

# 드론 조작 컨트롤러 인터페이스의 사용성 평가 방안

## Usability Evaluation for User Interface of a Drone Remote Controller

차민철<sup>1</sup>, 김보명<sup>2</sup>, 이지인<sup>2</sup>, 지용구<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 정보산업공학과

<sup>2</sup>연세대학교 인지과학 협동과정

### ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to investigate the usability factors influencing drone controllers and suggest the usability principles for designing a drone controller. **Background:** Recent interest of drones has been developing over the years. This is why drones have been used in various fields such as agriculture, service, distribution and leisure, as well as the military. However, as the utilization and variation of drones has expanded, several problems and violations of privacy and the Aviation Act have also been committed through the use of these drones. One of the most critical problems is an accident due to an error of drone controllers. This is caused by the difference between human and machine. **Method:** We conducted a heuristic evaluation with experts in this field. We reviewed prior studies on system controllers in order to investigate the usability factors influencing the drone controllers. Then, we conducted a card sorting method to categorize themes and factors related to drone controllers, and based on these factors, we conducted the user evaluation and interviews with 10 participants. **Result:** Nine factors and thirty-one problems influencing drone controllers were derived through heuristic evaluation. Ranking of usability factors was determined through user evaluation. **Conclusion:** Based on our results, perceived controllability and intuitiveness were the most important factors in accordance with drone controllers.

Keywords: Usability evaluation, Heuristic, Drone Controller, User experience

### 1. Introduction

드론(Drone)은 사람이 직접 탑승하지 않고 원격이나 자동으로 조종되는 비행체를 뜻한다[5]. 드론은 Unmanned aerial vehicles(UAVs) 나 remotely piloted aircrafts(RPAs)라고도 일컬어지며, 최근 이 UAV 중 하나로 쿼드콥터 형태 즉, 4개의 구동 날개를 가지는 프로펠러 형태의 회전익을 가지는 비행체로 분류된 드론이 활발히 상용화 되고 있다. 이러한 드론은 최근 기존의 개발 목적이었던 군사용 이외에도 농업, 서비스, 촬영, 유통·물류, 여가에 이르기까지 다양한 분야에서 활용되는 중이다

하지만 드론이 확산되면서 항공법 위반, 사생할 침해 등 여러 문제가 발생하고 있다. 그 중에서도 가장 심각한 것이 드론 관련 안전 사고이다.

드론 조작 실수로 인해 사용자가 사망하거나 아이가 한쪽 눈을 실명하는 사고가 발생하고 있다. 선행연구에 따르면 이러한 드론 관련 안전 사고는 드론 컨트롤러와 사용자의 관점 차이에 의해 야기되고 있다[2]. 이러한 관점 차이로 실제 드론을 조작하기 위해서는 상당히 많은 시간의 학습이 필요하며, 전문가라 할 지라도 위급 상황시에는 판단 오류를 불러일으키게 된다.

본 연구에서는 이러한 드론 조작 컨트롤러의 특징에 맞는 사용성 원칙을 개발 및 제안하고자 한다. 또한 전문가 및 일반 사용자 평가를 통해 기존 드론 조작 컨트롤러의 문제점 및 한계점을 알아보고자 한다.

#### 1.1 The Complexity of The Drone Controller

References	Usability principles
Komine et al. (2000) [8]	Reliable, Efficient, Easy to memorize, Less tiring, Easy to use repeatedly, Fun to use, Easy to fit, Easy to understand, Does not feel odd, Comfortable, Easy to see, Easy to select, Quick response, Simple, Stylish, Good feeling, Aesthetic, Original, Novel, Orderly, Right size, Gaudy
Osafo-Yeboah et al. (2010)[13]	System flexibility, Efficiency of use, User control and Freedom, Ease of use, Match between system and real world, Natural mapping, Operator/workspace ergonomics
Kim et al. (2008)[7]	User control, Controllability, Feedback, Error indication, Tolerance principle, Prevention, Predictability, Match between system and real world, Learnability, Familiarity, Efficiency, Effectiveness, Accuracy, Subject satisfaction, Pleasantness, Direct Manipulation, Ease, Durability, Safety, Size, Graspability, Arrangement, Attractiveness, Simplicity, Consistency
Sanchez-Crespo Dalmau (1999) [14]	Customizability, Default, non-Intrusive, Consistency, Feedback, Responsiveness, Ease of Use, Efficiency, Learnability
Gong and Tarasewich (2004) [6]	Enable frequent users to use shortcuts, Offer informative feedback, Design dialogs to yield closure, Support internal locus of control, Consistency, Reversal of actions, Error prevention and simple error handling, Reduce short-term memory load, Design for multiple and dynamic contexts, Design for multi-modal interfaces, Design for limited and split attention, Design for speed and recovery, Design for “top-down” interaction, Allow for personalization, Design for enjoyment
Laussen & Younessi (1998) [9]	Ease of learning, Task efficiency, Ease of remembering, Understandability, Subjective satisfaction
Atkinson et al. (2007) [1]	Software-User Interaction, Learnability, Cognition Facilitation, User Control and Software Flexibility, System-Real World Match, Graphic Design, Navigation and Exiting, Consistency, Defaults, System-Software Interaction, Help and Documentation, Error Management

