading", Ph.D. dissertation, Dankook University, 2012.
- [13] Han Seung Jo and Kim Sunuk, "The analysis of low back loading and muscle fatigue while lifting an asymmetric load", Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering, Vol. 35, No. 2, pp. 30-36, 2002.
- [14] Jang Han Jin and Noh Ki Young, "An experimental study of stereoscopic image and fatigue effect for 3D video game: linking cerebral physiologic measure", Journal of Korea Game Society, Vol. 13, No. 3, pp. 5-18, 2013.
- [15] Kwon Junki, Kang Su-Yeon, and Kim Kyun-Hyung, "The ocular fatigue of watching three-dimensional images", J. Korean Ophthalmol Soc., Vol. 53, No. 7, pp. 941-946, 2012.
- [16] Yoon Jeong Ho, Lee Ikhan, Kim Taehyun, and Kim Jae-do, "Visual fatigue in watching 3 dimension television", J. Korean Oph. Opt. Soc., Vol. 17, No. 1, pp.47-52, 2012.
- [17] Wickens, C. D., Lee, J. D., Lie, Y., and Becher, S. E. G., An introduction to human factors engineering (2nd ed), pp. 367-378, Prentice Hall, 2004.
- [18] Kim Nam-jae, Ryu Seuc-ho, Kyung Byung-pyo, Lee Dong-yeol, Lee Wan-bok, "3D Character Production for Dialog Syntax-based Educational Contents Authoring System", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 1, No. 1, pp. 69-75, 2010.
- [19] Lee Myoun-Jae, "A Study on Game Production Education through Recent Trend Analysis of 3D Game Engine", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 4, No. 1, pp. 15-20, 2013.
- [20] Kim Jung In, "Research on the necessity of revision of product liability act", M.S.. thesis, Kyunghee University, 2015.
- [21] Kham Keetaek, "The effect of individual differences on visual discomfort in watching 3D contents", The Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology, Vol. 28, No. 1, pp. 213-220, 2016.

**한 승 조(Han, Seung Jo)**



- 2003년 2월 : KAIST 산업공학과 (공학석사), 아주대학교 경영학과 (경영학 석사)
- 2011년 9월 : 미)뉴욕주립대(버팔로)산업공학과 박사과정 수료
- 2013년 2월 : 단국대학교 산업공학과(공학박사)
- 현재 : 국방과학연구소 선임연구원

· 관심분야 : 인간공학, M&S

· E-Mail : seungjo1651@add.re.kr