creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조경학석사 학위논문

VR 시뮬레이션을 활용한 공원 조명의 적정 균제도 연구

Effective Uniformity Ratio of Park Lighting using VR Simulation

2022년 2월

서울대학교 환경대학원

환경조경학과

이 정 환

VR 시뮬레이션을 활용한 공원 조명의 적정 균제도 연구

지도교수 이 유 미

이 논문을 조경학석사 학위논문으로 제출함
2021년 10월

서울대학교 환경대학원
환경조경학과
이 정 환

이정환의 석사 학위논문을 인준함
2021년 12월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

VR 시뮬레이션을 활용한 공원 조명의 적정 균제도 연구

서울대학교 환경대학원 환경조경학과
이 정 환

위 논문은 서울대학교 및 환경대학원 환경조경학과 학위논문 관련 규정에 의거하여 심사위원의 지도과정을 충실히 이수하였음을 확인합니다.

2022년 2월

위 원 장 _____ (서울대학교 환경대학원 교수)

부위원장 _____ (서울대학교 농업생명과학대학 교수)

위 원 _____ (서울대학교 환경대학원 교수)

국문 초록

본 연구는 몰입형 가상현실 시뮬레이션을 활용하여 도시공원의 야간 환경을 시뮬레이션하고 균제도가 공원 이용자들의 시각적 인상에 미치는 영향을 평가하여 비교하는 연구이다. 균제도가 낮은 야간 시간대의 공원은 실제 밝기 보다 더 어둡게 보이고 명암 대비가 큰 환경을 조성한다. 이러한 환경에서는 다가오는 물체의 식별이 어렵고 가시성이 떨어져 야간 공원 이용자들의 불안감이 증대될 수 있다. 또한 잦은 암순응으로 인해 시각적 피로감이 증가하고 일부 조명 기구의 광원에서 과도한 눈부심이 발생할 수 있어 야간 공원 이용자들의 시각적 쾌적성을 저해할 수 있다. 하지만 현재 도시공원의 야간 환경은 '평균 조도'에만 초점이 맞추어져 있어 균제도 기준뿐 아니라 관련 연구도 미비한 상황이다.

현재 야간 환경 설계 시 활용하는 기존의 조명설계 소프트웨어는 정성적 분석의 측면에서 여러 한계가 있다. 반면에 가상현실은 상호작용성, 몰입감, 실재감, 행위 주체성 등의 특성을 통해 공간을 경험하는 측면에서 유용한 도구이다. 그중에서도 게임 엔진인 언리얼 엔진을 사용하여 제작된 몰입형 가상현실에서는 높은 몰입감과 실재감을 구현할 수 있어 체험자의 야간 환경에 대한 심리적 인지를 극대화할 수 있으며, 실시간 시나리오 변경이 가능하여 시나리오별 평가가 필요한 상황에서 매우 유용한 도구이다.

따라서 본 연구에서는 안전하고 쾌적한 도시공원의 야간 환경 조성을 위해, 균제도에 따른 공원의 야간 환경을 정성적으로 평가하여 균제도의 중요성을 검증하고자 하였다. 본 연구의 공간적 범위는 서울시에서 가장 낮은 공원 안전 등급을 받은 공원 중 범죄율과 112 신고 건수가 가장 높은 공원을 대상으

로 하였다.

본 연구의 방법으로 첫째, 이론적 고찰 및 선행연구 분석, 국내·외 균제도 기준을 조사하여 균제도와 시각적 인상과의 관계 및 실외 조명 환경에서의 정성적 평가 지표를 파악하고, 국내·외의 균제도 기준에 대한 실태를 파악하였다. 또한 전문가 인터뷰를 통해 본 연구의 배경과 필요성을 강화하였다. 둘째, 대상지 현황 분석 및 SketchUp, Twinmotion, Relux, Unreal Engine 4 등의 소프트웨어들을 사용하여 3D 모델링 기반의 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션을 제작하였다. 셋째, 일반인들을 대상으로 HMD(Head Mounted Display)를 활용한 균제도 별 VR 실험 및 5점 리커트 척도 설문 평가를 진행하였다. 넷째, 설문 결과를 통계 프로그램을 활용하여 균제도에 따라 체험자가 느끼는 시각적 인상을 비교 및 분석하였다.

