

지하철역 화재에 의한 재난 발생 시 시인성이 높은 피난유도사인시스템 개발 최종보고서

2019. 2. 13.

주관연구기관명 : 동의대학교 산학협력단
협동연구기관명 : 유닉스 에스엔티(주)
협동연구기관명 : (주)스타라이팅

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘지하철역 화재에 의한 재난 발생 시 시인성이 높은 피난유도사인시스템 개발’
(연구개발 기간 : 2017. 04. 01 ~ 2018. 12. 31) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2019. 02. 13.

주관연구기관명 : 동의대학교 산학협력단 (대표자) 이 임 건



협동연구기관명 : 유닉스에스엔티(주) (대표자) 진 병 문



협동연구기관명 : (주)스타라이팅 (대표자) 이 재 용



주관연구기관책임자: 김 광 일

협동연구기관책임자: 진 병 문

협동연구기관책임자: 이 재 용

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	17CTAP-C 129866-01	해당 단계 연구 기간	2017.04.01.- 2018.12.31	단계구분	(4) / (4)
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	지하철역 화재에 의한 재난 발생 시 시인성이 높은 피난유도사인시스템 개발			
연구책임자	김광일	해당단계 참여연구원 수	총: 18 명 내부: 8 명 외부: 10 명	해당단계 연구비	정부: 220,000천원 민간: 74,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 294,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 18 명 내부: 8 명 외부: 10 명	총 연구비	정부: 370,000천원 민간: 124,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 494,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	동의대학교 디자인조형학과			참여기업명 유닉스에스엔티(주), (주)스타라이팅	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

지하철 승강장은 평균 지하 3~4층 깊이에 위치하고 있어, 지진·화재 등의 재난이 발생하게 되면 정전에 의한 암흑, 화재로 인한 유독가스에 의해 대형사고로 이어지곤 한다. 특히, 화재가 처음 발생한지 3~5분 사이에 흰 연기가 발생하고, 이후 10분안에 검은 연기와 함께 유독가스가 발생하여, 피난자들의 시야 확보는 물론이고 호흡 불능을 초래해 죽음에 이르게 한다. 피난자들의 피난 행동과 심리, 인지성을 고려하여 기존 비상구사인의 시인성을 높이기 위해 색상, 설치위치, 밝기, 유도성, 방향성에 관한 문제점과 개선점이 검토하였다. 결과, 화재 발생에 의한 연기 속에서 쾌속한 초기대응과 시인성, 유도성이 향상된 ActionPicto 피난유도사인디자인을 개발·제안함으로써들의 인명 피해를 최대한 줄일 수 있을 것이다. 새로운 ActionPicto 피난유도사인이 생산화·실용화 되어 사회 곳곳에 설치된다면 재난상황에서 피난민들이 신속하고 안전한 피난 대피가 이루어질 것으로 보이며, 재난 발생 시 효율적인 초기대응과 재난관리 운영체계가 구성되어 안심·안전한 사회적 환경이 형성될 것으로 기대된다.

보고서 면수

113Page

국문 요약문

연구개발 목표	본 연구는 지하철역에서 화재, 지진 등의 재난이 발생했을 경우, 비상구유도사인의 기능성과 시인성 저하로 피난유도의 초기 대처가 매우 어려우며, 화재로 인한 연기와 유도가스에 의한 사망자수가 많이 발생한다는 사실을 잘 알고 있다. 이에, 본 연구에서는 피난자들의 피난 행동과 심리, 인지성을 고려하여 기존 비상구사인의 시인성을 높이기 위해 색상, 설치위치, 유도 방법에 관한 문제점과 개선점을 고찰한다. 이에, 초기대응에 효과적인 피난유도사인의 개발을 통해 신속한 피난 행동을 유발하여 피난자들의 인명 피해를 최대한 줄이는 것을 연구개발의 최종 목표로 하고 있다.				
연구개발 내용	1. (9개), 부산(5개), 대구(2개)의 지하철역을 선정하여 현재 설치된 피난 유도사인의 포괄적 실태조사를 실시, 화재발생 시 문제점을 분석을 진행하였다. 2. 재난 발생시 유도사인의 위치, 색상, 유도 방식에 대한 설문조사를 실시하여 기존 피난유도사인에 대한 문제점 분석과 개선 방안 제시하였다. 3. 시인성이 높은 피난유도사인의 색상 검출을 위한 “연기 속 투과성 실험”을 실시 효과적인 색상을 검출하였다. 4. 초기 대응 단계에 효과적인 피난유도사인의 디자인 제안을 제안하였다. 5. “지하철역 화재상황을 재현 한 미로형과 지하철형 VR 2종을 제작하였다. 6. VR 인지 실험을 통해 화재 속 피난자들의 심리 상태와 피난 속도를 측정하여 새로운 피난유도사인 'Action Picto'의 효율성을 제시하였다 7. 피난유도사인의 샘플을 제작하였다.				
연구개발성과	1. 새로운 방식의 피난유도사인인 'Action Picto' 디자인이 개발하였다. 2. 샘플 제작과 실험을 통해 연기 속에서 시인성이 높은 색, 위치, 유도방식에 관련하여 시스템을 구성하기 위한 기초 자료의 제안이 이루어 졌다. 3. 결과, 재난 발생 시 신속한 대응이 가능한 피난유도사인의 개발이 이루어 질 것으로 기대 된다.				
활용계획 및 기대효과	1. 활용 계획은 다음과 같다. ▶ 소방제품업체와의 전략적 제휴를 통해 유선시스템에서 무선시스템으로 직관적이고 효율적인 피난유도사인시스템 개발이 기대된다. ▶ 전국 지하철을 비롯 불특정다수들이 이용하는 공공기관, 대형병원과 마트, 호텔, 버스터미널, 공항에서의 설치가 요구된다. 2. 직·간접적 기대 효과 ▶ 기술적 측면 - 새로운 피난유도사인시스템 개발을 지향한다. - 다양한 피난유도시스템의 체계적인 연구와 상품 개발이 기대된다. ▶ 경제·산업적 측면 - 다양한 피난유도사인시스템의 개발을 통한 시장 활성화 및 독자 영역 구축 가능. - 한국형 비상구사인디자인의 개발을 통해 특허 출원과 보급이 가능. - 소방안전 기기의 개발 및 판매 등 관련 산업발전에 기여 가능. ▶ 사회적 측면 - 재난 발생 시 피난 골든타임 초기대처가 가능하여 인명피해 감소에 기여. - 인명피해의 감소로 국민의 신뢰성 확보 가능.				
핵심어(5개 이내)	피 난 유 도	비상구사인	화재	VR	Action Picto

〈Summary〉

Purpose	This study is to explore the drawbacks and the improvements in the light of color, installation location, brightness, and inductive directionality in order to increase the visibility and inductivity of the existing emergency exit sign in consideration of the evacuation behavior, psychology, and cognition of the evacuees at the outbreak of fire at the subway station and to develop the effective evacuation guidance sign system in early phase in order to reduce the damage for humans.				
Contents	1) A comprehensive investigation was performed into the conditions of evacuation signs installed in selected subway stations in Seoul(9stations), Busan(5) and Daegu(2), and problems that arise in the event of fire were analyzed. 2) A questionnaire survey was performed on the location and color of evacuation signs and evacuation methods in the event of fire, and the problems of conventional signs and directions for improvement were suggested. 3) An “in-smoke penetration test” was performed to identify colors with high visibility for evacuation signs. 4) Designs for evacuation signs that were effective in the initial response stage were suggested. 5) Two VR models (maze-type, subway-type) that reproduced a subway station fire situation were developed. 6) A VR perception test was conducted to measure people’s psychological state in the event of fire and their evacuation speed, and to demonstrate the efficiency of a new evacuation sign, 'Action Picto.' 7) Samples of the new evacuation sign were produced.				
Development Results	1) The design of a new evacuation sign, 'Action Picto,' was developed. 2) Basic data required to formulate a system related to the color and location of signs with high visibility and evacuation methods were suggested by producing and testing samples 3) The findings are expected to contribute to the development of evacuation signs that can induce a rapid response in the event of disasters.				
Expected Contribution	1) A plan for utilization was established as follows: ▶ In strategic partnership with a manufacturer of firefighting products, an intuitive and efficient evacuation sign system shifting from a wired system to a wireless system can be developed. ▶ The new system needs to be installed in places where unspecified masses go, such as public organizations, large hospitals and marts, hotels, bus terminals and airports as well as subway stations. 2) Direct and indirect effects ▶ Technological aspect – The development of new evacuation sign systems can be promoted. – Diverse evacuation sign systems and products can be systematically researched and developed. ▶ Economic and industrial aspects – The development of various evacuation sign systems can activate related markets, and this can be established as an independent area. – Korean-style emergency exit designs can be patented and distributed. – This can contribute to the development of industries related to development and sales of fire safety equipment. ▶ Social aspect – This will enable a prompt response to a fire situation, within the so-called “golden period.”				
Keywords	Evacuation guidance	Emergency exit sign	Fire	VR	Action Picto

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	6
가. 연구개발의 목적	6
나. 연구개발의 필요성	7
다. 연구개발의 범위	8
2. 연구수행내용 및 성과	11
가. 지하철역 피난유도사인 실태 및 설문 조사	11
나. 숙 색상 투과성 실험	20
다. 효율성이 높은 피난유도사인시스템 디자인 제안	39
라. VR 인터랙티브 콘텐츠 제작	45
마. VR(가상현실)을 활용한 미로공간에서 피난유도사인이 뇌파에 미치는 영향 실험	66
바. VR(가상현실)을 활용한 지하철역 재난 시 유도사인을 인지함에 따른 뇌파의 변화	76
사. 샘플 제품 제작	84
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	96
가. 본 과제의 기술 개발 성숙도	96
나-1 연구개발 목표	97
나-2 연구개발 달성도	97
다. 논문게재 성과	98
라. 특허 성과	99
마. 성과 점검 기준표	101
바. 핵심 연구 성과	103
4. 연구개발성과의 활용 계획 등	109
가. 추가 연구의 필요성	109
나. 추진방안	109
 붙임. 참고 문헌	 110

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 연구개발 과제의 개요

가. 연구개발의 목적

최근, 지진·화재·방사능 등 개인의 생명과 연관하여 재난발생 때의 대응방안에 대한 사회적 인식이 새롭게 이슈가 되고 있으며, 새롭게 변하고 있는 복잡·다양한 형태의 건물들이 우리의 생활 패턴을 바꾸고 있다. 또한, 새로운 공법과 기술을 기반으로 지하를 새로운 문화 공간으로 만들고 있으며 우리들의 생활 일부분은 지하공간과 더불어 이루어지고 있다. 그 중, 대표적인 대중교통인 지하철은 평균 지하 3~4층 깊이에 위치하고 있어 화재를 동반한 재난발생 등에 의한 정전이 발생했을 경우, 암흑과 유독가스에 의해 대형사고로 번질 위험이 너무나 높아지고 있다.

2003년 발생한 대구지하철의 경우 화재가 발생한지 10여분 만에 전역으로 확산되었고 사상자들의 대부분이 연기와 유독가스에 의한 사망자와 중상자였다. 그 이유로는 비상구와 피난유도 사인의 기능성·시인성·인지성의 저하와 피난 골든타임의 초기 대처 미숙이 대형사고로 이어지는 원인으로 조사되었다.

일반적으로 화재가 처음 발생한지 3~5분 사이에 흰 연기가 발생되고, 이후 10분 안에 검은 연기와 함께 유독가스가 발생하여, 피난자들의 시야 확보는 물론이고 호흡 불능, 피난행동 제약으로 초기 대응시간을 놓치게 된다.

이런 이유로, 서울시는 지하철역 화재의 골든타임을 3분으로 규정하고 시정운영 방향과 주요업무계획을 운영하고 있으며 재난발생 초기 신속한 피난을 위해 골든타임에 대한 대응 방법의 중요성을 강조하고 있다.

2016년 10월 서울 지하철 5~8호선 역에서 화재가 발생했을 때 탈출시간을 측정한 결과에 의하면 145개 역사 중 51%(74곳)가 4분을 초과하는 것으로 조사되었으며, 출근 시간 등 혼잡한 경우에는 심도가 깊은 지하철역사일수록 “골든타임”에 맞춰 탈출 경로를 찾는 것은 불가능한 것으로 밝혀졌다. 그러므로, 지하철에서 화재·지진 등의 재난이 발생했을 때, 인명피해를 최소화하기 위해서는 피난자의 피난 행동과 시인성·인지성·유도성에 관한 연구와 함께 피난 골든타임에 효과적으로 대응할 수 있는 피난유도 사인의 개발이 요구되고 있다.

과제의 연구를 통해 재난 발생 시 피난자를 빠른 시간 안에 안전한 장소까지 유도할 수 있는 효율적인 피난유도사인의 색상과 방향성, 피난 시간의 단축 방법을 검토하여 제시하도록 한다.

결과, 효율적인 피난유도사인의 가이드라인을 제시함으로써, 대피 시 효율적인 색상 정보에 의한 시인성 확보와 동적(的)디자인 요인에 의한 방향성 인식, 대피시간 단축으로 효율적인 유도가 이루어 질수 있을 것이며 인명피해를 최소화할 수 있는 방법이 될 것이다.

나. 연구개발의 필요성

(1) 화재나 지진 등으로 정전과 유독가스가 발생하게 되면 피난 출구를 가리키는 비상구유도등을 인식하기 매우 어렵다. 기존의 비상구사인이나 피난유도등의 경우 재난발생시 피난자들을 위한 기능보다 평사 시 비상구의 위치와 유도 방향을 인지하도록 제작·설치 되어있다. 이러한 이유로, 재난 발생 시 신속한 피난유도의 기능을 가진 비상구사인의 역할을 기대할 수가 없으며 피난자의 관점에서 안전하고 쾌속한 피난유도가 가능하고 시인성과 인지성, 유도성의 효과를 발휘할 수 있는 피난유도사인의 연구·개발이 절실하게 필요하다.



〈연기로 인해 대피에 어려움을 겪고 있는 피난자들의 모습〉

(2) 기존의 비상구사인과 유도사인은 연기 속에서 색상과 휘도가 저하되어 피난자들이 제대로 인지를 할 수 없어 화재발생 시에는 제 기능을 하지 못한다. 그러므로 연기 속에서 시인성이 높은 피난유도사인의 색상에 관한 연구가 이루어져야 하며 그 기능을 충분히 발휘할 수 있는 피난유도사인의 색상 개발이 요구된다.



〈 연기 발생 시간 경과에 따른 피난유도등의 시인성 저하 〉

(3) 현재의 비상구사인인 피난유도등은 화재에 의한 연기 발생 시, 시인성과 유도성의 기능이 저하되고 위로 상승하는 연기의 특성으로 출구 위쪽에 위치한 피난유도등을 피난자들이 인지하기에는 어렵게 된다. 그러므로 유독가스와 연기가 가득할 때의 상황을 고려하여 공기층이 존재하는 지표면 30cm 이하의 위치와 피난자들의 행동 시선에서 인지하기 쉬운 바닥 부분에 적용할 수 있는 피난 유도사인의 개발이 필요하다.



〈 연기의 상승 〉



〈 연기를 피해 자세를 낮추는 피난행동 요령 〉

(4). 또한, 출근 시간 등 혼잡한 시간대와 심도 깊은 지하철역사에서 화재가 발생했을 때 “3분의 골든타임”에 맞춰 지하철역 구조를 이해하며 피난자 스스로가 탈출 경로를 찾는 것은 불가능하다. 특히, 처음 방문한 구조물에서 갑자기 화재 등의 재난이 발생했을 경우 대부분 피난유도에 관한 정보를 인식할 수 없어서 우와좌왕 할 수 밖에 없게 된다. 그러므로 재난이 발생한 위치와 화재·연기의 발생위치를 인식시키고 재난 발생 반대 방향으로 안전하고 신속하게 유도가 가능한 피난유도시스템의 개발이 필요하다.

이상과 같이, 지하철역에서 지진·화재 등의 재난이 발생했을 때 연기 속에서의 시인성이 높은 피난유도사인의 색상, 설치 위치, 동적요소의 추출·적용을 통해 피난자들을 빠른 시간 내에 안전한 장소까지 피난유도 시킬 수 있는 효과적인 피난유도시스템에 적용할 수 있도록 한다.

이에 본 과제에서는 지하철역사에서 화재와 지진 등의 재난 발생 때, 단 한사람의 소중한 생명을 더 구할 수 있는 동적(動的)효과를 지닌 피난유도사인의 개발을 제안한다.

다. 연구개발의 범위

연차	연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 방법
1차년도	실태 조사	전국 지하철역 피난유도사인 상태 조사	- (9개), 부산(5개), 대구(2개)의 지하철역을 선정하여 현재 설치된 피난유도사인의 포괄적 실태조사를 실시, 화재발생시 문제점을 분석.
	설문조사	현재 설치되어 있는 지하철역의 피난유도사인에 대한 인식 조사	- 재난 발생시 유도사인의 위치, 색상, 유도 방식에 대한 설문조사를 실시하여 기존 피난유도사인에 대한 문제점 분석과 개선 방안 제시.
	실험 1	연기 속 색상의 투과성 실험을 통해 시인성이 좋은 색상 검출	- 현 피난유도사인의 거리별 시인성이 높은 색상 검출을 위한 “연기 속 투과성 실험”을 실시하여 효과적인 색상을 검출하였다.
	디자인제안	새로운 피난유도사인을 구성하기 위한 요소와 요인 제안	- 뛰어가는 사람 모습과 화살표를 결합하여 피난유도등, 통로유도등, 거실유도등, 계단유도, 바닥유도등의 5종류의 디자인을 제안한다.
2차년도	샘플제작	바닥용 피난유도사인 샘플 제작	- 피난유도등의 동적 요소 구현을 위해 피난유도등, 통로유도등, 바닥유도등 3종류의 샘플을 제작한다.
	VR 제작	- 탈출용 미로와 지하철역의 구조를 모티브로 VR제작	- 실험용 구조물을 이용한 미로형 탈출 VR과 B4에서 출구까지 이루어진 지하철역을 디자인하여 재난발생시 출구까지의 탈출 시간을 측정할 수 있는 VR을 설계·제작한다.
	실험 2	- 화재 상황을 재현한 VR실험을 통해 탈출 시간 측정	- VR뇌파실험을 통해 피난자의 심리상태와 ActionPicto의 색상, 위치, 동적요소의 효율성을 검토한다.

(1) 주관기관

연차	연구 목표	주요 내용
1차년도	- 연기 속 색상의 투과성 실험을 통해 시인성이 좋은 색상 검출	- 6색의 조도와 휘도 실험을 실시하여 휘도 값이 높은 색상을 추출. - 추출된 색상의 범위 중 가장 휘도값이 높은 색상을 검출.
	- 새로운 피난유도사인을 구성하기 위한 요소와 요인 제안	- 탈출 행동을 유발하기 위한 동적인 요소와 요인 적용. - 방향 인식이 쉬운 요소 적용. - 시인성이 좋은 색상 적용.
2차년도	- 실험을 위한 미로형과 지하철형 VR제작	- 미로형 구조물을 기반으로 화재 및 연기를 발생시켜 탈출 시간을 측정한다. - 지하철역을 VR로제작하고 화재 및 연기를 발생시켜 탈출 방향과 시간을 측정한다.
	- 화재 상황을 재현한 VR실험을 통해 탈출시간 데이터 추출	- 연기의 有無, ActionPicto의 有無에 의한 실험자의 심리상태와 뇌파의 변화를 검사하여 ActionPicto의 효율성을 검출한다.

(2) 공동기관

연차	연구 목표	주요 내용
1차년도	- 전국 지하철역 피난유도사인 설치 실태 조사	- 각지역 지하철역의 피난유도사인 실태 조사 - 실태 사진 및 문제점·개선점 추출
	- 현재 설치되어 있는 지하철역의 피난유도사인에 대한 인식 조사	- 現, 피난유도사인의 시인성 - 現, 피난유도사인의 위치 - 인식하기 쉬운 피난유도사인의 요소 추출
2차년도	- 바닥용 피난유도사인 샘플 제작	- 연기 속에서 인식하기 쉬운 動的 요소로 구성된 LED 기반의 ActionPicto 피난유도 등, 통로유도등, 바닥유도등 제작
	- 탈출용 미로와 지하철역을 모티브로 VR제작	- 미로형 구조물을 기반으로 화재 및 연기를 발생시켜 탈출 시간을 측정한다. - 지하철역을 VR로제작하고 화재 및 연기를 발생시켜 탈출 방향과 시간을 측정한다.

2. 연구수행 내용 및 성과

가. 지하철역 피난유도사인 실태 및 설문 조사

(1) 연구 목적

지하철역사, 백화점, 대형마트, 백화점 등의 다중이용시설에서 재난으로 인한 화재 발생 시 정전과 연기로 인해 행동의 제약과 시인성 저하로 안전한 장소와 출구를 찾기가 곤란하다. 특히 연기와 유독가스로 인해 천장쪽에 설치된 기존 비상구사인의 확인이 불가능하게 되어 피난유도 방향과 출구방향을 알지 못해 더욱 큰 인명피해를 초래하는 경우가 발생하게 된다. 이에 피난자의 피난행동 요령과 상승하는 연기를 피해 피난자가 인지할 수 있는 피난유도사인의 위치에 대한 조사와 분석 연구를 진행하여 피난유도사인 개발을 위한 기초 자료로 사용하였다.

(2) 연구 방법

본 연구에서는 지하철의 피난유도사인시설 현장 조사를 통해 화재 발생 시, 피난자들이 스스로 골든타임 안에 안전한 장소까지 대피하기 위해 필요한 피난유도사인시스템의 위치에 대한 검토와, 지하철역 이용자들을 대상으로 설문조사를 실시하여 효율성 높은 피난유도디자인시스템의 요소를 추출하였다.

연구 범위는 우리나라의 지하철역 피난유도시스템의 실태 조사를 위해 서울, 부산, 대구지역 지하철역 중 대표적으로 복잡하고 유동인구가 많은 곳을 대상으로 선정하였다. 서울지역의 경우 서울역, 홍대 입구역, 여의나루역, 이태원역, 충신대 입구역, 숭실대 입구역, 고속버스터미널역, 매봉역, 도곡역 9개소를 선정했고, 부산지역 지하철역의 경우 서면역, 연산역, 미남역, 배산역, 백스코역 5개소를 조사 대상으로 선정했다. 대구지역 지하철역은 동대구역, 반월당역, 명덕역, 중앙로역 4개소, 총 18개소의 지하철역을 선정하여 피난유도사인의 설치에 관련된 현장 실태 조사를 실시했으며, 설문조사의 경우, 부산지역 지하철 이용자 98명을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

이상과 같이, 본 연구에서는 대구지하철역 화재 사고와 같이 지하철역에서 화재가 발생했을 경우를 대비하여 초기 대응에 효과적인 피난유도사인을 추출·제안하기 위해 다음의 연구방법으로 제시하였다.

첫째, 각 대도시 지하철역의 피난유도사인의 실태 조사를 통해 화재 발생 시, 피난유도사인의 색상, 설치위치에 대한 조사를 실시하여, 현재의 피난유도사인의 문제점을 분석하고 개선점을 도출하였다.

둘째, “지하철 화재 발생 시 효율성이 높은 피난유도사인시스템의 개발을 위한 설문조사”를 통해 피난유도의 기능을 개선시킨 새로운 피난유도사인시스템의 제안을 위한 디자인 요소를 추출하였다.

(3) 서울, 부산, 대구지역 지하철역 피난유도사인 실태 조사·분석

2003년 대구지하철 화재사고 당시, 사망자 192명, 부상자 151명 총 343명의 사상자가 발생하였고, 대량 사상자 발생의 원인으로 연기에 의한 질식과 피난자들의 시야 제한, 피난유도등의 위치 문제, 시인성 저하, 화재 발생 시 초기 대응의 미숙으로 밝혀졌다. 이에 3장에서는 서울, 부산, 대구지역 지하철역의 피난유도사인시스템 실태 조사·분석을 통해 연기 속에서 시인성과 방향성, 연속적으로 유도성을 높일 수 있는 디자인 요소를 추출하였다.

조사 대상의 선별 기준은, 다른 노선과 교차하며, 도심의 중심 지역에 위치하고 있어 유동인구가 많은 곳을 순위별로 정하여 조사가 이루어졌다. 물론, 우리나라에서 가장 깊은 지하철역도 조사 대상에 포함 되었으나, 주로 단선의 운행이 많았고, 유동인구가 적은 점을 고려하여 이번 조사대상에서는 제외되었다.

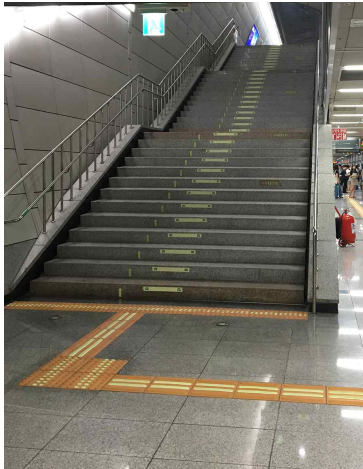
조사기간은 2017년 7월10일부터 28일 사이에 이루어졌으며, 실태조사대상지는 서울지역 지하철역 9개소(서울역, 홍대입구역, 여의나루역, 이태원역, 충신대입구역, 숭실대입구역, 고속버스터미널역, 매봉역, 도곡역)와 부산지역 지하철역 5개소(서면역, 연산역, 미남역, 배산역, 백스코역) 그리고, 대구지역 지하철역 4개소(동대구역, 반월당역, 명덕역, 중앙로역)에서 현장 조사가 이루어 졌다. 서울, 부산, 대구지역 총 18개소의 지하철역 피난유도사인시스템 실태조사는 4명의 조사원들에 의해 진행되었으며 피난구유도등과, 통로유도등, 계단통로유도등, 바닥유도등의 설치위치와 설치거리, 주변 환경과의 관계를 중심으로 현장 조사가 이루어 졌다. 또한 조사대상 지하철역 담당역무원에게 현재 설치되어 있는 피난유도사인시스템의 효율성에 관한 설문조사를 함께 실시하여, 실무자들에 의한 평가·조사도 함께 이루어졌다.

(가) 서울지역 지하철역 피난유도사인 조사·분석

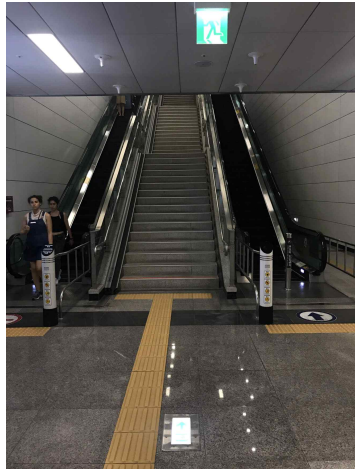
서울지역의 지하철역 현장조사는 2017년 7월 27일과 28일 양일간 4명의 조사원에 의해 이루어졌다. 27일 첫째 날에는 서울역, 홍대입구, 여의나루, 이태원, 충신대입구역, 숭실대입구역 6곳에서, 28일 둘째 날에는 고속버스터미널, 매봉역, 도곡역 3곳에서 피난유도사인시스템의 실태조사가 이루어졌다.

[그림2-1]에서와 같이 서울지역 지하철역은 피난구유도등, 통로유도등, 복도유도등이 모든 구역에서 소방법과 건축법에 준하여 설치되어 있었다. 조사대상 지하철역의에 설치된 각 유도등의 거리는 20m이며, 방향전환 지역에서는 유도등의 시인성과 연속성을 유지하기 위해 5m간격으로 설치된 곳도 있었다.

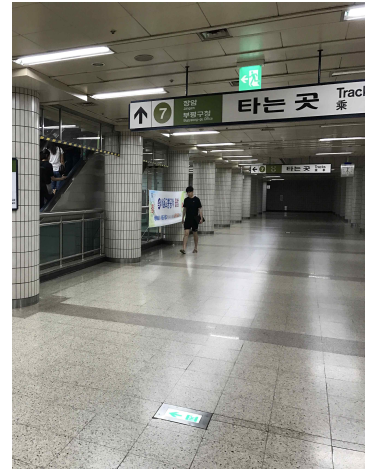
조사 결과, 서울지역 지하철역 천정에 설치되어 피난구 유도등의 경우, 설치 위치, 시인성, 환경적 요인의 고려 없이 중형/양면(223*266)사이즈를 공통으로 설치하고 있었다. 지하철안의 실내 환경에 비해 크기가 다소 작아 보였으며, 잘 보이지 않아 시인성, 방향성, 연속성에 대한 문제가 검토 되었다. 바닥유도등의 경우는, 화재 발생 시 피난자의 행동과 시선을 고려하여 설치되어야 하며, 특히 안전한 장소까지 빠른 시간내에 유도시키기 위해서는 피난 방향을 지시하는 연속성이 요구되고 있다. 그러나 현재의 법적 설치기준인 20m로는 재난발생 시, 피난자들의 시인성 확보가 매우 어렵다는 의견도 있었으며, 최소 5m이하의 간격을 설치되어야 할 필요성이 요구되었다.



고속버스터미널역



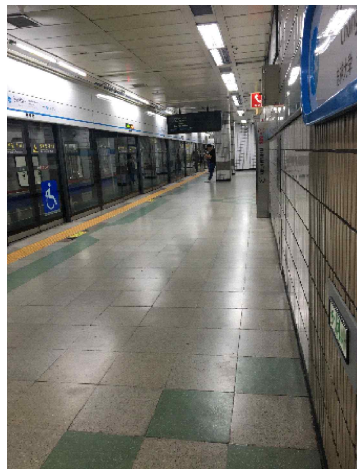
서울역



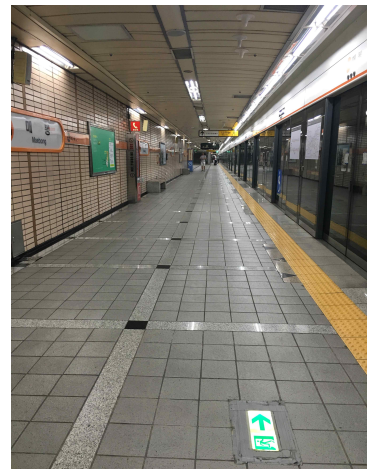
송실대입구역



도곡역



총신대입구역



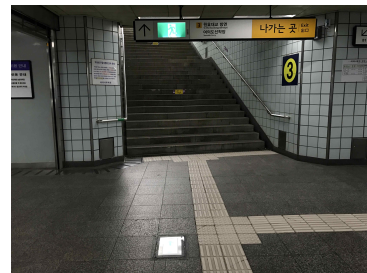
매봉역



이태원역



홍대입구역

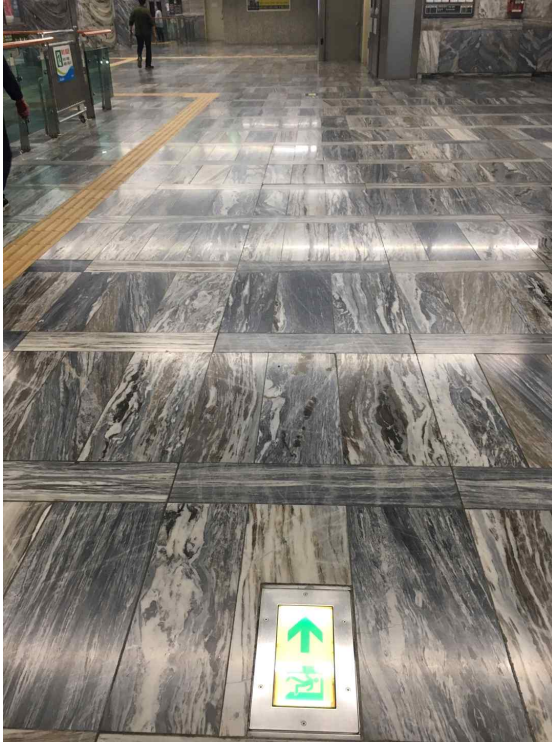


여의나루역

[2-1] 서울 9개 지하철역 피난유도사인 조사

(나) 부산지역 지하철역 피난유도사인 조사·분석

부산지역 지하철역 현장조사는 2017년 7월 11일에서 15일 사이에 4명의 조사원에 의해 이루어졌다. 11일 첫째날에는 서면역, 연산역, 13일 둘째날에는 벅스코역, 배산역, 15일 셋째날에는 미남역 순으로 5개소 지하철역의 피난유도사인 설치 상황에 관한 현장실태 조사와 분석이 이루어졌다.



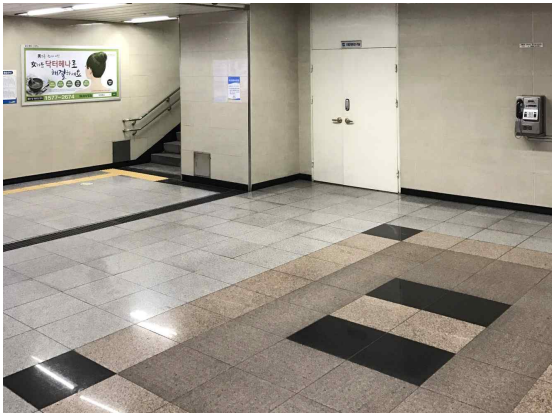
미남역



서면역



백스코역



배산역



연산역

[2-2] 부산 5개 지하철역 피난유도사인 조사

[그림2-2]에서와 같이 부산지역 지하철역에 설치되어 있는 피난구유도등, 통로유도등, 복도유도등 또한, 조사 대상 역내의 모든 구역에 소방법과 건축법에 준하여 20m간격으로 설치되어 있었다.

결과, 서울지역과 마찬가지로 유도등의 기능에 따른 설치 간격은 조사대상의 구조적, 환경적 요인을 고려 할때 시인성, 방향성, 연속적 유도성 매우 부족한 것으로 조사 되어 설치거리에 대한 연구의 필요성이 요구되었다. 또한, 피난구유도등이 중형/양면(223*266)사이즈가 대부분으로 시인성 확보를 위해 다양한 사이즈의 설치가 필요했다. 그리고 바닥유도등의 경우 조사대상 지하철역마다 공통적으로 디자인을 달리 사용하고 있었으며, 설치 거리에 대한 기준과 디자인의 통일성에 대한 개선이 시급하게 요구되었다.

(다) 대구지역 지하철역 피난유도사인 조사·분석

대구지역 지하철역 현장조사는 2017년 7월 18일 하루동안 4명의 조사원에 의해 동대구역, 반월당역, 명덕역, 중앙로역 4개소에서 피난유도사인시스템의 설치에 대한 실태·조사가 이루어졌다.



동대구역



명덕역



반월당역



중앙로역

[2-3] 대구 5개 지하철역 피난유도사인 조사

[그림2-3]에서와 같이 대구지역 지하철역의 경우, 서울과 부산지역보다 역사의 내부구조가 넓고, 역내에 매점, 상점 등의 편의시설이 적고, 상대적으로 피난유도사인의 식별이 용이했다. 하지만 동대구지하철역의 경우, 역내 면적대비 피난유도등이 중형/양면(223*266)사이즈였음에도 불구하고, 주변 환경 때문에 인식의 어려움이 있었다. 그리고 상단부에 설치되어 있는 안내사인에 의해 가려지거나 유사한 디자인에 의해 식별이 어려운 곳이 다소 발견되었다. 특히, 현재 설치된 위치에서 비상구유도등이 지시하는 방향만으로는出口的 위치를 확인하기 어려운 곳이 대부분이었다. 명덕지하철역의 경우에는 바닥유도등과 유도표시를 함께 사용하여 유도방향을 인식하기 쉬웠지만 다른 지역의 일부에서는 바닥유도등이 설치되어 있지 않은 곳도 있었다. 조사 결과, 유도등

간의 거리, 출구까지의 유도성, 연속성에 대한 피난유도사인시스템의 개선이 시급하게 요구되었다.

(라) 문제점 및 개선점 분석

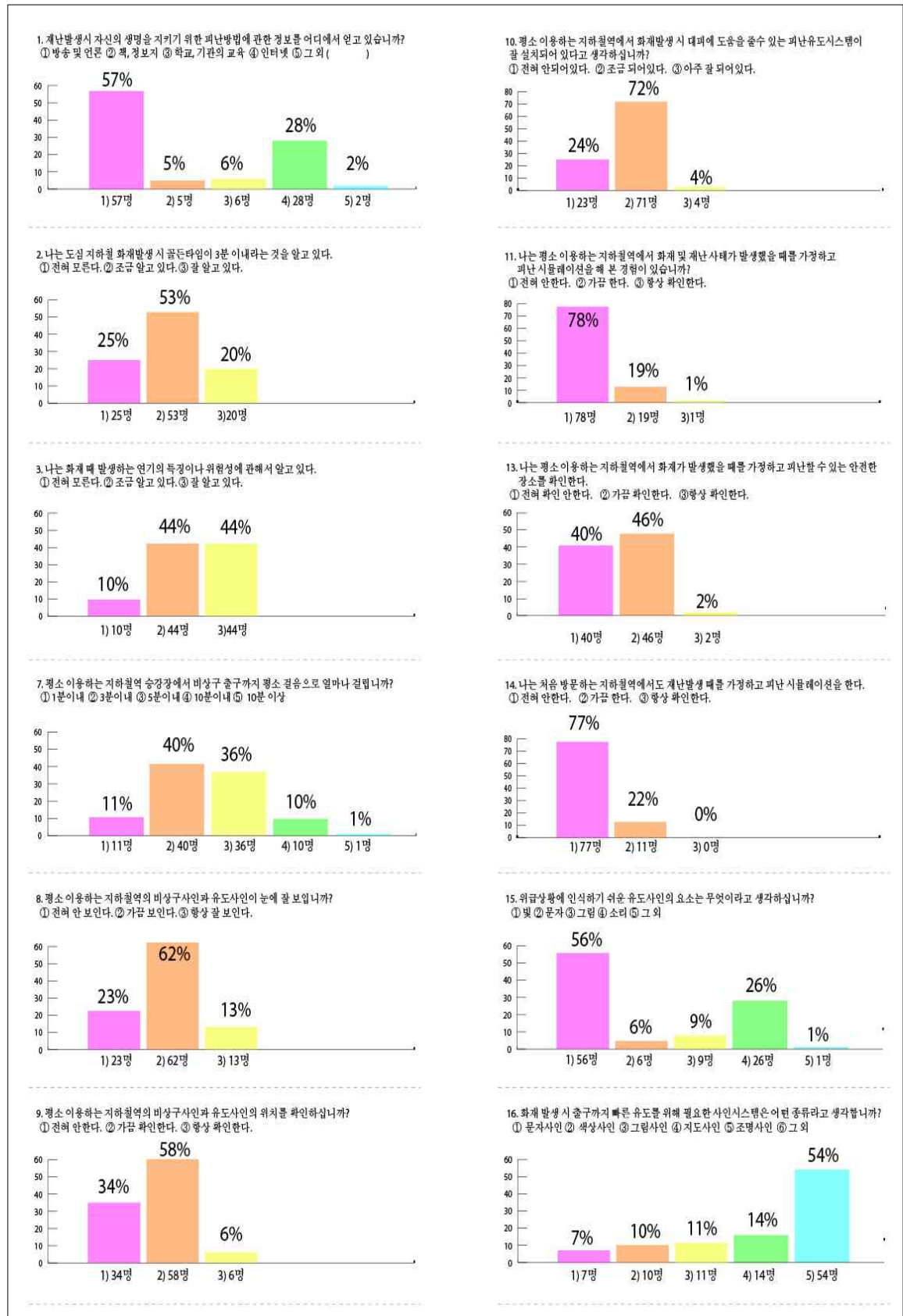
이상과 같이 서울지역 10개소, 부산지역 5개소, 대구지역 4개소, 총 19개소의 피난유도사인시스템의 실태조사를 실시한 결과, 다음과 같은 문제점과 시급한 개선을 필요로 하는 곳이 검토되었다.

첫째, 피난구유도등의 경우 대부분의 지하철역에서 중형/양면(223*266)사이즈를 사용하고 있어, 지하철역사의 구조적, 환경적 요인을 고려하여 볼 때, 대형사이즈와 소형사이즈 외에도 시인성 확보를 위한 사이즈 조사를 통해 개선된 디자인을 설치할 필요성이 요구되었다.

둘째, 피난구유도등, 통로유도등, 복도유도등, 바닥유도등 등의 경우, 소방법과 건축법의 설치 기준인 20m간격으로는 시인성, 방향성, 유도성, 연속성의 속성이 충분하지 않으며, 화재가 발생했을 때 골든타임 안에 피난유도의 효율성을 높이기 위해서는 유도등의 설치 거리와 인지 실험을 통한 개선이 요구되었다.