<표 1> Usability Principles Collected for Usability Test

현재 드론 컨트롤러의 인터페이스는 기존의 RC 카나 모형배 등에서 사용하던 컨트롤러 인터페이스를 그대로 사용하고 있다[5]. 이러한 컨트롤러들은 사용자가 조작 대상 내부가 아닌 외부에 위치하여, 내부에 있을 때와 달리 조작 대상과 조작자 간의 관점 불일치가 일어난다. William[15]은 이처럼 컨트롤하고 있는 대상과 조작자의 관점 불일치가 일어나는 조종방식을 외부 조종(External Piloting)이라 하였다. 외부 조종으로 인해 관점 불일치가 일어나게 되면, 사용자가 드론을 조종함에 있어 사용자의 멘탈 모델과 드론의 작동방식의 차이가 생겨 조작이 어려워진다. 또한 드론 사고의 32%가 드론 사용자의 조종 실수로 발생하는 점도 이러한 드론 컨트롤러의 복잡성의 문제점을 나타낸다[11].

최근 이러한 드론 컨트롤러의 문제점을 파악하고, 스마트폰 App, 제스처, NUI(Natural User Interface) 등 다양한 드론 조작 방식에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[5][4]. 하지만 이러한

드론 조작방식을 사용하는 드론의 경우 매우 고가이며 카메라, 각종 센서, VR기기 등 다양한 기능이 필요하다. 따라서 일반 사용자는 이와 같은 드론을 이용하지 않고 기존의 컨트롤러를 사용하게 되며, 드론 조작 방식의 연구는 드론 조종 실수로 인한 사고를 줄이기에는 한계를 가지고 있다. 또한 이렇게 제시되는 다양한 드론 조작 방식의 경우 사용자들이 드론 조작에서 느끼는 문제점을 정확히 판단하지 못하고 제시되어 왔으며, 이는 여전히 사용자가 조작하기 어려운 점이 존재한다.

따라서 본 연구에서는 앞서 서술한 드론 컨트롤러 조작 문제의 원인을 파악하고자 하였다. 먼저, 전문가를 통해 드론 컨트롤러의 사용성 평가를 위한 사용성 원칙을 개발하였고, 이를 전문가와 일반 사용자의 평가를 통해 드론 컨트롤러의 문제점을 파악하였다.

## 1.2 Heuristic Evaluation

Nilsen[12]에 의해 처음 제안된 휴리스틱 평가는 해당 분야의 전문가가 사용성 원칙에 따라 시스템을 평가하는 방법이다. 휴리스틱 평가는 평가 속도가 빠르고 적은 비용으로 사용성 평가를 할 수 있다는 장점을 갖고 있으며, 새로운 시스템에 대한 사용성 문제를 해결하는 연구들에 지속적으로 사용되고 있다.

하지만 휴리스틱 평가는 객관성의 부족 등의 단점이 존재한다고 알려져 있다[3]. 사용성 평가에 익숙하지 못한 평가자의 경우 문제를 놓칠 가능성이 있으며, 전문가마다 자신만의 가이드라인을 제시하 기도 한다. 하지만 이러한 단점을 보완하기 위하여 Law and Hvannberg[10]는 기존의 여러 사용성 원칙 중 해당 분야에 적용하기 위한 사용성 원칙을 선택적으로 사용한다면 이러한 객관성의 문제를 해결 할 수 있다고 보았다. 또한 사용성 평가자가 해당 분야의 전문가가 되어야 함을 강조하였다.