본 연구에서는 도시공원의 야간 환경에서 균제도에 따른 시각적 인상 차이 비교를 통해 자칫 간과할 수 있는 균제도의 중요성을 검증하고, 이 과정에서 가상현실 기술을 활용하여 도시공원 야간 환경 시뮬레이션의 새로운 기법을 제시한 것에 의의가 있다. 연구결과를 통해 균제도가 공원 이용자들의 시각적 인상에 미치는 영향을 파악하고 최소 균제도 기준을 제시하였으며, 가상현실 기술을 활용한 야간 환경 시뮬레이션 및 정성적 평가의 가능성을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 궁극적으로 보다 안전하고 쾌적한 도시공원의 야간 환경을 조성하는 데 기여할 수 있을 것이다.

▌ 주요어 : VR, 야간 환경 시뮬레이션, 균제도, 도시공원, 언리얼 엔진

▌ 학번 : 2019-20613

목 차

제1장 서론

1절. 연구의 배경 및 목적 ····· 01
1. 연구의 배경 ····· 01
2. 연구의 목적 ····· 08

2절. 연구의 범위 및 방법 ····· 08
1. 연구의 범위 ····· 08
2. 연구의 방법 ····· 10

3절. 연구 진행절차 ····· 12

제2장 이론적 고찰 및 전문가 인터뷰

1절. 야간 환경 관련 개념 고찰 ····· 13
1. 조도와 평균 조도 및 평균 조도 산출 ····· 13
2. 균제도와 조도 균제도 ····· 14
3. 실외 조명 환경에서의 정성적 평가 지표 ····· 15

2절. 가상현실(VR)의 특성 ····· 16
1. 몰입감(Immersion) ····· 16
2. 실재감(Presence) ····· 16
3. 상호작용성(Interactivity) ····· 17
4. 행위 주체성(Subjectivity) ····· 18
5. 몰입형 가상현실 ····· 19

3절. 선행연구 분석 ····· 20

1. 공원의 야간 이용과 조명 ····· 20
2. 균제도와 시각적 인상 ····· 22
3. 균제도 기준 마련 ····· 25
4. 야간 환경과 시뮬레이션 ····· 26

4절. 국내·외 균제도 기준 분석 ····· 32
1. 국내 균제도 기준 분석 ····· 32
2. 국외 균제도 기준 분석 ····· 34
3. 국내·외 균제도 기준 분석 종합 ····· 35

5절. 전문가 인터뷰 ····· 36
1. 인터뷰 범위 ····· 36
2. 인터뷰 방법 ····· 36
3. 인터뷰 결과 ····· 37
4. 인터뷰 시사점 ····· 39

제3장 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 제작

1절. 연구 대상지 ····· 41
1. 대상지 개요 ····· 41
2. 대상지 현황 및 분석 ····· 41
3. 대상지 현장 조사 ····· 43

2절. 야간 환경 제작을 위한 3D 모델의 구축 ····· 44
1. 3D 모델의 구현 범위 ····· 44
2. 대상지 3D 모델 제작과정 ····· 45

3절. 정량적 야간 환경 시나리오 설정 ····· 48
1. Relux와 IES 파일을 활용한 정량적 시나리오 설정 ····· 48
2. 상세 시나리오 설정 ····· 49

4절. 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 제작 ····· 56
1. Unreal Engine을 활용한 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 제작 ····· 56
2. Relux와 Unreal Engine의 렌더링 출력물 비교 ····· 60

제4장 몰입형 VR 야간 환경 체험 및 실험 평가

1절. 야간 환경 시뮬레이션 실험설계 ····· 65
1. 실험 개요 ····· 65
2. 실험 대상 ····· 65
3. 실험 장비 ····· 65
4. 실험 방법 ····· 66
5. 설문 평가 항목설정 ····· 68