셋째, 각각의 피난유도등이 화재발생에 의한 연기와 암흑 속에서 어느 정도 피난유도의 기능을 수행할 수 있는지에 대한 검토와 검토가 요구되고 있다. 특히, 연기의 확산과 특성에 의해 피난자들의 피난행동과 시선을 고려했을 때, 기존의 피난유도사인시스템만으로는 피난유도의 기능성 저하가 우려되므로 새로운 기능이 추가된 피난유도가인시스템의 개발이 시급하게 요구되고 있다.

(다) 설문지 분석



[2-5] 설문지 분석 통계 결과

(라) 설문지 분석 결과

위 그림2-5의 분석 내용을 살펴보면 질문1의 “재난발생시 피난방법에 관한 정보를 어디에서 얻고 있습니까?”에 대해 응답자의 85%(85명)가 방송과 인터넷을 통해 재난관련 정보를 얻고 있었으며, 질문2의 지하철 화재발생시 골든타임이 3분 이내이며, 최소 5분 안에 피난유도가 이루어져야한다는 사실은 전체 응답자의 20%(20명)만이 인지하고 있었다. 또한 질문3의 연기의 특징과 위험성에 관한 질문에서는 54%가 제대로 알지 못하고 있었으며, 평소 이용하는 지하철역내 비상구사인의 위치를 확인하는 응답자는 6%에 불과했다. 질문10의 “평소 이용하는 지하철역에서 화재가 발생했을 때, 현재의 피난유도사인시스템이 피난유도에 도움을 줄 수 있는 위치, 방향성과 연속성, 시인성 확보가 되어 있는가?”에 관한 질문에서는 24%는 전혀 안되어 있다. 72%는 부족하다. 4%만이 잘되어 있다는 답변이 검출되어, 기존의 피난유도사인은 재난 발생 시, 그 기능을 제대로 하기 어렵다는 결과가 도출되었다. 질문11의 “사고 대비를 위해 피난 시물레이션 시나리오를 생각해본 적이 있느냐”는 질문에서는 1%만이 항상 준비한다고 했으며 80%는 전혀 생각도 하지 않았다고 답변했다.

이와 유사한 질문으로 늘 이용하는 지하철역내에서 긴급히 대피할 수 있는 안전한 장소의 확인에 대한 답변의 분석에서는 2%는 항상 확인하다. 47%는 가끔 확인한다. 41%는 전혀 확인하지 않는다는 분석 결과가 추출되어, 재난상황이 발생했을 때 대형 인명피해로 이어질 가능성이 매우 높음을 알 수 있었다.

마지막으로, 지하철역 화재 발생 시 피난에 도움을 줄 수 있는 피난유도사인의 형식에 관한 질문에서는 안내선, 조명, 영상, 빛과 그림, 바에 설치, 화재 시 식별 가능 방식, 강력한 LED 등의 개선이 요구되었다.

설문 분석 결과, 첫째, 화재로 인한 재난상황 시, 대부분의 이용자들은 재난 상황에 관한 기본지식과 자신의 생명을 지키기 위한 대비가 매우 부족함이 검토되었다. 둘째, 화재발생에 따른 연기와 정전에 의한 암흑 속에서 피난유도사인의 시인성, 방향성, 연속성 등이 요구되었으며, 특히 이용자들의 피난행동과 연기로 인한 심리적 불안감을 해소하기 위해서, 설치 위치와 설치 사이즈, 시인성이 확보를 위한 색상 추출위한 연구가 요구되고 있다. 셋째, 이용자들의 피난 행동을 촉진시키고 빠른 시간 내에 유도효율성을 높일 수 있는 ActionPicto를 제안하기 위한 디자인 요소로 LED, 바닥, 안내선 유도, 영상, 빛, 유도기능의 향상, 점등 등 개선 사항이 요구되었다.

나. 속 색상 투과성 실험

(1). 목적

오늘날 과학과 의술의 발전으로 인구 증가가 심화되고 건축물의 대형화와 고층화, 지하화가 급속히 진행되었으며 다양하고 복잡화 된 구조로 발전되었다. 최근에는 대형화, 지하화 된 다중이용시설과 건물에서의 화재 위험성은 종래의 건축물들과는 비교할 수 없을 정도로 다양한 형태로 발생되고 있다. 지금까지 발생한 다중이용시설에서의 화재를 조사해 보면 예상하지 못한 곳에서 순간적으로 발생되고 한번 발생하면 걷잡을 수 없이 빠른 속도로 확산되어 진화를 하더라도 막대한 재산과 인명 피해를 남기는 경우가 많이 있다. 특히 화재에 의해 발생하는 대부분의 사망사고는 연기에 의한 질식사 원인이라는 안타까운 사연을 자주 접하게 된다. 이렇게 화재 발생에 의한 사망이 질식사로 이어지는 이유 중의 하나는 대피 골든타임 안에 피난유도사인에 의한 대피 동선을 제대로 인식하지 못해 탈출 시간을 놓치게 되는 것이다.

다중이용시설인 초고층, 지하 연계 복합건축물, 주상복합건축물에서 화재가 발생 했을 경우에는 더욱더 상황이 열악하다. 모든 화재사고에서 대피시간이 길어지면 길어질수록 생존 가능성은 낮아지는데 대규모 주상복합 건축물이나 지하 건축물에서 화재가 발생하게 되면 복잡한 구조로 인해 피난유도사인을 제대로 찾지 못해 골든타임을 놓치는 상황이 발생하게 된다.

대부분의 다중이용시설물에서 화재가 발생하게 되면 연소 확산, 연기 발생과 소방 활동의 난항, 피난과 구조의 어려움 등으로 대형 화재로 연결될 수 있는 구조적 특성을 가지고 있다. 그러므로 화재로 인한 인명피해를 방지하기 위해서는 신속하고 혼란 없는 대피로의 확보와 피난 계획을 사전에 수립하고 비상시에 효과적으로 운용하는 것이 매우 중요하다.

특히, 화재 발생으로 인한 연기와 암흑 속에서 초기 단계로 효과적인 대피로를 확보하고 피난자들에게 피난유도사인을 빠르게 인식시키는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 이를 위해 피난자들이 쉽게 인식하고 식별할 수 있는 피난유도사인에 관한 연구가 다양한 영역에서 진행되고 있다.

본 연구자에 의해 진행된 ‘피난유도사인시스템의 형태에 관한 연구’와 ‘지하철 화재 발생 시 시인성 높은 ActionPicto Design에 관한 연구’에서도 지하철 화재 발생에 의한 연기 속에서 기존 녹색보다 노란색이 투과성과 시인성이 좋다는 것을 밝혀냈다. 그리고 기존의 녹색비상구등은 화재 발생 시 피난유도에 있어 효율성이 떨어지는 색상임을 검토하였다.

이에, 본 연구에서는 화재 발생 시, 피난자들이 효과적으로 피난유도사인을 인식할 수 있도록 연기 속에서 효율적인 색상에 관한 조도와 휘도실험을 실시하고 시인성이 우수한 색상을 추출하여 피난유도사인에 적용할 것을 제안하는 것이 목적이다.

(2) 연구 범위와 방법

지하철에서 화재가 발생 했을 때 피난자들을 효과적으로 유도하기 위해 LED의 밝기와 방향 유도성에 관한 연구가 활성화되고 있다. 최근에는 LED의 기술적 발전과 함께 비

상구디자인에 LED 조명을 적용하는 경우가 늘어나고 있다. 비상구사인에 LED를 사용함으로써 기존의 형광등보다 조도와 휘도가 높아지고 시인성과 명시성이 향상되어 사용자들이 인지하기가 편리해졌다. 그리고 긴 수명과 RGB FULL COLOR 기술을 통해 다양한 빛의 변화와 효과로 특수한 메시지의 전달성과 인지성이 용이하게 사용되고 있다. 이와 함께 기술적·외형적 측면에서 연구를 진행하고 있는 피난유도사인시스템에 연기 속에서 현 색상보다 인지하기 쉬운 색을 추출하여 적용하게 되면 화재 발생으로 인한 초기에 신속한 대응과 인명피해를 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

이에 본 연구에서는 기존 선행연구 자료의 검토를 통해 6색상을 추출하고 화재 발생 시 연기 속에서 시인성과 투과성이 높은 Yellow계열을 중심으로 효율적인 적용색 추출 실험을 실시하였다.

연구방법으로는 첫째, 문헌과 자료 검토를 통해 지구에 도달한 태양빛 에너지 중에서 인간의 눈으로 색상을 확인할 수 있는 가시광선의 영역에서 조도와 휘도가 높고 대표적으로 인식되는 6색상을 검토하였다,

둘째, 가시광선 범위에서 추출된 6색(Red, Green, Blue, Orange, Yellow, GreenYellow)을 인쇄한 후 분광조도와 동영상대면휘도 실험을 실시하여 휘도값이 높은 색상을 추출하였다.

셋째, 추출된 노란색계열의 색상을 먼셀칼라시스템에서 24색으로 색상 범위 정한 후 연기 속에서 거리별로 분광조도와 동영상대면휘도 실험을 실시하여 시인성이 높은 피난유도사인의 적용색을 추출하였다.

이상과 같은 연구 방법을 통해서 새로운 LED피난유도사인에 적용 될 적용색을 검출·제안하였다.

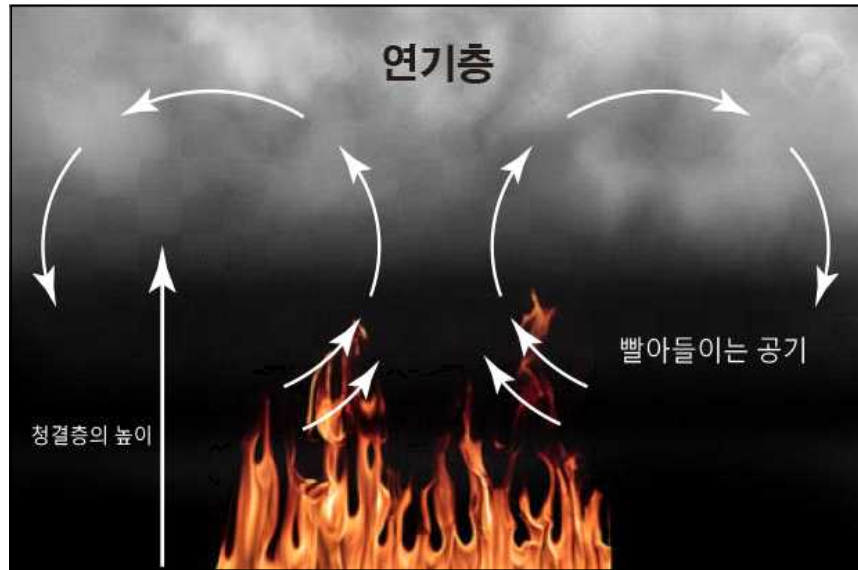
(3) 연기의 특징과 이동 속도

화재에 의해 발생하는 연기 속에는 고체입자를 포함하고 있어 광선을 흡수하여 검게 보인다. 이로 인해 피난자들의 시야에 장애를 주고 패닉 상태를 초래하게 된다. 또한, 연기는 고온의 열과 여러 종류의 독성물질을 포함하고 있어 피난행동 시 피난자에게는 매우 위험한 장애요소 중 하나이다.

연기는 눈으로 확인할 수 있는 부분도 있지만 일산화탄소, 사염화탄소 등과 같이 무색 투명한 기체들도 포함하고 있어 눈으로 볼 수 없는 위험한 성분이 다량 함유되어 있다. 이러한 연기를 정의 하자면 “가연물이 연소할 때 생성되는 물질인 고상의 미립자, 액상의 타르적 등 액적립자, 무상의 증기 및 가상의 분자가 공중에서 부유 확산하는 복합 혼합물이다” 라고 할 수 있다.

또한, 밀폐된 공간에서 화재에 의한 연소현상과 연기의 유동은 굴뚝효과(Stack Effect), 바람의 속도, 건물의 구조와 같은 요인과 열전달, 화학반응 등의 복잡한 메카니즘에 의해 화재 발생 상황에 따라 복잡하게 작용한다. 그리고, 화재 발생 시 화염(火焰)보다 연기가 위험한 이유는 초기의 화염은 발화 지점 주변에 한정되어 있지만 연기는 초기부터 유동함으로써 연기속의 유독가스도 함께 확산되기 때문에 화염에 비해 직접적인 위험성은 적어나 인간의 신체에는 치명적일 수 있기 때문이다. 지하공간이나 다중이용시설 등의 제한된 공간에서 화재가 발생하게 되면 화염과 연기는 위쪽으로 상승하게 되고

천장을 따라 수평으로 이동하게 된다. 이때 연기의 확산 속도는 수직방향으로 화재 초기에는 약 1.5m/s이며 어느 정도 시간이 지나 연기가 짙어지면 3~4m/s로 빨라진다. 엘리베이터와 계단에서는 3~5m/s로 초기부터 확산 속도가 매우 빠르다. 수평 방향으로는 0.5m/s로 성인의 보행속도 약 1~1.2m/s보다 초기에는 확산 속도가 느리지만 시간이 지나면 확산속도가 빨라지게 된다.



[2-6] 연기 확산 : 연구자에 의해 제작

그림 2-6의 연기 확산에 대해 살펴보면 발화점으로부터 발생한 연기는 천정으로 상승·축적되고 시간이 지나면 점점 하강하게 된다. 이는 상승 기류로 인해 발화점 주변은 저기압상태가 되고 평행을 이루려는 공기의 성질 때문에 다시 발화지점으로 연기와 공기는 이동을 하는데 이러한 흐름을 공기유동(Floor Jet)이라고 한다. 상부에 축적된 연기에 의해 상층부에서 압력이 형성되고 지표면에서 약 30cm~60cm까지 외부로부터 신선한 공기가 유입되어 숨을 쉴 수 있는 공간이 형성 된다. 건물의 구조에 따라 어느 특정한 지점에서 연기와 공기의 압력의 차이가 0이 되는 지점이 생기게 되는데 이를 중성대(Neutral Zone)라고 한다.

(4) 실험 준비 및 조건

피난유도사인의 효율적인 색상 검출을 위한 실험의 설계는 지하철역 내 화재가 발생했을 때를 가정하고 실제 사항과 유사한 환경에서 실험을 실시해야한다. 이를 위해 본 연구에서는 “연기 속에서 시인성이 높은 색상 투과성 실험” 연구 자료를 기초로 실제 화재 사고와 유사한 환경 조건을 만들고 연기 속에서 시인성이 높은 색상을 검출하기 위한 실험을 실시하였다.

폴든타임 대처 시, 기존 비상구의 녹색은 연기 속에서 잘 보이지 않는다는 가설에 의해 가시광선 중 Red, Green, Blue, Orange, Yellow, GreenYellow의 6색상을 이용하여 연기 속에서 시인성이 높은 색상과 휘도 추출을 위한 실험을 실시한다. 실험을 위해 그림 2-

7과 같이 가로 600mm, 세로 600mm, 높이 600mm의 빛이 통하지 않는 검은 상자 안에 가시광선 중 Red, Green, Blue, Orange, Yellow, GreenYellow의 6색상을 선별하여 투과성 실험을 실시하였다.



[2-7] 실험 박스 장비

실험에 사용된 장비는 연기속의 시인성이 우수한 색상을 검출을 위해 그림 2-8에 의한 분광조도계 MK350S와 동영상대면 휘도계를 사용하였다.

분광조도계 MK350S는 6가지 색상의 조도를 측정하여 LUX값을 분석하고 각 색상의 가시광선의 범위를 스펙트럼 분포값으로 나타낸다. 이렇게 추출된 값을 통해 인간의 시각과 가장 근접한 색상의 범위와 시인성이 가장 높은 색상의 수치를 검출한다.

동영상 대면 휘도계는 초당 15프레임 이상의 데이터를 녹화하여 분석할 수 있어 짧은 시간에 휘도변화가 있는 대상물을 안정적이고 편리하게 측정 분석할 수 있는 장비이다.



Spectrum		
Sensor	CMOS Linear Image Sensor	
Wavelength Range	380 to 780 nm	
Wavelength Data Increment	1 nm	
Spectral Bandwidth	Approximately 12 nm (Half Bandwidth)	
Wavelength Reproducibility	± 1 nm *1	
Measurement Range	1 to 100,000 lx	
Illuminance Accuracy	Illuminant A @ 2,856 K at 20,000 lx	± 5%
Color Accuracy		± 0.0025 in CIE 1931 x,y
Color Repeatability		± 0.0005 in CIE 1931 x,y
CCT Accuracy		± 2%
CRI Accuracy @ Ra		± 1.5%
Stray Light	-25 dB max. *2	
Integration Time Range	6 to 5,000 ms	
Digital Resolution	16 bits	



Feature	ELF SYSTEM
Camera	USB CCD Camera (640x480 pixels)
Wavelength Sensitivity	Luninosity correction filter
Connect method	USB 2.0
Lens	Standard : 6mm fixed focus lens H35° V26°
	Option : 4mm fixed focus lens H50° V37°
	Option : 6mm fixed focus lens H90° V67°
	Option : 12.5~50mm zoom lens H21° V16°
Filter	Option : ND filter
Measurement range	0.1 ~ 30,000 cd/m ² (30,000 cd/m ² 이상 ND Filter 추가)
Measurement accuracy	±3% Standard A lamp
Measurement reproducibility	±0.5% within
OS	Windows7 32Bit, 64bit ~ Windows 10

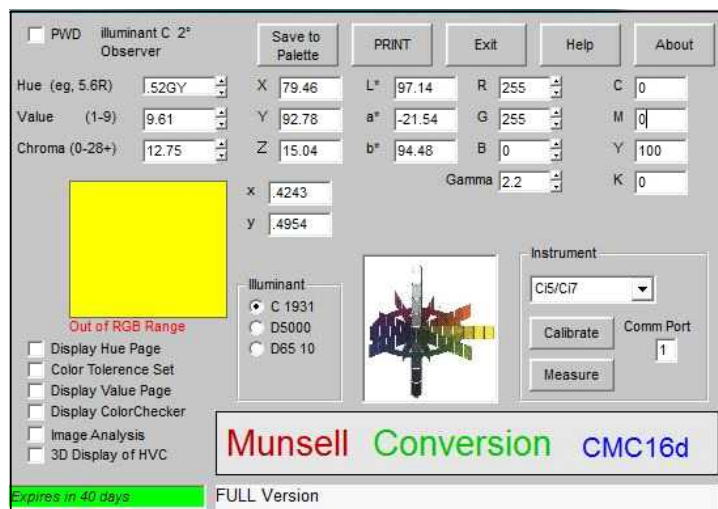
[그림 2-8] 실험장비 분광조도계와 동영상 대면휘도계

실험을 실시하기 위해 사용되는 칼라 6색은 가시광선의 Red, Green, Blue 3색과 투과율이 좋은 Orange, Yellow, GreenYellow 3색을 선별하였다. 실험에 사용 될 인쇄용 색상 표본의 값을 추출하기 위해 가시광선 값을 CMYK로 변환하는 과정이 필요하였다. 이에 공공디자인 색채표준 가이드에서 공공시설물에 사용되고 있는 안전, 교통안전, 소방에 관련 된 6색의 표본색상을 추출하였다. 그림 2-9의 공공디자인 색채표준 가이드는 공공디자인에 사용될 색채 데이터를 분석하여 KS A 0062(색의 3속성 HV/C 표시방법)에 규정된 1,519개 색채범위의 KS기호 및 관련 색채정보를 제공하므로, 공공디자인 산업분야에 다양한 용도로 활용할 수 있도록 제작되었다.



[2-9] 공공디자인 색채표준 가이드

또한, 공공디자인 색채표준 가이드의 색상 배열, 명도단계, 채도단계의 표기법은 먼셀 색체계와 같은 체계를 사용하고 있다. 전 세계에서 가장 많은 나라들이 표준 현색계 체계로 사용하고 있으며 우리나라에서도 1965년에 한국 공업 규격으로 채택하여 사용하고 있다. 이에 공공디자인 색채표준 가이드에서 추출한 6색의 표기를 Munsell Conversion CMC 16d 프로그램을 이용하여 CMYK 값을 추출하고 그림 2-10와 같이 인쇄 표본을 제작하고 실험을 실시하였다.



[그림 2-10] Munsell Conversion CMC 16d 프로그램

결과, Munsell Conversion CMC 16d 프로그램을 이용하여 추출한, 대표적으로 휘도값이 높은 6색상의 HV/C. RGB, CMYK 값은 그림 2-11 과 같다.



COLOR	NAME	HV/C	RGB	CMYK
	Red	H7.5R V4 C14	R40.98 G43 B37	C10 M100 Y100 K
	Orange	H2.5YR V6 C14	R235 G111 B14	C0 M70 Y100 K0
	Yellow	H5Y V8.5 C14	R250 G213 B12	C0 M0 Y100 K0
	Green	H2.5G V4 C10	R0 G116 B56	C100 M0 Y90 K30
	GreenYellow	H7.5GY V7 C10	R129 G191 B72	C50 M0 Y100 K0
	Blue	H2.5PB V4 C10	R0 G102 B162	C90 M50 Y10 K0

[2-11] 가시광선 중 Red, Green, Blue, Orange, Yellow, GreenYellow의 6색상

그리고, 1차 실험의 결과로 추출 된 6색 중 가장 높은 조도와 휘도값을 보인 Yellow의 색상 범위 중 가장 시인성이 좋은 색상을 추출하기 위해 Munsell색채체계를 사용하여 24색의 유사색을 검출하였다. 2차 24색 연기 속 휘도 실험에 사용할 Yellow Munsell Conversion CMC 16d 프로그램에서 추출한 6색의 얻어진 HV/C. CMYK 값은 그림 2-12 와 같다.



No	Color	HV/C	CMYK
1		H10Y V8.5 C10	C10 M0 Y90 K0
2		H10Y V8 C12	C10 M0 Y100 K0
3		H10Y V8 C10	C10 M0 Y90 K10
4		H10Y V8.5 C10	C8 M0 Y100 K22
5		H5Y V8.5 C14	C0 M0 Y100 K0
6		H7.5Y V8.5 C12	C0 M0 Y100 K0
7		H5Y V8.5 C10	C0 M0 Y90 K0
8		H5Y V8.5 C10	C0 M5 Y80 K0
9		H10Y V9 C6	C0 M0 Y60 K0
10		H2.5YR V8 C14	C0 M15 Y100 K0
11		H2.5Y V8 C16	C0 M17 Y100 K0
12		H2.5Y V8 C14	C0 M17 Y100 K0
13		H2.5Y V8 C12	C0 M25 Y100 K0
14		H5Y V7 C10	C0 M26 Y100 K0
15		H10YR V8 C14	C0 M30 Y100 K0
16		H10YR V7 C14	C0 M35 Y100 K0
17		H10YR V7 C10	C0 M30 Y100 K0
18		H10YR V7 C8	C0 M32 Y86 K0
19		H2.5YR V6 C12	C0 M45 Y100 K0
20		H7.5YR V8 C10	C0 M30 Y60 K0
21		H7.5YR V8 C10	C0 M45 Y95 K0
22		H7.5YR V8 C10	C0 M50 Y100 K0
23		H7.5YR V8 C10	C0 M50 Y100 K0
24		H7.5YR V8 C10	C0 M64 Y95 K0

[그림 2-12]

Mursell Conversion CMC 16d 프로그램을 사용하여 얻어진 Yellow 계열 24색

추출된 6색과 24색을 반투명 인쇄판으로 제작하고 조도와 휘도 측정을 위해 LED라이트 박스를 사용하였다. LED라이트박스는 디자이너스 스퀘어 제품으로 광도조절 기능을 갖춘 LED 발광방식이며 조도는 4,200Lux, 라이트면적의 사이즈는 가로 570mm×세로 570mm×30mm이다. 실험 시 LED라이트박스의 밝기는 비상구유도등과 유사한 범위 1,000cd/m²에서 진행되었다.

(5) 실험 방법 및 진행

실험은 2018년 5월 18일 오후 5시부터 9시까지 동의대학교 디자인조형학과 3층 실험실에서 진행 되었으며, 참가자는 총 5명으로 주 실험자 1명과 보조 실험자 4명으로 실험이 실시되었다. 실험 방법은 검은색 박스 안에 LED라이트박스와 실험용 색상판을 부착하여 설치한 후 연기를 발생시켜 1m, 5m, 10m, 15m 거리별 6색과 24색의 조도와 휘도 실험을 실시하였다. 실험을 위한 구상도는 아래의그림 2-13과 같다.

실험방법의 구체적 기준 : 1m, 5m, 10m, 15m, 20m 거리에서 조도와 휘도 측정

(가) 1m에서 6색상 조도 실험 : 1m 실험 박스에 LED 6색을 넣고 분광조도계 MK350S를 사용하여 각 색상의 조도를 측정한다.

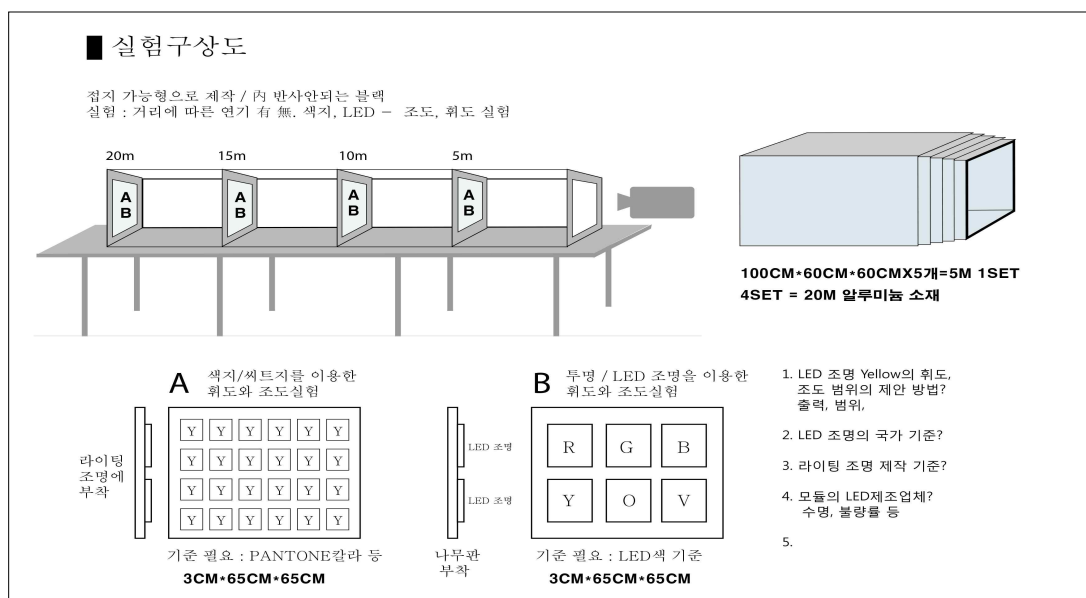
(나) 24색 연기 속 휘도 실험 : 6색 중 조도가 가장 높은 Yellow의 색상을 Munsell색채체계를 사용하여 유사색 24색을 추출한다.

(다) 24색의 Yellow계열 LED 조명색을 사용하여 연기 속 거리에 따른 휘도값을 측정한다.

(라) 이때, 연기를 주입시킨 후 약 30초가 경과되어 연기가 어느 정도 퍼진 후부터 촬영을 시작한다.

(마) 약 5분간을 촬영한 후 30초~1분사이의 데이터를 정리하여 평균값을 추출하여 거리에 따라 높은 휘도값을 추출한다.

(바) 실험에 사용되는 조명의 밝기는 800~1,000cd/m²사이로 기존 비상구사인의 법적 밝기 기준과 동일한 범위에서 실험을 실시한다.



[2-13] 실험 구상도

(6) 1m에서 6색의 조도와 휘도 실험

가시광선은 지구에 도달한 태양빛의 에너지 중 인간의 눈으로 볼 수 있는 파장 범위의 빛으로 색마다 파장의 길이가 다르며 모든 색의 빛이 합쳐지면 백색광으로 인식된다. 파장의 범위는 380~780nm파장 범위로 보통 색채로 빛을 인식한다. 보통 555nm의 파장을 가장 밝게 느끼며 이것보다 파장이 길거나 짧아지면 어둡게 느끼게 되는 것으로 이를 시감도라 한다.

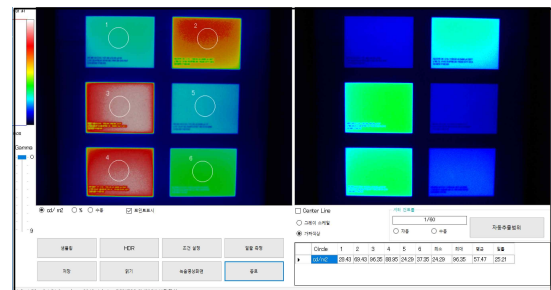
6색상 조도 실험에서는 검정색 실험 박스에 LED라이트박스과 부착 된 6색 인쇄판을 넣고 1m거리에서 분광조도계 MK350S를 사용하여 각 색상의 조도를 측정하였다. 실험에 사용되는 LED라이트박스의 조명 밝기는 1,000cd/m²로 기존 비사구사인의 법적 밝기 기준과 동일한 밝기의 값을 주었다.

1m 거리에서 측정한 6색상의 휘도와 조도 실험분석 결과는 그림 2-14,15와 같다.

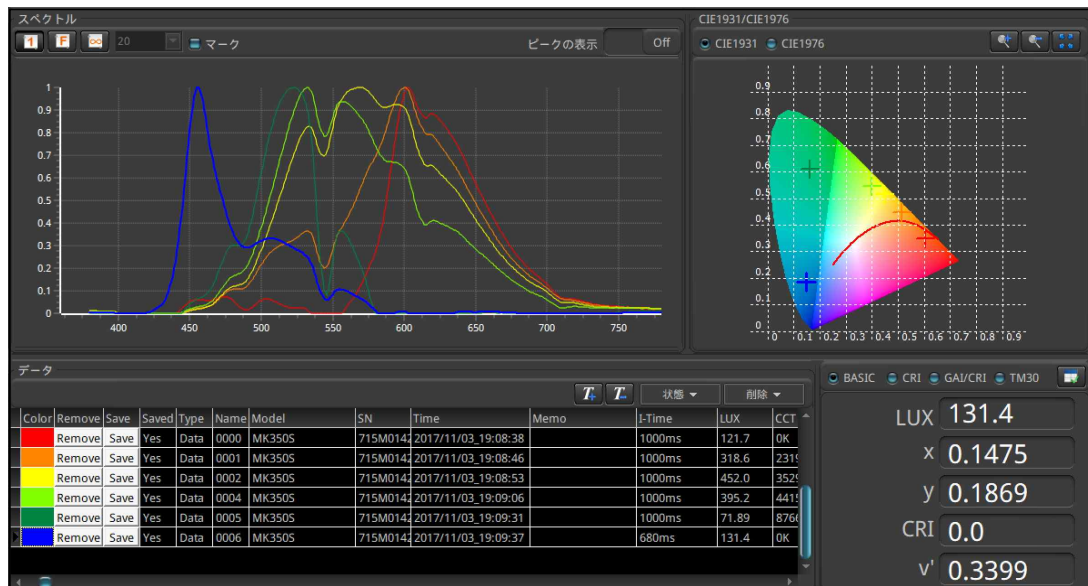
실험에 사용된 6색 중 ①Red값은 28.43cd/m² ②Orange값은 69.43cd/m² ③Yellow값은 96.35cd/m² ④Green값은 88.95cd/m² ⑤GreenYellow값은 24.29cd/m² ⑥Blue값은 37.85cd/m²로 측정되었으며 이중에서 ③번 Yellow가 96.35cd/m²로 휘도값이 가장 높게 추출되었다.

Circle	cd/m2	Circle	cd/m2
	28.43		69.43
	96.35		88.95
	24.29		37.85

6 휘도값

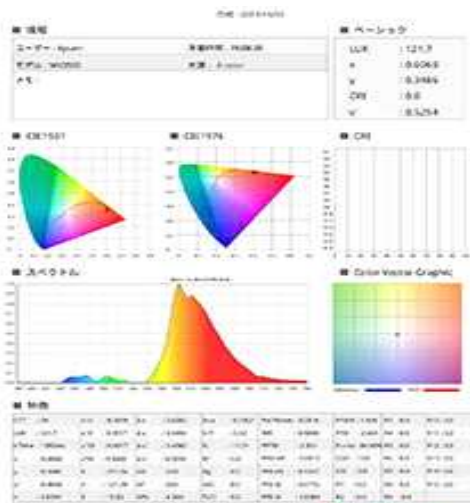


6색의 휘도값 측정

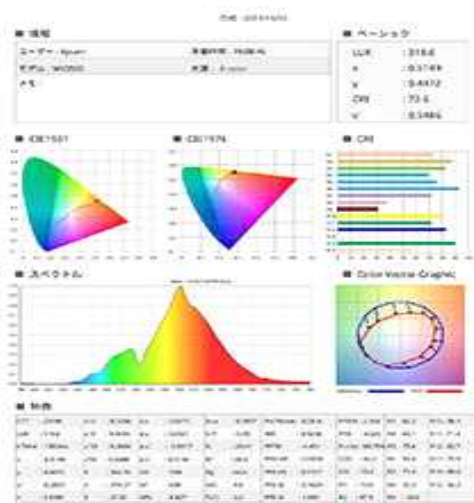


6색의 조도값 종합 분석

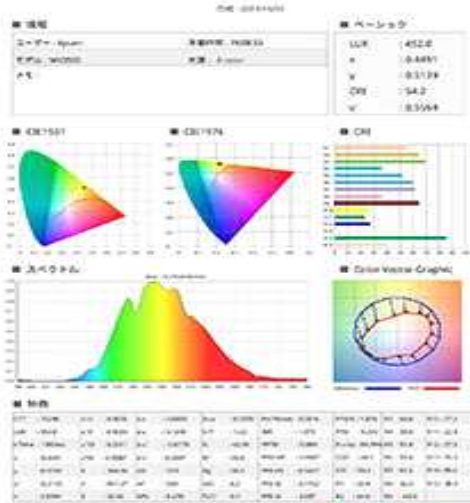
[그림 2-14] 6색의 휘도값, 조도값



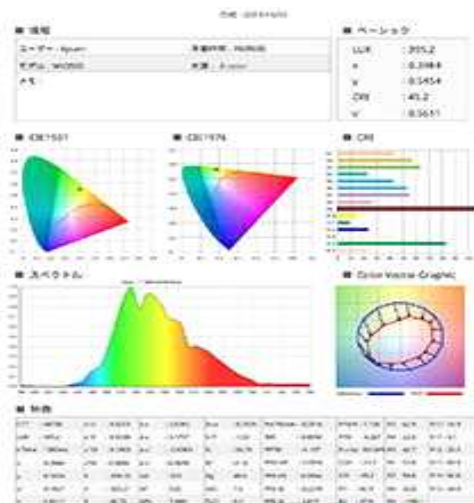
Red의 조도값



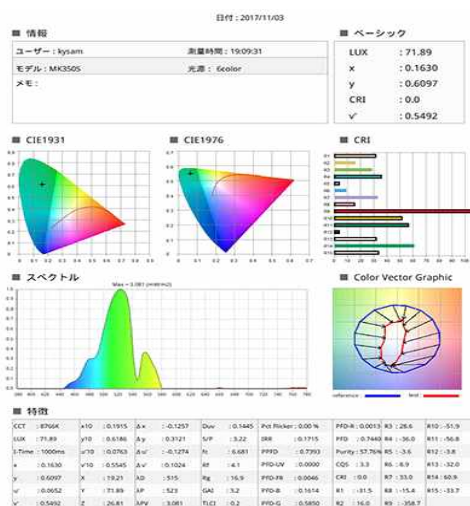
Orange의 조도값



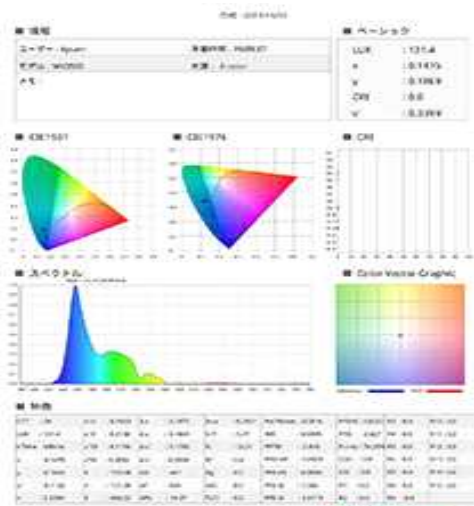
Yellow의 조도값



Green의 조도값



GreenYellow의 조도값

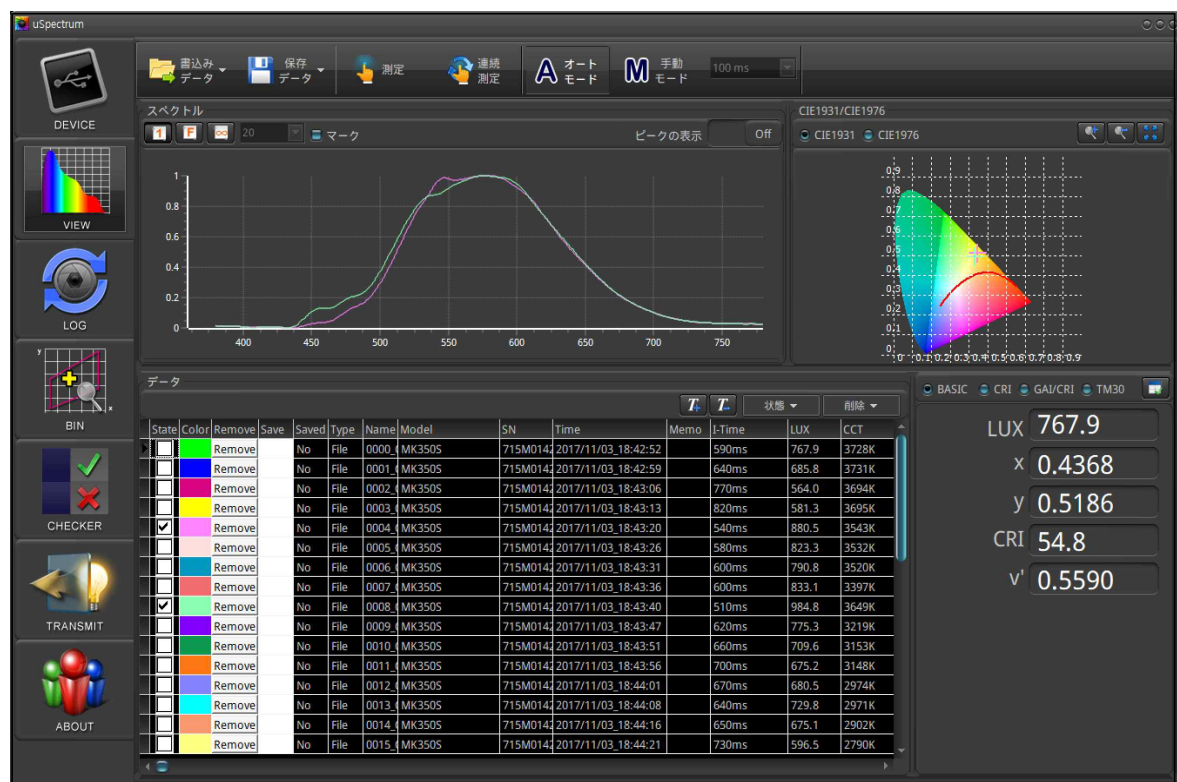


Blue의 조도값

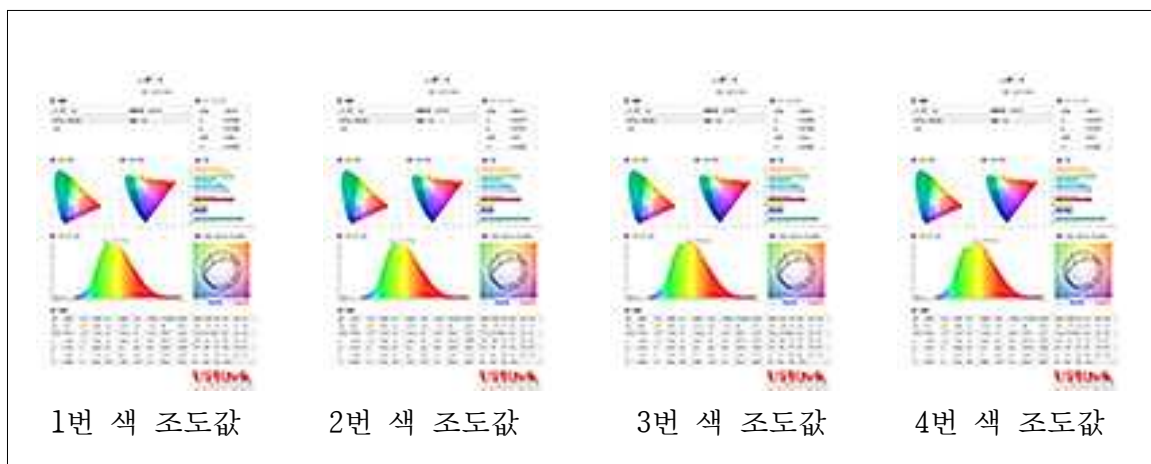
[2-15] 6색의 각 조도값 Date

(7) 1m에서 24색의 조도 실험

24색 조도 실험 분석 결과, 아래의 그림 16, 17을 살펴보면 1~24번의 색상은 1차 실험에서 얻어진 Yellow 색상계열을 THE MUNSELL BOOK OF COLOR의 HEU의 7.5YR, 10YR, 2.5Y, 5Y / VALUE 6~9 / CHROMA 2~16 범위에서 전자파 550nm파장의 위에 위치하는 색상을 추출하여 실험을 실시하였다. 결과 9번(H10Y V9 C6 / C0 M0 Y60 K0) 색상이 984.8LUX로 가장 높았으며, 5번(H5Y V8.5 C14 / C0 M0 Y100 K0)이 880.5LUX로 높았다. 24색 조도 실험에서는 색상의 혼합이 적을수록 LUX값의 수치가 높음을 알 수 있었다. 1~24번 Yellow 색상계열의 휘도값 측정에서도 9번 색상이 74.44cd/m²로 가장 밝게 검출되었다. 다음이 5번 색상으로 66.06cd/m²로 조도 실험의 결과와 같은 순서로 검출되었다.