따라서 본 연구에서는 Law and Hynnberg[10]의 연구에서 제안된 방법을 통해 휴리스틱의 단점이 극복될 수 있다고 판단하였으며, 이를 사용성 원칙 개발 과정에 적용하여 휴리스틱 평가를 진행하였다. 또한 이러한 전문가 휴리스틱 평가 외에

실제 사용자의 사용성 평가를 진행할 필요가 있다고 판단하였으며, 휴리스틱을 이용한 전문가 평가와 일반 사용자 평가가 모두 진행되었다.

## 2. Research Framework

본 연구에서는 사용자들의 드론 컨트롤러 조작에 있어 발생하는 문제점을 파악하고 향후 드론 컨트롤러의 개발과정에 사용될 수 있는 사용성 원칙을 개발하였다. 또한 드론 조작의 새로운 Interaction 방식을 고안하는 과정에서도 사용이 가능한 사용성 원칙을 제안하고 있다. 이후 전문가와 일반사용자를 대상으로 개발된 사용성원칙을 이용한 사용성 평가를 진행하였다.

### 2.1 Collection of Usability Principles

드론 컨트롤러라는 물리적 컨트롤러 특징에 부합하는 사용성 원칙 개발을 위해 기존 연구에서 컨트롤러 관련 사용성 원칙을 수집하였다. 게임 컨트롤러, 리모트 컨트롤러, 모바일 기기 등에 대

1st level	2nd level	설명
Satisfaction	Subjective satisfaction, Good Feeling, Fulfillment	드론 조작에 있어서 사용자의 만족도에 대해서 평가하기 위한 요인 그룹
Perceived Playfulness	Fun to use, Design for enjoyment, Novel	사용자에게 즐거운 경험을 제공하는지를 평가하기 위한 요인 그룹
Intuitiveness	Comfortable, Simplicity, Natural mapping	드론 컨트롤러 인터페이스의 직관성을 평가하기 위한 요인 그룹
Learnability	Ease of Learning, Easy to memorize, Easy to understand	사용자가 드론 조작법을 쉽고 빠르게 배울 수 있는지 평가하기 위한 요인 그룹
Ease of Use	Operability, Less tiring, Design for speed and recovery	사용자가 쉽게 드론을 사용할 수 있는지를 평가하기 위한 요인 그룹
Perceived Controllability	User control, Understandability, Controllability	사용자가 드론을 조작 및 통제할 수 있는지를 평가하기 위한 요인 그룹
Feedback & Responsiveness	Offer informative feedback, Non-Intrusive, Quick response	사용자의 필요에 적절한 반응을 보이는지를 평가하기 위한 요인 그룹
Exiting	Reversal of actions	사용자가 원할 때 드론의 조작을 중단할 수 있는지를 평가하기 위한 요인 그룹
Cognitive Load	Design for limited and split attention, System-Real World Match, Perceived Stress	드론을 조작할 때 사용자의 인지부하를 평가하기 위한 요인 그룹

<표 2> Usability Principles for Drone Controller

1st level	2nd level	No. of problems		Expert Score (7 Scale)			Score_Avg
Satisfaction	Subjective satisfaction	0	1	5	4	6	4.7
	Good Feeling	1		4	4	7	
	Fulfillment	0		4	4	4	
Perceived Playfulness	Fun to use	1	1	7	5	6	5.8
	Design for enjoyment	0		6	5	6	
	Novel	0		5	5	7	
Intuitiveness	Comfortable	0	4	6	7	6	6.4
	Simplicity	1		5	7	7	
	Natural mapping	3		7	7	6	
Learnability	Ease of learning	1	5	7	5	7	5.8
	Easy to memorize	2		7	5	3	
	Easy to understand	2		7	6	5	
Ease of Use	Operability	3	3	6	4	6	5.1
	Less tiring	0		7	5	5	
	Design for speed and recovery	0		5	5	3	
Perceived Controllability	User control	3	5	7	6	6	6.3
	Understandability	0		5	7	6	
	Controllability	2		7	7	6	
Feedback & Responsiveness	Offer informative feedback	6	9	5	7	7	6.1
	Non-Intrusive	0		6	5	7	
	Quick response	3		6	5	7	
Exiting	Reversal of actions	1	1	7	6	6	6.3
Cognitive Load	Design for limited and split attention	2	2	5	5	4	5.1
	System-Real world match	0		7	5	5	
	Perceived stress	0		5	5	5	

<표3> Result of The Expert Evaluation

한 사용성 평가 원칙을 수집하였으며 그 내용은 <표1>과 같다.