[2-16] 1m에서 24색의 조도값 측정 Date





5번 색 조도값



6번 색 조도값



7번 색 조도값



8번 색 조도값



9번 색 조도값



10번 색 조도값



11번 색 조도값



12번 색 조도값



13번 색 조도값



14번 색 조도값



15번 색 조도값



16번 색 조도값



17번 색 조도값



18번 색 조도값



19번 색 조도값



20번 색 조도값



21번 색 조도값



22번 색 조도값



23번 색 조도값



24번 색 조도값

[2-17] 1m에서 24색의 각 조도값 Date

(8) 연기 속 24색의 휘도 실험

6색상 중 휘도 값이 가장 높은 Yellow의 색상을 Munsell색채체계를 사용하여 유사색 24색을 추출한다. 1~24번의 색상은 1차 실험에서 얻어진 Yellow 색상계열을 THE MUNSELL BOOK OF COLOR의 HEU의 7.5YR, 10YR, 2.5Y, 5Y / VALUE 6~9 / CHROMA 2~16 범위에서 전자파 550nm파장의 위에 위치하는 색상을 추출하여 실험을 실시하였다. 6색상 조도 실험에서와 같이 검정색 실험 박스에 LED라이트박스와 부착 된 24색 인쇄판을 넣고 1m, 5m, 10m, 16m 각각의 거리에서 동영상대면휘도계로 각 색상의 휘도를 측정하였다. LED라이트박스의 조명 밝기도 1,000cd/m²로 동일한 밝기의 값을 주었다. 1m 거리에서의 휘도값 측정은 연기를 주입시키지 않고 진행했으며 5m, 10m, 15m의 실험에서는 각각 3m, 7m, 11m지점에 30초간 연기를 주입시켰다. 연기가 주입 된 후 약 5분간 촬영이 진행되었다. 시간이 지남에 따라 연기의 유동과 농도의 변동으로 인해 각 색상의 측정값이 시간에 따라 변동이 심해졌다. 그러므로 측정시간의 범위를 정해 각각의 색상 평균값을 구하는 방식으로 진행되었다. 평균 측정값의 범위를 구하기 위한 측정시간대를 연기를 주입한 후 30초 단위로 나누고 그중 처음 30초에서 1분 사이의 데이터를 사용하였다.

다음으로 진행 된 5m, 10m, 15m 거리에서의 연기 실험은 그림 2-18과 같이 가로 600mm, 세로 600mm, 높이 600mm의 빛이 통하지 않는 검은 상자 안에 24색상을 설치 후 30초간 연기를 발생, Date를 추출하였다. 본 실험은 Yellow계열 24색상 중 거리에 따른 연기 속 휘도값을 측정하여 시인성 높은 색상값을 추출하는 실험이다. 연기의 유동에 의해 각 색상의 휘도값의 변화는 심했지만 처음 30초에서 1분 사이의 평균값을 구하고 1번에서 24번 각각의 색상 cd/m²값을 추출한다.



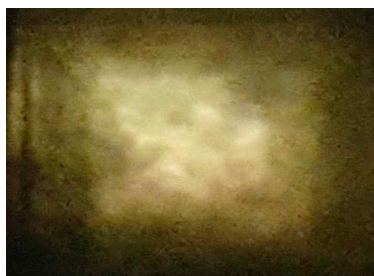
연기 주입 전



연기 주입 직전



연기 주입 10초 후



연기 주입 20초 후



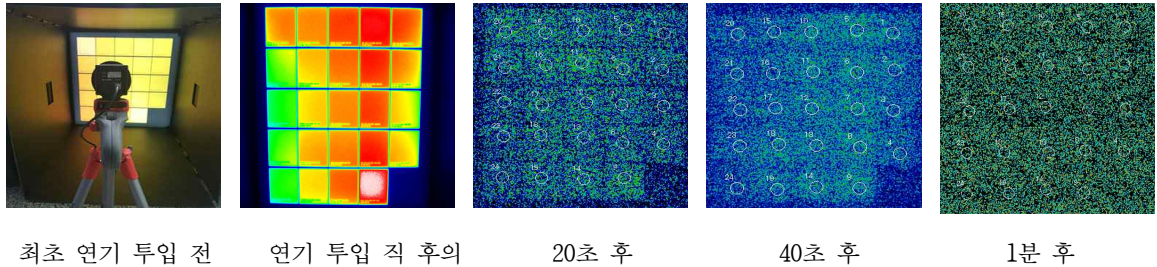
연기 주입 40초 후



연기 주입 1분 후

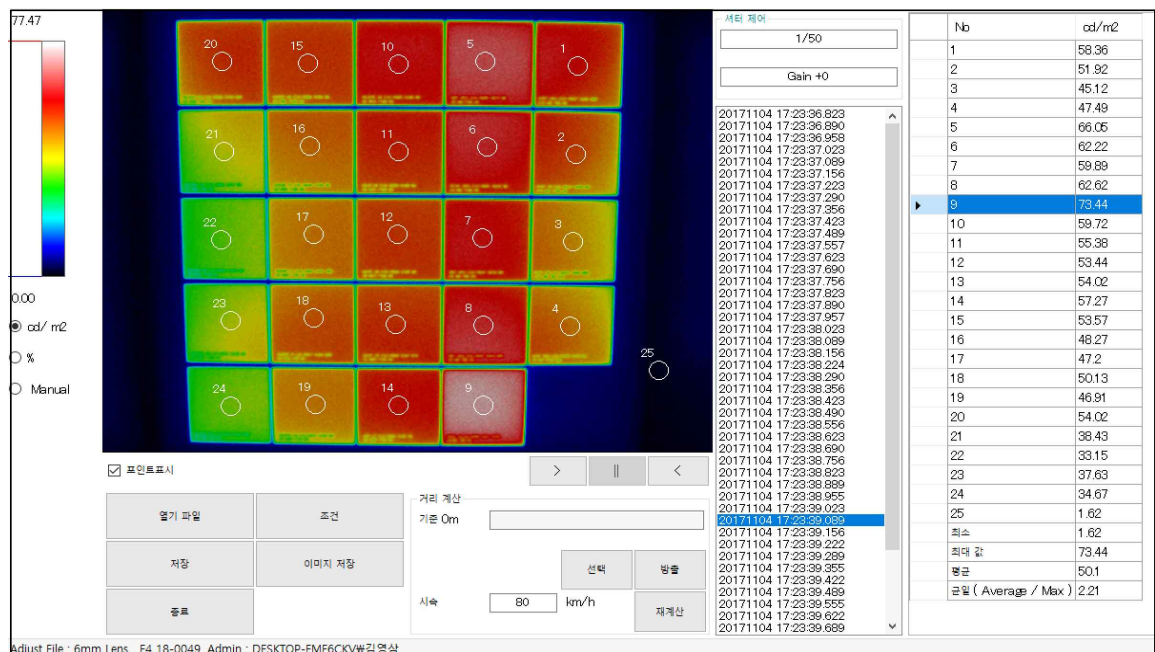
[2-18] 연기 실험 진행 과정

(가) 1m 연기 속에서 휘도를 측정, 시인성 높은 색상을 추출, 그림 2-19와 같이 가로 600mm*세로 600mm의 흑색 상자에 1m 간격으로 24색의 LED 조명을 설치 후 연기를 투입시켜 1분 후의 24색 휘도를 측정한다. 시간의 경과에 따라 데이터 변동이 있지만 평균값을 구해 1~24번 각각의 cd/m^2 를 추출한다.



[2-19] 연기 투과 후 시간 경과

연기 상태의 휘도 조사에서는 가까운 거리일수록 Yellow에 Red가 포함되어 있는 색의 투과율이 좋음을 알 수 있다. 하지만 연기 속 실험 과정에서 연기를 투입하자 바로 LED 조명의 확인은 불가능했으며 연기 중단 후 5분이 경과한 후부터 약간의 LED 빛을 확인 할 수 있었다. 이런 상황을 볼 때 화재 시 연기 속에서는 피난자들의 시야 확보는 불가능하다고 할 수 있으며 화재 발생 초기 단계에서 쾌속한 유도가 이루어질 수 있는 피난유도사인시스템의 제안이 이루어져야 한다. Yellow 색상계열 24색상의 휘도 실험 분석 과정을 살펴보면 그림 2-20과 같다.



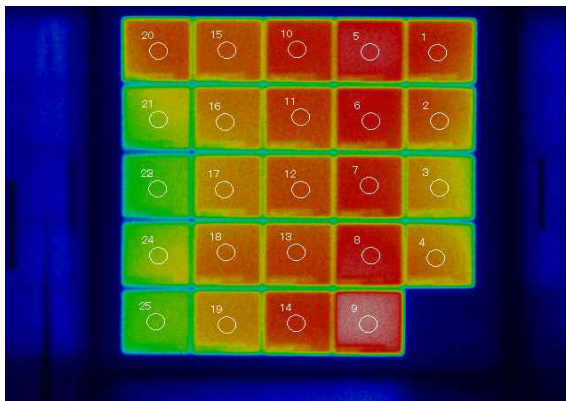
[그림 2-20] 연기 실험 진행 과정

표1에서와 같이 1m 거리에서의 Yellow 색상계열 1번에서 24번까지의 휘도값 측정 결과에서는 9번(10Y9/6, C0 M0 Y60 K0) 색상이 $73.44\text{cd}/\text{m}^2$ 로 가장 높게 검출되었다.

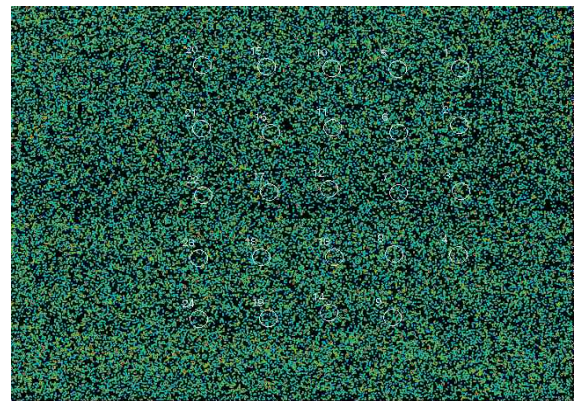
[1] 1m에서 측정 된 24색의 휘도값 통계

Circle	1	2	3	4	5	6	7	8	최소	최대	평균
cd/m2	58.36	51.92	45.12	47.49	66.05	62.22	59.89	62.62	33.15	73.44	53.3
Circle	9	10	11	12	13	14	15	16			
cd/m2	73.44	59.72	55.38	53.44	54.02	57.27	53.57	48.27			
Circle	17	18	19	20	21	22	23	24			
cd/m2	47.2	50.13	46.91	54.02	38.43	33.15	37.65	34.67			

(나) 5m 연기 속에서 휘도를 측정, 시인성 높은 색상을 추출,
그림 2-21와 같이 거리 5m의 상자 속에 연기를 주입시킨 후 24색상의 휘도값을 측정하는 실험이다. 처음 연기가 발생하게 되면 확산이 심해 각 색상들의 휘도값을 측정하기 어려운 상태임을 알 수 있다.



발생 전



연기 발생 직전

[그림 2-21] 5m 연기 실험 과정

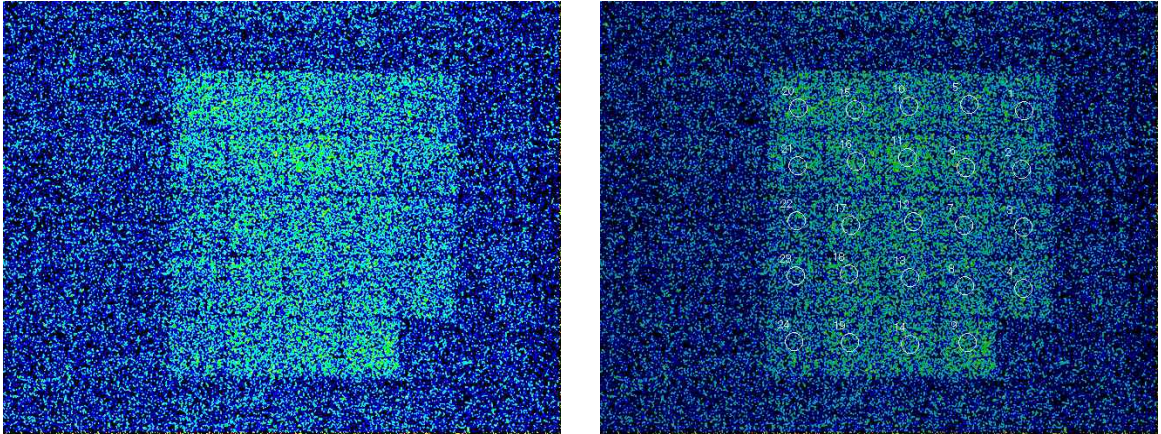
표2는 연기 주입 후 30초에서 1분 사이 24색상의 휘도 평균값을 구한 것으로 1번에서 24번까지의 색상 중 15번의 휘도값이 0.17cd/m²로 HV/C값은 10YR8/14, CMYK 값은 C0 M30Y100K0으로 가장 높은 휘도값이 검출되었다.

[표2] 5m 연기 실험 결과

단위: cd/m²

Circle	1	2	3	4	5	6	7	8	최소	최대	평균
cd/m2	0.12	0.13	0.14	0.15	0.14	0.12	0.11	0.16	0.1	0.17	0.13
Circle	9	10	11	12	13	14	15	16			
cd/m2	0.14	0.14	0.16	0.13	0.16	0.13	0.17	0.12			
Circle	17	18	19	20	21	22	23	24			
cd/m2	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.15	0.1	0.11			

(다) 10m 연기 속에서 휘도를 측정, 시인성 높은 색상을 추출,
그림 2-22와 같이 10m 거리에서 연기를 주입 시킨 후 동영상대면휘도계로 측정한 24색
상의 휘도값을 측정하는 장면이다.



[그림 2-22] 10m 연기 실험 과정

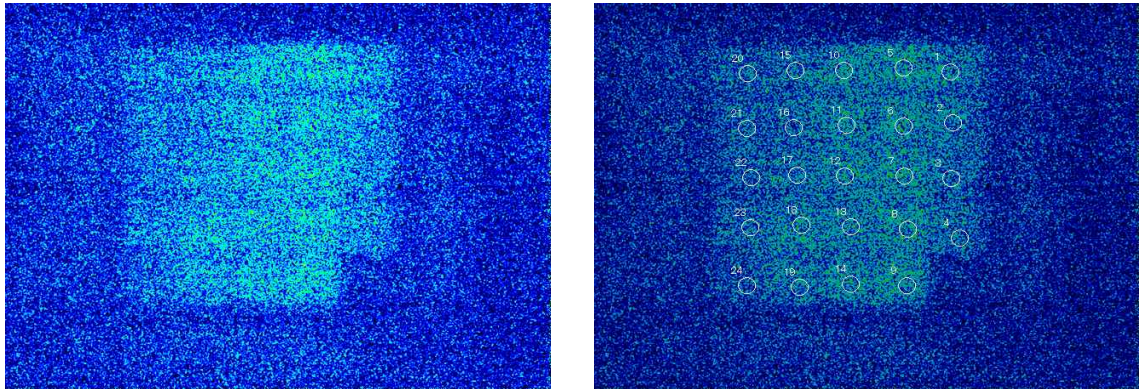
표3에서와 같이 11번과 16번의 평균 휘도값이 동일하게 검출되었다. 11번의 휘도값이 0.4cd/m²로 HV/C값은 2.5Y8/16, CMYK 값은 C0M17Y100K0으로 16번의 휘도값이 0.4cd/m²로 HV/C값은 10YR7/14, CMYK 값은 C0M35Y60K0으로 휘도값이 검출되었다.

[3] 10m 연기 실험 결과

단위: cd/m²

Circle	1	2	3	4	5	6	7	8	최소	최대	평균
cd/m ²	0.26	0.29	0.28	0.33	0.32	0.37	0.36	0.31	0.26	0.4	0.34
Circle	9	10	11	12	13	14	15	16			
cd/m ²	0.38	0.35	0.4	0.33	0.32	0.37	0.38	0.4			
Circle	17	18	19	20	21	22	23	24			
cd/m ²	0.33	0.36	0.37	0.38	0.32	0.34	0.31	0.27			

(라) 15m 연기 속에서 휘도를 측정, 시인성 높은 색상을 추출,
그림 2-23과 같이 15m 거리에서 연기를 주입 시킨 후 30초 후 24색상의 휘도 값을 측
정하는 장면으로 연기 주입 직후 보다는 측정하기 쉬운 환경이 되었다.



[2-23] 15m 실험 과정

표4에서와 같이 1번에서 24번까지의 색상 중 7번의 휘도값이 0.38cd/m²로 HV/C값은 5 Y8.5/10, CMYK 값은 C0M0Y90K0으로 가장 높은 휘도값이 검출되었다.

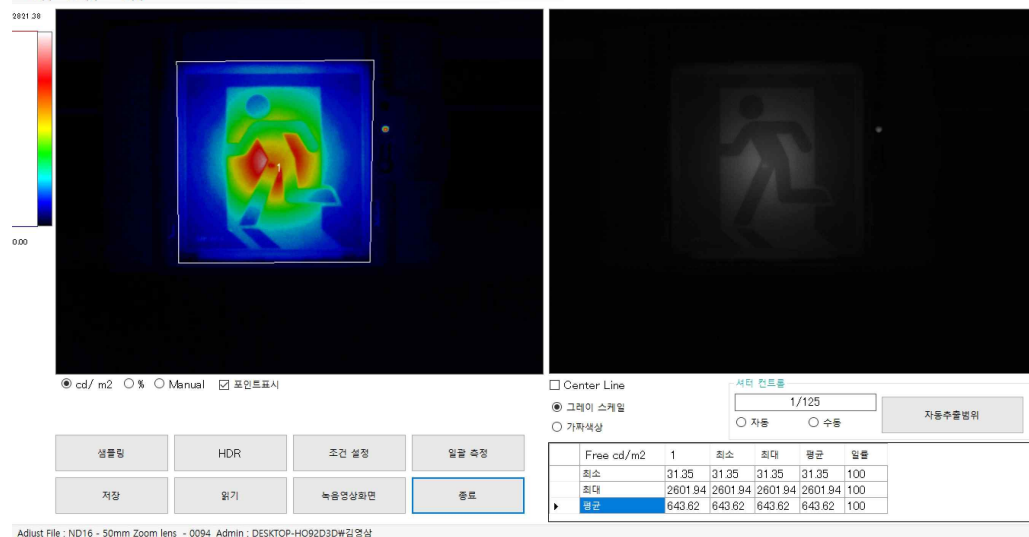
[표4] 15m 연기 실험 결과

단위: cd/m²

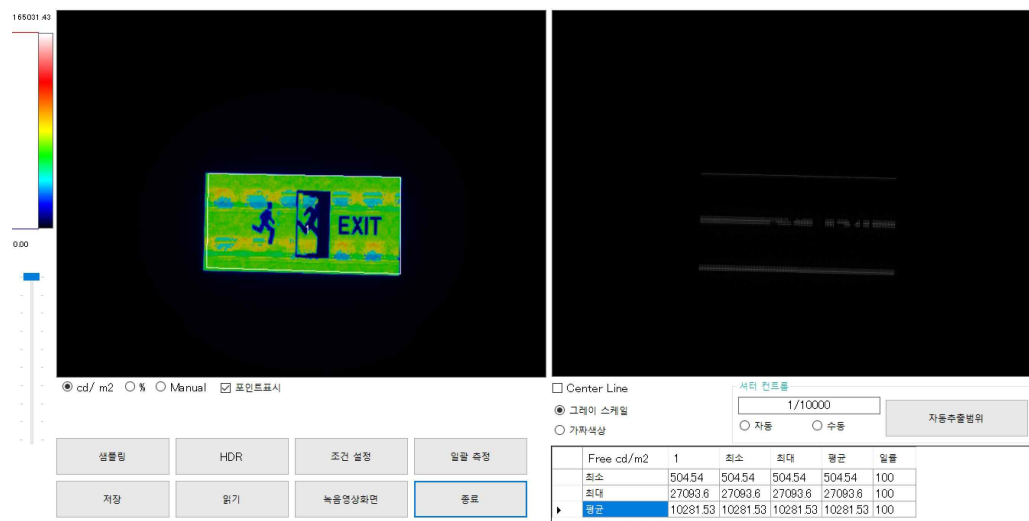
Circle	1	2	3	4	5	6	7	8	최소	최대	평균
cd/m ²	0.32	0.3	0.29	0.3	0.35	0.36	0.38	0.35			
Circle	9	10	11	12	13	14	15	16			
cd/m ²	0.33	0.37	0.36	0.34	0.34	0.32	0.3	0.28			
Circle	17	18	19	20	21	22	23	24	0.27	0.38	0.32
cd/m ²	0.32	0.34	0.32	0.31	0.3	0.28	0.31	0.27			

(마) 기존 피난유도등과 ActionPicto 피난유도등 휘도 비교 실험

그림 24의 기존 피난유도등과 그림25의 ActionPicto 피난유도등의 휘도 비교 실험을 거리 5m*높이 3.5m 부착하여 실시하였다. 조건은 동일한 환경에서 실험을 실시 하였으며 동영상대면 휘도계를 데이터를 분석하였다.



[2-24] 피난유도등의 휘도 실험 : 5m



[그림 2-25] ActionPicto 피난유도등의 휘도 실험 : 5m

기존 LED용 피난유도등의 경우 휘도값이 최소 31.35cd/m², 최대 2601.94cd/m²로 평균 643.62cd/m²로 검출되었다. 그리고 ActionPicto 피난유도등의 경우 최소값 504.54cd/m², 최대 27093.6cd/m²로 평균 10281.53cd/m²으로 약 16배 휘도값이 높았다. 이유로는 기존의 피난유도사인의 경우 일정한 빛을 방출하게 설계되어 있으나 ActionPicto 피난유도등은 동적 요소가 일정한 속도로 움직임으로서 반사되어 나오는 빛의 양이 많아지는 것으로 보인다. 결과, 움직임이 가미 된 ActionPicto 피난유도등은 동적 요인과 휘도 값이 높은 Yellow계의 사용으로 시인성과 방향성이 우수한 것을 알 수가 있다.

(9) 종합적 실험 결과 분석

표5는 1m, 5m, 10m, 15m 각 거리별 실험을 실시한 결과 가장 높은 휘도값과 HV/C, CMYK, 연기의 주입 유무를 정리한 것이다.

[5] 실험 결과 정리

색수	거리	NO	휘도값	HV/C	CMYK	연기
6	1m	3	96.35cd/m2	5Y8.5/14	c0 m0 y100 k0	×
24	1m	9	74.44cd/m2	10Y9/6	c0 m0 y60 k0	×
24	5m	15	0.17cd/m2	10YR8/14	c0 m30 y100 k0	○
	10m	11	0.4cd/m2	2.5Y8/16	c0 m17 y100 k0	○
		16	0.4cd/m2	10YR7/14	c0 m35 y60 k0	○
	15m	7	0.38cd/m2	5Y8.5/10	c0 m0 y90 k0	○

6색상의 휘도실험 결과 3번의 Yellow가 시인성이 가장 좋았으며 24색의 실험에서는 거리별 휘도값에 차이가 있었다. 이는 시간에 의한 연기의 유동과 농도의 변화가 측정값에 영향을 미친 것으로 분석되었다. 24색의 실험에서 Yellow의 명도가 높고 투과성이 좋은 Red가 적절히 포함되어 있는 범위의 색들이 휘도가 높은 것을 알 수 있었다. 그러므로 실제 연기 속에서는 먼 거리보다 짧은 거리에 있는 물체와 색상을 인식하기 쉽다는 점을 고려해서 본 연구의 휘도실험의 결과에서 얻어진 c0m30y100k0의 색을 시인성 높은 피난유도사인의 적용색으로 제안한다.

(9) 결론

본 연구에서는 화재 발생 시 연기 속에서 시인성이 높은 피난유도사인의 적용색의 제안하였다. 골든타임 내에 신속한 피난유도 활동이 이루어지기 위해서는 시인성이 뛰어난 색상의 검출을 통해 피난유도사인에 적용시키는 것은 매우 중요한 사항이다.

연구 결과, 첫째. 본 실험을 진행하기 위해 사용되는 6색상의 추출은 공공디자인 색채 표준 가이드의 디자인 활용편에서 안전관련 그림 표지 4종(Red, Yellow, Blue, Green)과 도로표지 1종(Orange), 등대 및 항로표지 1종(GreenYellow) 등 총 6색의 추출이 이루어졌다.

둘째, 일정한 조도를 유지하는 LED라이트박스에 6색(Red, Green, Blue, Orange, Yellow, GreenYellow)을 인쇄한 후 분광조도와 동영상대면휘도 실험을 실시하여 인간의 시지각과 가장 근접한 색상 범위를 확인하고 거리별 시인성이 가장 좋은 Yellow색상을 추출하였다.

셋째, 추출된 Yellow계열의 색상을 먼셀 칼라시스템을 활용하여 24색으로 분류하여 LED라이트박스 위에 인쇄한 후 연기 속에서 분광조도와 동영상대면휘도계 실험을 실시하여 휘도가 높은 c0m30y100k0색을 제시하였다.

이상과 같은 연구 방법을 통해서 새로운 LED피난유도사인에 적용 가능한 색상을 추출하고, 연기 속에서 피난자들이 좀 더 빠르고 쉽게 피난유도사인을 찾을 수 있도록 시인성이 높은 피난유도사인의 색상을 제시함으로써 골든타임 내에 효율적인 피난유도가 이루어질 것으로 기대된다.

. 효율성이 높은 피난유도사인시스템 디자인 제안

본 연구에서는 ①. 지하철역 비상구사인의 실태 조사를 통한 피난유도사인의 제작 방향 제시 ②. 효율성이 높은 피난유도사인 개발을 위한 설문 조사·분석에 의한 추출된 결과를 토대로, 새로운 피난유도사인으로 제시된 색상과 형태, 추출된 요구사항을 점검하고 적용하여, 효율성 높은 피난유도사인디자인의 기본형을 다음과 같이 제시한다.

(1) ActionPicto 관하여

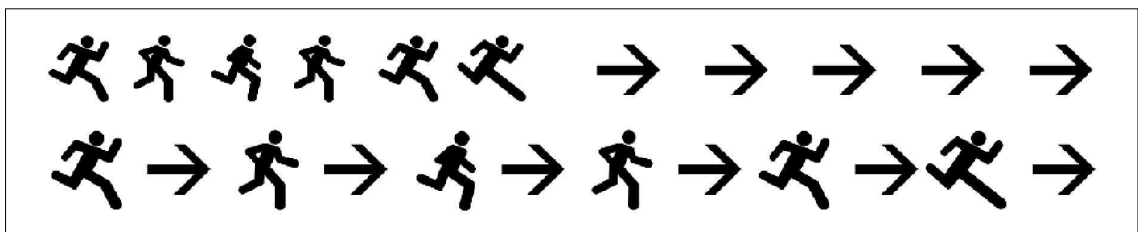
ActionPicto에 관한 최초의 해설은 “피난유도사인시스템의 형태에 관한 연구”(김영삼. 2009)와 “非常口サインに関する研究”(김영삼. 2010)에서 찾아 볼 수 있으며, 최초의 정의는 “재난안전산업 포럼”(김영삼. 2017, p.47)에서 발표되었다. 합성어인 두 단어의 각각의 사전적 의미를 살펴보면, Action은 활동, 움직임, 실행, 몸짓, 동작 등의 의미이며, Picto는 Pictogram의 줄임말로 그림문자, 그림도표의 사전적 의미를 내포하고 있다. ActionPicto는 골든타임 때 피난자들이 안전한 장소까지 빠른 시간 안에 유도할 목적으로 제작되었으며, 피난행동 유발을 위해 뛰어가는 사람형상의 동적 픽토그램과 방향을 지시하는 화살표로 디자인되었다. ActionPicto는 화재로 인한 연기와 유독가스 속에서 피난자들의 피난 행동을 고려하여 기존 피난유도등의 시인성과 방향성, 연속성의 속성을 개선하여 빠른 시간 안에 안전한 장소까지의 유도기능을 수행한다. ActionPicto의 적용 색상은 노란색이며 설치위치는 지면으로부터 60cm이하의 벽면과 바닥에 설치할 것을 권한다. 평상시에는 정적형태를 유지하고 있으나, 비상시에는 사람의 형상이 출입구를 향해 뛰어가는 애니메이션 기능이 작동하는 시스템으로 피난유도의 효과를 개선한 새로운 개념의 피난유도사인시스템이라고 정의한다.

(2) 조건

앞서 진행 된 연구 결과를 토대로 다음 그림 2-25 26, 27과 같이 ActionPicto Design을 제안하고자 한다. 서울, 부산, 대구지역 지하철역 피난유도사인시스템 실태 조사·분석과 효율성이 높은 피난유도사인 개발을 위한 설문지의 조사·분석에 의해 피난유도기능의 향상을 위해서 시인성과 방향성, 유도성, 연속성이 잘 표현 되어야하며 직관적으로 알 수 있어야한다.

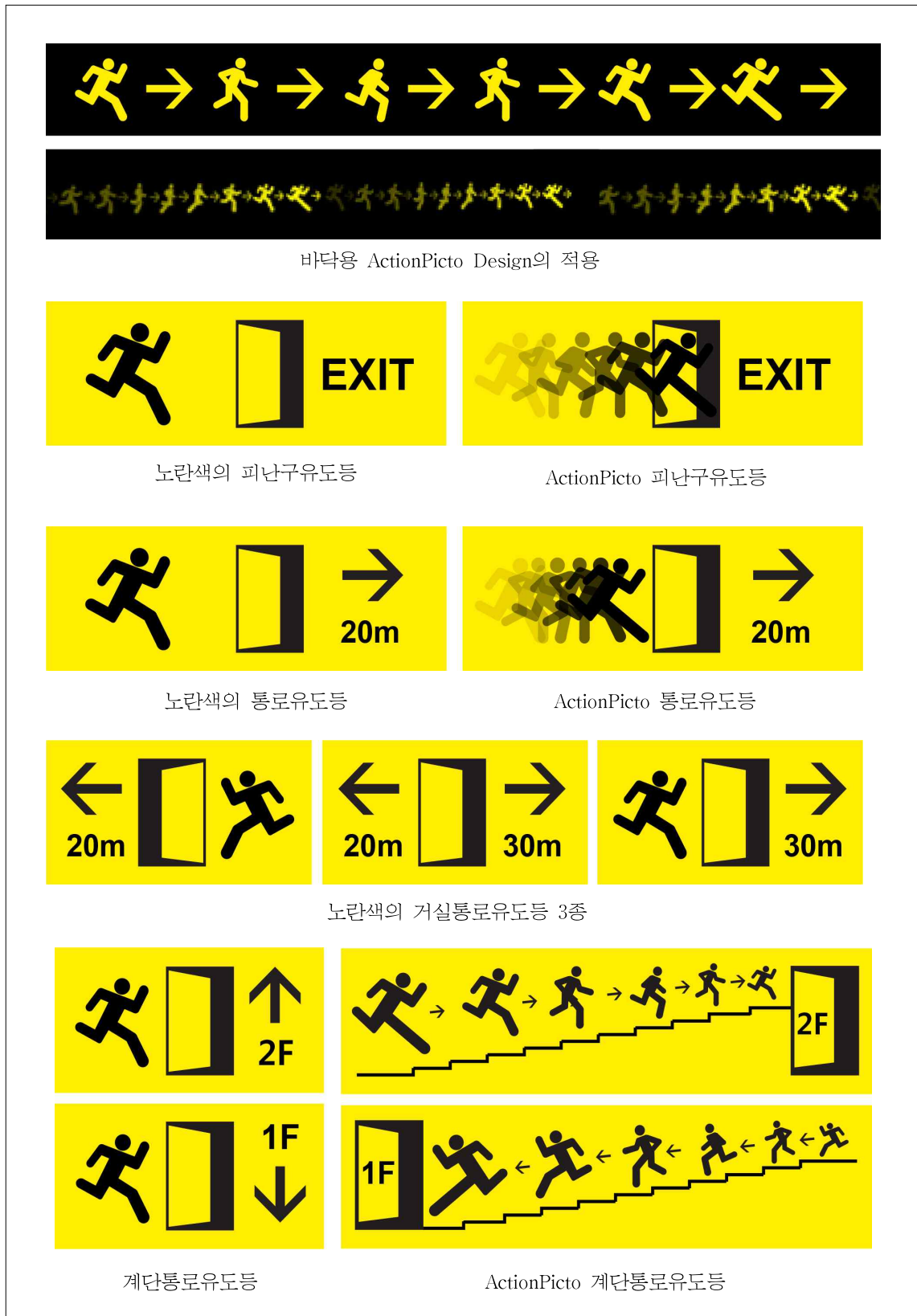
(3) 디자인 요소 추출

그림 2-25와 같이 뛰어가는 사람+방향을 나타내는 화살표를 조합하여 기본 형태를 제작하였다.



[그림 2-25] ActionPicto Design의 소스 예시들

(4) 디자인 제작 및 제안



[그림 2-26] ActionPicto Design

(5) ActionPicto의 적용 예시

그림 2-26과 같이 ActionPicto Design을 현상황에 맞추어 적용 시켜 보았다.



[그림 2-27] ActionPicto Design 적용

(6) 피난유도사인시스템 디자인의 구체적 방안

다음은 그림 2-27 ActionPicto의 구상도에 대한 구체적인 설명이다.

(가) 시스템의 명칭 : 액션픽토그램을 이용하는 피난유도시스템디자인이란 칭한다.

(나) 기술 분야 : 액션픽토그램을 이용하는 피난유도시스템에 관한 기술로서, 보다 상세하게는 유도등에서 재난이 발생된 장소에서 벗어날 수 있는 방향으로 액션픽토(action picto)가 動的으로 이동되며 재생되는 피난유도시스템에 관한 디자인이다.

(다) 배경이 되는 기술 : 지하철, 건물 내부 등에 배치된 기존의 비상구 유도등은 안전 대피유도로 조명장치로 LED조명의 밝기를 통해 피난자들이 인식하도록 제작된 안전 조명용 발광 램프이다. 종래 비상구 유도등의 시인성을 높이기 위해 비상구의 위치에 조명 점등에 더해 소리효과를 추가하는 개선안이 제시되었다. 또한, 종래의 바닥 유도등은 기다란 프레임에 체결되는 지지판에 자체 발광되는 야광시트를 부착하여 비상탈출구로 유도하는 방식으로 피난자가 야광시트의 발광으로 유도되는 길을 따라 피난할 수 있도록 고안 점등을 응용하여 제작하였다.

(라) 해결 과제 : 종래의 제반 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로, 본 액션픽램(action picto) 발명의 목적은 유도등에서 재난이 발생된 장소에서 벗어날 수 있는 방향으로

액션픽토(action picto)이 재생되어 피난자를 신속히 이동시키는 것이다.

(마) 해결 방법 : 액션픽토를 이용하는 피난유도시스템은, 모니터링 대상 지역에 배치되어, 재난 발생에 기인한 환경 변화를 검출하는 환경검출부와, 상기 환경검출부의 검출 값을 이용하여 재난 발생을 판단하는 제어부와, 상기 모니터링 대상 지역에 내 배치되며, 상기 제어부가 재난 발생으로 판단하면 액션픽토(action picto)가 재생되는 유도등을 포함하고, 상기 제어부는 상기 환경검출부의 배치 위치가 저장되어 있어 상기 모니터링 대상 지역 중 재난 발생 지역을 식별하고, 피난유도등에서 재생되는 액션픽토는 재난 발생 지역으로부터 멀어지는 방향으로 이동되게 재생되는 것을 특징으로 한다.

- 상기 피난유도등에서 재생되는 액션픽토그램은 노란색인 것을 특징으로 할 수 있다.
- 상기 피난유도등은 대상 지역의 바닥에서부터 높이 30cm 이하의 위치에 배치되는 것을 특징으로 한다.
- 피난유도시스템에 외부전원을 공급하는 전원부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- 상기 전원부는 외부전원을 충전하며, 상기 외부전원이 차단되었을 때 방전되어 상기 피난유도시스템에 전원을 공급하는 배터리를 포함하는 것을 특징으로 한다.

(바) 기대효과

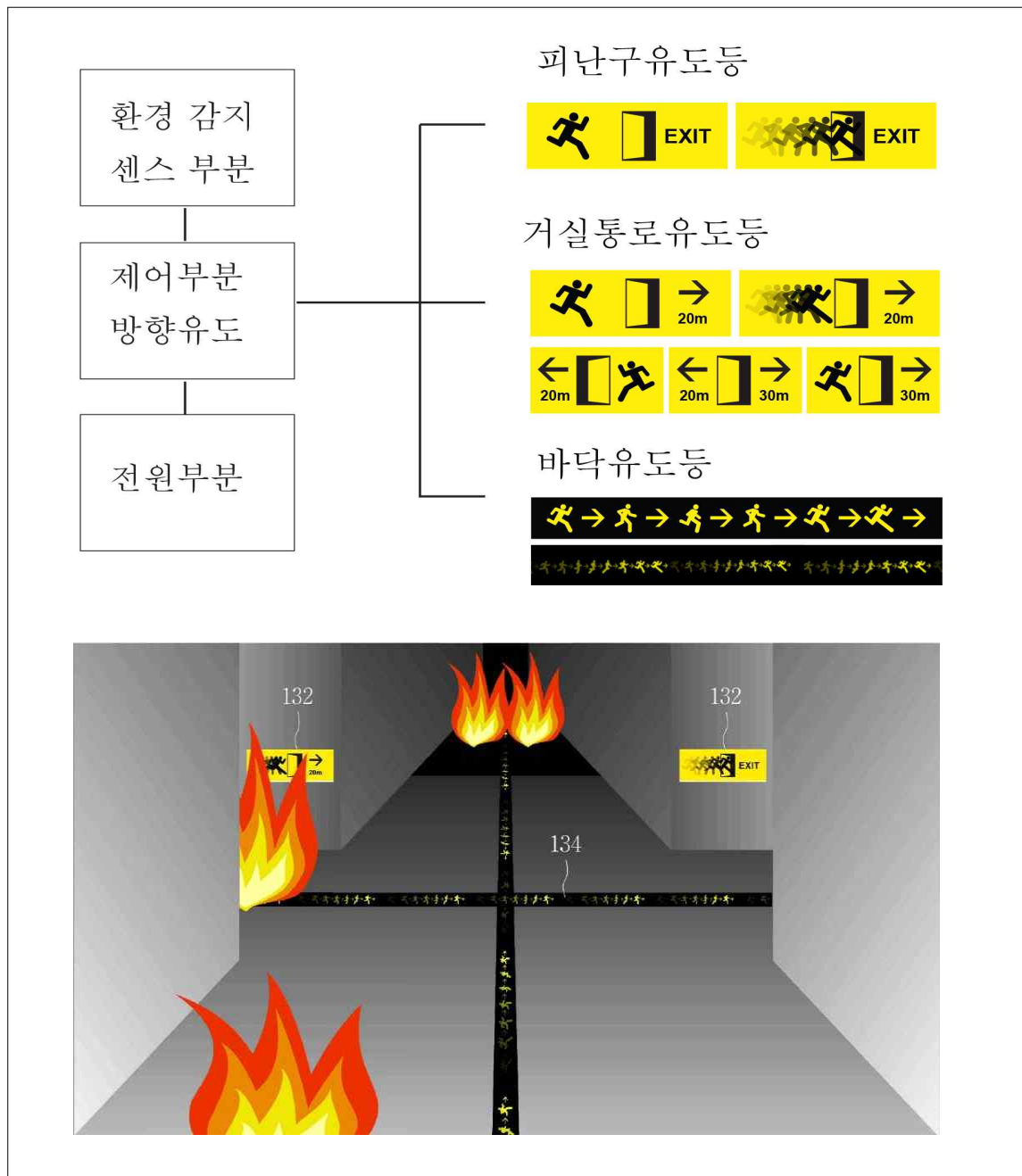
- 첫째, 유도등에서 재생되는 액션픽토그램이 재난이 발생된 장소에서 벗어날 수 있는 방향으로 연속하여 재생됨에 따라, 유도등을 본 인명은 대피 방향을 신속하고 올바르게 식별할 수 있게 된다.
- 둘째, 액션픽토그램은 노란색으로 표시됨에 따라 종래 녹색의 유도등보다 식별성이 크게 향상된다.
- 셋째, 유도등이 지면으로부터 60cm 이하에 배치됨에 따라, 연기가 발생되더라도 유도등을 올바르게 식별할 수 있게 된다.
- 넷째, 외부전원을 충전하고, 정전 시 방전되어 피난유도시스템에 전원을 공급하는 전원부가 포함됨에 따라, 재난으로 인해 정전이 발생되더라도 유도등은 안정적으로 구동될 수 있게 된다.

(7) 디자인 도면의 구체적 설명

그림 28의 디자인은 유도등에서 재난이 발생된 장소에서 벗어날 수 있는 방향으로 액션픽토(action picto)가 움직이며 재생되는 피난유도시스템에 관한 기술로서, 모니터링 대상 지역에 내 배치되어, 재난 발생에 기인한 환경 변화를 검출하는 환경검출부와, 환경검출부의 검출 값을 이용하여 재난 발생을 판단하는 제어부와, 모니터링 대상 지역에 내 배치되며, 제어부가 재난 발생으로 판단하면 액션픽토가 재생되는 유도등을 포함하고, 제어부는 환경검출부의 배치 위치가 저장되어 모니터링 대상 지역 중 재난 발생 지역을 식별하고, 유도등에서 재생되는 액션픽토는 재난 발생 지역으로부터 멀어지는 방향으로 움직이게 재생되는 것을 특징으로 한다.

- 환경감지센스부분은 화재 발생 지역의 열(온도)감지, 유해물질(연기농도) 감지 등을 검출하는 센서를 포함한다. 또한, 환경감지부분은 지진의 진동, 붕괴에 의한 압력 등을 검출하는 센서도 포함할 수 있다.

- 종래 녹색의 비상구 유도등은 화재 발생 시 연기 속에서 식별이 어려운 색상이다. 따라서, 연기 속에서 조도, 휘도 실험을 통해 노란색(M30, Y100)이 사람의 눈에 가장 인지하기 쉬운 색임을 확인하였다. 따라서, 유도등(130)에서 재생되는 액션픽토그램은 노란색인 것을 특징으로 한다.
- 유도등은 액션픽토그램의 애니메이션 재생이 가능한 풀컬러(FullColor) LED로 제작되어 있다.



[그림 2-28] ActionPicto의 구상도

(8) 결론

본 연구를 통해 명확히 밝혀진 것은, 화재와 지진, 테러 등의 재난 발생시 초기대응에 효과적이며 재난 현장에서 발생할 수 있는 여러 상황에서도 빠른 시간 내에 피난유도 효과를 발휘할 수 있는 ActionPicto Design의 새로운 전망을 발견했다는 것이다.

특히, 피난유도사인의 색상, 설치위치, 동적 디자인요소에 대한 연구를 통해 시인성과 방향성, 연속적 유도성이 뛰어난 Action Picto Design의 제안이 이루어짐으로서, 본 연구의 목적에 해당하는 지하철역 화재 발생 시 연기 속에서의 시인성 확보와 신속한 피난 유도가 이루어지게 되었다는 것이다.

연구 방법으로 제시된 첫째, 지하철역의 현장 조사를 통해 피난유도사인의 색상과 설치 위치로 인한 시인성과 방향성에 관한, 피난유도사인의 문제점을 분석하고 피난구유도등의 사이즈 개선과 인지성을 확보하기 위한 개선 방안을 제시했다. 둘째, 지하철 이용자를 대상으로 한 설문 조사에서는 연속성과 방향성에 관련하여 ActionPicto Design의 제작 요소를 그림 2-25에서와 같이 제시하였다. 셋째, 골든타임 단계에서 신속한 대응이 가능하며, 시인성과 방향성, 연속적 유도 효과를 개선한 ActionPicto Design의 기본 형과 적용사례를 그림 2-26과 그림 2-27에서 제시하였다.

이상, 본 연구를 통해 제시된 ActionPicto를 각 지하철역에 적용하고, 화재와 지진, 테러 등의 재난 상황에서 신속한 피난유도기능이 이루어지기 위해서는 다양한 학문과의 교류를 통한 연구가 이루어져야한다. 이러한 관점에서 향후 진행되어야 할 연구의 방향은 각 지하철역의 건축구조의 특징과 환경 조사를 통해, 재난 발생 시 ActionPicto의 피난유도 기능이 효과적으로 발휘될 수 있는 설치 기준을 제안 할 필요가 이다.

이를 위해 첫 번째, ActionPicto의 설치 위치와 피난자들의 시인성 확보를 위한 거리 측정 실험과 두 번째, ActionPicto에 적용된 노란색의 조도와 휘도 실험을 통한 색상의 범위 추출, 세 번째, 실험자들에 의한 ActionPicto의 효과 실험을 실시하여 피난유도에 대한 효율성 평가가 이루어져야 한다.

· VR 인터랙티브 콘텐츠 제작

(1) 개발 개요

가상현실(Virtual Reality)은 인간-컴퓨터간 인터페이스로, 어떤 특정 환경이나 상황을 컴퓨터로 만들어 사람들이 마치 실제 주변 상황 및 환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 과학기술이다. 기존에는 병원이나 군사부문 시뮬레이션 훈련용으로 사용되었으나 콘텐츠 혁신에 힘입어 게임, 교육, 영화, 공연, 부동산, 제조 등에서 활용되고 있다.

구글, 애플 등 글로벌 ICT 기업들은 ICT 성장을 견인해 온 PC와 스마트폰 등 모바일 기기의 성장이 한계에 직면하자 새로운 성장동력으로 VR을 집중적으로 육성하고 있다. 그 결과 오кул러스 리프트를 필두로 삼성 기어 VR 등 다양한 디바이스 제품들이 출시되었으나 콘텐츠가 매우 부족하여 균형 있는 VR 산업 발전에 장애가 되고 있다.

본 개발 프로젝트는 안전재난 교육 VR 콘텐츠를 제작함으로써 앞으로 더욱 확장성 있는 시뮬레이션 콘텐츠를 많이 제작하고자 하는 것에 의의가 있다.

(가) 하드웨어 구성

하드웨어 사양으로는 표 5와 같이 코어i7-8세대 CPU를 장착한 고성능 PC를 사용하였으며, VR 킷은 바이브프로 킷으로 그림 2-28, 29, 30과 표 6, 7, 8 처럼 컨트롤러 위치를 감지해주는 베이스스테이션, 컨트롤러, 본체 기기로 구성되어 있다.

[표 5] PC 본체 사양

분류	제품명	수량
CPU	인텔 코어 i7-8세대 8700K	1
메인보드	MSI B360M 바주카 플러스	1
메모리	삼성전자 DDR4 16G PC4-19200	2
그래픽카드	이오텍 지포스 GTX1080 11GB	1
SSD	삼성전자 860 EVO(250GB)	1
케이스	대양케이스 USB3.0	1
파워	쿨러마스터 230V EU	1



[그림 2-28] 헤드셋

[표 6] 헤드셋 사양

분류	스펙
스크린	이중 AMOLED 대각선 3.5
해상도	한쪽 눈당 1440x1600 픽셀
재생빈도	90Hz
시야	110도
오디오	인증된 Hi-Res 헤드셋, Hi-Res 헤드폰 지원
입력	통합 마이크
연결	USB-C 3.0, DP12, 블루투스
센서	StreamVR 트래킹, G-센서, 자이로스코프, 근접센서, IPD 센서
인체공학	렌즈 거리 조절 기능이 있는 아이 릴리프 조정가능한 IPD, 헤드폰, 헤드 스트랩



[그림 2-29] 컨트롤러

각 24개의 모션인식센스를 탑재하여 미로형에서 피난로트를 찾을 수 있도록 정교한 모션 인식을 갖추고 있으며 다기능 트랙패드의 고품질 효과를 통해 더욱 정확한 VR 실험이 가능하도록 구성하였다.

[표 7] 컨트롤러 사양

분류	스펙
센서	스팀 VR 트래킹
INPUT	다기능 트랙패드, 그립버튼, 듀얼-스테이지 트리거, 시스템 버튼, 메뉴 버튼
충전시 사용시간	약 6시간
연결	마이크로 USB충전포트

[표 8] 베이스 스테이션

분류	스펙
센서	360도 플레이 영역 트래킹
장착	표준 나사 장착 지점
연결	무선연결



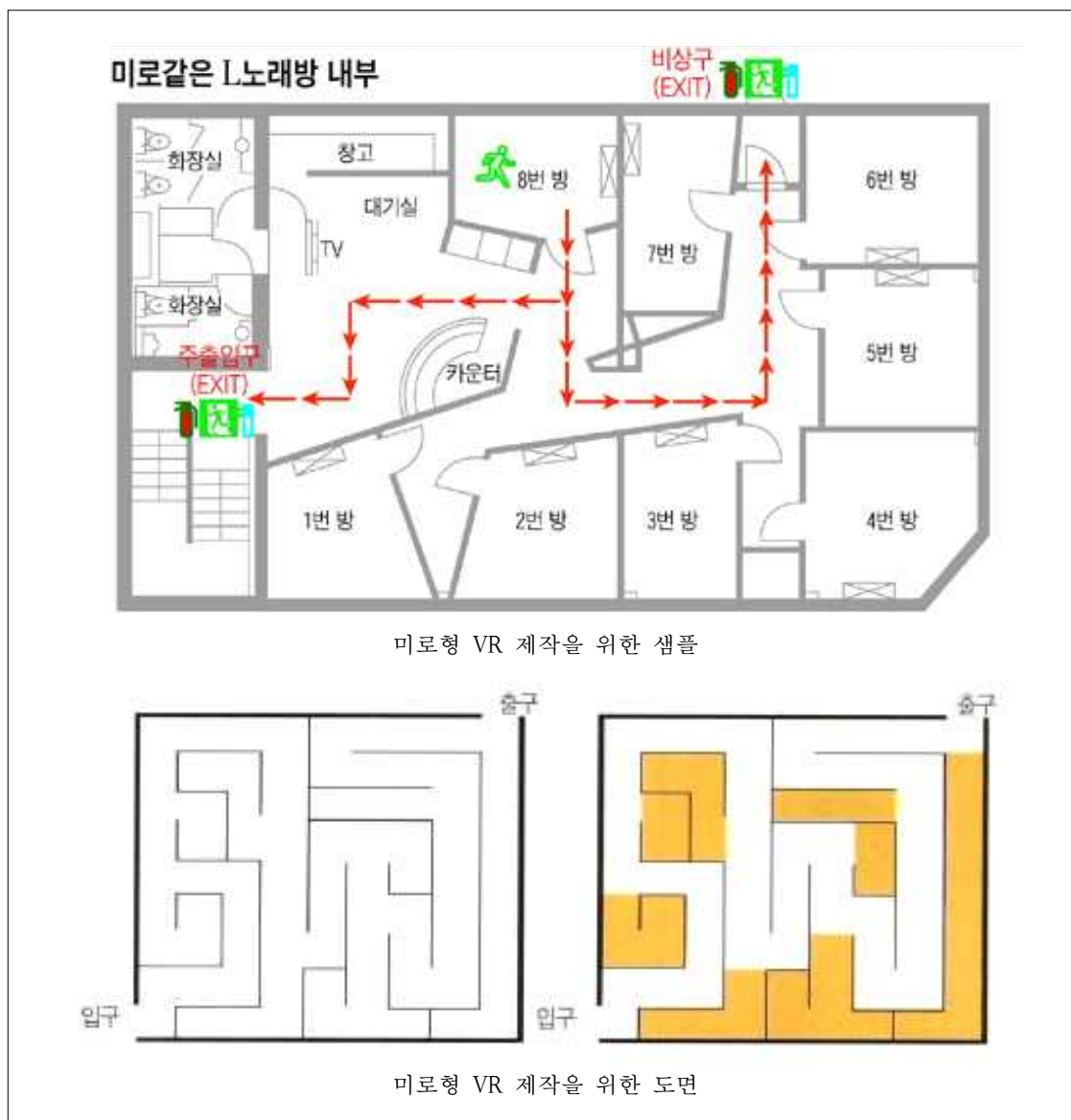
[그림 2-30] 베이스 스테이션 사양

(나) 소프트웨어 개발환경

VR맵이 개발된 운영체제는 안정성과 범용성을 인정받고 있는 WINDOWS 10이며 프로 그래밍 개발 툴인 IDE는 VISUAL STUDIO 2015에 UNREAL ENGINE 4.19.2를 설치하여 블루프린트방식으로 알고리즘을 구현했으며 3DSMAX와 SUBSTANCE PAINTER 2018로 3D 그래픽과 애니메이션을 제작하여 FBX형식으로 UNREAL ENGINE과 연동하였습니다

(2) 미로 맵 개발 개요

아래 그림 31의 미로맵은 재난 대책 방안으로 만든 VR 시뮬레이션 프로그램으로, 재난 시 바닥에 표시되는 화살표 애니메이션이 미로맵 탈출 시간에 얼마나 도움을 주는지 연구하기 위한 방안으로 제작 된 프로그램이다. 총 2번의 탈출을 시도하는데, 바닥에 화살표표시가 없는 경우와 화살표표시가 있는 경우 나눠서 탈출시간 차이를 측정한다. 시뮬레이션이 시작되면 타이머가 발생하고 그에 따른 화염과 연기가 발생하며 입구에서 출구를 바이브로 톨킷 모션 컨트롤러로 실제상황과 같이 방향과 속도를 제어하며 재난시 상황 설정하여 탈출시간을 측정하는 것이 목적이다. 그에 따른 플레이어 정보와 타이머 정보가 기록되어 화살표표시가 있을 경우 단축시간이 얼마나 절약되는지를 연구하는 것이 주된 목표이다.

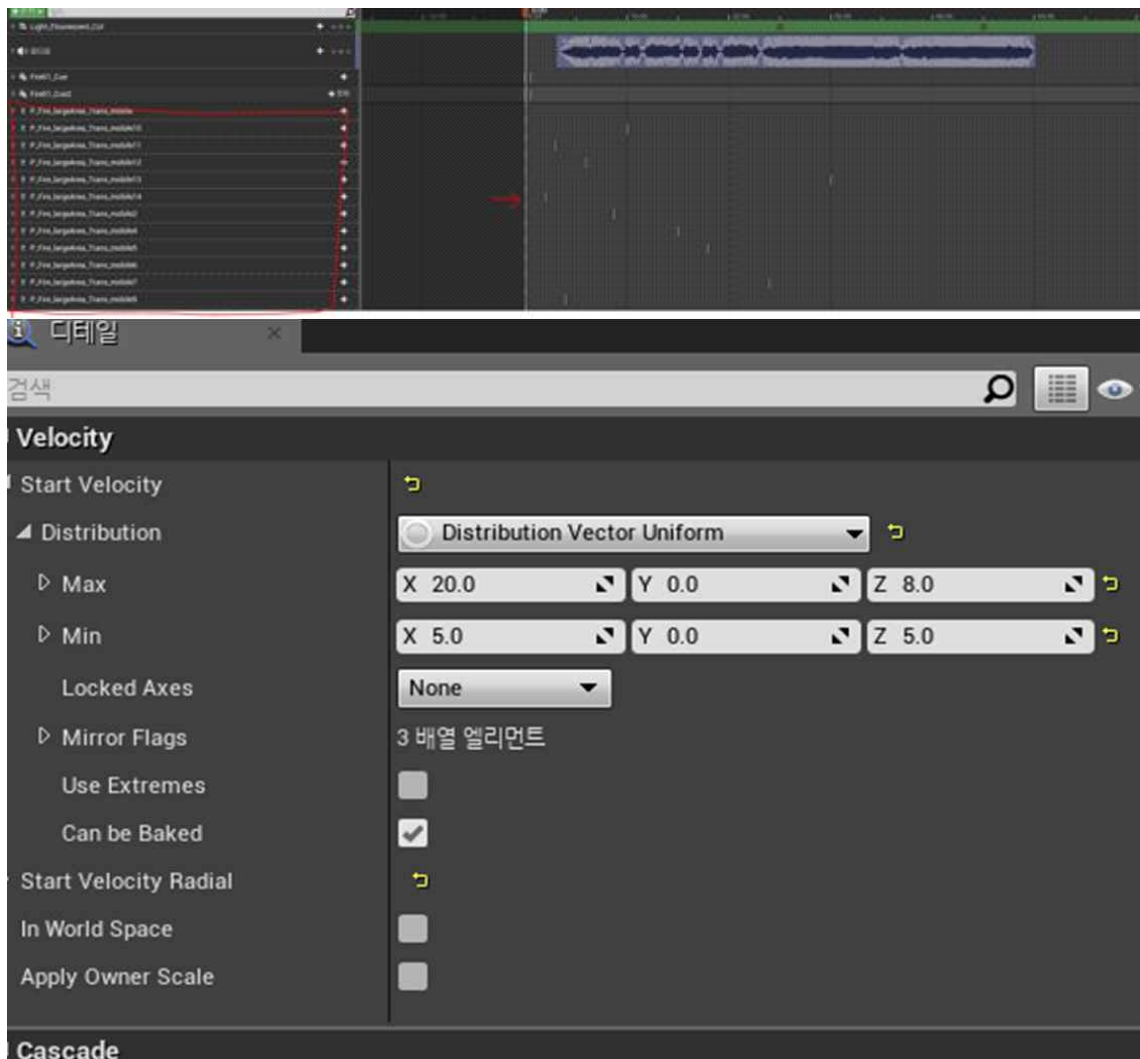


[그림 2-31] 미로맵 VR 제작을 위한 샘플 및 도면

(가) 미로 맵 화염오브젝트 발생위치 및 시간

레코드명	1s	2s	4s	6s	8s	10s	12s	14s	16s	18s	20s	22s	24s	26s	28s	30s
화재 큐사인	■															
1층 기타영역1									■							
1층 기타영역2									■							
1층 매콤1												■				
1층 매콤2																■

화염 파티클 속도는 Velocity 패널에서 X,Y,Z 값으로 조절할 수 있으며 위 재난 시뮬레이션 미로 맵에서는 최대값을 위 캡처화면의 MAX, 최소값을 위 캡처화면의 MIN 값으로 각각 설정해놓았고 그 사이에서 랜덤 값으로 화염이 퍼지며, 또한 임의로 설정할 수 있다.



[그림 2-32] 블루프린트 - 화염 동작시퀀스

(나) 미로맵 연기파티클 시작지점별 동작시간

```
// 가로 거리 (단위 cm)
varsmog_speed_hor_distance=1000;
// 거리 이동당 흐르는 시간 (단위 : ms)
varsmog_speed_hor_time=1000;

// 세로 거리 (단위 cm)
varsmog_speed_ver_distance=2000;
// 세로 이동당 흐르는 시간 (단위 : ms)
varsmog_speed_ver_time=1000;

// 카메라오브젝트 보행속도 (단위 : cm)
varpeople_speed_walk_distance=1330;
// 카메라 오브젝트 기준시간 (단위 ms)
varpeople_speed_walk_time=1000;
```

연기파티클의 이동속도를 계산하기 위한 초기값들을 설정한다.

단위가로거리 : 1000cm, 단위가로시간 : 1000ms

단위세로거리 : 2000cm, 단위세로시간 : 1000ms

단위카메라오브젝트거리 : 1330cm, 단위카메라오브젝트시간 : 1000ms

(다) 미로 맵 값 전달, 함수호출

```
//연기 가로 번짐속도 정의 (1M/s)
varsmog_speed_hor=smog_speed_hor_distance/smog_speed_hor_time;
//연기 세로 번짐속도 정의 (2M/s)
varsmog_speed_ver=smog_speed_ver_distance/smog_speed_ver_time;

//유저 보행속도 (1.33M / s)
varpeople_walk_speed=people_speed_walk_distance/people_speed_walk_time;

//오브젝트 등장시 동작 화재발생지점 전달 및 초기값전달
onSmog(pos_x,pos_y,smog_speed_hor,smog_speed_ver,smog_speed_ver);
```

연기파티클의 이동속도를 계산한다.

연기가로번짐속도 : 1M/s

연기세로번짐속도 : 2M/s

유저보행속도 : 1.33M/s

오브젝트 등장 시 화재발생지점 전달 및 초기값전달 : onSmog함수

(라) 전달된 함수 내부구조

```
function onSmog(pos_x, pos_y, smog_speed_hor, smog_speed_ver, smog_speed_ver){
    //최대 가로변짐영역 제한없이 시작
    max_width=-1;
    //최대 세로변짐영역 플랫폼높이와 맞춤. (3M)
    max_height=3000;
    //하단부 최소포지션 정의 (바닥으로부터 60센티미터)
    min_bottom_pos=60;

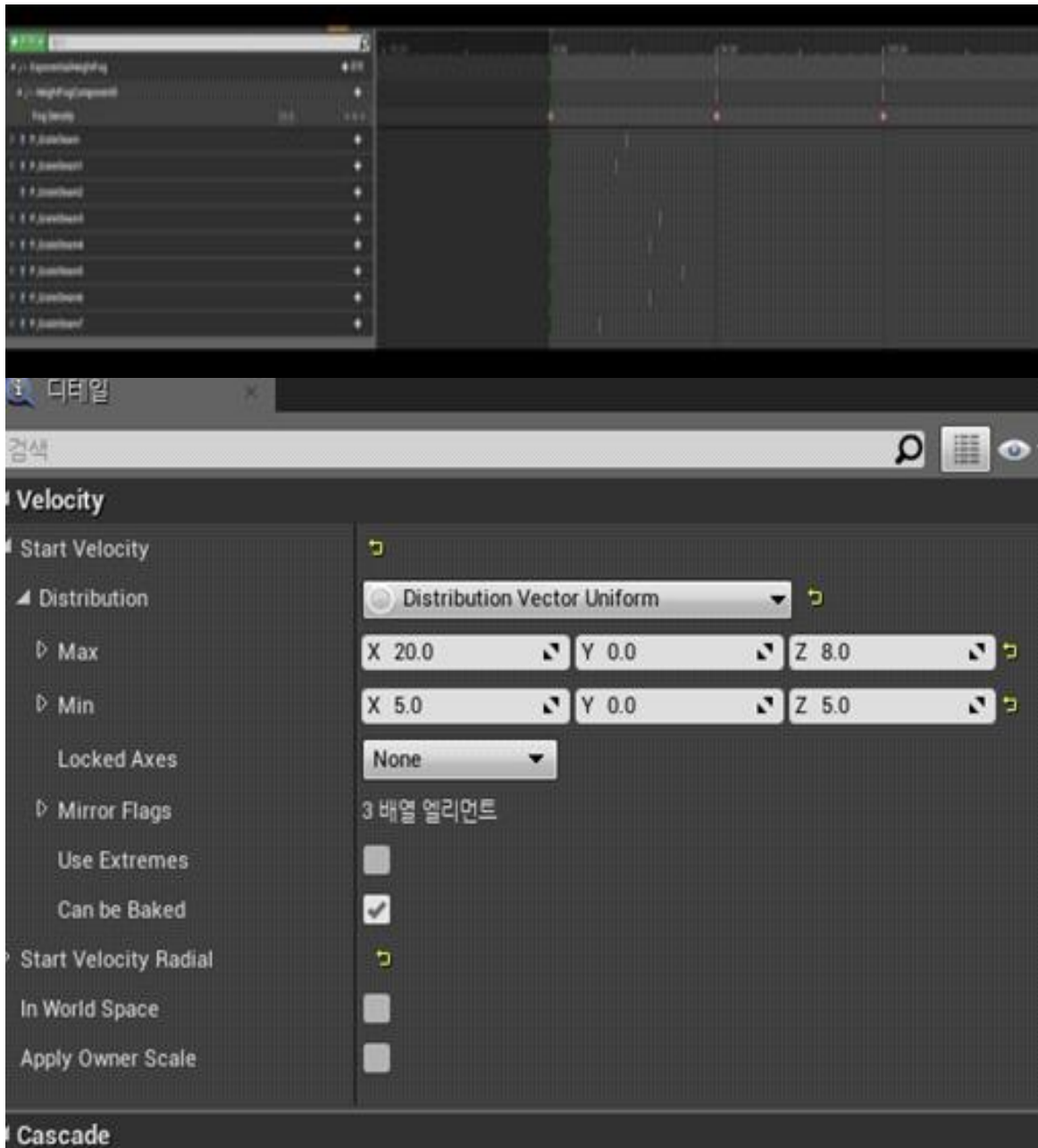
    //포지션 정의 후 스모그 호출 세로지점은 최소포지션 이후부터 생성
    start_smog(pos_x, pos_y+min_bottom_pos);

    // $i 는 초
    for($i=1;$i<=10;$i++){
        //매 초마다 최대 가로변짐 범위를 벗어나지 않는다면, 스모그를 복제하여 좌표 1, -1
        //씩 각각 이동
        if(pos_x+1<max_width){
            copy_smog_width(pos_x+1);
            copy_smog_width(pos_x-1);
        }
        //매 초마다 최대 세로변짐 범위를 벗어나지 않는다면, 스모그를 복제하여 좌표 1 씩 각
        //각 이동
        if(pos_y+1<max_height){
            copy_smog_height(pos_y+1);
        }
    }
}
```

연기발생 포지션을 start_smog 함수로 발생시킨 이후 copy_smog_width와 copy_smog_height 이벤트를 각각 max_height(3M)값 max_width(-1)값 이내로 발생시킨다.

(마) 연기 동작시퀀스

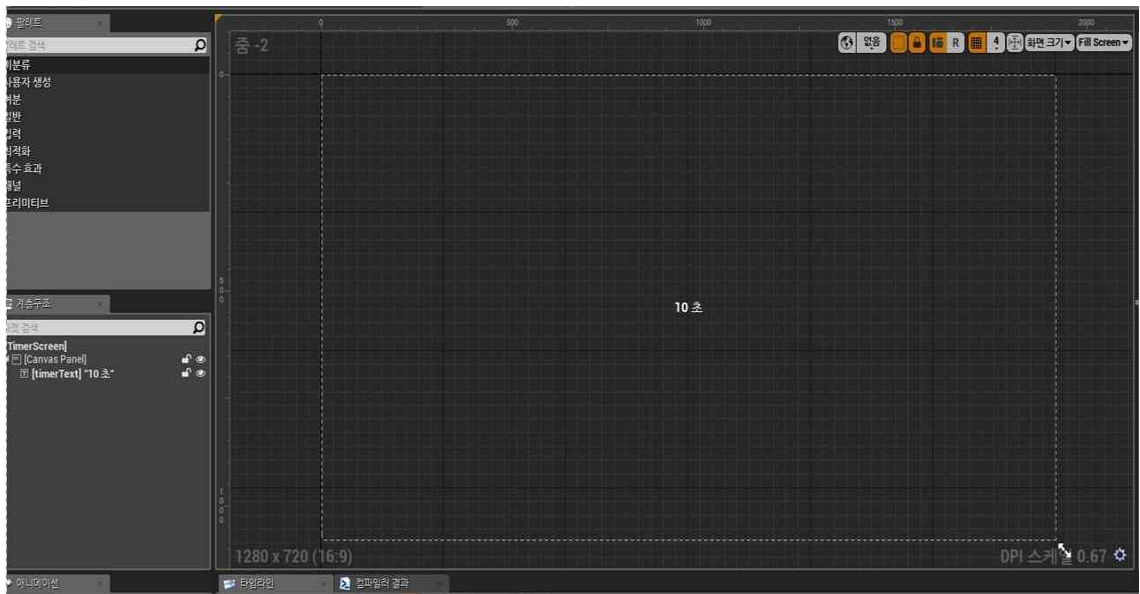
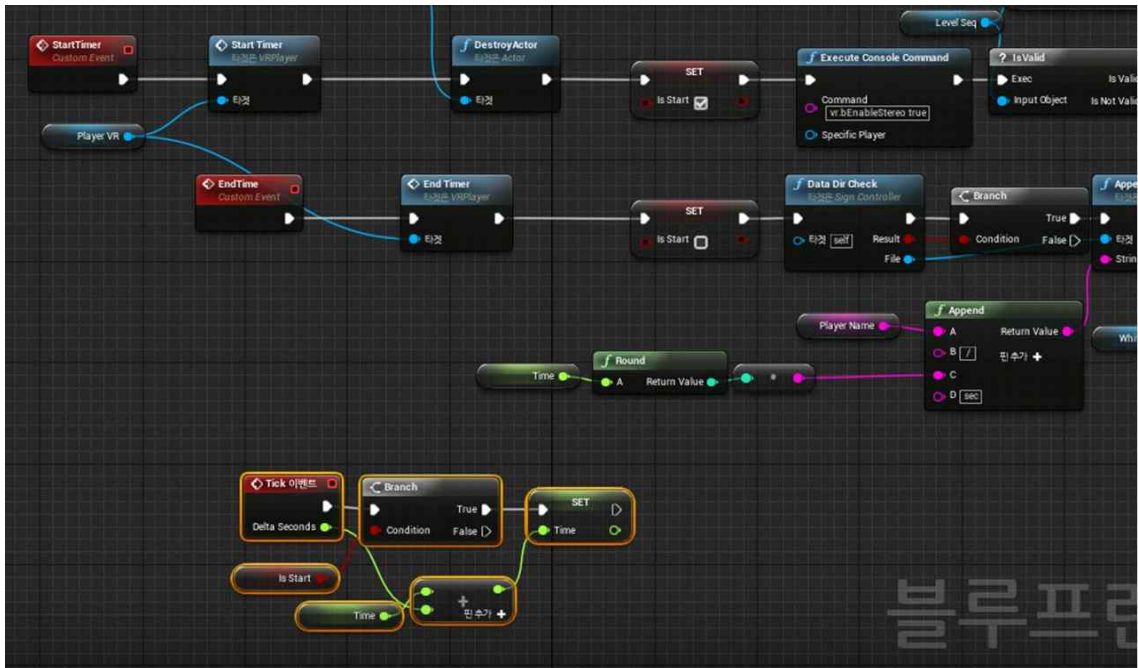
레코드명	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	9s	10s	11s	12s	13s	14s	15s	16s
플랫폼 1																
플랫폼 1																
플랫폼 1																
플랫폼 1																



[그림 2-33] 블루프린트 - 연기 동작시퀀스

그림 2-33에서와 같이 연기 번짐 속도는 Velocity 패널에서 X,Y,Z 값으로 조절할 수 있으며 위 재난 시뮬레이션 미로 맵에서는 최대값을 위 캡처화면의 MAX, 최소값을 위 캡처화면의 MIN 값으로 각각 설정해놓았고 그 사이에서 랜덤 값으로 화염이 퍼지며, 또한 임의로 설정할 수 있다.

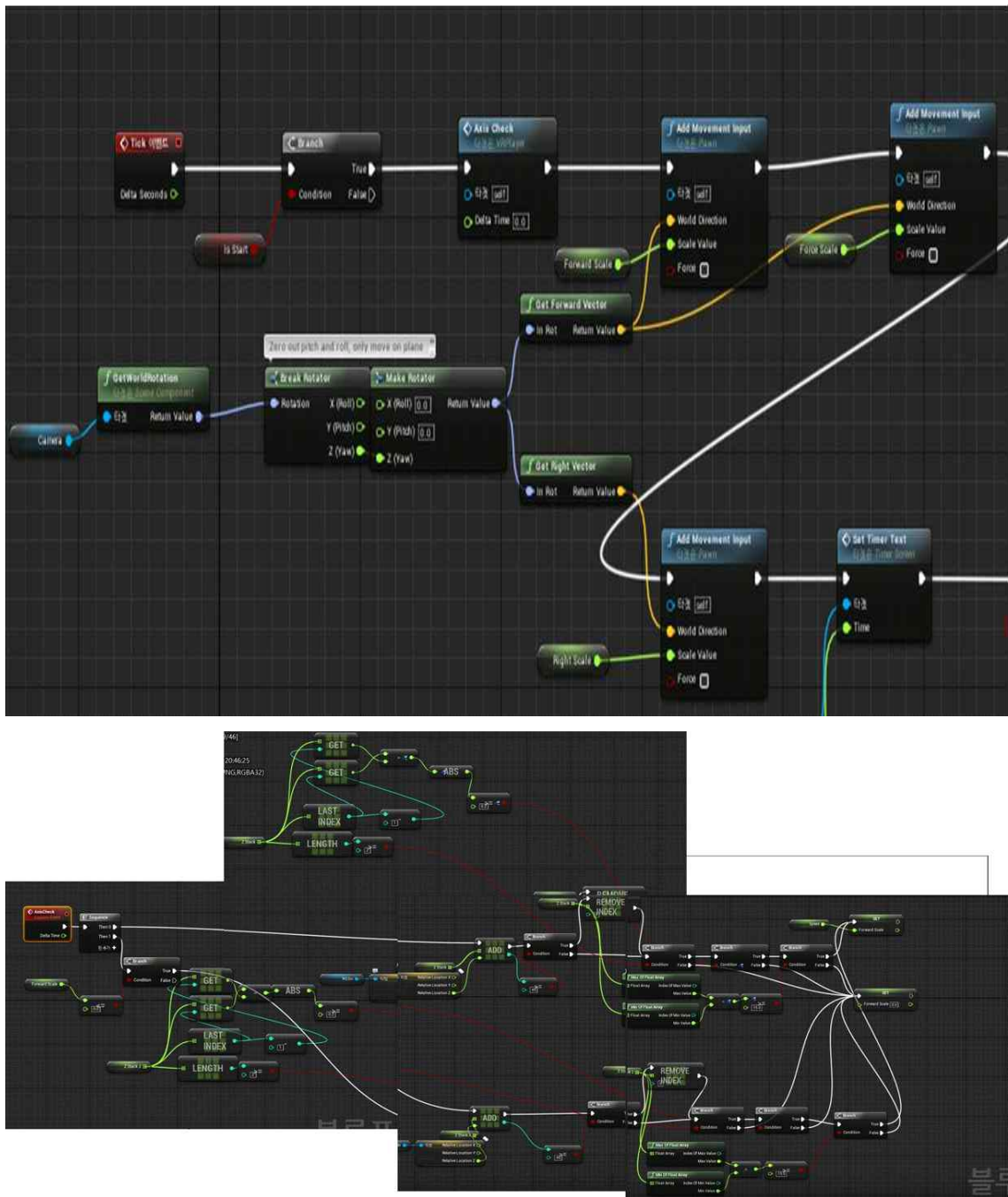
(바) 타이머 구현 방법



[그림 2-34] 블루프린트 - 타이머 동작 스크립트

그림 2-34에 구성한 것과 같이 Start Timer 이벤트가 발생하면 모듈에서 설정한 델타 값(1초)에 따라 타이머가 켜지며 End Timer 이벤트가 발생하면 타이머가 반올림되어서 'C' 변수에 저장되고 기타 결과값(Player Name등)이 저장되는 알고리즘이다. 타이머 실행여부는 isStart라는 변수의 설정에 따라 발생한다.

(사) 모션 컨트롤러 플레이어 이동 방법



[그림 2-35] 블루프린트 - 모션컨트롤러 이동

그림 2-35에서는 모션 컨트롤러가 움직이는 Tick 이벤트가 발생하면 모션 컨트롤러의 X,Y,Z 값을 받아서 X,Y값은 Get Right Vector함수로 방향으로 사용하고, Z 값은 보폭변수로 사용해서 움직임을 구현하는 알고리즘이다.

(아) 언리얼 엔진 활용 기술

- VR 에디터 : Oculus touch, HTC Vive 모션 컨트롤러를 통해 실제 움직임이 일대일로 매핑된다.
- 몰입적 VR : 콘텐츠 제작 기법-깃허브에서 오픈소스로 공개되어 언리얼 엔진에 장착할 수 있다.
- 줌인/아웃 : 제스처로 오브젝트를 직접 들었다 놔다 할 수 있다.
- 레이저포인트기능 : 멀리 떨어진 오브젝트를 낚시대 사용하듯 조준해서 움직일 수 있다. (Bullet Train locomotion에서 영감)
- 태블릿기능 : 버튼을 누르면 태블릿이 손위에 펼쳐지고 스크롤, 버튼클릭, 오브젝트 디테일 수정하기 등의 기능들을 사용 할 수 있다.
- VR편집기능 : 마우스는 두개의 축값(X,Y)만을 입력할 수 있지만, VR에서는 우리의 머리와 두개의 손가지 총 6자유도를 가진다.
- 현 언리얼 VR 엔진은 Oculus Dk1 컨셉트의 프로토타입을 잡았던 에픽 게임즈 테크니컬 디렉터인 Mike Fricker가 고안하였다.

(자) 개발 일정

항목	1주차	2주차	3주차	4주차	5주차	6주차
미로 맵 러프스케치						
맵 디테일						
피난 시그널 연동, 연기 포지션 세팅						
빌드, 다보강						

(차) 개발관련 사용 기술

① 물리 기반 렌더링(Physically Based Rendering)

Physically based, 물리 기반 렌더링이란, 빛의 작용이 이래야 할 것이다 하고 직관적으로 추정하기 보다는, 실제로 어떠한 작용을 하는지 추정하고 계산 하는 것을 뜻하며, 그 결과 좀 더 정확하고 사실적인 외양을 얻을 수 있다.

② Instanced Stereo Rendering

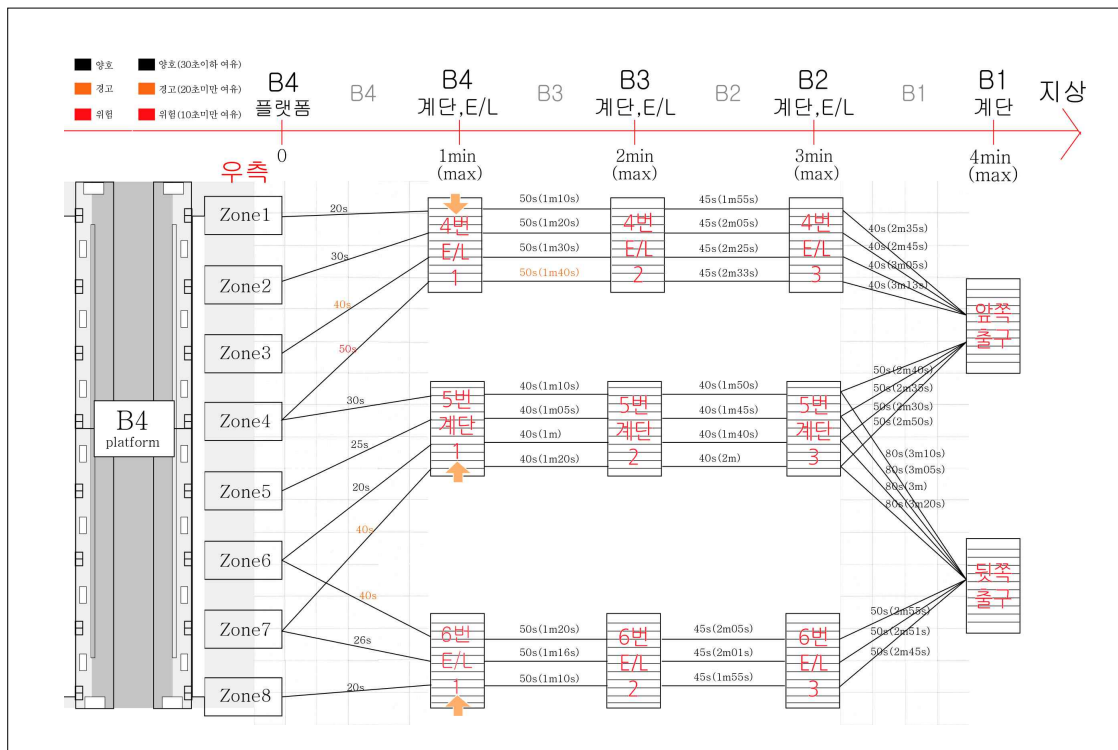
렌더링을 2번 하는 VR환경 특성상 동시에 렌더링을 하여 퍼포먼스를 끌어올리는 최적화 기법

(3) 지하철역 맵 개발 개요

지하철맵은 지하철역에 화재가 발생 했을 때 ActionPicto가 효과적인지를 실험하기 위해 제작 된 VR 시뮬레이션 프로그램이다. 화재가 발생하게 되면 B4층 승강장에서 연기를 발생시켜 바닥에 표시되는 ActionPicto가 구동을 하고 B3, B2, B1을 거쳐 지상 출구까지의 동적 요소를 제공함으로써 탈출시간을 측정하여 유도효과의 우수성을 증명하기 위해 제작 되었다. 총 2번의 탈출을 시도하는데, 바닥에 화살표표시가 없는 경우와 화살표표시가 있는 경우 나눠서 탈출시간 차이를 측정한다.