## 2.2 Usability Principles for The Drone Controller

수집된 컨트롤러 관련 사용성 원칙 105개에 대하여 드론 관련 전문가 3명이 전문가 회의를 진행하였다. 드론 조작법과의 관련성 및 드론 컨트롤러의 특징을 고려하여 원칙을 선정하였으며, 선정과정에서 의미의 중복이 있는 원칙은 대표적인 1가지만을 선정하여 총 25가지의 사용성 원칙을 도출하였다.

선정된 사용성원칙은 카드 소팅(Card Sorting)을 통해 그룹화 과정을 거쳐 최종적으로 상위 카테고리인 9가지 요인그룹(Satisfaction, Perceived playfulness, Intuitiveness, Learnability, Ease of Use, Perceived Controllability, Feedback & Responsiveness, Exiting, Cognitive Load)으로 계층화 하였다<표2>.

## 3. Expert Evaluation

본 연구에서 개발된 드론 컨트롤러 조작 관련

9개의 사용성 원칙 그룹을 실제 드론을 대상으로 전문가 평가를 진행하였다.

### 3.1 Procedure

총 3명의 평가자가 SYMA사의 X5SC 드론 컨트롤러에 대해 평가하였다. 평가용으로 선정된 드론은 중국 제품으로 실제 입문용 드론으로 가장 많이 사용되는 드론 중 하나로 일반적인 드론의 조작법을 이용해 비행하며, 카메라 기능이 있는 대중적인 드론이다.

먼저 전문가 그룹은 주어진 드론에 대해 조작 관련한 문제점을 토의하고 이를 앞서 개발된 25가지 사용성 원칙에 매칭시켰다. 다음으로 드론 컨트롤러 사용성 원칙에 대해 문제의 심각성 및 필요성을 개선 중요도로 표현하여 7점 척도로 점수를 부여하였다.

### 3.2 Result

전문가 그룹의 평가 결과, 총 31가지의 컨트롤러 관련 문제점을 도출하였다<표3>. 각각의 사용성 원칙에 매칭된 문제점의 수를 상위 카테고리 관점에서 합산하였다. 사용성 원칙의 개선 중요도 또한 3명의 전문가 점수를 9가지 상위 요인 그룹단에서 평균을 계산하여 분석을 실시하였다.

문제점과 개선의 중요도에 따라 요인그룹을 상위 그룹(4항목)과 하위 그룹(5항목)으로 분류하였다. 드론 컨트롤러 문제점 수 상위그룹은 Feedback & Responsiveness, Perceived Controllability, Learnability, Intuitiveness 순이었다. 드론 컨트롤러 문제점의 개선 중요도는 Intuitiveness, Perceived Controllability, Exiting, Feedback & Responsiveness 가 상위그룹으로 측정되었다.

## 4. User Evaluation

본 연구에서는 드론 전문가 집단 이외에도 드론 초기 사용자 평가를 통해 드론 조작 실험을 진행하였다. 초기 사용자가 실제 드론 조작과정에서 발생할 수 있는 문제점을 파악하고 이를 전문가 평가 결과와 비교, 분석하였다.

### 4.1 Experimental Design

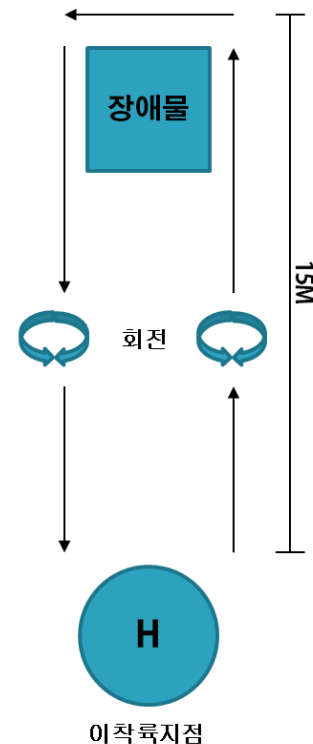
사용자 테스트는 초보자 및 입문자가 드론을 사용하여 주어진 조작 관련 Task를 진행 후 설문