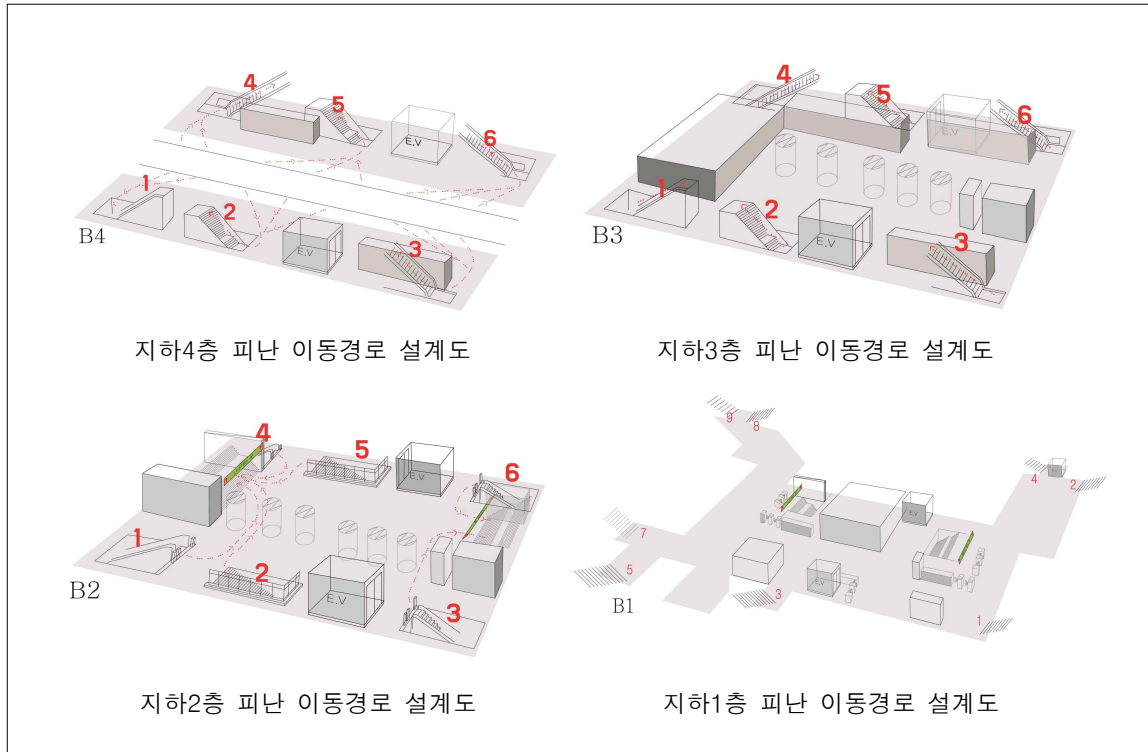
시뮬레이션이 시작되면 타이머가 발생하고 그에 따른 화염과 연기가 발생하며 입구에서 출구를 바이브로 톨킷 모션 컨트롤러로 실제상황과 같이 방향과 속도를 제어하며 재난시 상황 설정하여 탈출시간을 측정하는 것이 목적이다. 그에 따른 플레이어 정보와 타이머 정보가 기록되어 화살표표시가 있을 경우 단축시간이 얼마나 절약되는지를 연구하는 것이 주된 목표이다.

그림 2-36에서와 같이 피난경로 설계 알고리즘을 설계 후, 재난 발생 시 피난 경로를 승강장의 지하4층에서부터 지하3층, 지하2층, 지하1층, 지상출구까지의 층별 이동시간을 측정하고자 한다. 승강장에서 좌측 방향을 나타내는 그림 2-36 지하4층의 승강장에서 열차가 정차한 후의 상황이다. 화재 발생 후 피난 시 승객들은 스크린도어의 총 8개의 출입문에서부터 시작하여 지하4층에서 지하3층으로 연결된 3군데의 이동통로로 가는 피난 경로로 향하게 되며, 출입문 위치에 따른 최적의 이동경로 및 시간으로 신속한 피난을 위한 유도 시스템을 제시하고 있다.



[그림 2-36] 지하철역 피난경로 설계 알고리즘

지하철역 현장 실태 조사를 토대로 지하철 맵 VR 의 설계가 이루어졌다. 아래의 그림 2-37 은 재난 시 피난 이동경로 설계를 위한 도면이다. 본 도면은 승강장인 지하 4층에서부터 좌, 우가 확연하게 분리되는 것을 알 수 있으며, 지하4층부터 지하2층까지는 각 층별을 연결하는 계단 2곳과 에스컬레이터 4곳 총 6개의 경로가 있으며, 지하1층에는 지상으로 올라가는 총 8곳의 출구가 존재하고 있다.



[그림 2-37] 지하철역 피난 경로 설계 알고리즘

(가) 화염 오브젝트 발생위치 및 시간

레코드명	1s	2s	4s	6s	8s	10s	12s	14s	16s	18s	20s	22s	24s	26s	28s	30s
화재 큐사인	Blue															
전동차내부		Blue	Blue													
플랫폼4		Blue	Blue													
플랫폼1			Blue	Blue												
플랫폼2				Blue	Blue											
플랫폼3					Blue	Blue										
에스컬레이터앞						Blue										
1층 기타영역1									Red							
1층 기타영역2										Red						
1층 매콤1													Red			
1층 매콤2																Red

본 VR 제작에서는 승강장 내에 연기확산 적용을 위해 연기 발생과 번짐 속도식을 통한 연기 확산 시간을 계산하였다. Hinkley(1989)는 연기와 공기와의 확산에 의한 영향이 없는 경우 복도의 길이 방향으로만 연기가 퍼져 나가는 가정 아래, 천장과 연기와의 마찰력을 무시하고 연기의 관성력과 부력과의 관계인 Froude 수를 고려하여 속도식을 제안하였다(Ministry of Science and Technology, 1998)

철도차량의 화재 방출열량은 국가별로 차이가 있으나 5-16MW/car 범위에 있으며 (Chiam, 2005) 국내 철도시설안전세부기준(Ministry of Land, 2006)에서는 철도차량에 대하여 최소 10MW 이상의 화재규모를 가정하도록 제한하고 있으므로 10MW 화재로 가정하였다. 화재연기의 전파속도는 시간에 따라 달라지나, 본 설계에서는 화재연기의 전파속도를 0.2, 0.4, 0.6m/s의 일정한 시간 속도로 확산되게 적용하였다.

또, 화재 발생 초기에는 연기층의 두께가 얇고 농도가 낮으며, 하부의 공기층과의 경계도 확실하지 않지만 순차적으로 두께와 농도가 확대된다. 화재에 의한 연기층은 천장과 맞닿는 상부로부터 형성되므로 피난자의 시야범위를 제한하는 범위까지 하향되는데 걸리는 시간의 계산이 필요하다. 표 9와 같이 일본에서는 연기가 하강하는데 까지 걸리는 시간을 제시하고 있다.

[표 9] 연기의 하강 속도 계산 식

$$T_{smog} = \frac{A_{room} \times (H_{room} - H_{lim})}{\max(V_s - V_e)}$$

T_{smog} : 연기층 하강 시간 (min)

A : 실 바닥면적 (m²)

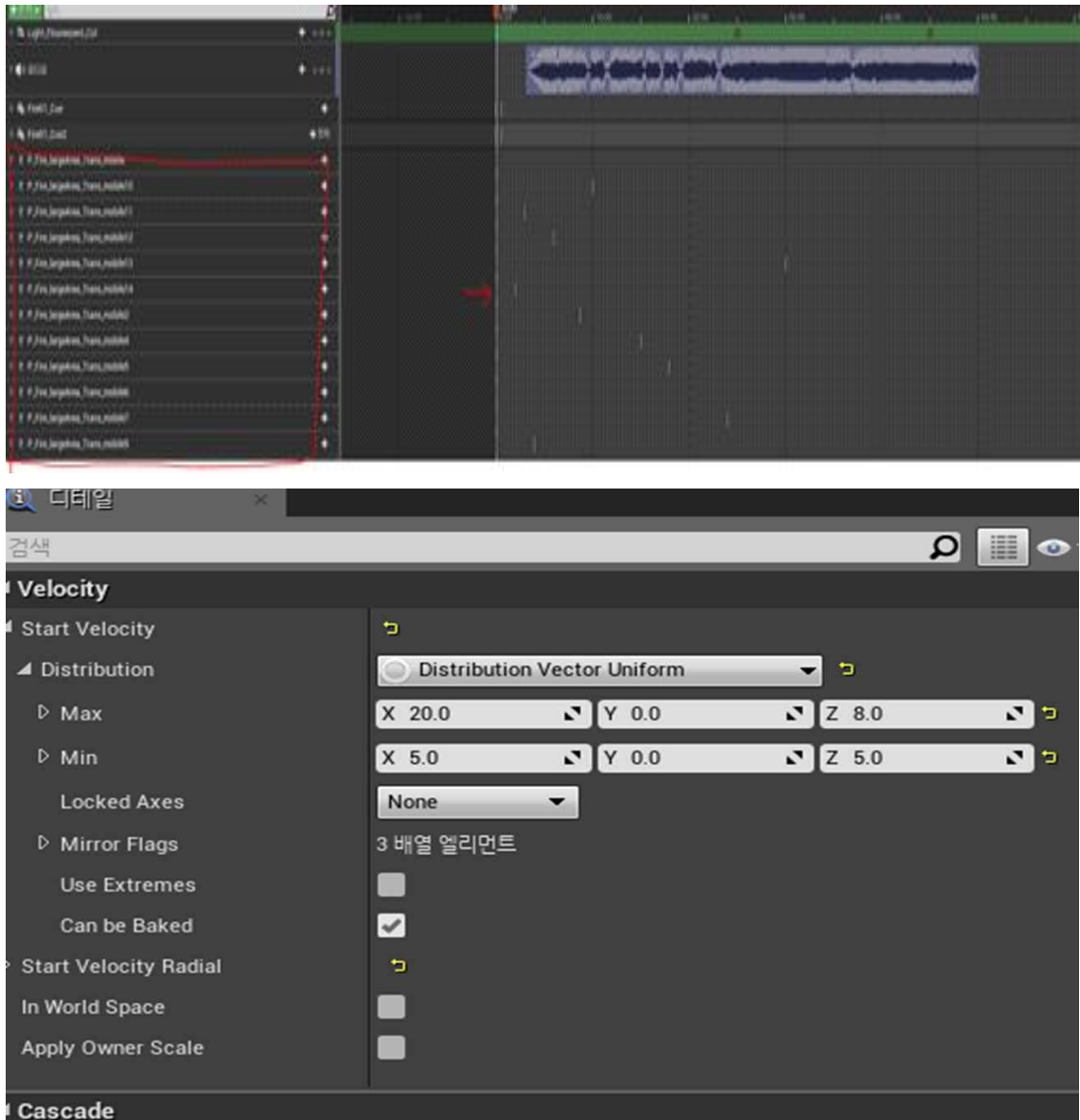
H_{room} : 천정높이 (m)

H_{lim} : 청결층의 높이 (m)

V_s : 연기의 발생량 (m³/min)

V_e : 유효배연량 (m³/min)

본 VR 제작 조건에서 승강장의 폭과 길이는 각각 8 m, 210 m이고, 승강장의 높이를 3 m로 설정하고 성인남자의 키를 1.8 m로 가정하면 성인남자의 눈으로부터 청결층의 높이(y)는 1.8 m가 된다. 일반적으로 도로터널의 경우에는 20~30 MW 화재강도에서 연기 발생량(80 m³/s)을 기준으로 하고 있으나, 본 설계에서는 화재강도를 10MW로 설정하였으므로 연기의 발생량은 40m³/s으로 하여 진행하였다. 그리고 화재 발생 초기 수평방향 1m/s정도로 성인의 보행 속도 1.3m/s보다 늦지만 시간이 지남에 따라 확산과 연기의 농도를 빠르고 진하게 조절하였다.



[그림 2-38] 블루프린트 - 화염 동작시퀀스

그림 2-38에서와 같이 화염 파티클 속도는 Velocity 패널에서 X,Y,Z 값으로 조절할 수 있으며 위 재난 시뮬레이션 지하철맵에서는 최대값을 위 캡처화면의 MAX, 최소값을 위 캡처화면의 MIN 값으로 각각 설정해놓았고 그 사이에서 랜덤 값으로 화염이 퍼지며, 또한 임의로 설정할 수 있다.

(나) 지하철맵 연기파티클 시작지점별 동작시간

```
// 가로 거리 (단위 cm)
varsmog_speed_hor_distance=1000;
// 거리 이동당 흐르는 시간 (단위 : ms)
varsmog_speed_hor_time=1000;

// 세로 거리 (단위 cm)
varsmog_speed_ver_distance=2000;
// 세로 이동당 흐르는 시간 (단위 : ms)
```

```

varsmog_speed_ver_time=1000;

// 층간 연기이동속도 (세로 / 단위 ms)
varsmog_speed_floor_ver_time=1000;
// 층간 이동시 세로 거리 (단위 cm)
varsmog_speed_floor_ver_distance=3000;

// 카메라오브젝트 보행속도 (단위 : cm)
varpeople_speed_walk_distance=1330;
// 카메라 오브젝트 기준시간 (단위 ms)
varpeople_speed_walk_time=1000;

```

연기파티클의 이동속도를 계산하기 위한 초기값들을 설정한다.

단위 가로 거리 : 1000cm, 단위가로시간 : 1000ms

단위 세로 거리 : 2000cm, 단위세로시간 : 1000ms

단위층간 이동 높이 : 3000cm, 단위층간이동시간 : 1000ms

단위 카메라 오브젝트 거리 : 1330cm, 단위 카메라 오브젝트 시간 : 1000ms

(다) 값 전달, 함수호출

```

//연기 가로 번짐속도 정의 (1M/s)
varsmog_speed_hor=smog_speed_hor_distance/smog_speed_hor_time;
//연기 세로 번짐속도 정의 (2M/s)
varsmog_speed_ver=smog_speed_ver_distance/smog_speed_ver_time;
//연기 층간 이동속도 정의(ex.에스컬레이터,계단, 3M/s)
varsmog_speed_ver=smog_speed_floor_ver_distance/smog_speed_floor_ver_time;

//유저 보행속도 (1.33M / s)
varpeople_walk_speed=people_speed_walk_distance/people_speed_walk_time;

//오브젝트 등장시 동작 화재발생지점 전달 및 초기값전달
onSmog(pos_x,pos_y,smog_speed_hor,smog_speed_ver,smog_speed_ver);

```

연기 파티클의 이동속도를 계산한다.

연기 가로 번짐 속도 : 1M/s

연기 세로 번짐 속도 : 2M/s

연기 높이 번짐 속도 : 3M/s

유저 보행속도 : 1.33M/s

오브젝트 등장 시 화재발생지점 전달 및 초기값 전달 : onSmog함수

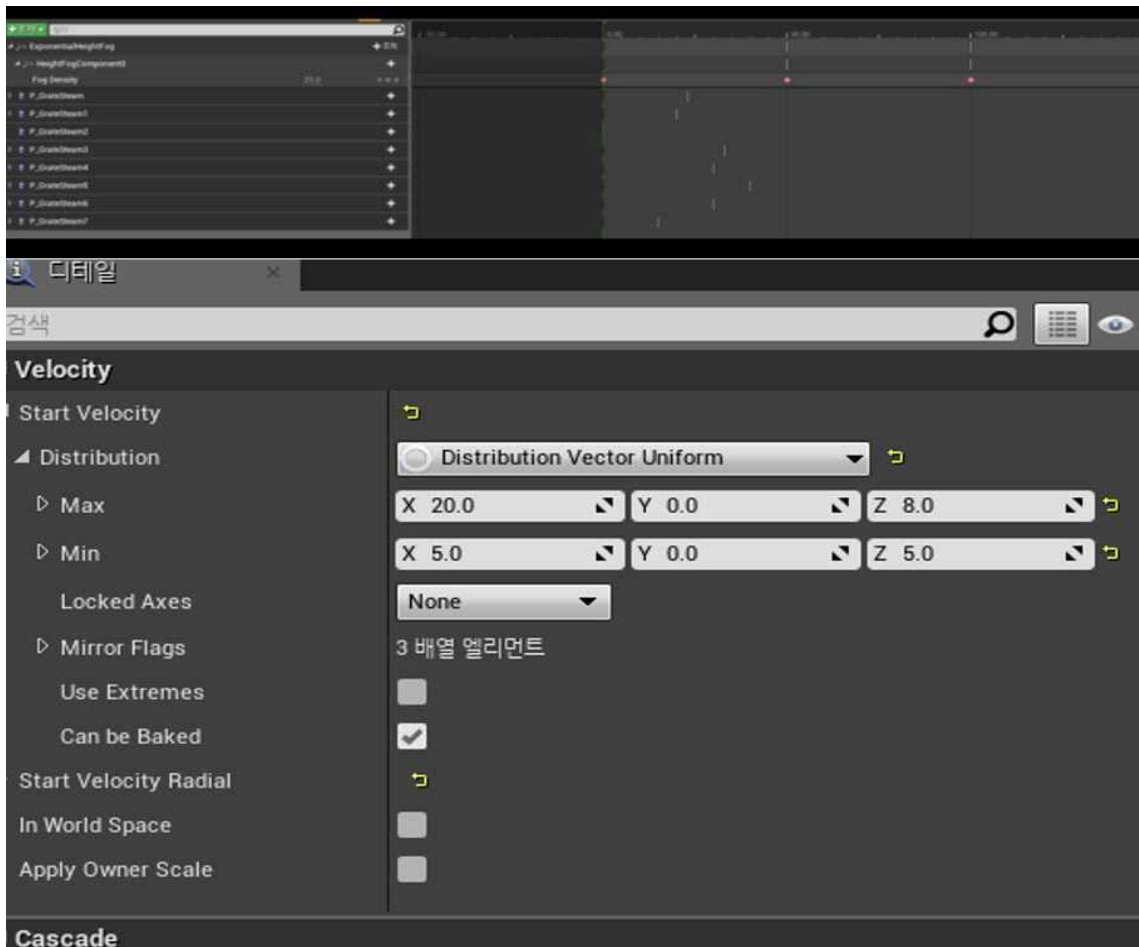
(라) 전달된 함수 내부구조

```
function onSmog(pos_x, pos_y, smog_speed_hor, smog_speed_ver, smog_speed_ver){  
    //최대 가로번짐영역 제한없이 시작  
    max_width=-1;  
    //최대 세로번짐영역 플랫폼높이와 맞춤. (3M)  
    max_height=3000;  
    //계단영역은 두배  
    star_max_height=max_height*2;  
    //하단부 최소포지션 정의 (바닥으로부터 60센티미터)  
    min_bottom_pos=60;  
  
    //포지션 정의 후 스모그 호출 세로지점은 최소포지션 이후부터 생성  
    start_smog(pos_x, pos_y+min_bottom_pos);  
  
    //$i 는 초  
    for($i=1;$i<=10;$i++){  
        //연기의 시작지점이 계단 또는 에스컬레이터 영역 내부인지 검사. 세로 관계없이 가로만 검사하면 됨.  
        if(in_array($high_vertical_area, pos_x)){  
            //매 초마다 최대 세번짐 범위를 벗어나지 않는다면, 스모그를 복제하여 좌표 1 씩 각각 이동  
            if(pos_x+1<star_max_height){  
                copy_smog_height(pos_y+1);  
            }  
            //루프 빠져나감  
        }  
        //매 초마다 최대 가로번짐 범위를 벗어나지 않는다면, 스모그를 복제하여 좌표 1, -1 씩 각각 이동  
        if(pos_x+1<max_width){  
            copy_smog_width(pos_x+1);  
            copy_smog_width(pos_x-1);  
        }  
        //매 초마다 최대 세번짐 범위를 벗어나지 않는다면, 스모그를 복제하여 좌표 1 씩 각각 이동  
        if(pos_x+1<max_height){  
            copy_smog_height(pos_y+1);  
        }  
    }  
}
```

연기발생 포지션을 start_smog 함수로 발생시킨 이후 에스컬레이터 내부인지 확인하고 에스컬레이터 내부이면 세로로 copy_smog_height를 star_max_height(6M) 이내로 발생시키고, 같은 층 내이면 copy_smog_width와 copy_smog_height 이벤트를 각각 max_height(3M)값 max_width(-1)값 이내로 발생시킨다.

(마) 연기 동작시퀀스

레코드명	1s	2s	3s	4s	5s	6s	7s	8s	9s	10s	11s	12s	13s	14s	15s	16s
플랫폼 1																
플랫폼 1																
플랫폼 1																
플랫폼 1																
에스컬레이터 1																
에스컬레이터 1																
B1 광장1																
B1 광장2																

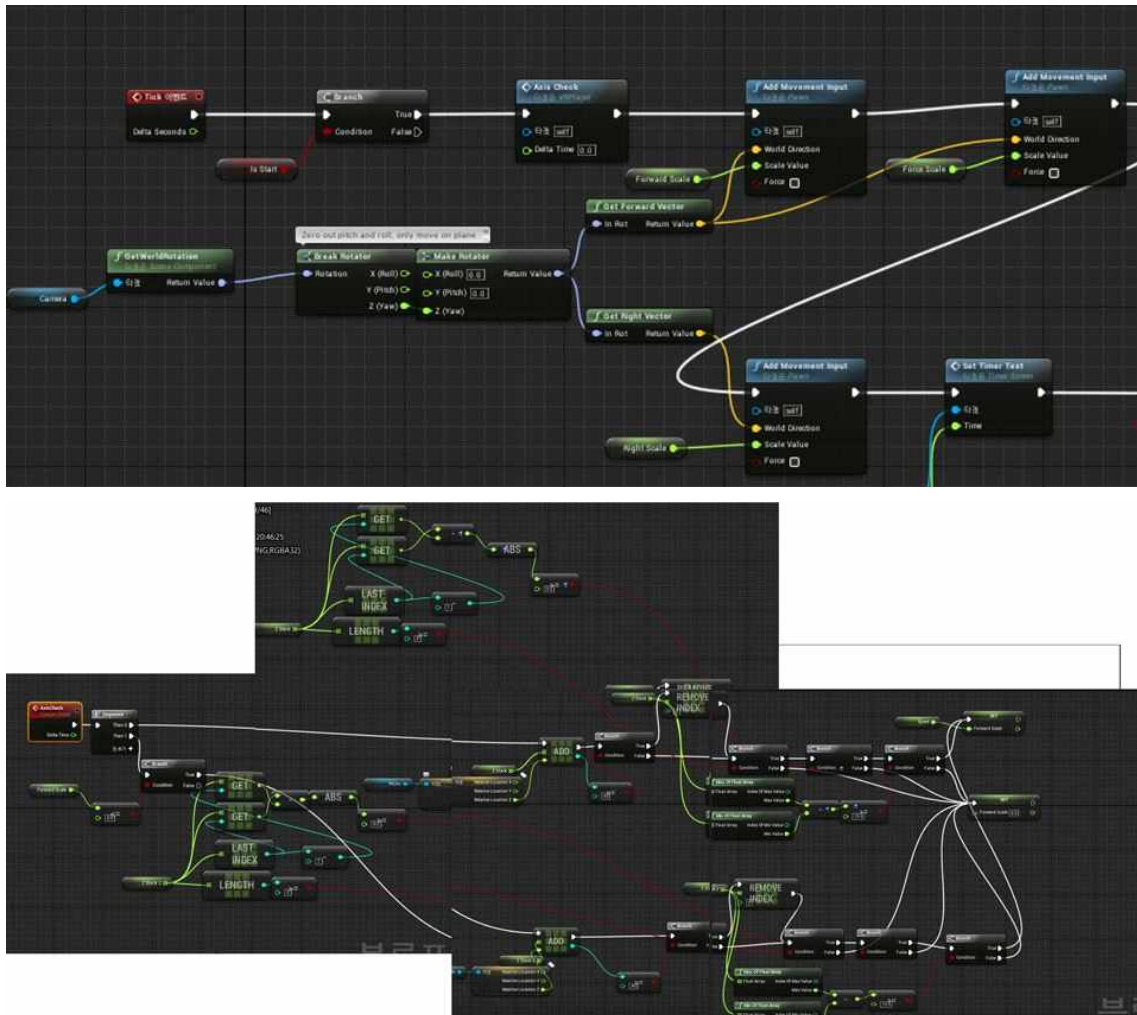


[그림 2-39] 블루프린트 - 연기 동작시퀀스

그림 2-39에서와 같이 연기 번짐 속도는 Velocity 패널에서 X,Y,Z 값으로 조절할 수 있으며 위 재난 시뮬레이션 미로 맵에서는 최대값을 위 캡처화면의 MAX, 최소값을 위 캡처화면의 MIN 값으로 각각 설정해놓았고 그 사이에서 랜덤 값으로 화염이 퍼지며, 또한 임의로 설정할 수 있다.

그림 2-40에서와 같이 Start Timer 이벤트가 발생하면 모듈에서 설정한 델타 값(1초)에 따라 타이머가 켜지며 End Timer 이벤트가 발생하면 타이머가 반올림 되어서 'C' 변수에 저장되고 기타 결과값(Player Name 등)이 저장되는 알고리즘이다. 타이머 실행여부는 isStart라는 변수의 설정에 따라 발생한다.

(사)모션 컨트롤러 플레이어 이동 방법



[그림 2-41] 블루프린트 - 모션컨트롤러 이동

모션 컨트롤러가 움직이는 Tick 이벤트가 발생하면 모션 컨트롤러의 X,Y,Z 값을 받아서 X,Y값은 Get Right Vector함수로 방향으로 사용하고, Z 값은 보폭변수로 사용해서 움직임을 구현하는 알고리즘이다.

(아) 언리얼 엔진 활용 기술

- VR 에디터 : Oculus touch, HTC Vive 모션 컨트롤러를 통해 실제 움직임이 일대일로 매핑된다.
- 몰입적 VR : 콘텐츠 제작 기법-깃허브에서 오픈소스로 공개되어 언리얼 엔진에 장착할 수 있다.
- 줌인/아웃 : 제스처로 오브젝트를 직접 들었다 놔다 할 수 있다.
- 레이저포인터기능 : 멀리 떨어진 오브젝트를 낚시대 사용하듯 조준해서 움직일 수 있다. (Bullet Train locomotion에서 영감)

- 태블릿기능 : 버튼을 누르면 태블릿이 손위에 펼쳐지고 스크롤, 버튼클릭, 오브젝트 디테일 수정하기 등의 기능들을 사용 할 수 있다.
- VR편집기능 : 마우스는 두개의 축값(X,Y)만을 입력할 수 있지만, VR에서는 우리의 머리와 두개의 손가지 총 6자유도를 가진다.
- 현 언리얼 VR 엔진은 Oculus Dk1 컨셉트의 프로토타입을 잡았던 에픽 게임즈 테크니컬 디렉터인 Mike Fricker가 고안하였다.

(자) 개발일정

항목	1주차	2주차	3주차	4주차	5주차	6주차
자하철역맵 러프스케치						
맵 디테일						
피난 시그널 연동, 연기 포지션 세팅						
빌드, 다보강						

(차) 개발관련 사용 기술

① 물리 기반 렌더링(Physically Based Rendering)

Physically based, 물리 기반 렌더링이란, 빛의 작용이 이래야 할 것이다 하고 직관적으로 추정하기 보다는, 실제로 어떠한 작용을 하는지 추정하고 계산 하는 것을 뜻하며. 그 결과 좀 더 정확하고 사실적인 외양을 얻을 수 있다.

② nstanced Stereo Rendering

렌더링을 2번 하는 VR환경 특성상 동시에 렌더링을 하여 퍼포먼스를 끌어올리는 최적화 기법이다.

. VR(가상현실)을 활용한 미로공간에서 피난유도사인이 뇌파에 미치는 영향 실험

(1) 개발 개요

최근 사람들이 이용하는 공간에서 화재가 많이 발생하고 있다. 특히 대중스포츠센터 화재는 건물자체가 피로티라는 건축공법으로 순식간에 건물전체로 불이 옮겨져 화재에 취약한 스티로폼과 드라이 비트의 외장재로 연기와 유독가스가 발생되어 숨쉬기가 곤란할 뿐 만 아니라 앞을 볼 수 없는 상황으로 연기에 질식하여 많은 인명피해가 컸던 사건이다. 처음 이곳을 간 사람들을 낯선 공간에서 출구를 찾지 못해 사람들의 희생이 컸다. 지하공간이나 낯선 공간에서 화재가 발생할 경우 대부분의 사람들을 출구를 찾기 위해 노력할 것이다. 그러나 화재발생은 각종 자재에서 발생하는 다양한 종류들의 연기 및 유독가스로 인해 탈출가능시간이 단축될 뿐만 아니라 앞을 구분하기가 상당히 힘들다. 보통 화재발생의 골든타임이 3분 이내에 탈출해야 생존확률을 보장할 수 있다(1). 이후에는 대부분은 호흡곤란으로 인해 사망에 이르게 된다. 이번 연구는 화재 발생초기에 화재와 연기 및 어둠속에서 피난자들을 신속히 출구까지 피난유도 할 수 있는 피난유도사인의 개발을 통해 골든타임안에 사람들이 효과적으로 대피에 대응할 경우 대뇌의 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽의 4구획의 뇌파 변화를 보고자 하였다. 실제 미로공간에서 불 과 연기를 발생시켜 실험을 하기가 현실적으로 불가능하여 효율성과 신뢰성이 높은 VR(가상현실)로 재난 상황을 시뮬레이션하고 뇌파장비를 착용하여 실시하였다. 뇌파는 신경계에서 뇌신경사이에 신호를 전달하는 전기흐름이다. 뇌파는 대뇌두피에 전극을 부착하여 전기적 신호음을 체외로 돌출시켜 분석을 한다. 사람의 경우 시각, 후각, 미각, 청각, 체성감각, 수면상태(2, 3)에 따라 뇌파의 신호음이 다양하게 발생하며 심리상태에 따라 뇌의 활성상태를 측정할 수 있는 중요한 지표로 사용되고 있다. 뇌는 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽으로 구분되며 전두엽은 인성, 도덕, 사고력등 고위영역을 관장(4, 5)하며 두정엽은 운동영역으로 촉각, 온도등을 관장한다(6). 측두엽은 청력을 관장하는 곳으로 언어도 관장(6)한다. 후두엽은 시각을 관장하는 영역으로 구분된다(7). 이 실험에서 국제적으로 표준화된 10-20 system 법을 이용하였다. 10-20 system은 뒤통수부(inion point), 비근부(nasion point), 양쪽 귓바퀴앞오목부(preauricular point)의 4지점을 중심으로 줄자로 중심을 Cz(central zone)를 잡고 10%, 20% 로 지점에 전극을 부착한다(8). 대뇌두피에서 발생하는 전기적 파형을 분석하고 위치를 알아낼 수 있는 방식이다. 대뇌두피에 19개의 전극과 2개의 기준전극을 컷볼에 부착하여 측정하였다. 실제로 이번 연구에서와 같은 미로공간에서 피난유도사인의 유무에 따라 대뇌피질에서 발생하는 전기적 신호음들을 대뇌구역별로 연구된 선행연구는 부족한 실정이다. 따라서 이번 연구가 우리 연구팀이 개발한 피난유도사인이 대중이 이용되는 공간에 적용되어 재난상황에 효율적으로 이용되기를 기대하고 기초자료로 활용되어 의료, 교육, 일상생활에 도움이 되기를 희망한다.

(2) 인간의 보행 속도

한국인의 체형 및 연령에 따른 보행속도에 관해 연구에 따르면 자유보행상태가 가능한 성인 남자의 평균 보행속도는 1.2-1.38 m/s범위이다. 정상적인 인간의 보행 속도는 1.38 m/s 정상적인 사회활동을 위해서는 최소한 1.2m/s가 되어야 횡단보도 건너기, 무빙워크에서 내리기 등의 사회생활을 자유롭게 할 수 있다. 노인의 경우 골격계 및 시야와 청력은 노화로 인한 퇴화로 정상성인보다 약 20% 정도 느려지고 보는 것과 듣는 것이 감소한다. 어린이의 경우 보통 13세까지로 정의할 수 있는데 평소에 다니는 길도 보호자가 부재된 상황에는 판단능력이나 인지능력이 상당히 떨어지는 것으로 연구되어 지고 있다. 또한 장애인인 정신장애, 지체장애(시야, 청력등)의 변수가 너무 다양하여 이런 점에서 미로맵과 지하철역 맵 VR 시험에서는 노인, 어린이, 장애인은 대상에서 제외시켰다. 이반 성인 피난자의 최대보행속도는 1.38m/s로 하며, 이를 나타내는 표1 과 같다.

$$S=1.38-1.38 \times 0.266 \times D$$

, S: 보행속도(m/s) D: 사람 수 (person/m²)이다.

표 1 최대보행속도 계산

(가) 피난자 밀도에 따른 보행 속도

재난 발생 시 골든타임 내에 피난을 하지 못하고 있는 재실자의 밀도는 피난 보행 속도와 방향에 밀접한 관계가 있다. 선행 연구에 따르면 밀도 0.45 이하에서는 자유로운 보행이 가능하며 추월은 재실자 밀도 0.7 이상에서는 거의 불가능하다고 할 수 있으며 충돌이 생기지 않는 정도는 재실자의 밀도는 0.33 이하이다.

그림 2-42 환경 조건에 따른 보행 속도보행자의 보행속도에 의하면 재난 발생 때의 실제 상황과 유사하게 도출하기 위한 연구가 지속되고 있으나 제시되는 모델은 여전히 실제 재난상황에서 일어나는 인간의 모든 피난환경을 반영하지 못하고 있다. 따라서 피난 상황 때의 보행속도 Date를 얻기 위해서는 다양한 알고리즘의 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 화재 시 정상적인 20대의 성인 남녀를 대상으로 피난 보행속도를 1.38m/s로 상정하고 화재 시 발생하는 연기 전파를 모델링하여 지하철 역맵을 제작하고 B4층 승강장 출구까지 피난시간을 분석하였다.

보행 정도 (연령)	보행 속도	환경 조건	후 보행 속도
표준(성인)	1.38m/s	평상 시	1.38m/s
표준(성인)	1.38m/s	열은 연기 속 (현장 미숙자)	0.70m/s
보통 뛰는 사람(성인)	4.0m/s	진한 연기 속	0.30m/s
빠른 사람(성인)	2.0m/s	어두운 공간 (현장 미숙자)	0.30m/s
느린 사람(노인/아이)	1.0m/s	어두운 공간 (현장 숙자)	0.70m/s

[그림 2-42] 환경 조건에 따른 보행 속도(경북대, 방재론, 2012 참고)

(3) 뇌파 (Electroencephalography) 실험 방법

뇌파의 측정은 1875년 Richard Caton 이 동물실험으로 측정을 시작하였다. 이후 다양한 연구로 인해 내, 외부자극에 의해 뇌의 전기적 활동이 변화되는 연구들이 발표되었다(15). 사람에서 Hans Berger가 1929 년 알파리듬과 알파블록에 발표하였다(16). 뇌파는 신호의 진동수에 따라서 델타파, 세타파, 알파파, 베타파 불리며 다양한 활동에 따라 활성화가 된다. (Table 1,2).

Wave	Hertz	Frunction
델타(Delta), δ	1~4Hz	깊은 수면, 뇌기능 저하 등
세타(Theta), θ	4~8Hz	얕은 수면 등
알파(Alpha), α	8~13Hz	각성 등
베타(Beta), β	13~30Hz	각성, 근육활동, 스트레스 등
감마(Gamma), γ	31~100Hz	극심한 스트레스, 위급한 상황 등

Table 1. Wave of EEG(Electroencephalography)

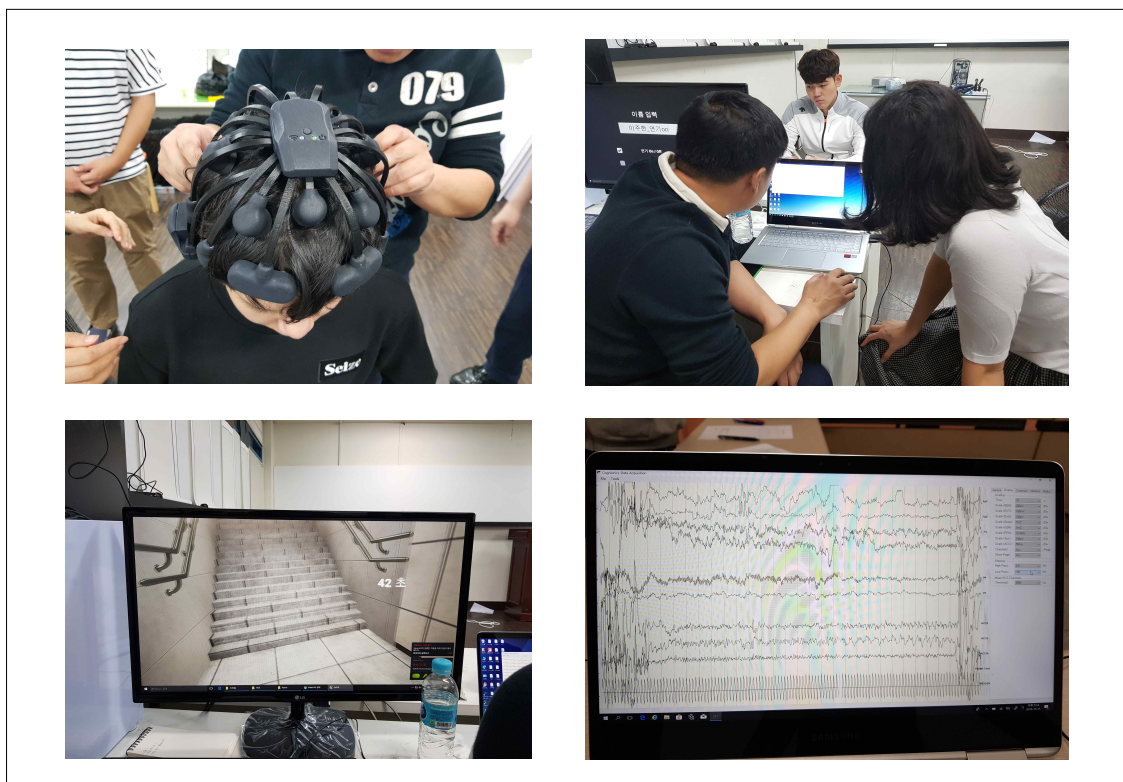


Table 2. 뇌파 실험을 위한 셋팅 및 자료

(4) 뇌파 분석

국제적 표준화된 10-20 system(그림 1)이 적용된 PELICAN PRODUCTS TORRANCE CA, USA Quick-20 뇌파측정기를 사용하였다(그림2)

뇌파분석은 미로공간에서 유도사인이 유무에 따라 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽을 중심으로 발생하는 전기적 신호음을 분석하였다.

뇌파 측정할 때 샘플링 주파수는 0.3~100 Hz 로 60Hz 만 선택적 차단하였고 저영역통과 필터와 고영역통과 필터: 0.3~100 Hz, 뇌파분석시 setting조건은 8 channel 사용, 5mm/50 μ V 감도 로 측정하였다.

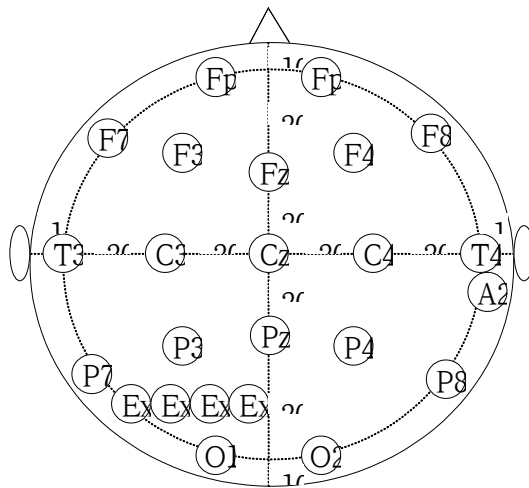


그림 1. 국제적 표준화된 10-20 system

Abbreviation : odd number, the left hemisphere of the brain: even number, the right hemisphere of the brain, Fp, Frontal-pole: F, frontal: C, central: P, parietal: O, occipital: A, auricular.



그림 2. PELICAN PRODUCTS TORRANCE CA, USA Quick-20 뇌파측정기



그림3. VR 장비 (HTC VIVE Pro Virtual Reality Headset htc)

그림3는 VR 장비 (HTC VIVE Pro Virtual Reality Headset htc)를 이용하였다.



그림4. 가상현실의 미로 길찾기에서 피난유도사인이 없는 경우

그림 4-1, 4-2, 4-3 은 가상현실의 미로 길찾기에서 피난유도사인이 없는 경우 실험자가 출구를 찾지 못한 예이다.



그림 5. 가상현실의 미로 길찾기에서 피난유도사인이 있는 경우

그림 5-1, 5-2, 5-3 은 가상 현실의 미로 길찾기에서 피난유도사인에 따라 실험자가 42 초 만에 출구를 찾아 탈출한 예이다.

(5) 실험대상자

20-26세 의 젊은 사람들을 대상으로 남자 23명, 여자 22명으로 모두 45명이 참여하였다. 사전에 충분히 실험에 대해 설명과 참여의사 확인 후 시행하였고 사전설문조사를 통해 최근 6개월 이내 뇌관련 질환, 호흡장애, 폐쇄공포증, 어지럼증, 이명이 있는 경우는 제외하였다. 화재를 경험, VR 게임 경험, 재난발생시 자신의 생명을 지키기 위한 피난방법에 관한 정보취득방법, 화재 발생 시 대피교육을 받은 경험, 화재가 발생했을 때 탈출을 위한 골든타임이 3~4분 이내를 알고 있는지에 대한 질문, 화재발생 때 연기의 특성이나 위험성을 알고 있는지에 대한 질문, 화재발생 때 연기 속에서 살아남기 위한 탈출 자세와 요령, 평소 다니는 지하도나 지하철에서 비상구와 유도사인을 알고 있는지에 대한 질문, 비상구사인과 유도사인의 위치를 확인, 화재 및 재난 사태가 발생했을 때를 가정하고 피난 시뮬레이션을 해본 경험유무, 화재가 발생했을 때를 가정하고 피난할 수 있는 안전한 장소를 확인하는지에 대한 질문, 위급상황에 인식하기 쉬운 유도사인의 요소들에 대해 조사하였다. 실험은 동의대학교 연구윤리에 규정에 의해 실시하였다.

(6) 통계 분석

실험 데이터는 SPSS version 21 을 이용하여 통계 분석하였고 표3 는 대응표본 t-test를 사용하였으며, 각 변수들에 대하여 독립표본 t-test를 사용하였습니다.

(7) 결과 및 결론

Tabel 2. 는 실험 참가자들의 일반적인 특징이다. 참가자들의 젊은이들로 나이는 20-26세이며 남성 23명 여성 22명이 참가하였다. 거의 89%가 어지러움증이 없고 폐쇄공포증의 경험이 92%가 없었다. 화재의 경험은 2.2%로 한사람이 있었고 VR 게임을 해본 경험이 있는 사람이 약 47% 였다.

경험은 89%가 없었고 화재 발생시 탈출해야 하는 골든 타임이 3분이라는 사실을 알고 있는 참가자는 67% 였다. 평소 다니는 지하도로의 비상구를 알고 있는 경우가 78% 였고 피난유도의 인지는 5% 정도만이 알고 있었다.

Roy(17) 연구에 따르면 초기 알츠하이머 마우스모델 연구에서 안정상태보다는 불안정한 상황에서 인지판단능력이 약 18 % 떨어진다는 연구결과가 있다. 이는 평소에 다니는 지하철이나 지하도에서 비상구를 알고 있는 실험참가자는 5%로 매우 낮아 화재의 발생시 심리적으로 매우 당황하여 대피로는 찾는데 평상시보다 더 시간소요가 될 것으로 생각된다. 이런 경우는 표 3의 결과에서도 비슷한 결과를 보였다.

Table 2. Summary of subjects

Description			N (total=45)	%
Demographic	age	20-26	45	100
Characteristics	sex	male	23	51.1
		female	22	48.9
Disease History	encephalopathy	no	45	97.8
		yes	1	2.2
	dizziness	no	40	88.9
		yes	5	11.1
	respiratory disturbance	no	42	93.3
		yes	3	6.7
	claustrophobia	no	41	91.1
		yes	4	3.9
Experiential aspect	fire	no	44	97.8
		yes	1	2.2
	VR game	no	21	46.7
		yes	23	53.3
	evacuation simulation	no	40	88.9
		yes	5	11.1
Preparation for accident	cognition of fire golden time (3 min.)	no	30	66.7
		yes	15	33.3
	cognition of emergency exits	no	9	22.2
		yes	36	77.8
	cognition of safe place	no	32	71.1
		yes	13	28.9
	cognition of evacuee guidance	no	43	95.6
		yes	2	4.4

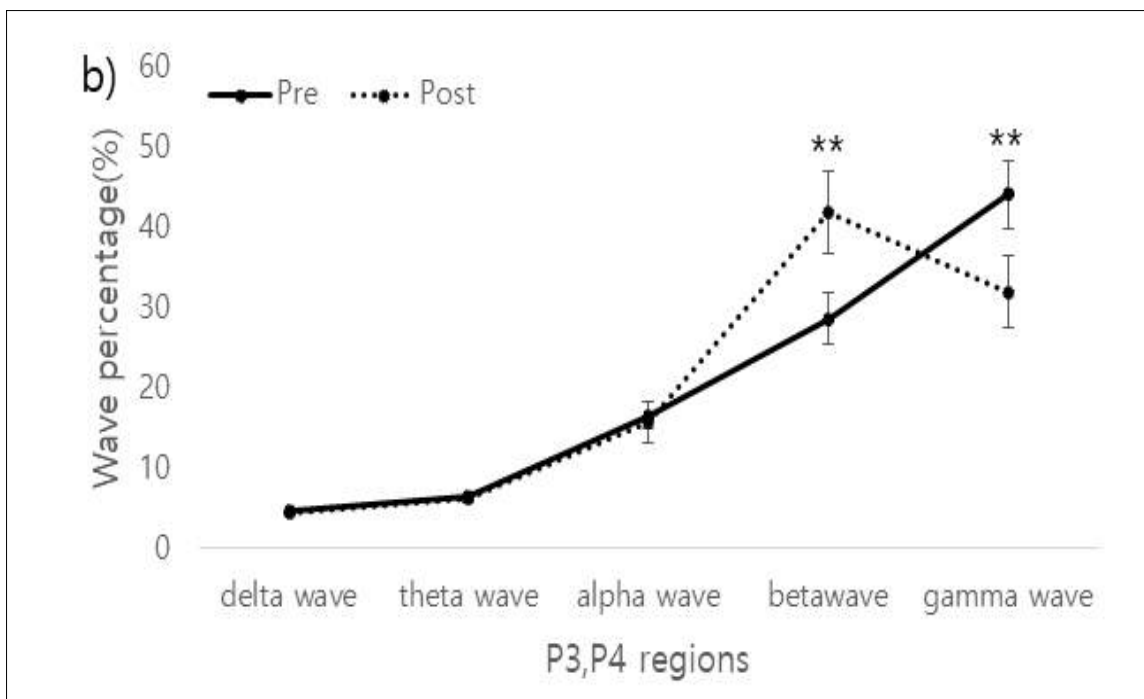
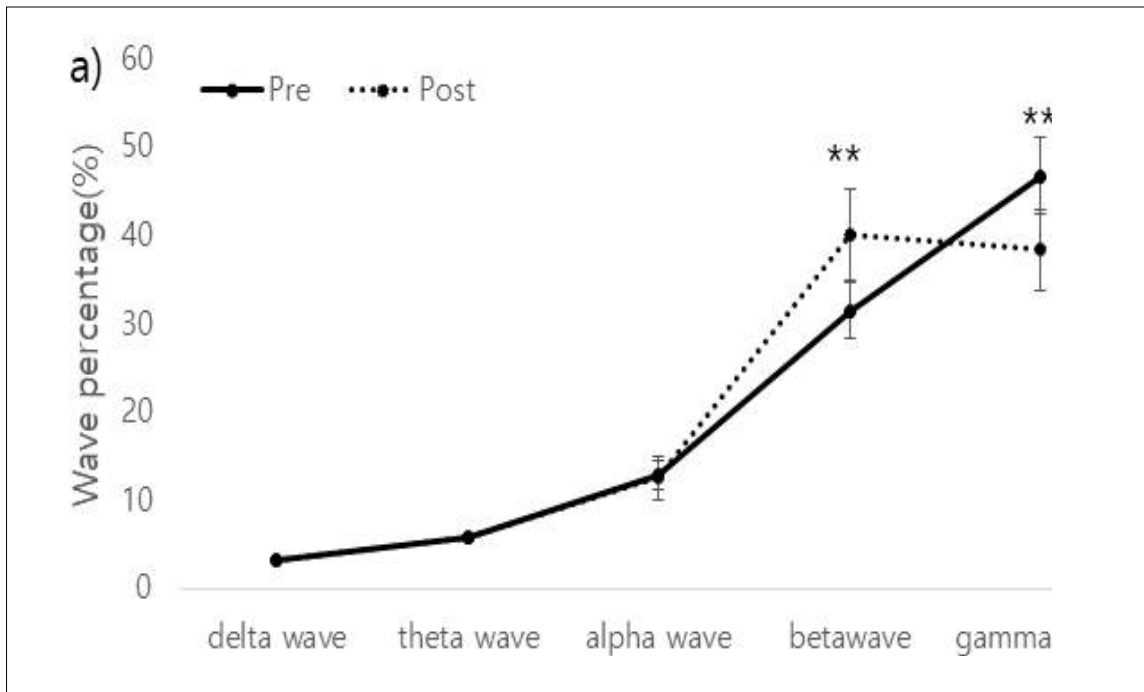
Abbreviations: VR, Virtual Reality

Table 3. 2-paired t-test according to the taxiway line status.

group	Mean $\pm$ S.D. (sec)	t	significance probability
Pre	84.01 $\pm$ 10.27	9.64	0.00
Post	56.26 $\pm$ 13.98		

Abbreviations: Pre, pretest not with taxiway line status; Post, posttest with taxiway line status; S.D., standard deviation

Table 3은 미로에서 피난유도사인의 유무에 따른 탈출시간을 t 검정한 통계 결과이다. 피난유도사인이 없는 경우에는 $84.01 \pm 10.27 \text{ sec}$ 피난유도사인이 있는 경우는 $56.26 \pm 13.98 \text{ sec}$ 로 거의 27초 정도가 단축되었다. 앞서 그림 4(피난유도사인이 없는 경우), 그림 5 (피난유도사인이 있는 경우)에서도 보았듯이 실제 참가자들은 실험이후 면담에서 피난유도사인이 특히 노란색으로 화재와 연기가 있는 상황에서도 침착하게 탈출을 시도 할 수 있었다고 응답하였다.



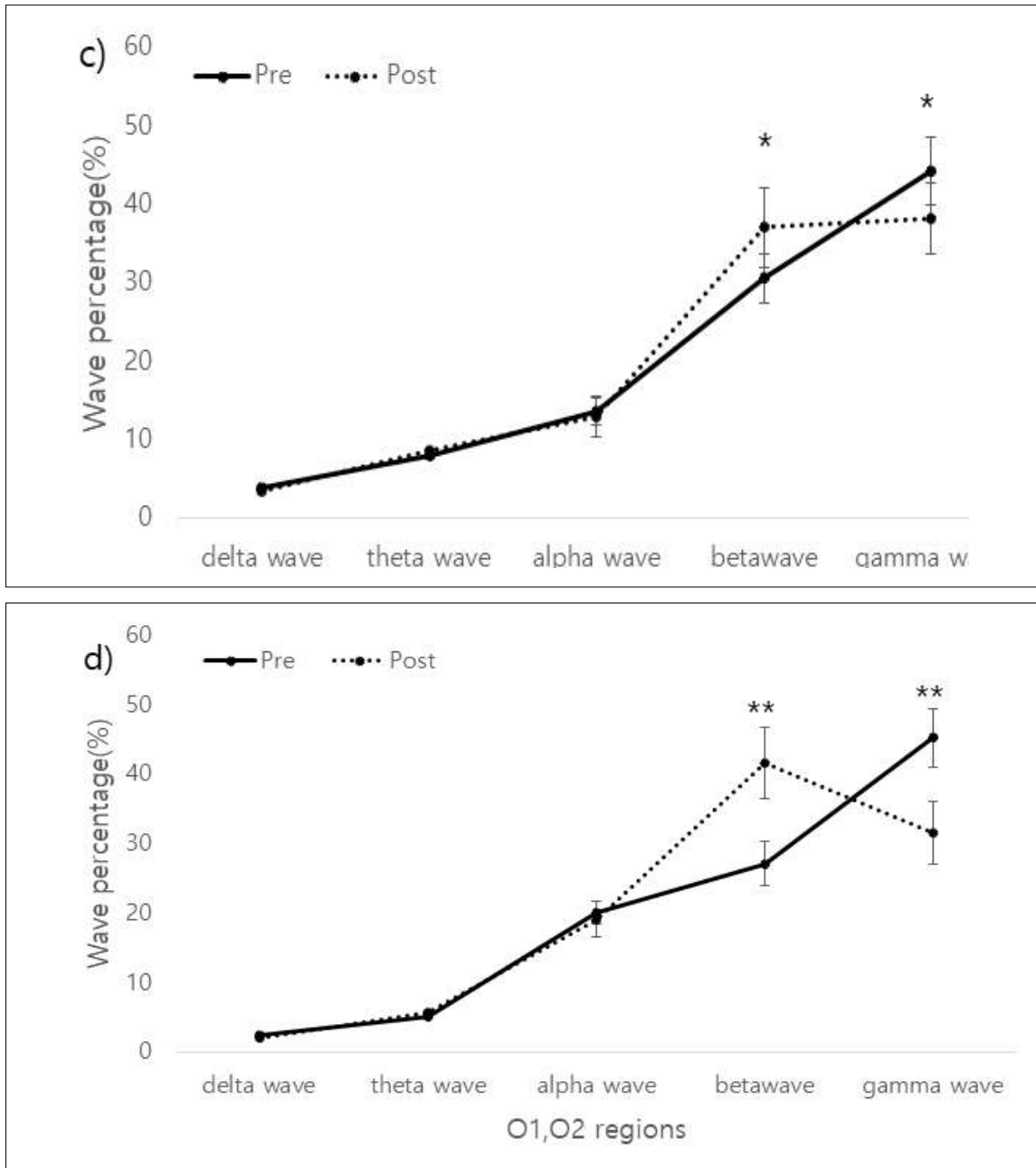


Figure 6. Illustration of Absolute Power of electrodes. (a)F3, F4 (b) P3, P4 (c) T3, T4 (d) O1, O2. a)의 beta파와 감마파의 $p=0.006$, $p=0.004$, b)의 beta파와 감마파의 $p=0.005$, $p=0.003$, c)의 beta파와 감마파의 $p=0.023$, $p=0.028$, d)의 beta파와 감마파의 $p=0.008$, $p=0.007$.

Figure 6은 대뇌의 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽의 파형들의 발현빈도를 나타낸 결과이다.

Figure 6의 a)는 좌, 우 전두엽의 파형들의 발현빈도 결과이다. 피난유도사인 전에는 델타파는 약 3.1%, 세타파는 5.8%, 알파파는 12.8%, 베타파는 31.5%, 감마파는 46.8% 빈도를 나타내었다. 피난유도사인 후에는 델타파는 약 3.3%, 세타파는 5.7%, 알파파는 12.5%, 베타파는 40.1%, 감마파는 38.4% 빈도로 베타파가 8% 정도 증가하고

감마파는 9%정도 감소하였다. b) 는 좌, 우 두정엽의 파형들의 발현빈도결과이다. 피난유도사인 전에는 델타파는 약 4.5 %, 세타파는 6.3 %, 알파파는 16.5 %, 베타파는 28.6 %, 감마파는 44.1 % 빈도를 나타내었다. 피난유도사인 후에는 델타파는 약 4.5 %, 세타파는 6.1 %, 알파파는 15.6 %, 베타파는 41.9 %, 감마파는 32 % 빈도로 베타파가 14% 정도 증가하고 감마파는 13%정도 감소하였다. c) 는 좌, 우 측두엽의 파형들의 발현빈도 결과이다. 피난유도사인 전에는 델타파는 약 3.9 %, 세타파는 7.9 %, 알파파는 13.5 %, 베타파는 30.5 %, 감마파는 44.2 % 빈도를 나타내었다. 피난유도사인 후에는 델타파는 약 3.5 %, 세타파는 8.9 %, 알파파는 12.9 %, 베타파는 37 %, 감마파는 38.1 % 빈도로 베타파가 7% 정도 증가하고 감마파는 7%정도 감소하였다. d) 는 좌, 우 후두엽의 파형들의 발현빈도 결과이다. 피난유도사인전에는 델타파는 약 2.5 %, 세타파는 5.1 %, 알파파는 20.1 %, 베타파는 27.1 %, 감마파는 45.2 % 빈도를 나타내었다. 피난유도사인 후에는 델타파는 약 2.1 %, 세타파는 5.6 %, 알파파는 19.1 %, 베타파는 41.6 %, 감마파는 31.6 % 빈도로 베타파가 15% 정도 증가하고 감마파는 14%정도 감소하였다. 가상 현실에서 길을 찾는 동안 뇌파의 변화가 많았으며, 대부분의 영역에서 미로 길 찾기가 시작되면 전제 대뇌구역에서 세파타의 증가와 앞서에서도 설명하였듯이 보통 일상적인 생활속에서는 알파파와 세타파가 대뇌 전반적으로 나타나는 현상이다. 이번 실험에서는 피난유도사인이 없는 경우에는 오히려 세타파는 감소하고 매우 당황하거나 위험상황시에 발생하는 진폭인 매우 낮은 감마파들이 상승하였다. 감마파의 상승이 지속되면 정신분열증을 유발과 단기 기억상실등을 유발하는 것으로 정신건강에는 악영향을 끼치는 것으로 보고 되고 있다. 피난유도사인이 나타난 경우에는 세타파가 증가하고 위험상황속에서 나타나는 감마파가 감소함으로서 피험자는 피난유도사인을 보고 안전하게 탈출하기 위한 상황을 생각하면서 탈출을 시도한 것으로 예상된다.

바. VR(가상현실)을 활용한 지하철역 재난시 유도사인을 인지함에 따른 뇌파의 변화

(1) 개발 개요

지하철역에서 화재가 발생한 경우 심각한 인명 사상을 낼 수 있다는 경험을 갖고 있다. 실제로 지하철 내부에는 가연성 소재가 많고 전동차 객실 내부에서 화재가 날 경우 감당할 수 없을 뿐 만 아니라 거기에서 발생하는 유독가스로 인해 호흡이 곤란하고 앞을 식별할 수 없어 사람들이 매우 당황하게 된다(1). 지하철과 같은 공간에서 화재가 발생할 경우 대부분의 사람들은 출구를 찾기 위해 노력할 것이다. 보통 화재가 발생할 경우 탈출하여 생명을 유지할 수 있는 골든타임이 3분 이내이다. 이후에는 생존을 보장할 수 없다. 이번 연구는 지하철 화재 발생초기에 피난자들을 신속히 출구까지 탈출 할 수 있는 피난유도사인을 통해 사람들이 효과적으로 대피할 경우 대뇌에서는 어떤 전기적 흐름이 발생되는지를 뇌파로 확인하였다. 지하철공간에서는 화재가 발생하는 모의 실험이 불가능하여 효율성과 신뢰성이 높은 VR(가상현실)로 재난 상황을 시뮬레이션하였고 뇌파장비를 착용하여 실시하였다. 가상현실시뮬레이션은 실제 지하철역을 재현하였고 주로 지하철역을 이용하는 사람들을 중심으로 실험은 진행되었다. 뇌파분석은 탈부착용의 뇌파장비를 이용하였다. 사람의 경우 오감이나 각성 및 수면에 따라 뇌파의 신호음이 다양하게 발생하며 심리상태에 따라 뇌의 활성상태가 다르다(2, 3, 4).

뇌는 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽으로 구분되며 전두엽은 인성, 도덕, 사고력등 고위 영역을 관장(5, 6)하며 두정엽은 운동영역을 관장한다(6, 7). 측두엽은 청력 및 언어의 중추적인 역할을 한다(6, 8). 후두엽은 시각의 중추적인 역할로 색깔, 모양 등을 감지하여 구분하게 된다(6, 9). 뇌파부착은 국제적으로 표준화된 10-20 system 법을 이용하였다. 10-20 system 은 뒤통수부(inion point), 비근부(nasion point), 양쪽 귓바퀴앞오목부(preauricular point)의 4지점을 중심으로 줄자로 중심을 Cz(central zone)의 위치를 정하고 10%떨어진 지점과 그 다음은 20% 떨어진 지점에 순차적으로 전극을 부착하는 방식이다(10). 따라서 대뇌두피에서 발생하는 전기적 파형을 분석하고 위치와 대뇌두피의 지점간에 상관관계를 알아낼 수 있는 방식이다(11). 뇌파연구들은 단순한 인지기능 테스트로 움직임이나 소리를 이용하여 길 찾기 테스트를 하였고(12), 재난상황을 경험한 사람들의 뇌혈류 속도의 변화와 스트레스에 의한 해마부위의 호르몬 변화에 관한 연구가 있다(1, 13, 14, 15). 또한 낮과 밤을 인지하는 시상하부에서 델타파(δ)와 serotonin 변화에 관한 연구(16)과 진행되고 있다. 지하철역 공간에서 피난유도사인의 유무에 따라 대뇌피질에서 발생하는 전기적 신호음들을 대뇌구역별로 연구된 선행연구는 부족한 실정이다. 따라서 이번 연구가 재난상황에 따라 대뇌에서의 전기적인 흐름을 이해하는데 기초자료로 활용되기를 희망한다.

(2) 뇌파 (Electroencephalography) 실험 방법

뇌파는 신호의 진동수에 따라서 델타파(δ), 세타파(θ), 알파파(α), 베타파(β), 감마파(γ)불리며 다양한 활동에 따라 활성화가 된다(Table 1)

Wave	Hertz	Function
델타(Delta), δ	1~4Hz	깊은 수면, 뇌기능 저하 등
세타(Theta), θ	4~8Hz	얕은 수면 등
알파(Alpha), α	8~13Hz	각성 등
베타(Beta), β	13~30Hz	각성, 근육활동, 스트레스 등
감마(Gamma), γ	31~100Hz	극심한 스트레스, 위급한 상황 등

Table 1. Wave of EEG(Electroencephalography)(18)

(3) 뇌파 분석 및 VR 장비

국제 10-20 system(그림 1)이 적용된 PELICAN PRODUCTS TORRANCE CA, USA Quick-20 뇌파측정기를 사용하였다. 뇌파분석은 지하철공간에서 유도사인의 유무에 따라 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽을 중심에서 발생하는 전기적 신호음들을 분석하였다. 뇌파를 측정할 때 샘플링 주파수는 0.3~100 Hz 로 60Hz 만 선택적 차단하였고 저영역통과필터와 고영역통과 필터의 범위는 0.3~100 Hz, 뇌파분석시 setting조건은 8 channel 사용하였고 5mm/50 μ V 감도 로 측정하였다. VR 장비 (HTC VIVE Pro Virtual Reality Headset htc. TAIWAN)를 이용하였다.

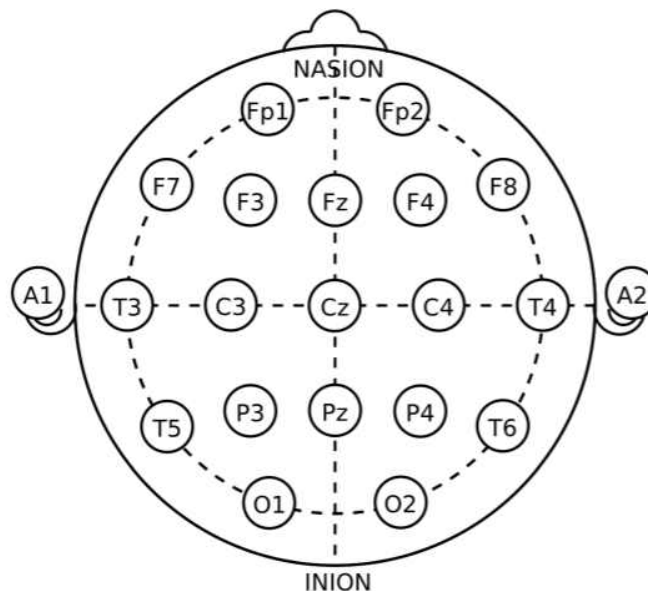


그림 1. 국제적 표준화된 10-20 system

Abbreviation : odd number, the left hemisphere of the brain: even number, the right hemisphere of the brain, Fp, Frontal-pole: F, frontal: C, central: P, parietal: O, occipital: A, auricular.

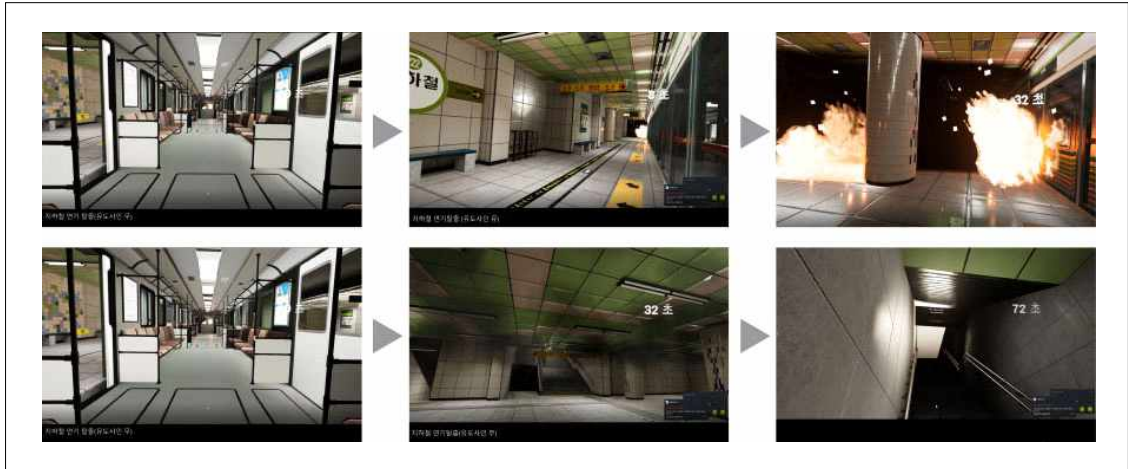


그림2. 가상현실의 지하철에서 탈출구까지 피난유도사인이 없는 경우의 예

0초: 시작→6초: B3지역에서 B2지역으로 이동한 경우로 유도방향을 몰라 당황해 함
 → 32초: B3지역에서 탈출경로 찾지 못해 사망한 경우
 → 32초: 어려움 끝에 출구 찾기 성공한 경우 → 72초: 지하철 경로를 알고 있어서
 출구를 72초 만에 찾을 수 있었음

그림 2는 가상현실의 지하철에서 탈출구까지 피난유도사인이 없는 경우 실험자가 출구를 찾지 못하거나 찾는다 하더라도 시간이 많이 지체된 경우였다.

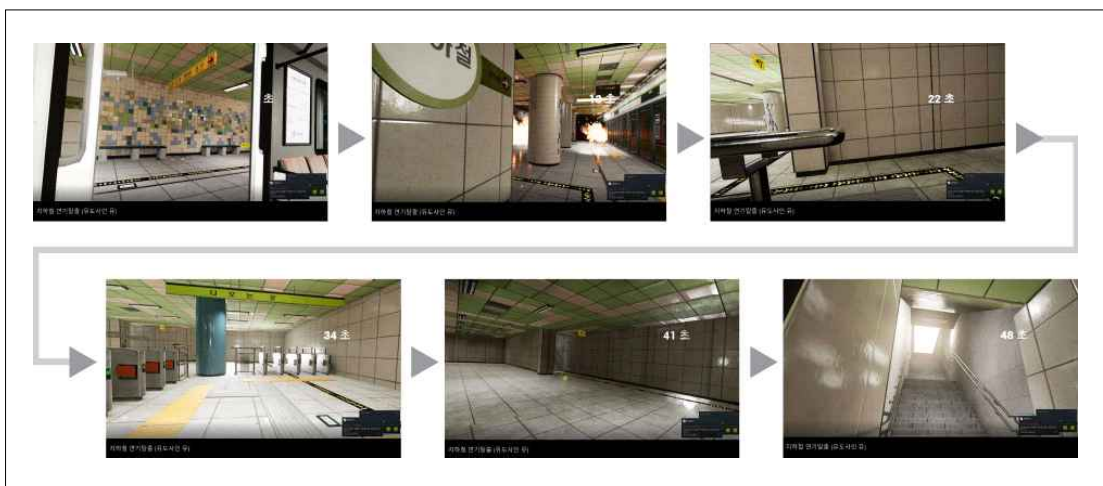


그림 3. 가상현실의 지하철역에서 탈출구까지 피난유도사인이 있는 경우의 예

1초 시작→ 8초: B3지역 에서 당황했으나 피난유도사인을 잘 따라갔음 → 22초: 유도사인 확인 후 B2지역으로 이동함 →41초: B1 지역에서 유도사인 확인 후 출구방향을 인식
 →48초: 탈출구로 탈출을 성공하였음

그림 3는 가상 현실의 지하철역에서 피난유도사인에 따라 실험자가 처음에는 당황하였으나 피난유도사인을 확인 후 출구 방향을 인식하여 48초만에 탈출에 성공한 예이다.

(4) 실험대상자

20~26세 의 젊은 사람들을 대상으로 남자 20명, 여자 30명으로 모두 50명이 참여하였다. 사전에 피험자들은 실험에 대한 전반적인 설명을 들은 후 참여의사를 확인하였다. 사전설문조사를 통해 최근 6개월 이내 뇌관련 질환, 호흡장애, 폐쇄공포증, 어지럼증, 이명이 있는 경우는 실험에서 제외하였다. 전체설문항목은 23가지였고 동의대학교 연구윤리규정에 의해 실시하였다.

(5) 통계분석

실험데이터들은 SPSS version 21 을 이용하여 통계분석하였고 평균과 표준표차로 나타내었다. $P < 0.05$ 이하 일 때 통계적으로 유의함으로 표시하였다.

(6) 결과 및 결론

Tabel 2 는 실험 참가자들의 일반적인 특징이다. 참가자들의 젊은이들로 나이는 20~26세이며 남성 20명 여성 30명이 참가하였다. 거의 89%가 어지러움증이 없고 폐쇄공포증의 경험이 92%가 없었다. 화재의 경험은 4%로 한사람이 있었고 VR 게임을 해본 경험이 있는 사람이 약 56% 였다. 경험해 본 경우는 4% 였고 화재 발생시 탈출해야 하는 골든타임이 3분이라는 사실을 알고 있는 참가자는 14% 였다. 평소 다니는 지하도로의 비상구를 알고 있는 경우가 76% 였고 피난유도의 인지는 6% 정도만이 알고 있었다. 안정상태 보다는 불안정한 상황에서 감정영향에 따라 인지판단능력이 상당히 떨어진다는 연구결과가 있다(2,19,20). 이는 평소에 다니는 지하철이나 지하도에서 비상구를 알고 있는 실험참가자는 6%로 매우 낮아 화재의 발생시 심리적으로 매우 당황하여 대피로는 찾는데 평상시보다 더 시간소요가 될 것으로 생각된다. 이런 경우는 표 3의 결과에서도 비슷한 결과를 보였다.

Table 2. Summary of subjects

Description		N (total=50)	%	
Subject of study	age	20-26	50	100
	sex	male	20	40.0
		female	30	60.0
Experiential aspect	VR game	no	22	44.0
		yes	28	56.0
	fire	no	48	96.0
		yes	2	4.0
	evacuation simulation	no	45	90.0
		yes	5	10.0

Preparation for accident	cognition of fire golden time (3 min.)	no	43	86.0
		yes	17	14.0
	cognition of emergency exits	no	12	24.0
		yes	38	76.0
	cognition of safe place	no	42	84.0
		yes	8	16.0
	cognition of evacuee guidance	no	47	94.0
		yes	3	6.0
Disease History	encephalopathy	no	48	96.0
		yes	2	4.0
	dizziness	no	45	90.0
		yes	5	10.0
	respiratory disturbance	no	46	92.0
		yes	4	8.0
	claustrophobia	no	45	90.0
		yes	5	10.0

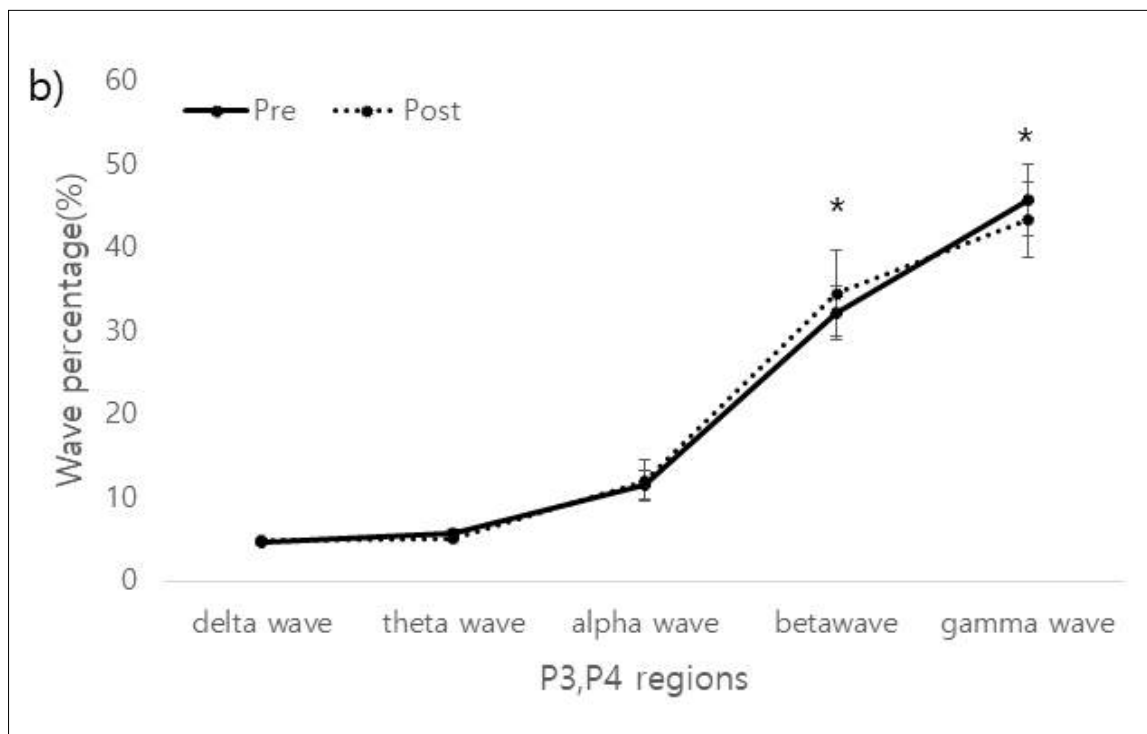
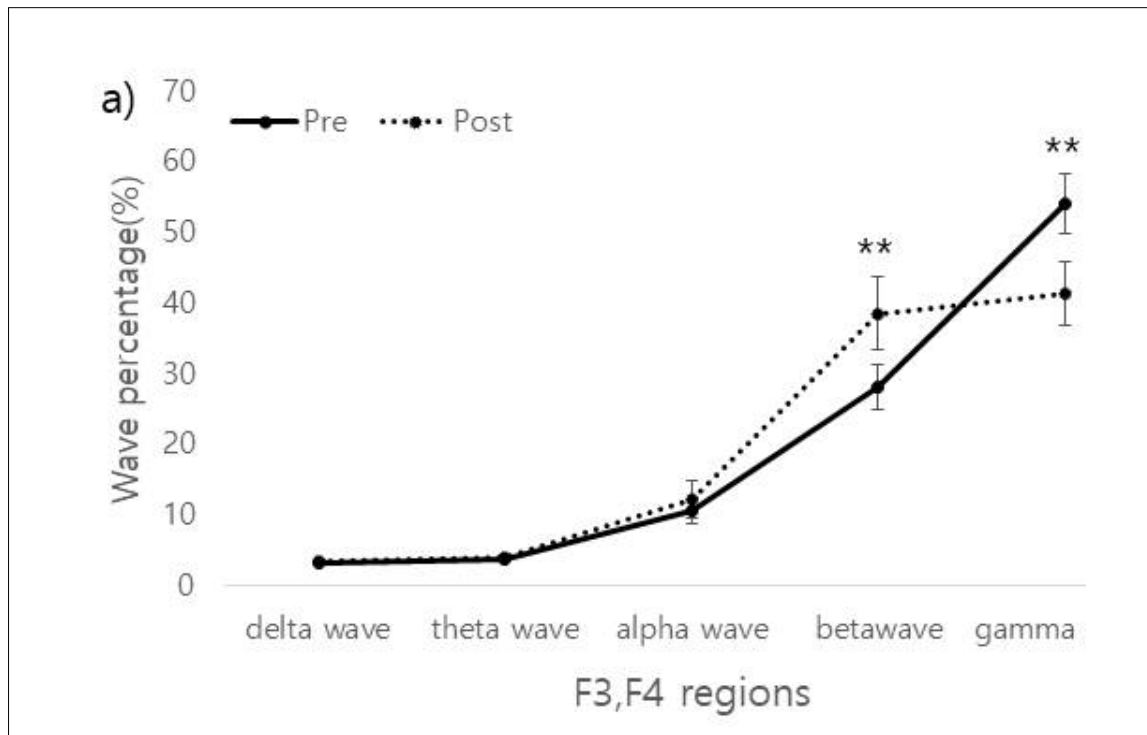
Abbreviations: VR, Virtual Reality

Table 3. 2-paired t-test according to the taxiway line status.

group	Mean $\pm$ S.D. (sec)	t	significance probability
Pre	77.44 $\pm$ 17.11	9.47	0.00
Post	51.92 $\pm$ 13.16		

Abbreviations: Pre, pretest not with taxiway line status; Post, posttest with taxiway line status; S.D., standard deviation

Table 3은 지하철역에서 피난유도사인의 유무에 따른 탈출시간을 t 검정한 통계 결과이다. 피난유도사인이 없는 경우에는 77.44 $\pm$ 17.11 sec 피난유도사인이 있는 경우는 51.92 $\pm$ 13.16 sec 로 거의 26초 정도가 단축되었다. 여기에 나타내지 않았지만 사전조사에서 참가자들은 실제로 이 지하철역을 평소에 이용하고 있는 사람이 약 65% 였고 지하철역내의 길들을 잘 알고 있을 뿐만 아니라 피난유도사인이 나타나면서 어둠과 화재속에서 출구를 잘 찾을수 있었다고 답변하였다.