문항을 작성하고 인터뷰를 진행하는 방식으로 수행되었다. 피험자는 현재 드론을 소유하고 있지 않은 총 10명의 피험자(남: 6, 여: 4, 평균: 24.4, SD: 2.71)가 참가하였으며 실험 시간은 training(10분)을 포함해 약 1시간 실험을 진행하였다.

과업은 기본적인 드론의 움직임(기체 상승/하강, 전후 좌우 이동, 시계/반시계 회전)에 기반하여 설계되었다. 약 30 M 거리를 움직이는 시나리오로 장애물을 피해 드론을 이동 및 회전 시킨 후 작록 하는 것을 과업으로 주었다<그림 1>.

### 4.2 Procedure

먼저 실험 목적 및 드론 조작법에 대한 간단한 설명을 하고 피험자는 약 10분간의 training을 자유롭게 진행하게 하였다. 피험자가 스스로 드론 조작이 익숙해 졌다고 판단되면 주어진 과업 시나리오를 수행하였다. 과업 수행 후 피험자는 앞서 개발된 사용성 원칙에 기반하여 제작된 설문 25문항을 7점 척도로 응답하였다. 마지막으로 드론의 조작법 및 드론 자체에 대한 사후 인터뷰를 수행을 끝으로 실험을 종료하였다. 실험 과정 중 피험자가 드론 조작과정에서 발생하는 문제점 및 행동은 관찰자 및 영상을 통해서 기록되었다.



<그림 1> Setup of The User Task



#### 4.3 Result

본 실험에서 진행한 드론 조작과업 중 드론을 재배치 하지 않고 성공한 피험자는 없었다. 조작 중 드론이 뒤집어지거나 추락하여 재배치 후 조작과업을 마무리 하기까지 걸리는 평균 시간은 약 9.8분이 걸렸다.

드론에 대한 사용자 설문 결과는 Exiting을 제외한 항목을 3문항의 평균을 계산한 후, 전문가 평가와 비교 분석을 위해 하위 그룹(4항목)과 상위 그룹(5항목)으로 나누어 분석을 진행하였다<표4>. 사용자에게 의한 드론 컨트롤러 평가의 하위 그룹으로는 Perceived Controllability, Ease of Use, Cognitive Load, Intuitiveness 의 순으로 낮게 평가되었다. 드론 컨트롤러 조작에 있어 Perceived Controllability와 Intuitiveness의 경우 전문가와 사용자 집단 모두 문제 있음을 인지하고 있었다. 하지만 전문가 그룹이 Feedback & Responsiveness, Learnability, Exiting에 문제가 있다고 응답했던 것과는 달리 일반 사용자 그룹은 Ease of Use, Cognitive Load에서 문제가 있다고 응답하였다.

드론 조작 과업 중 사용자 관찰 결과 기록물은 피험자별 행동을 분석 후, 연구진의 논의를 통해 중복된 결과를 제외하고 하나의 데이터로 정리하였다. 피험자는 대부분 드론 이착륙시 문제를 겪었으며, 드론의 자신의 생각대로 움직이지 않는다고 하는 모습을 보였다. 컨트롤러에서 진동, 소리 및 감촉을 통한 알림을 주었지만 피험자들은 컨트롤러 Feedback의 여부나 그 의미에 대해서 인지하지 못하였다. 또한 피험자들은 드론을

Usability Principles	Avg. Scores	SD
Satisfaction	3.8	1.02
Perceived Playfulness	5.2	1.47
Intuitive	3.5	1.32
Learnability	4.4	1.45
Ease of Use	3.3	1.19
Perceived Controllability	2.8	1.02
Feedback & Responsiveness	4.1	1.03
Cognitive Load	3.3	1.30

<표 4> User Usability Scores

조작함에 있어서 조작의 어려움을 느껴도 드론 컨트롤러를 보면서 조작하지 않았다.