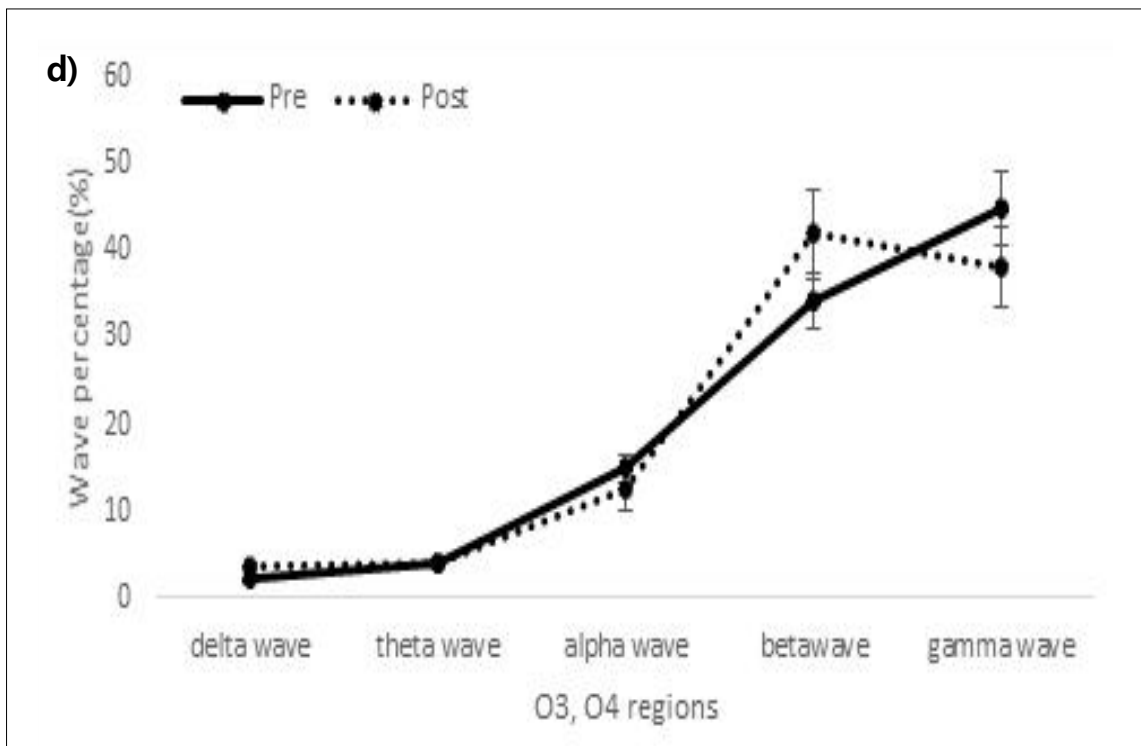
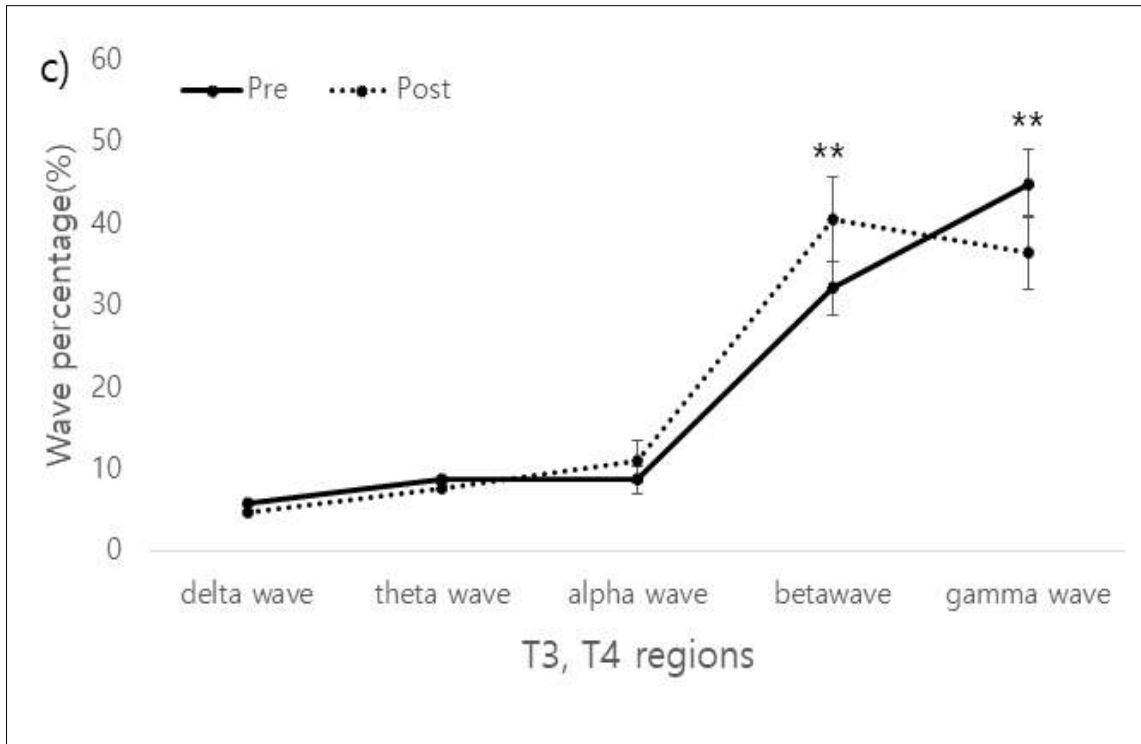


Figure 4. Illustration of Absolute Power of electrodes. (a)F3, F4 (b) P3, P4 (c) T3, T4 (d) O1, O2. a)의 beta파와 gamma파의 $p=0.006$, $p=0.004$, b)의 beta파와 gamma파의 $p=0.005$, $p=0.003$, c)의 beta파와 gamma파 $p=0.023$, $p=0.028$, d)의 beta파와 gamma파의 $p=0.008$, $p=0.007$.

Figure 4는 대뇌의 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽의 파형들의 발현빈도를 나타낸 결과이다.

Figure 4의 a) 는 좌, 우 전두엽의 파형들의 발현빈도 결과이다. 피난유도사인이 없는 경우에는 델타파(δ)는 약 3.4 %, 세타파(θ)는 3.8 %, 알파파(α)는 10.6 %, 베타파(β)는 28.1 %, 감마파(γ)는 54.1 % 빈도를 나타내었다. 피난유도사인이 있는 경우에는 약 3.5 %, 세타파(θ)는 4.1 %, 알파파(α)는 12.3 %, 베타파(β)는 38.6 %, 감마파(γ)는 41.5 % 빈도로 베타파(β)가 약 10% 정도 증가하고 감마파는 약 13%정도 감소하였다. b) 는 좌, 우 두정엽의 파형들의 발현빈도결과이다. 피난유도사인이 없는 경우에는 델타파(δ)는 약 4.8 %, 세타파(θ)는 5.8 %, 알파파(α)는 11.5 %, 베타파(β)는 32.1 %, 감마파(γ)는 45.8 % 빈도를 나타내었다. 피난유도사인이 있는 경우에는 약 4.9 %, 세타파(θ)는 5.2 %, 알파파(α)는 12.1 %, 베타파(β)는 34.5 %, 감마파(γ)는 43.3 % 빈도로 베타파(β)가 2% 정도 증가하고 감마파는 2%정도 감소하였다. c) 는 좌, 우 측두엽의 파형들의 발현빈도 결과이다. 피난유도사인이 없는 경우에는 델타파(δ)는 약 5.8 %, 세타파(θ)는 8.6 %, 알파파(α)는 8.6 %, 베타파(β)는 32.1 %, 감마파(γ)는 44.9 % 빈도를 나타내었다. 피난유도사인이 있는 경우에는 약 4.6 %, 세타파(θ)는 7.9 %, 알파파(α)는 10.9 %, 베타파(β)는 40.5 %, 감마파(γ)는 36.4 % 빈도로 베타파(β)가 8% 정도 증가하고 감마파는 8 %정도 감소하였다. d) 는 좌, 우 후두엽의 파형들의 발현빈도 결과이다. 피난유도사인이 없는 경우에는 델타파(δ)는 약 2.1 %, 세타파(θ)는 4.2 %, 알파파(α)는 14.9 %, 베타파(β)는 34.1 %, 감마파(γ)는 44.7 % 빈도를 나타내었다. 피난유도사인이 없는 경우에는 약 3.6 %, 세타파(θ)는 3.9 %, 알파파(α)는 12.6 %, 베타파(β)는 41.8 %, 감마파(γ)는 38.1 % 빈도로 베타파(β)가 7% 정도 증가하고 감마파는 6 %정도 감소하였다. 가상 현실에서 피난 유도사인이 없는 경우에는 특히 감마파(γ)의 증가되었다. 보통 사람들은 2~30 Hz의 진동수가 일반적이지만 30Hz 이상의 진동수들은 주로 정신과적 질환의 발생이 있는 경우가 많았으며 특히 정신분열증 및 조울증과 같은 질환에서는 특히 빠른 진동수가 대뇌 전역에서 발생되었다(20, 21). 재난으로 인한 두려움이나 길을 찾는 동안 뇌파의 변화가 많았으며, 대부분의 영역에서 길찾기가 시작되면 전제 대뇌구역에서 세파타의 증가 되었는데 이것은 우리실험과도 일치 하였다(20, 21). 이번 실험에서도 지하철에서 길을 찾기 시작하면 알파파(α)와 세타파(θ)가 대뇌 전반적으로 증가되어 나타났다. 이번 실험에서는 피난유도사인이 없는 경우에는 오히려 세타파(θ)는 감소하였고 매우 당황하거나 위험 상황 시에 발생하는 진폭인 매우 낮은 감마파(γ)들이 상승하였다. 장기적으로 보면 감마파(γ)의 상승이 지속되면 다양한 정신과적 질환이 유발 될 수 있으며(22, 23)과 단기 및 장기 기억 상실등을 유발(24)하는 것으로 정신건강에는 악영향을 끼치는 것으로 보고되고 있다. 따라서 모든 실험 결과를 종합해 볼 때 피난 유도사인이 있는 경우는 약 20초 이상으로 빠르게 길을 찾을 수 있었고 특히 세타파(θ)가 증가하고 감마파(γ)가 감소함으로 이성적으로 판단에 따른 행동으로 비상구의 길찾기 시간이 빠르게 진행 된 것으로 알 수 있다.

· 샘플 제품 제작

(1) ActionPicto 유도등의 제조 및 가공

(가) 라인바는 취급이 안전하고 등기구의 교체 및 내부점검, 청소 등 유지보수가 용이한 구조로 제작한다.

(나) 라인바 내부에 사용되는 모든 자재는 내부 환경 변화에도 연소되지 않는 제품을 사용하며, KS제품 또는 동등이상의 제품을 사용하여야 한다.

(다) 몸체는 알루미늄 또는 SUS를 가공하여 열 방출형으로 제작하며, 내부 열을 외부로 방출시키고 열전도를 방지하여 램프 및 회로를 보호할 수 있도록 한다.

(라)전면 커버는 두께 2mm 이상의 내열 강화 PC를 사용하여야 하며, 우수한 투과율을 갖고 있는 것으로서 기포, 흠 등이 없어야 한다.

(마) 기구의 배선과 전원 측 전선과의 접속점은 원칙적으로 단자처리하거나 나사를 사용하여 조립한다.

(바) 회로 표면을 에폭시로 처리하여 강성 및 방습성을 강화한다.

(사) 패킹은 방수, 방진 및 방충의 역할을 충분히 수행할 수 있는 내열성 실리콘 패킹을 사용하여 등기구를 효과적으로 밀폐할 수 있어야 한다.

(2) 기능 및 성능

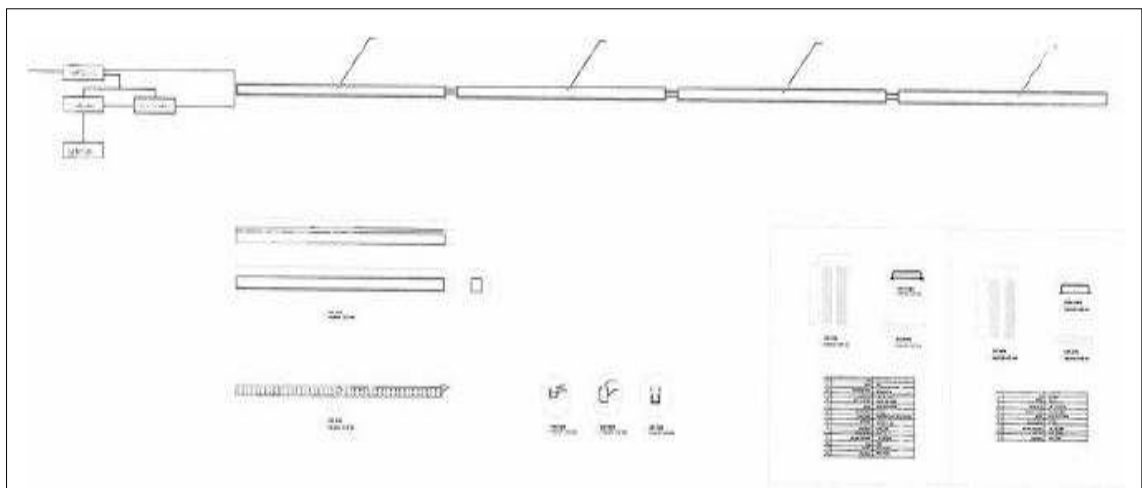
(가) 등기구 점등 시 열 방출 및 충격에 의한 파손을 방지할 수 있으며, 등기구의 효율을 지속적으로 유지 할 수 있도록 방수, 방진, 방충 구조로 제작한다.

(3) 마감 및 외관

(가) 각 구성부품은 누락 없이 체결되어야 한다.

(나) 제품 도장표면에 얼룩 또는 균열이 없어야 하며, 부식된 부분이 없어야 한다.

(4) ActionPicto 바닥유도등의 설계도



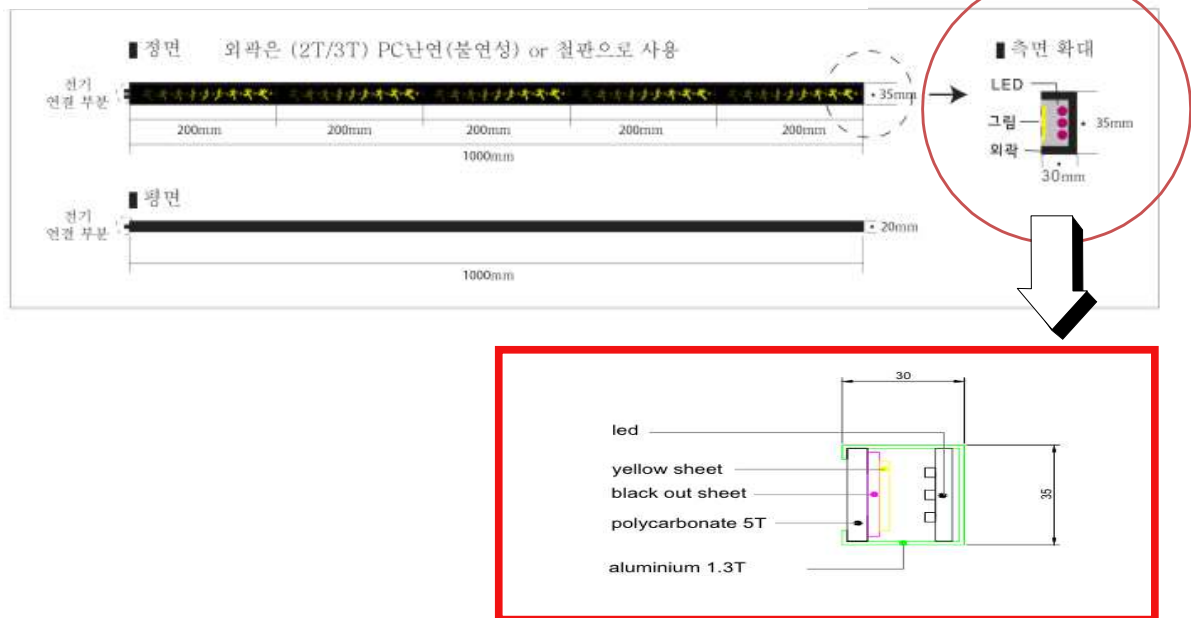
2cm 간격으로 96개의 LED등기구로 제작되어 있는 1010 x 80 x 50 mm
규격의 바닥유도등

(5) ActionPicto 형식 및 제원

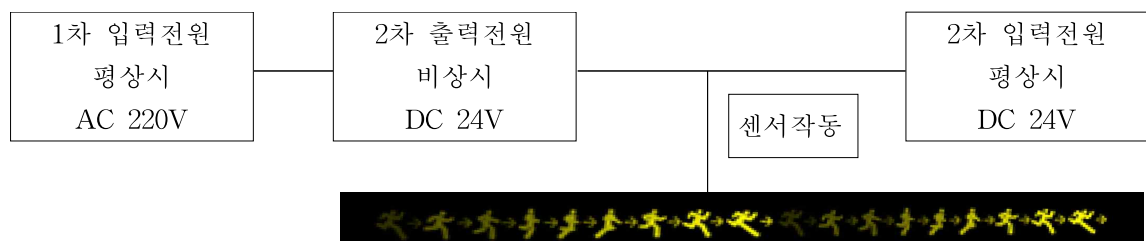
ActionPicto 형식			ActionPicto 일반제원		
종류	바닥형	설치, 매입	수명	100,000시간	80%
발광방식		정전류구동	휘도(cd/m ²)	1,000이상	80%
운영 방식 1	검정	평상시	1차입력전원	AC 220V	평상시
운영 방식 2	검정+노랑	비상시	2차입력전원	DC 24V	비상시
구동방식	메모리저장	자가판단	소비전원	DC 24V	자가판단
연계방식	방제시스템 감지기	소방	소비전력	10W	1,900mA
매입방법	지상평면 지하 30mm	시공	예비전력	DC 24V	1,900mA
			충전방식	자체충전회로	4시간

■ LED ActionPicto 피난유도장치는 평상시 AC전원으로 1차 전원을 공급하며 전환변환기에서 2차 전원 비상시에는 DC 24V로 작동하고 리튬 전지 DC 24V로 운영된다.

(6) ActionPicto 바닥유도등 작동 원리



■ ActionPicto의 유도등의 작동 원리



● 환경 감지 센서	유해물질(연기 농도), 주변의 열, 온도(50도)를 식별하여 재난발생을 판단한다. 또한, 환경감지 센스는 지진의 진동, 연기 농도, 독가스, 미세먼지 농도 등을 검출하는 센서도 포함할 수 있다.
● 제어 및 방향유도 센서	유도등에서 재생되는 액션픽토그램이 재난이 발생된 반대 방향으로 연속하여 재생됨에 따라, 유도등을 본 인명은 대피 방향을 신속하고 올바르게 식별할 수 있게 된다.
● 전원부분	전원부는 상기 외부전원을 충전하며, 상기 외부전원이 차단되었을 때 방전되어 상기 피난유도시스템에 전원을 공급하는 배터리를 포함한다.

■ ActionPicto 바닥유도등



1,000mm 5개가 1조가 되어 작동, 설치되도록 한다.

■ ActionPicto 통로유도등 (380mm*130mm)



평상시 작동 전

비상시 작동 진행

■ ActionPicto 피난구유도등 (380mm*130mm)



평상시 작동 전

비상시 작동 진행

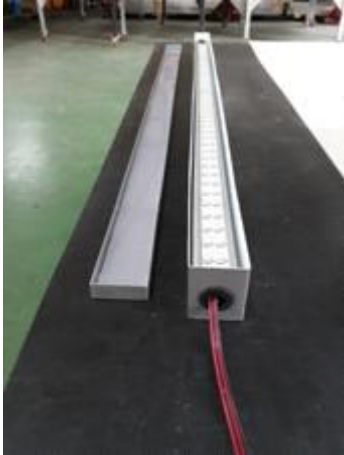
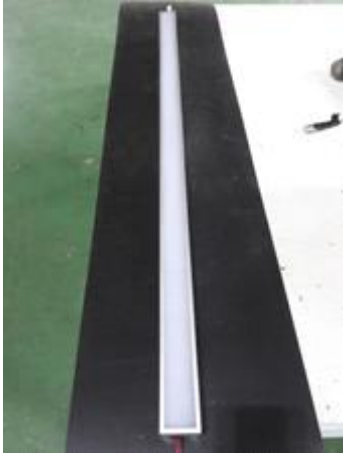
■ LED 로 제작

* 화면크기는 380*130 (mm) 로 제작.

* 화면 표출 방식은 Yellow led (1,0*0.5 (mm)) 사용 Pitch 2mm 예상.

* 화면 해상도는 가로:190*세로:65 = 12,350 Pixel

(7) ActionPicto 바닥유도등의 제품 설명

제품 설명 자료			
			
제 품 명	국토부 R&D 사업 관련 샘플	분 야	연출등, 경관등
크 기	1010 x 40 x 50 mm	중 량	1kg
재 질	알루미늄 압출	커 버	PC (Polycarbonate)
LED 모델	SMD 0.2W LED	LED 수량	96 EA
렌 즈	60° / 120°	하우징	Gal' v 1.2t 절곡, 가공, 도장
전력소비	24W	입력전압	AC 220V 60Hz / DC24V
표현색상	Full color or MONO	색 온 도	2,700 ~ 7,000 ° K
역 률	90 %	광 효 율	50 lm/W
수 명	40,000 hr	동작온도	-10 ~ 40 ° C
인 증	*	특 허	*
제품설명	LED(Light Emitting Diode)를 광원으로 사용하여 제작된 제품으로 색상을 연출하고 야간경관을 미려하게 할 수 있는 연출등, 경관등기구로써 은은한 광원 효과를 주는 용도로 많이 쓰인다.		

(8) ActionPicto 바닥유도등의 제품 상세표

1	NAME	CYL HD-M6000 Memory Type Controller
2	Material	Metal
3	Input Control Method	Memory Card Type
4	Size (W*H*D)	196 * 155 * 28.6mm
5	Power Consumption	Avg15W, AC110~220V
6	Interface	RS422 transceiver(N/S)
7	Processing Speed	5~100Mhz
8	Display Farnat	Actual Moving pictuer image, Animation
9	Color Depth	24/30Bit(true Color)
10	Color gamut	Perfect 100%
11	Pixel Control Capa	3,900 Pixel
12	Iperating Temperatere	-30 ~ +85 degree
13	Weight	2.2kg
14	Protection	Inioor / Outdoor
15	Manufactere	Maed in Korea

(9) ActionPicto 바닥유도등 제작 과정

(가). 브라켓 제작 과정



- ① LED Module을 설계 및 제작후 브라켓을 제작한다.
- ② 브라켓과 LED Module이 견고하게 결합 할 수 있게 설계하여 제작한다.
- ③ LED Module과 알루미늄 브라켓이 적용 할 수 있게 Gal' v절단 절곡, 도장 후 광학산 P/C 커버가 탈부착이 가능할 수 있도록 제작한다.
- ④ 하우징에 LED모듈과 브라켓이 결합한 제품을 부착한 후 광학산 커버를 부착하여 하나의 제품이 될 수 있도록 조립한다.

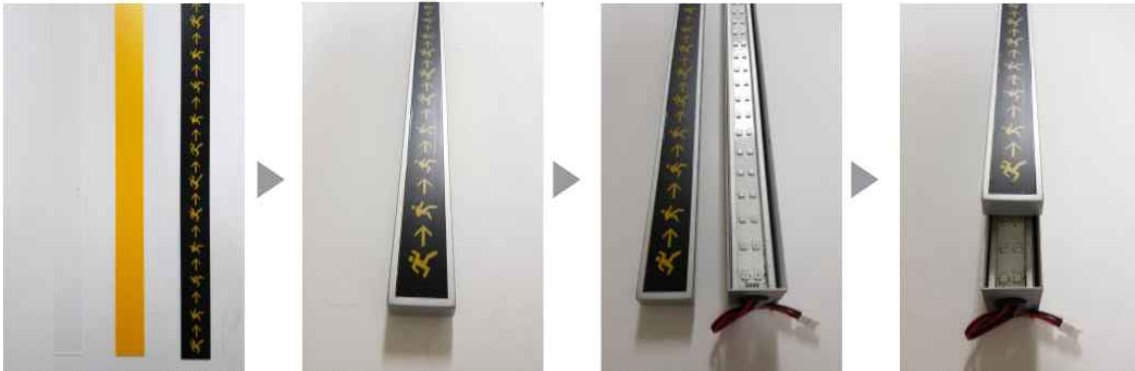
(나). ActionPicto 바닥유도등의 제작 과정

ActionPicto 인쇄 순서

ActionPicto 브라켓 표면 부착

조립 전

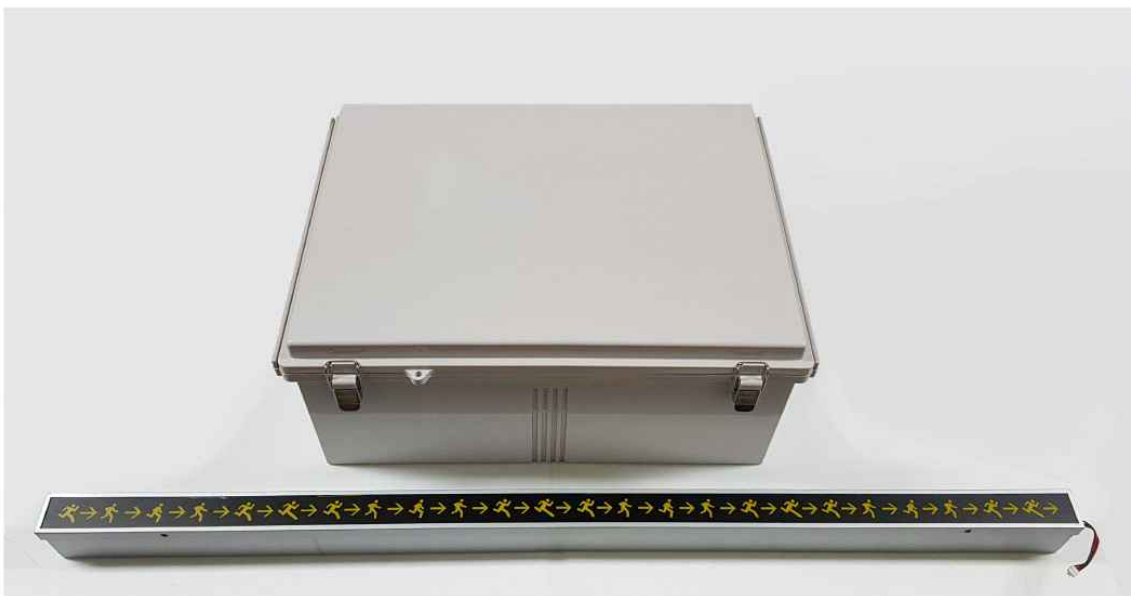
조립 진행



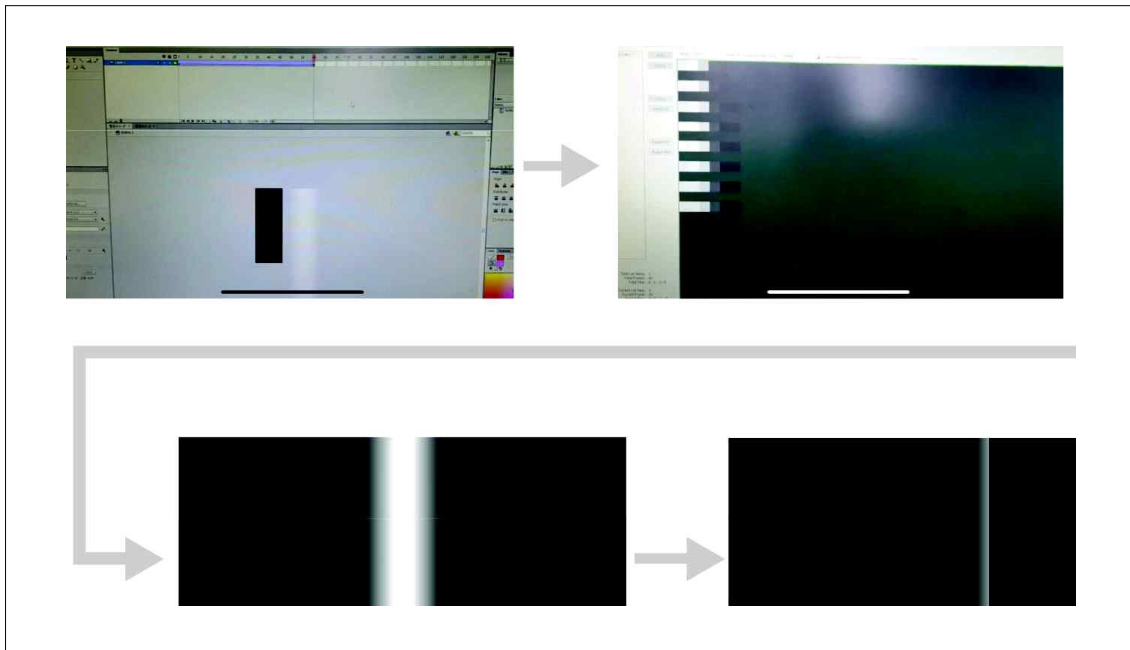
- ① ActionPicto를 브라켓 투명 강화 아크릴판 위에 인쇄하여 제작한다.
먼저 C0M30Y100K0 노란색을 인쇄 한 후 C0M0Y0K100 블랙으로 사탕기를 제외하고 인쇄를 해서 그늘에서 말린다.
- ② 인쇄 완료 된 강화 아크릴판을 브라켓에 견고하게 부착한다.
- ③ 제작 된 브라켓 표면과 LED Module브라켓을 탈부착이 가능할 수 있도록 조립한다.
- ④ LED모듈과 ActionPicto가 인쇄 된 커버를 부착하여 하나의 제품이 될 수 있도록 조립한다.

(다). Action Picto 샘플

ActionPicto 바닥유도등과 컨트롤박스 제작 샘플

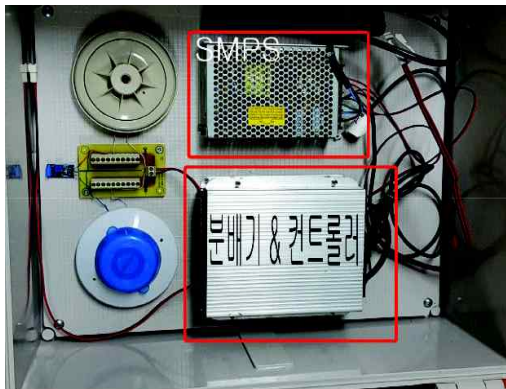


(10) ActionPicto 바닥유도등 프로그래밍



- ① LED등기구의 색상, 시간, 속도 등을 연출로 제작할 수 있는 프로그램으로 원하는 색상, 흐름 시간 등을 지정한다.
- ② 지하철역 화재의 의한 재난발생 시 비상구로 안내하는 유도사인시스템의 방향을 지정한다.
- ③ 사진과 같이 만든 영상을 각 LED PIXEL 제어를 위한 MAPING 작업을 한다.

(11) ActionPicto 바닥유도등의 컨트롤박스 내부 설명

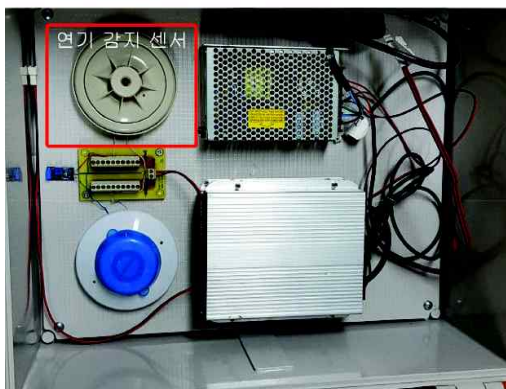


SMPS

외부에서 들어오는 교류(AC) 전압을 직류(DC)전압으로 변환시켜 각각의 장치에서 사용할 있게 해주는 전원공급 장치.

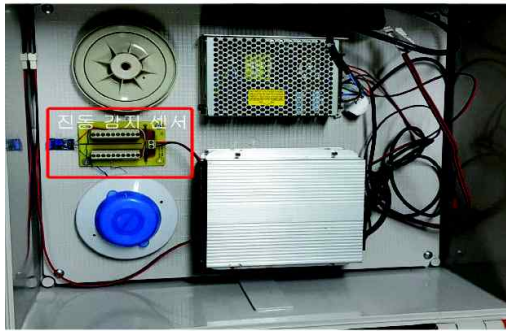
분배기&컨트롤러

LED 각각의 번호를 맺어 색상 및 흐름을 조절하는 컨트롤러 장치



연기 감지 센서

화재 발생 시 연기를 감지할 수 있는 센서



진동 감지 센서

진동이나 충격을 감지할 수 있는 센서



화재 감지 센서

화재시 작동하여 알려 주는 센서

(12) 제조 및 가공

- ① 라인바는 취급이 안전하고 등기구의 교체 및 내부점검, 청소 등 유지보수가 용이한 구조로 제작한다.
- ② 라인바 내부에 사용되는 모든 자재는 내부 환경 변화에도 연소되지 않는 제품을 사용하며, KS제품 또는 동등이상의 제품을 사용하여야 한다.
- ③ 몸체는 알루미늄 또는 SUS를 가공하여 열 방출형으로 제작하며, 내부 열을 외부로 방출시키고 열전도를 방지하여 램프 및 회로를 보호할 수 있도록 한다.
- ④ 전면 커버는 두께 2mm 이상의 내열 강화 PC를 사용하여야 하며, 우수한 투과율을 갖고 있는 것으로서 기포, 흠 등이 없어야 한다.
- ⑤ 기구의 배선과 전원 측 전선과의 접속점은 원칙적으로 단자처리하거나 나사를 사용하여 조립한다.
- ⑥ 회로 표면을 에폭시로 처리하여 강성 및 방습성을 강화한다.
- ⑧ 패키징은 방수, 방진 및 방충의 역할을 충분히 수행할 수 있는 내열성 실리콘 패키징을 사용하여 등기구를 효과적으로 밀폐할 수 있어야 한다.

(13) 기능 및 성능

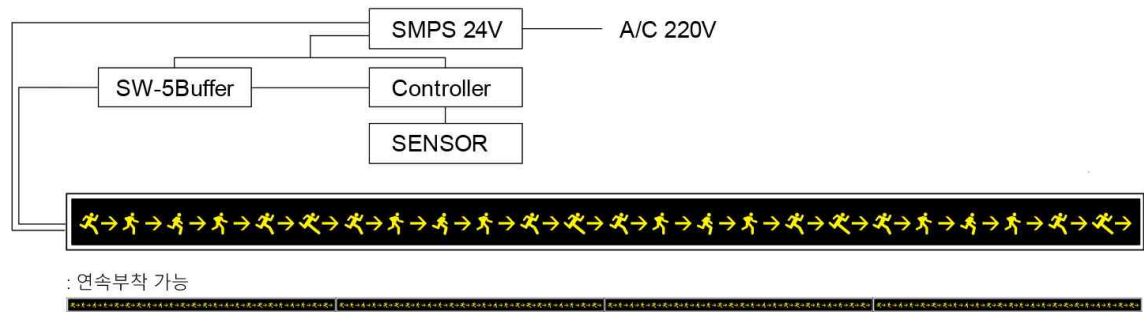
- ① 등기구 점등 시 열 방출 및 충격에 의한 파손을 방지할 수 있으며, 등기구의 효율을 지속적으로 유지 할 수 있도록 방수, 방진, 방충 구조로 제작한다.

(14) 마감 및 외관

- ① 각 구성부품은 누락 없이 체결되어야 한다.
- ② 제품 도장표면에 얼룩 또는 균열이 없어야 하며, 부식된 부분이 없어야 한다.

(15) 바닥용 ActionPicto 피난유도등 구상도 및 샘플

■ 바닥용 ActionPicto 구성도



(16) ActionPicto 피난유도등과 통로유도등 내부 부품 설명서



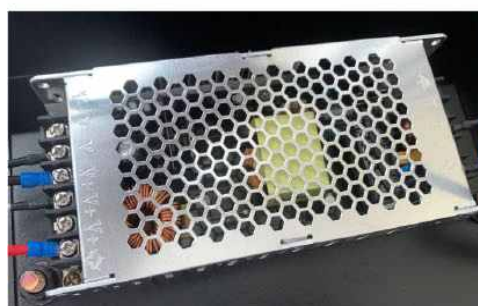
Main controller

컴퓨터 등 외부영상을 받아 전광판 해상도에 맞게끔 전송을 해주는 역할을 한다.



Sub controller

Main controller에서 받은 영상을 LED Module의 해상도에 맞게끔 LED Module에 전송해주는 역할을 한다.

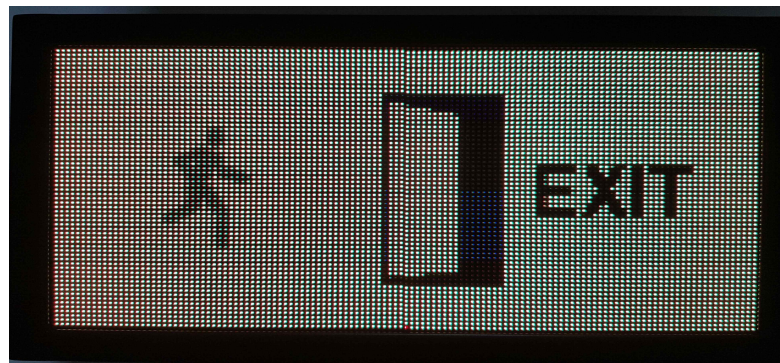
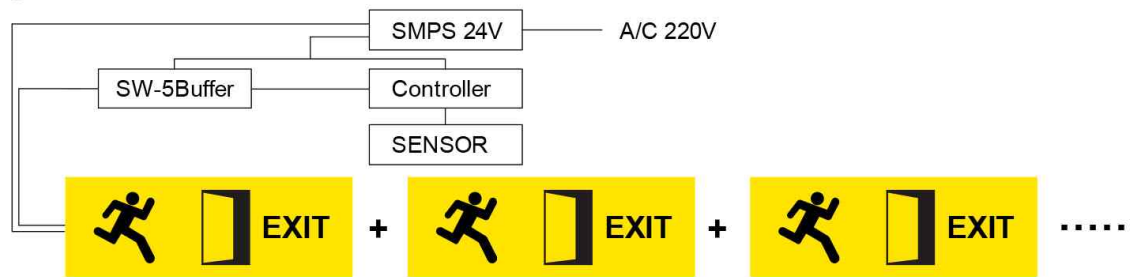


SMPS

외부에서 들어오는 교류전압을 직류로 변환시켜 LED의전원을 넣어주는 전원 공급 장치이다.