피험자 인터뷰 결과는 각 인터뷰 응답에 대해 파악되는 문제점을 도출하고 사용성 원칙에 대응시켰다. 사용자가 어려움을 느끼거나 개선되어야 할 사항으로 드론의 수직 움직임 및 착륙에 대한 것이 문제점으로 도출되었고 이는 Ease of Use, Controllability, Exiting로 대응되었다.

## 5. Conclusion

본 연구에서는 드론을 조작하기 위한 드론 컨트롤러에 대한 사용성 평가를 위해 기존 컨트롤러 관련 연구에서 사용성 원칙을 수집하고, 드론 컨트롤러 특징에 부합하는 원칙을 선별, 통합하는 과정을 수행하였다. 총 9가지 요인그룹 25개의 사용성 원칙을 개발하였으며 이를 통해 전문가 평가와 사용자 평가를 진행하였다.

전문가 평가와 사용자 평가를 통해 드러난 드론 컨트롤러의 공통된 사용성 문제는 Perceived Controllability, Intuitiveness로 현재 드론 컨트롤러는 드론을 조작하기에는 적합하지 않은 것으로 판단된다. 드론 컨트롤러는 조작성과 직관성이 떨어져 입문자뿐만 아니라 전문가 조차도 드론 컨트롤러를 조작함에 어려움이 있었으며 개선의 필요성을 느꼈다.

전문가 집단은 드론의 Feedback & Responsiveness, Learnability 등에 문제가 있음을 지적하였지만 일반 사용자는 해당 사용성 원칙에 문제를 느끼지 못하였다. 이는 일반 사용자는 드론의 상태에 대한 알림이나 복잡한 기능을 습득하는데 초점을 맞추기보다는 실제 사용 환경에서 단순히 자신이 원하는 곳으로의 드론이 움직이는 것을 목표로 조작을 하기 때문인 것으로 판단된다.

실험 참가자 중 드론으로부터 피드백을 받았음을 인지한 참가자가 존재하였다. 그러나 해당 피드백이 드론 조작에 관련된 내용이 아닌 배터리 부족과 같은 내용으로 실제 과업에는 필요한 피드백이 아니었기 때문에 설문조사에서 문제점으로 도출되지 않은 것으로 사료된다. 그러나 드론을 조작함에 있어서 배터리 부족이나 드론 조작법의 모드 변경 등은 중요한 요소임에도 피험자가 인지하지 못한 것은 문제점으로 볼 수 있다. 이에 따라 드론 컨트롤러의 피드백을 디자인하거나 설계함에 있어 기존과 다른 가이드라인이 필

요할 것으로 판단된다.

본 연구의 한계점은 드론 컨트롤러 사용성 원칙을 적용함에 있어 가장 기본적인 드론만을 포함시켰다는 점이다. 최근 드론의 기술력 증가로 인해 카메라 촬영만이 아니라 드론의 고도를 유지시키는 호버링(Hovering), 드론의 조작 방향을 사용자 중심으로 바꾸어 주는 헤드리스(Headless), 이륙 지점으로 자동 복귀하는 리턴홈(Return Home), 사용자를 따라다니는 팔로우 미(Follow Me) 기능 등 여러 기능을 가진 드론이 출시되고 있다. 이러한 기능들은 드론을 조종함에 있어 사용자에게 편리함을 가져다 줄 가능성이 있고, 이에 따라 현재의 조종법과 달리 새로운 기능을 이용한 드론 조종이 가능할 것이다. 따라서 추후 이러한 기능이 존재 하는 다양한 드론을 통해서도 드론 컨트롤러 사용성 원칙에 대한 연구를 진행할 필요가 있다. 또한 컨트롤러 사용에 미숙한 어린이를 대상으로 드론을 조작함에 있어 발생할 위험 이슈에 대한 연구도 의미가 있을 것으로 보인다.