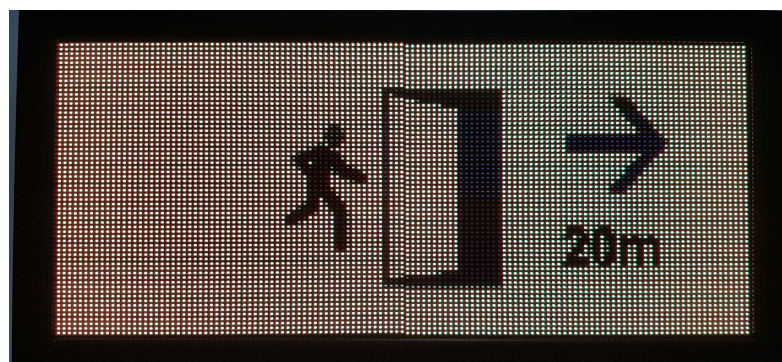
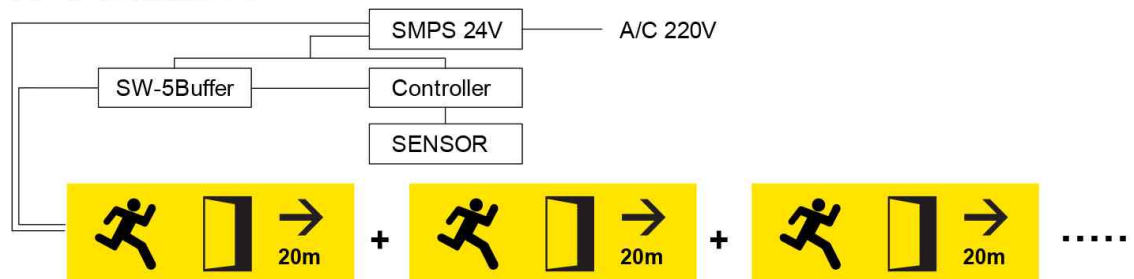
(17) ActionPicto 피난유도등 구성

■ 피난유도등 ActionPicto 구성도

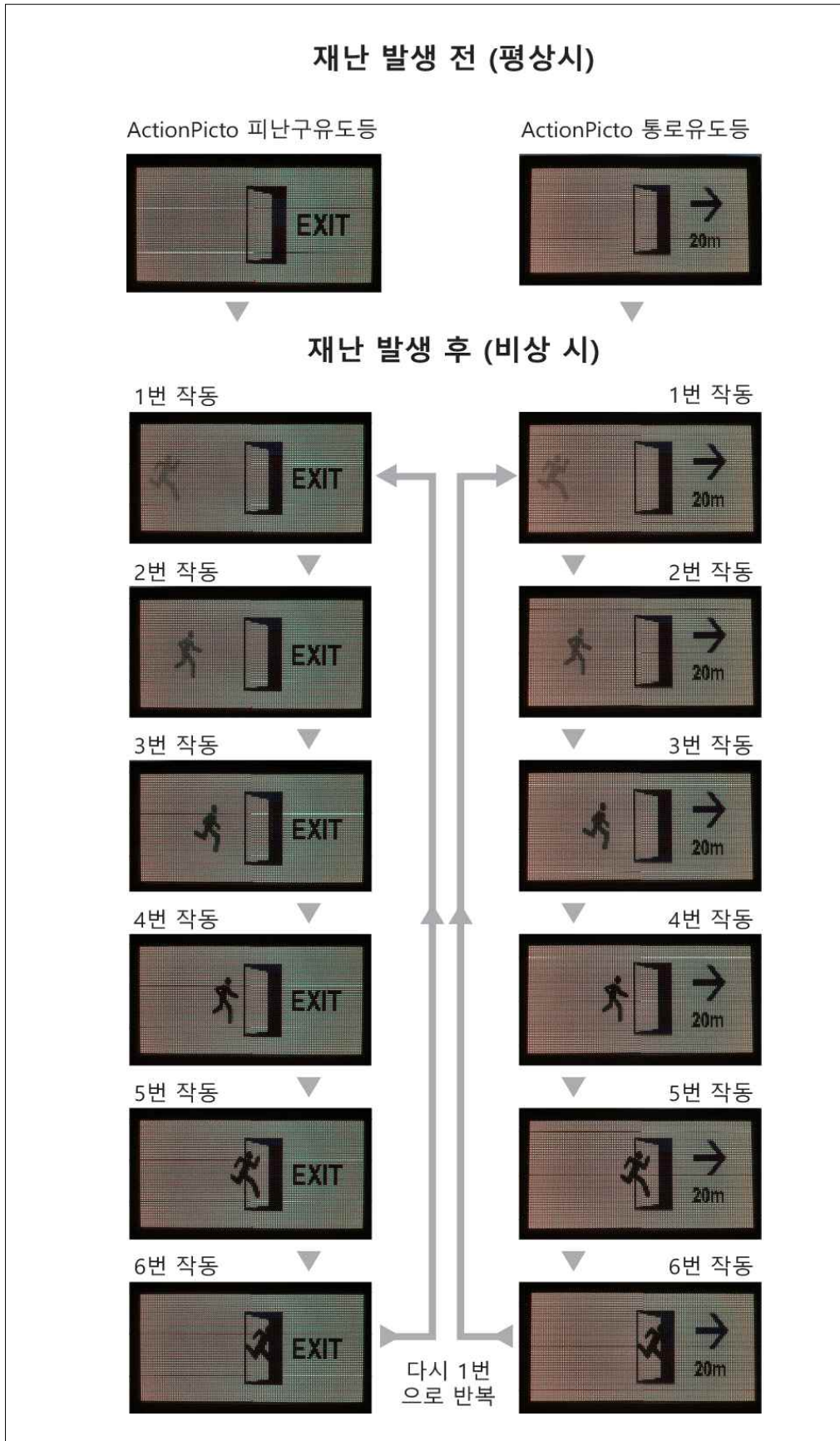


(18) ActionPicto 통로유도등 구성

■ 통로유도등 ActionPicto 구성도



(19) ActionPicto의 작동



3. 목표 달성도 및 관련 분야 현황

가. 본 과제의 기술 개발 성숙도

- 기술연구 단계 TRL 1~2는 제 1차년 / 실험 단계 TRL 3~4는 제 2차년에서 진행했다.
- 기술연구 단계 TRL 1에서는 현 비상구사인의 색상, 휘도, 위치에 대한 효율성 조사와 이용자 대상의 설문조사를 통해 재난 발생 시 피난유도의 문제점과 개선 방향을 추출하고 피난유도사인의 제작 방향 제시하였다.
- 기술연구 단계 TRL 2에서는 화재에 의한 연기 속에서 피난유도 정보를 빠르고 정확하게 인식시키기 위해 시인성을 높일 수 있는 디자인을 제안한다.
- 실험 단계 TRL 3에서는 실험 I - “연기 속에서 시인성이 높은 색상 투과성 실험”을 실시하여 골든타임 대처가 원활하게 이루어 질 수 있는 색상과 휘도를 추출한다.
- 실험 단계 TRL 4에서는 실험 II - “VR 을 활용한 피난유도사인(ActionPicto)의 탈출 시간 측정 실험”에서는 미로형 구조 탈출 시간 측정 실험을 통한 “피난유도 효과 실험”을 통해 색상, 설치 위치의 개선과 동적 요소를 추가한 새로운 피난유도사인의 효율성을 증명한다. 또한 시각장애인과 시력이 약한 노약자들을 위해 소리로 피난방향을 알려주는 청각요소에 의한 정보전달 방안도 필요하다. “앞으로 달려가세요”, “직진하세요”, “오른쪽으로가세요”, “왼쪽으로가세요”, “출입구가 10m남았습니다.” 등의 소리를 통해 피난자들을 효과적으로 이동시킬 수 있을 것이다.
- 실험 단계 TRL 4에서는 실험 III- VR 을 활용한 피난유도사인(ActionPicto)의 탈출 시간 측정 실험” 지하철역 편에서는 실제 재난상황을 재현한 VR 클라이언트 앱 개발을 통해 “재난 상황에서의 피난자들의 행동 분석과 액션픽토의 시인성과 유도성, 방향성 실험”을 실시한다.

VRis(VR interactive space, 공간기반 상호작용 VR)의 앱 프로그램을 통해 다양한 재난상황의 시뮬레이션의 체험이 가능하다. 특히, 실제 재난상황에서 피난자들의 행동 패턴과 심리, 그리고 피난유도시스템의 시인성 확보를 위한 크기, 위치, 밝기, 방향성 등 시인성을 증대시키기 위한 방안을 확보할 수 있을 것이다.

구분		연구 착수	연구 종료	단계별 설명	
기초연구 단계	TRL 1	■	■	TRL 1	이론적 연구단계
	TRL 2	■	■	TRL 2	기술적 개념정립 단계
실험 단계	TRL 3	■	■	TRL 3	실험적 증명 단계
	TRL 4	■	■	TRL 4	실험실 성능평가 단계
시작품 단계	TRL 5	□	□	TRL 5	유사환경 시험 단계
	TRL 6	□	□	TRL 6	유사환경 기술시험 단계
실용화 단계	TRL 7	□	□	TRL 7	실제환경 시작품 데모 단계
	TRL 8	□	□	TRL 8	시제품 설치 및 성능시험 단계
사업화 단계	TRL 9	□	□	TRL 9	현장적용/사업화 단계

나-1 연구개발 목표

성과지표	1차년 목표	2차년 목표	최소 성과 목표
SCI(E)급 학술지 게재(2점)		1	1건
일반학술지게재(1점)	2	1	3건
특허출원(1점)		2	2건
특허등록(2점)			
디자인 등록(1점)		2	2건
소프트웨어(1점)			
하드웨어(1점)			
기타(1점)			
소계(점수)	2점	7점	9점

나-2 연구개발 달성도

성과지표	1차년 성과	2차년 성과	최소 성과 목표
SCI(E)급 학술지 게재(2점)			
일반학술지게재(1점)	2	2	4건
특허출원(1점)		4	4건
특허등록(2점)			
디자인 등록(1점)		2	2건
소프트웨어(1점)			
하드웨어(1점)			
기타(1점)			
소계(점수)	2점	8점	10점

다. 논문게재 성과

논문명	지하철역 화재 발생 시 시인성 높은 ActionPicto Design에 관한 연구		
국내외구분	국내	학술지 구분	국내 전문학술지
학술지명	일러스트레이션 포럼	학회명	(사)한국일러스트레이션학회
Vol. (No.)	Vol.52	저자명	주저자: 김영삼, 교신저자: 김광일
게재일자	2017년 09월 30일	ISSN	1738-1541

논문명	Effects of Evacuation Sign in a Maze Utilizing Virtual Reality (VR) on Brain Waves		
국내외구분	국외	학술지구분	국외 전문학술지
학회명	EJPMR	학술지명	EUROPEAN JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND MEDICAL RESEARCH
Vol. (No.)	Vol.5(12),	저자명	주저자: Young-Sam Kim 공동저자 : Gil-Hyun Lee 교신저자: Kyung-Yae Hyun
게재일자	2018년 11월 05일	ISSN	2394-3211

논문명	Changes in Brain Waves Upon the Recognition of Evacuation Signs in a Disastrous Situation in a Subway Station		
국내외구분	국외	학술지구분	국외 전문학술지
학회명	EJPMR	학술지명	EUROPEAN JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND MEDICAL RESEARCH
Vol. (No.)	Vol.5(12),	저자명	주저자: Young-Sam Kim 공동저자 : Gil-Hyun Lee 공동저자 : Byung-Moon Jin 공동저자 : Hae-Gyung Yoon 교신저자: Kyung-Yae Hyun
게재일자	2018년 11월 11일	ISSN	2394-3211

논문명	발생 시 연기 속에서 시인성이 높은 피난유도사인의 색상에 관한 연구		
국내외구분	국내	학술지 구분	국내 전문학술지
학술지명	일러스트레이션 포럼	학회명	(사)한국일러스트레이션학회
Vol. (No.)	Vol.57	저자명	주저자: 김영삼 공동저자 : 이성원 교신저자: 김광일
게재일자	2018년 12월 31일	ISSN	1738-1541

라. 특허 성과

(1) 출원 4건

출원일자	2017.11.23	출원국	한국
출원번호	10-2017-0157152 (접수번호 1-1-2017-1168041-70)		
출원인명칭	동의대학교 산학협력단(1-2008-009139-3		
발명자성명	김영삼		
발명의명칭	액션픽토그램을 이용하는 피난유도시스템		

출원일자	2018.10.08	출원국	한국
출원번호	10-2018-0120007 (접수번호 1-1-2018-0992229-17)		
출원인명칭	동의대학교 산학협력단(1-2008-009139-3		
발명자성명	김영삼 김광일		
발명의명칭	액션픽토그램을 이용하는 피난 유도등과 승객 분산 장치		

출원일자	2018.10.08	출원국	한국
출원번호	10-2018-0120011 (접수번호 1-1-2018-0992274-62)		
출원인명칭	동의대학교 산학협력단(1-2008-009139-3		
발명자성명	김영삼 김광일		
발명의명칭	액션픽토그램을 이용하는 피난 유도등과 광고 장치		

출원일자	2018.10.08	출원국	한국
출원번호	10-2018-0120006 (접수번호 1-1-2018-0992223-44)		
출원인명칭	동의대학교 산학협력단(1-2008-009139-3		
발명자성명	김영삼 김광일		
발명의명칭	액션픽토그램을 이용하는 피난 유도등		

(2) 디자인 특허 2건

출원일자	2018.10.05	출원국	한국
출원번호	30-2018-0045949 (접수번호 1-1-2018-0984619-88)		
출원인명칭	동의대학교 산학협력단(1-2008-009139-3		
창작자성명	김영삼	복수디자인여부	1디자인
디자인 대상 물품	비상구디자인 (피난유도등)	물품류	제 20류

출원일자	2018.10.05	출원국	한국
출원번호	30-2018-0045949 (접수번호 1-1-2018-0984619-88)		
출원인명칭	동의대학교 산학협력단(1-2008-009139-3		
창작자성명	김영삼	복수디자인여부	1디자인
디자인 대상 물품	비상구디자인 (통로유도등)	물품류	제 20류

마. 성과 점검 기준표

구분	핵심성과 (CIE)		단위성과	성과점검기준						양적 성과 건수
				질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
주관	1	피난유도 시스템 제시	특허 출원	부착 된 센스에 의해 화재나 연기를 감지 후 ActionPicto에 의한 피난유도시스템	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관	2	피난 유도등 제시	특허 출원	복수 이미지가 순차적으로 구동, 점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 시인성 향상	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관	3	피난 유도등과 광고장치	특허 출원	피난유도등의 기능과 함께 평상시에는 광고 효과 발생	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관 공동	4	피난 유도등과 승객분산장 치	특허 출원	난 발생 시 효율적 안내 유도를 통해 승객을 분산 이동	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관 공동 관	5	비상구 유도등 디자인	디자인 특허 출원	비상구를 지시하며 시인성을 높이기 위해 점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 디자인	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 디자인 등록: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관 공동	6	비상구 통로 유도등	디자인 특허 출원	방향성과 연속성을 높이기 위해 점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 디자인	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 디자인 등록: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관	7	보고서에 의한 재난 정책·제도 제시	논문 투고	색상, 휘도, 위치에 관한 문제점 분석 후 개선점 제시	100	100	현장 사진 설문조사 사 자료	논문	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관	8	실험 결과에 의한 시스템 구성 제시	논문 투고	연기 속 시인성이 우수한 색상 추출 투과성 실험으로 효과적인 피난유도디자인의 디자인 요소 추출	100	100	동영상 휘도계 조도계	논문	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관	9	실험 결과에 의한 시스템 구성 제시	논문 투고	VR 클라이언트 앱 개발과 골든타임에 효과적인 액션픽토의 시인성 실험. 미로 갈찾기 실험	100	100	VR 클라이언트 앱 개발 재난사례를 시뮬레이션	논문	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
주관 공동	10	실험 결과에 의한 시스템 구성 제시	논문 투고	VR 클라이언트 앱 개발과 골든타임에 효과적인 액션픽토의 시인성 실험. 지하철역 화재 실험	100	100	VR 클라이언트 앱 개발 재난사례를 시뮬레이션	논문	10	특허: 출원 1 건 등록: 1 건 논문: 1 건 시제품: 1 건 SW: 1 건
계									100	특허: 출원 4 건 등록: 2 건 디자인 등록: 2 건 논문: 4 건 시제품: 4 건 SW: 4 건

(1) 1차년도

구분	핵심성과 (CTE)		단위성과	성과점검기준						양적 성과 건수	
				질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치		
주관	7	보고서에 의한 재난 정책·제도 제시	논문 투고	색상, 휘도, 위치에 관한 문제점 분석 후 개선점 제시	100	100	현장 사진 설문지조 사 자료	논문	10	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>1</u> 건 시제품: <u>1</u> 건 SW: <u>1</u> 건	
주관	8	실험 결과에 의한 시스템 구성 제시	논문 투고	연기 속 시인성이 우수한 색상 추출 투과성 실험으로 효과적인 피난유도디자인의 디자인 요소 추출	100	100	동영상 휘도계 조도계	논문	10	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>1</u> 건 시제품: <u>1</u> 건 SW: <u>1</u> 건	
계										100	논문: <u>2</u> 건

(2) 2차년도

구분	핵심성과 (CTE)	단위성과	성과점검기준						양적 성과 건수	
			질적 성과지표	목표치	달성치	측정 방법	검증 방법	가중치		
주관	1	피난유도 시스템 제시	특허 출원	부착 된 센스에 의해 화재나 연기를 감지 후 ActionPicto에 의한 피난유도시스템	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 <u>1</u> 건
주관	2	피난 유도등 제시	특허 출원	복수 이미지가 순차적으로 구동, 점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 시인성 향상	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 <u>1</u> 건
주관	3	피난 유도등과 광고장치	특허 출원	피난유도등의 기능과 함께 평상시에는 광고 효과 발생	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 <u>1</u> 건
주관 공동	4	피난 유도등과 승객분산장치	특허 출원	난 발생 시 효율적 안내 유도를 통해 승객을 분산 이동	100	100	출원번호 통지서	특허	10	특허: 출원 <u>1</u> 건
주관 공동	5	비상구 유도등 디자인	디자인 특허 출원	비상구를 지시하며 시인성을 높이기 위해 점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 디자인	100	100	출원번호 통지서	특허	10	디자인 등록: <u>1</u> 건
주관 공동	6	비상구 통로 유도등	디자인 특허 출원	방향성과 연속성을 높이기 위해 점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 디자인	100	100	출원번호 통지서	특허	10	디자인 등록: <u>1</u> 건
주관	9	실험 결과에 의한 시스템 구성 제시	논문 투고	VR 클라이언트 앱 개발과 골든타임에 효과적인 액션픽토의 시인성 실험, 미로 갈찾기 실험	100	100	VR 클라이언트 앱 개발 재난사례를 시뮬레이션	논문	10	논문: <u>1</u> 건
주관 공동	10	실험 결과에 의한 시스템 구성 제시	논문 투고	VR 클라이언트 앱 개발과 골든타임에 효과적인 액션픽토의 시인성 실험, 지하철역 화재 실험	100	100	VR 클라이언트 앱 개발 재난사례를 시뮬레이션	논문	10	논문: <u>1</u> 건
계									100	특허: 출원 <u>4</u> 건 디자인 등록: <u>2</u> 건 논문: <u>4</u> 건

바. 핵심 연구 성과

연번	핵심성과 (CTE)	핵심성과 설명	성과 유형 ¹⁾	연구 기관	해당 연차	TRL
1	피난유도 시스템의 특허 출원	재난이 발생한 장소에서 벗어날 수 있는 방향으로 액션픽토(action picto)가 이동·재생되는 피난유도시스템에 관한 기술이다.	시스템	주관	2년차	3
2	피난유도 시스템의 특허 출원	점진적으로 뛰어가는 인체 형상이 표현되도록 재생되는 제1 표시부를 통하여, 피난 유도등의 시인성을 높일 수 있는 것을 특징으로 한다.	시스템	주관	2년차	3
3	피난 유도등과 광고장치에 대한 특허 출원	점진적으로 뛰어가는 인체 형상이 표현되도록 재생되고, 피난 유도등의 시인성을 높이고, 평상 시에는 광고 효과를 발생시킬 수 있는 것을 특징으로 한다.	시스템	주관	2년차	3
4	피난 유도등과 승객분산장치 특허 출원	점진적으로 이동하는 사람 형상을 재생하는 비상구 안내부를 통해 피난유도등의 시인성을 높이고, 승객을 분산시킬 수 있는 것을 특징으로 한다.	시스템	주관 공동	2년차	3
5	비상구 유도등 특허 출원	비상 상황 시 대피를 안내하기 위한 비상구 통로유도등에 관한 동적 디자인 구성과 색상 제시를 특징으로 한다.	시스템	주관 공동	2년차	3
6	비상구 통로등 특허 출원	비상 상황 시 대피를 안내하기 위한 비상구 통로유도등에 관한 동적 디자인 구성과 색상 제시를 특징으로 한다.	시스템	주관 공동	2년차	3
7	비상구사인의 색상, 휘도, 위치에 관한 논문	피난유도등에 시인성과 방향성, 연속성, 동적 유도성을 적용한 새로운 ActionPicto Design에 대한 개념을 정립하고, 시인성 높은 피난유도사인시스템을 제안했다.	정책·제도	주관	1년차	1
8	속 색상 투과성 실험과 디자인 요소 제안 논문	현 피난유도사인의 거리별 시인성이 높은 색상 검출을 위한 “연기 속 투과성 실험”을 실시하여 효과적인 색상을 검출하였다.	정책·제도	주관	1년차	1
9	VR을 이용한 미로 갈찾기 실험에 관련 된 논문	VR뇌파실험을 통해 피난자의 심리상태와 ActionPicto의 색상, 위치, 동적요소의 효율성 등 탈출시간을 측정한다.	SW	주관	2년차	2
10	VR을 이용한 지하철역 갈찾기 실험에 관련 된 논문	VR뇌파실험을 통해 피난자의 심리상태와 ActionPicto의 색상, 위치, 동적요소의 효율성 등 탈출시간을 측정한다.	SW	주관 공동	2년차	2

(1) 핵심 연구 성과별 설명

핵심성과 1		
정의	액션픽토그램을 이용하는 피난유도시스템	
목적	지하철역 화재에 의한 재난 발생 시 시인성이 높은 피난유도사인시스템 개발	
성능목표	재난 발생 시 시인성이 높은 피난유도사인을 제안	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2017.06~2017.08 (3개월, 1년차)	
성과달성 확인방법	출 원 번 호 10-2017-0157152	
성과달성에 다른 정량적 성과	특허 출원/등록	1건
	논문	
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 2		
정의	액션픽토그램을 이용하는 피난유도시스템	
목적	지하철역 화재에 의한 재난 발생 시 시인성이 높은 피난유도사인시스템 개발	
성능목표	점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 동적 표현되도록 재생	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼, 김광일 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.03~2018.10 (7개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	출 원 번 호 10-2018-0120006	
성과달성에 다른 정량적 성과	특허 출원/등록	1건
	논문	
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 3		
정의	액션픽토그램을 이용하는 피난 유도등과 광고 장치	
목적	복수 개의 이미지가 순차적으로 구동되어, 피난방향을 쉽게 인식.	
성능목표	피난 유도등의 시인성을 높이고, 평상 시에는 광고 효과를 발생	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼, 김광일 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.03~2018.10 (7개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	출 원 번 호 10-2018-0120011	
성과달성에 다른 정량적 성과	특허 출원/등록	1건
	논문	
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 4		
정의	액션픽토그램을 이용하는 피난 유도등과 승객 분산 장치	
목적	한 쌍의 표시부를 연동하여 승객을 분산시킬 수 있는 것을 특징	
성능목표	안전한 출구방향이 어디인지를 인지	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼. 김광일 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.03~2018.10 (7개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	출 원 번 호 10-2018-0120007	
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원/등록	1건
	논문	
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 5		
정의	비상구 유도등	
목적	점진적으로 뛰어가는 인체 형상으로 디자인	
성능목표	정확한 출구방향 인지	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼. 김광일 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.03~2018.10 (7개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	출 원 번 호 30-2018-0045949	
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원/등록	1건
	논문	
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 6		
정의	통로유도등	
목적	신속한 피난유도 효과	
성능목표	출구의 정확한 방향 인지	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.03~2018.10 (7개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	출 원 번 호 30-2018-0045951	
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원/등록	1건
	논문	
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 7		
정의	지하철역 화재 발생 시 시인성 높은 ActionPicto Design에 관한 연구	
목적	동적 움직임인 애니메이션 효과로 이루어진 ActionPicto Design을 제안	
성능목표	시인성과 방향성, 연속성, 유도성이 확보	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼, 김광일 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.03~2018.09 (7개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	The Korean Society of Illustration Research Vol.52	
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원/등록	
	논문	학술지 : 1건]
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 8		
정의	발생 시 연기 속에서 시인성이 높은 피난유도사인의 색상에 관한 연구	
목적	발광체의 휘도값을 측정하여 연기속에서 투과성이 좋은 색을 추출한다.	
성능목표	LED 비상구유도등의 적용색 제안	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼, 이성원, 김광일 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.09~2018.12 (4개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	The Korean Society of Illustration Research Vol.57	
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원/등록	
	논문	학술지 : 1건]
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 9		
정의	CHANGES IN BRAIN WAVES UPON THE RECOGNITION OF EVACUATION SIGNS IN A DISASTROUS SITUATION IN A SUBWAY STATION	
목적	VR 클라이언트 앱 개발과 골든타임에 효과적인 액션픽토의 시인성 실험.	
성능목표	미로 길 찾기 실험에서 탈출 시간 측정	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼, 이길현, 진병문, 윤혜경, 현경예 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.08~2018.11 (4개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	EUROPEAN JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND MEDICAL RESEARCH	
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원/등록	
	논문	학술지 : 1건]
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

핵심성과 10		
정의	Effects of Evacuation Sign in a Maze Utilizing Virtual Reality (VR) on Brain Waves	
목적	VR 클라이언트 앱 개발과 골든타임에 효과적인 액션픽토의 시인성 실험.	
성능목표	지하철역 화재 실험을 통해 탈출 시간 측정 및 효과적인 유도사인 제시	
성과달성 책임자 (소속기관)	김영삼, 이길현, 현경예 (동의대학교 산업협력단)	
소요기간	2018.08~2018.11 (4개월, 2년차)	
성과달성 확인방법	EUROPEAN JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND MEDICAL RESEARCH	
성과달성에 따른 정량적 성과	특허 출원/등록	
	논문	학술지 : 1건]
	저작	
	S/W	
	신기술	
	기타	

(2) 연구 결과

본 연구는 피난자들의 피난 행동과 심리, 인지성을 고려하여 기존 비상구사인의 시인성을 높이기 위해 색상, 설치위치, 밝기, 유도 방향성에 관한 문제점과 개선점이 검토되었다. 또한, 실험 I - 조도와 휘도 측정을 통한 “연기 속에서 시인성이 높은 색상 투과성 실험”을 실시, 화재 발생에 의한 연기 속에서 쾌속한 초기 대응과 시인성, 유도성이 향상된 피난유도사인시스템의 디자인을 제안함으로써 인명 피해를 최대한 줄일 수 있다는 점에 우수한 연구 성과라 할 수 있다.

본 과제에 의해 개발된 ActionPicto 피난유도사인은 매우 성공적인 성과를 얻을 수 있을 것으로 보이며, 이를 활용한 향후의 계획은 다음과 같다.

- 기존 비상구사인, 유도등과 연계하여 업체에서 제작 판매할 수 있도록 한다.
- LED 업체와 소방제품업체와의 전략적 제휴를 통해 국내외판매 시장을 개선한다.
- 전국의 지하철역을 비롯해서 불특정다수들이 이용하는 공공기관, 대형병원과 마트, 호텔, 버스터미널, 공항 등에 설치할 수 있도록 유도한다.

(가) 국내 현황

- 비상구 사인 및 피난유도사인은 안전관리에 대한 특별법 시행규칙, 안전시설 등의 설치·유지 기준(제9조 관련)에 의거하여 관리되며 「건축법 시행령」에 의해 설치되고 있다.
- 비상구사인은 일본이 ISO에 제출한 것으로 1985년 국제 규격화되었다.
- 국내의 경우 일본과는 달리 피난유도사인시스템을 연구하는 전문가가 전무한 상황으로 이 분야에 대한 정부의 지원이 요구된다.
- 현재에는 IT기술과 접목한 LED형 비상구사인 제품이 설치되고 있다.

- 하지만 비상구사인의 피난유도 기능을 향상시키기 위한 색상, 휘도, 설치 위치, 동적 요소를 가미한 디자인분야에 대한 실험적 연구는 실행되지 않고 있다.
- 그러므로 본 과제를 통해 재난 발생 시 시인성을 확보하기 위해 비상구 디자인과 IT 기술의 융합을 통해 피난유도사인시스템의 연구 개발이 이루어져야한다.

(나) 국외 현황

- 일본은 지형적인 특성으로 홍수, 화산, 지진, 산사태 등의 재난이 자주 발생함으로 인해 일찍부터 방재에 대해 국가적인 투자를 지속적으로 진행하고 있으며, 특히 민·관기관의 협동을 통해 재난안전 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다.
- 그 예로, 일본사인학회의 피난유도시스템에 관한 기초적 조사연구, 도영지하철터미널환경의 사인 커뮤니케이션디자인 연구에서는 사인의 형태와 보는 사람의 인지·심리에 관해서 검토를 했다.
- 오타유키오는 동경도에서 지진 발생 시 대피 루트 확보에 관한 연구를 정부의 지원 아래 지하공간, 다중시설물, 도시의 거리를 중심으로 피난장소 심볼의 제안과 피난장소 안내 심볼 등의 연구를 진행하고 있다.

① 기술적 성과

- 재난 관련 산업 분야와의 연동과 합동 연구를 통한 재난 프로그램 개발
- 새로운 소재(LED)와 방식(움직임, 소리)을 이용한 피난유도사인시스템 개발
- 재난 대비 다양한 시스템의 연구 개발
- 재난 발생 시 피난 골든타임 초기대처가 가능하여 인명피해 감소에 기여 가능
- 인명피해의 감소로 국민의 신뢰성 확보 가능

② 경제적 성과

- 다양한 피난유도사인시스템의 개발을 통한 LED시장 활성화 및 독자 영역 구축
- 한국형 비상구사인의 개발을 통해 특허출현과 로열티 수익의 창출로 해외시장 개척 및 각 업계의 새로운 고가형 수익 창출이 가능 (제조·유통·디자인업계)
- 소방안전 기기의 개발 및 판매 등 관련 산업발전에 기여 가능

4. 연구개발성과의 활용 계획

움직임을 통해 시인성과 방향성의 효과를 높인 ActionPicto사인의 활용은 사회전반 곳곳에서 이루어질 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 사람들의 이동이 많은 지하철과 백화점, 호텔 등 다중이용시설에서 재난발생 때는 ActionPicto의 피난유도 기능이 우수할 것으로 기대된다. 또한, 피난용품 제작업체와 소방제품업체와의 전략적 제휴를 통해 생산화 되면 급속도로 확대되어 재난안전 산업분야에 활성화될 가져올 것이다.

가. 추가 연구의 필요성,

- 본 연구에서는 기초연구단계(TRL 1,2)와 실험 단계(TRL 3,4)를 진행하였다.
- ActionPicto사인의 기본적인 구성과 디자인, 샘플을 제안함으로써 다음 단계인 시제품, 실용화, 사업화 단계로의 기초적인 자료를 완성하였다.
- 아직, 국내는 물론이고 해외에서도 ActionPicto사인에 관련 한 연구는 없으며 실용화와 사업화 단계가 진행 된다면 재난안전관련 사업에 영향을 미칠 것이다.
- 기존의 감지기들은 화재를 감지하고 사이렌을 울려주는 기능만 있으나 **ActionPicto는 화재 발생 시 연기, 열, 공기 농도, 진동의 수치를 측정하는 일체형 센스로** 이루어져야하며, 동시에 사람이 뛰어가는 動的 움직임이 이루어질 수 있으며 신속히 운영할 수 있는 **Total system 연구가 이루어져야 한다.**
- 현재의 무선감지시스템은 화재를 감지하면 화재감지데이터를 중계기와 속보기(수신기)로 전송하고 속보기에서 전화망 또는 인터넷망을 이용하여 전송하는 방식으로 유선망과 설치비용이 높으며 에러발생 확률도 높다.
- 그러므로, 동적기능을 추가한 ActionPicto의 감지기 자체 무선(LORA) 기능을 추가하여 화재발생 데이터를 중앙관제센터로 직접 전송하여 **신속한 초기 대응 이루어질 수 있도록 설계 된 액션픽토 재난안전관리 시스템 (ActionPicto Disaster Safety Management System / ADSMS)의 구축에 관한 연구가 필요하다.**

나. 추진방안

- 피난유도등의 설치와 관련 된 건축법령과 소방법령에 의거하여, 기존의 비상구사인 설치 법령을 유지하면서 개선 조항과 추가 설치 조항을 넣어 입법화 진행.
- 이에 효율적인 피난대피가 요구되는 지하상업시설과 호텔, 병원, 쇼핑센터 등 유동인구가 많은 시설에 설치할 수 있는 제도적 방안이 진행.
- ActionPicto가 법령에 반영 될 수 있도록 시행령 제정과 개정을 진행.
- 정책으로 활용 될 수 있도록 관련 기관과의 협조체계를 구성.
- 설계기준과 설치 기준을 명확히 제시하여 지침서 수립을 진행.
- 국제화 비즈니스가 이루어 질 수 있도록 진행.

참고문헌

1. , 윤홍순 (2013). 화재 시 이동약자의 대피를 위한 계단 이동장치 디자인연구. Korean Society of Design Science. V26. p.339 ~ 353
2. 김진수, 이동호(2017). 지하철 승강장 화재시 연기의 전파속도에 따른 승강장 형태별 피난시간 비교·분석 연구. 한국터널지하공간학회(Journal of korean Tunnelling and Underground Space Association) 19.4 577-588
3. 김영삼. (2009). 피난유도 사인시스템의 형태에 관한 연구. (사)한국일러스트레이션학회, Vol.19.
4. 김영삼. (2010). 常口サインに関する研究. 日本大學大學院 藝術學研究科 博士論文, 日本
5. 김영삼. (2017). 안전산업의 지향점과 다각적 발전방향 모색. 재난안전산업 포럼, 41-69.
6. 나옥정, 전규엽, 홍원화 (2006). 지하공간 비상 유도등의 성능평가와 피난유도 향상에 관한 연구. 대한건축학회 논문집. 22(10).295-302
7. 노재성, 유홍선, 김충익, 윤명호. (1996). 밀폐 공간 내에서의 화재에 의한 연기의 이동. 韓國火災・消防學會志, 10(3), pp.10-18.
8. 백남옥, 이상진. (2007). 철도 관련 큰 사전, 서울: 골든벨
9. 백은선, 백건중 (2010). 화재안전인식 및 피난유도 시스템에 대한 연구. 한국화재소방학회 논문지. 제24권 제6호 45-53 (9 pages)
10. 배재한, 노기영(2014). 가상현실 시뮬레이션 게임의 학습효과에 대한 실험연구. 한국컴퓨터게임학회 논문지. 28(2), 103-111
11. 안상락(2008). 유니버설 디자인관점에서의 공공사인 커뮤니케이션 지각효과 연구_인천국제공항의 유도사인 시스템을 중심으로. 학 위논문(박사) -홍익대학교 대학원, 광고홍보학, 2008.2
12. 정유경(2017). UX 디자인 방법론을 적용한 VR 소방체험 교육콘텐츠 개발. 한국콘텐츠학회논문지 17(3), 2017.3, 222-230
13. 정진우(2003). 가상현실을 이용한 화재공간에서 길찾기와 랜드마크에 관한 연구. 한국실내디자인학회 논문집. 37, 119-128
14. 최정수, 박두리, 정경화. (2014). 화재 시 피난유도사인의 안전디자인 색에 관한 연구 . 대한국색채학회, Vol.28, NO3 71-80.
15. 홍원화. (2005). 대구지하철 화재시 피난자 행동유형 분석을 통한 지하공간 안전피난대책에 관한 연구 . 대한건축학회 , v.21 n.1, 235-242.
16. 현대건축 관련 용어 편찬위원회. (20011). 건축용어 사전. 서울: 성안당
17. 유도등의 형식승인 및 제품검사의 기술기준
[시행 2014.8.21.] [소방방재청고시 제2014-26호, 2014.8.21., 일부개정]
18. 金泳三. (2010). 非常口サインに関する研究. 日本大學大學院 藝術學研究科 博士論文, 日本.
19. Acta Psychiatr Scand. 2007 Aug;116(2):145-53. Decreased cerebral blood flow of thalamus in PTSD patients as a strategy to reduce re-experience symptoms. Kim SJ1, Lyoo IK, Lee YS, Kim J, Sim ME, Bae SJ, Kim HJ, Lee JY, Jeong DU.
20. Bush et al., 2000 G. Bush, P. Luu, M.I. Posner Cognitive and emotional influences

- in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Science*, 4 (2000), pp. 215–222
21. Darwin, 1955 C. Darwin The expression of the emotions in man and animals Philosophical Library, New York (1955)
 22. Decoding brain states using backward edge elimination and graph kernels in fMRI connectivity networks. Mokhtari F, Hossein-Zadeh GA. *J Neurosci Methods*. 2013 Jan 30;212(2):259–68. doi: 10.1016/j.jneumeth.2012.10.012. Epub 2012 Nov 6.
 23. Executive Functions in Frontal Lob Syndrome: A Case Report. Metin Ö, Tufan AE, Cevher Binici N, Saraçlı Ö, Atalay A, Yolga Tahiroğlu A. *Türk Psikiyatri Derg*. 2017 Summer;28(2):135–138. English, Turkish.
 24. Statistical parametric mapping analysis of 18F-FDG PET in Parkinson's disease with mild cognitive impairment. Chu JS, Liu TH, Zang YZ, Wang KL, Ma HZ, Han CL, Zhao XB, Liu YP, Xia XT, Meng FG. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*. 2018 Sep 4;98(33):2632–2635. 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.33.004. Chinese.
 25. Decoding brain states using backward edge elimination and graph kernels in fMRI connectivity networks. Mokhtari F, Hossein-Zadeh GA. *J Neurosci Methods*. 2013 Jan 30;212(2):259–68. doi: 10.1016/j.jneumeth.2012.10.012. Epub 2012 Nov 6.
 26. Early CT signs in out-of-hospital cardiac arrest survivors: Temporal profile and prognostic significance. Inamasu J, Miyatake S, Suzuki M, Nakatsukasa M, Tomioka H, Honda M, Kase K, Kobayashi K. *Resuscitation*. 2010 May;81(5):534–8. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.01.012. Epub 2010 Mar 1.
 27. Emergence of symmetry selectivity in the visual areas of the human brain: fMRI responses to symmetry presented in both frontoparallel and slanted planes. Keefe BD, Gouws AD, Sheldon AA, Vernon RJW, Lawrence SJD, McKeefry DJ, Wade AR, Morland AB. *Hum Brain Mapp*. 2018 Oct;39(10):3813–3826. doi: 10.1002/hbm.24211. Epub 2018 Jul 3.
 28. Study of Resting-State Functional Connectivity Networks Using EEG Electrodes Position As Seed. Rojas GM, Alvarez C, Montoya CE, de la Iglesia-Vayá M, Cisternas JE, Gálvez M. *Front Neurosci*. 2018 Apr 24;12:235. doi: 10.3389/fnins.2018.00235. eCollection 2018.
 29. Comparison of Site Localization Techniques for Brain Stimulation. Nikolin S, D'Souza O, Vulovic V, Alonzo A, Chand N, Dong V, Martin D, Loo C. *J ECT*. 2018 Aug 14. doi: 10.1097/YCT.0000000000000537. [Epub ahead of print]
 30. Chronic moderate alcohol drinking alters insulin release without affecting cognitive and emotion-like behaviors in rats. Nelson NG, Suhaidi FA, Law WX, Liang NC. *Alcohol*. 2018 Aug;70:11–22. doi: 10.1016/j.alcohol.2017.12.001. Epub 2017 Dec 16.
 31. Diminished rostral anterior cingulate activity in response to threat-related events in posttraumatic stress disorder. Kim MJ, Chey J, Chung A, Bae S, Khang H, Ham B, Yoon SJ, Jeong DU, Lyoo IK. *J Psychiatr Res*. 2008 Mar;42(4):268–77. Epub 2007 Apr 2.

32. Decreased N-acetyl-aspartate levels in anterior cingulate and hippocampus in subjects with post-traumatic stress disorder: a proton magnetic resonance spectroscopy study. Ham BJ, Chey J, Yoon SJ, Sung Y, Jeong DU, Ju Kim S, Sim ME, Choi N, Choi IG, Renshaw PF, Lyoo IK. *Eur J Neurosci*. 2007 Jan;25(1):324-9.
33. Disrupted white matter tract integrity of anterior cingulate in trauma survivors. Kim MJ, Lyoo IK, Kim SJ, Sim M, Kim N, Choi N, Jeong DU, Covell J, Renshaw PF. *Neuroreport*. 2005 Jul 13;16(10):1049-53.
34. Hamner et al., 1999 M.B. Hamner, J.P. Lorberbaum, M.S. George Potential role of the anterior cingulate cortex in PTSD: review and hypothesis *Depression and Anxiety*, 9 (1999), pp. 1-14
35. Which Attribute of Ceiling Color Influences Perceived Room Height? von Castell C, Hecht H, Oberfeld D. *Hum Factors*. 2018 Aug 1:18720818789524.
36. Effects of neurofeedback training on the brain wave of adults with forward head posture. Oh HJ, Song GB. *J Phys Ther Sci*. 2016 Oct;28(10):2938-2941. Epub 2016 Oct 28.
37. F.G. Ashby, et al. A neuropsychological theory of positive affect and its influence on cognition *Psychol. Rev.*, 106 (1999), pp. 529-550
38. M.I. Posner, S.E. Petersen. The attention system of the human brain. *Annu. Rev. Neurosci.*, 13 (1990), pp. 25-42
39. High frequency EEG activity during sleep: characteristics in schizophrenia and depression. Tekell JL, Hoffmann R, Hendrickse W, Greene RW, Rush AJ, Armitage R. *Clin EEG Neurosci*. 2005 Jan;36(1):25-35.
40. A longitudinal study of EEG sleep in schizophrenia. Keshavan MS, Reynolds CF 3rd, Miewald JM, Montrose DM. *Psychiatry Res*. 1996 Jan 31;59(3):203-11.
41. Electroencephalographic sleep abnormalities in schizophrenia. Relationship to positive /negative symptoms and prior neuroleptic treatment. Tandon R, Shipley JE, Taylor S, Greden JF, Eiser A, DeQuardo J, Goodson J. *Arch Gen Psychiatry*. 1992 Mar;49(3):185-94.
42. Acetylcholine Neuromodulation in Normal and Abnormal Learning and Memory: Vigilance Control in Waking, Sleep, Autism, Amnesia and Alzheimer's Disease. Grossberg S. *Front Neural Circuits*. 2017 Nov 2;11:82. doi: 10.3389/fncir.2017.00082. eCollection 2017.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.