## Acknowledgements

This work is financially supported by Korea Minister of Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) as 「U-City Manpower Development Program」

## References

- [1] Atkinson, B. F. W., Bennett, T. O., Bahr, G. S., & Nelson, M. M. W. (2007, July). Development of a multiple heuristics evaluation table (MHET) to support software development and usability analysis. In International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction (pp. 563-572). Springer Berlin Heidelberg.
- [2] Cho, M.H., (2016). Development and UX evaluation of a drone controller designed from an egocentric user perspective. Yonsei University.
- [3] Cockton, G., & Woolrych, A. (2001). Understanding inspection methods: lessons from an assessment of heuristic evaluation. In People and Computers XV—Interaction without Frontiers (pp. 171-191). Springer London.
- [4] Fernández, R. A. S., Sanchez-Lopez, J. L., Sampedro, C., Bavlé, H., Molina, M., & Campoy, P. (2016, June). Natural user interfaces for human-drone multi-modal interaction. In Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2016 International Conference on (pp. 1013-1022). IEEE.
- [5] Graff, C. (2016). Drone Piloting Study. University of Italian Switzerland.
- [6] Gong, J., & Tarasewich, P. (2004, November). Guidelines for handheld mobile device interface design. In Proceedings of DSI 2004 Annual Meeting (pp. 3751-3756).
- [7] Kim, H., Kim, M., Choi, J., & Ji, Y. G. (2008). A study of Usability Evaluation for Tangible User Interface. proceeding of AE International.
- [8] Komine, K., Hiruma, N., Ishihara, T., Makino, E., Tsuda, T., Ito, T., & Isono, H. (2000, June). Usability evaluation of remote controllers for digital television receivers. In Electronic Imaging (pp. 458-467). International Society for Optics and Photonics.
- [9] Lauesen, S., & Younessi, H. (1998, June). Six Styles for Usability Requirements. In REFSQ (Vol. 98, pp. 155-166).
- [10] Law, E. L. C., & Hvannberg, E. T. (2004, October). Analysis of strategies for improving and estimating the effectiveness of heuristic evaluation. In Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction (pp. 241-250). ACM.
- [11] Manning, S. D., Rash, C. E., LeDuc, P. A., Noback, R. K., & McKeon, J. (2004). The role of human causal factors in US Army unmanned aerial vehicle accidents (No. USAARL-2004-11). ARMY AEROMEDICAL RESEARCH LAB FORT RUCKER AL.
- [12] Nielsen, J., & Molich, R. (1990, March). Heuristic evaluation of user interfaces. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 249-256). ACM.
- [13] Osafo-Yeboah, B., Elton, M., Jiang, X., Book, W., & Park, E. (2010, January). Usability evaluation of a coordinated excavator controller with haptic feedback. In IIE Annual Conference. Proceedings (p. 1). Institute of Industrial Engineers-Publisher.
- [14] Sanchez-Crespo Dalmau, D. (1999). Learn faster to play better: how to shorten the learning cycle. Gamasutra. Accessed, 20070827
- [15] Williams, K. W. (2006). Human factors implications of unmanned aircraft accidents: Flight-control problems (No. DOT/FAA/AM-06/8). FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION OKLAHOMA CITY OK CIVIL AEROMEDICAL INST.

## Author listings

**Min Chul Cha:** [mc.cha@yonsei.ac.kr](mailto:mc.cha@yonsei.ac.kr)

**Highest degree:** Bachelor of Science, Department of Industrial Engineering, Yonsei University

**Position title:** Student, Department of Industrial Engineering, Yonsei University.

**Areas of interest:** Human Factors in Vehicle, HCI

**Bomyeong Kim:** [qhaud31@nate.com](mailto:qhaud31@nate.com)

**Highest degree:** Bachelor of Science in Industrial Engineering, Hongik University

**Position title:** Researcher in Graduate Program in Cognitive Science, HCI Lab, Yonsei University

**Areas of interest:** Human Computer Interaction, Companion Technology, Human Centered Design

**Jiin Lee:** [jiinlee@yonsei.ac.kr](mailto:jiinlee@yonsei.ac.kr)

**Highest degree:** Bachelor of Computer Science, Sungkonghoe University

**Position title:** Researcher in Graduate Program in Cognitive Science, HCI Lab, Yonsei University

**Areas of interest:** Human Computer Interaction, Companion Technology, Human Centered Design

**Yong Gu Ji:** [yongguji@yonsei.ac.kr](mailto:yongguji@yonsei.ac.kr)

**Highest degree:** PhD, Industrial Engineering, Purdue University

**Position title:** Associate Professor, Department of Information and Industrial Engineering, Yonsei University

**Areas of interest:** Usability, Health Care, Accessibility, and Elderly in HCI