2절. 실험결과 및 분석 ····· 69
1. 균제도에 따른 시각적 인상 평가에 대한 설문 결과 및 분석 ····· 69

제5장 결론 ····· 88

[참고문헌] ····· 91
[부록] ····· 96
[Abstract] ····· 126

표 차례

[표 1] 각 조명 설계 소프트웨어별 3차원 시뮬레이션 뷰의 비교 ····· 6
[표 2] 2018년도 C등급 서울 공원 현황(서울시·경찰청, 2018) ····· 8
[표 3] 가상현실 시스템 환경에 따른 분류(박재현, 2020) ····· 19
[표 4] 공원의 야간 이용과 조명 ····· 21
[표 5] 균제도와 시각적 인상 ····· 24
[표 6] 야간 환경과 시뮬레이션 ····· 31
[표 7] 한국 산업규격 KS A 3011 ····· 32
[표 8] 서울시 오픈스페이스 조명 설계기준(필수사항) ····· 32
[표 9] 외부공간 조도 기준 및 균제도 기준(IESNA) ····· 33
[표 10] 보행로에 인접한 지역에 대한 제한 권장 사항(SLL) ····· 33
[표 11] 국내·외 균제도 기준 종합 ····· 34
[표 12] 인터뷰 질문지 구성 ····· 35
[표 13] 대상지 야간 환경 현황 ····· 43
[표 14] Relux에서의 정량적 시나리오 설정 ····· 54
[표 15] 선행연구 설문 항목 설정 ····· 67
[표 16] 야간 환경의 시각적 인상 평가 관련 설문 항목 ····· 68
[표 17] 균제도에 따른 시각적 인상 평가 기술통계(*P < .05) ····· 70
[표 18] 위험 지각 Q1 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 71
[표 19] 위험 지각 Q2 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 73
[표 20] 위험 지각 Q3 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 74
[표 21] 시각적 접근성 Q1 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 76
[표 22] 시각적 접근성 Q2 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 77
[표 23] 시각적 접근성 Q3 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 78
[표 24] 시 대상의 자연스러움 Q1 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 80
[표 25] 시각적 접근성 Q2 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 81
[표 26] 시 대상의 자연스러움 Q3 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 83
[표 27] 조명 분위기 Q1 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 85
[표 28] 조명 분위기 Q2 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 86
[표 29] 조명 분위기 Q3 사후 검정 결과(*P < .05) ····· 87

그림 차례

[그림 1] 균제도가 낮은 공원의 야간 환경 모습들 ····· 3
[그림 2] 대상지 항공 사진(출처: https://map.kakao.com/) ····· 9
[그림 3] 대상지 야간 환경 현황 사진 ····· 9
[그림 4] 연구진행 흐름도 ····· 12
[그림 5] 평균 조도가 비슷하지만 균제도가 낮은 공원(좌)과 균제도가 높은 공원(우) ····· 15
[그림 6] Unreal Engine을 사용한 몰입형 가상현실 야간 환경 (https://www.youtube.com/watch?v=XGNBsyn71dg) ····· 17
[그림 7] Unreal Engine의 Blueprint 상호작용 스크립팅 ····· 18
[그림 8] HMD를 활용한 몰입형 가상현실 시스템(좌), HMD 컨트롤러를 이용한 이동(우) ····· 19
[그림 9] 언리얼 엔진을 활용한 어린이공원 밤시간 VR 시뮬레이션(노승민, 2018) ····· 28
[그림 10] 언리얼 엔진을 활용한 나폴리 공원 야간 환경 VR 시뮬레이션 (Scorpio, M. et al, 2020) ····· 29
[그림 11] 언리얼 엔진을 활용한 광화문 광장 야간 환경 VR 시뮬레이션 (Jeonghwan Lee & Yumi Lee, 2021) ····· 31
[그림 12] 대상지 항공 사진(출처: https://map.kakao.com/) ····· 41
[그림 13] 대상지 주변 현황(출처: https://map.kakao.com/) ····· 42
[그림 14] 대상지 공간계획 및 시설 다이어그램 ····· 42
[그림 15] 대상지 야간 환경 ····· 43
[그림 16] 3D 모델링 구현 범위 ····· 45
[그림 17] SketchUp에서 제작한 대상지 3D 모델 ····· 46
[그림 18] Twinmotion에서 추가 작업한 대상지 3D 모델 ····· 47
[그림 19] 정량적 시나리오 설정에 활용된 조명 IES 파일의 배광 곡선 ····· 49
[그림 20] 시나리오 A-1의 평균 조도 및 균제도 값 ····· 50
[그림 21] 시나리오 A-1의 의사 색채(Pseudo Color) ····· 51
[그림 22] 시나리오 A-2의 평균 조도 및 균제도 값 ····· 52
[그림 23] 시나리오 A-2의 의사 색채(Pseudo Color) ····· 53
[그림 24] 시나리오 A-3의 평균 조도 및 균제도 값 ····· 54

[그림 25] 시나리오 A-3의 의사 색채(Pseudo Color) ····· 55
[그림 26] Unreal Engine의 Twinmotion 플러그인 ····· 57
[그림 27] Unreal Engine에 IES 파일을 활용하여 조명을 배치한 모습 ····· 58
[그림 28] 시나리오 변경 블루프린트 ····· 58
[그림 29] 시나리오 A-1, A-2, A-3 변경 이미지 ····· 59
[그림 30] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-1 ····· 61
[그림 31] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-2 ····· 62
[그림 32] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-3 ····· 63
[그림 33] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-4 ····· 64
[그림 34] HTC VIVE(출처: https://www.vive.com/kr/comparison) ····· 66
[그림 35] VR 실험 환경(서울대학교 환경대학원 506호 설계실) ····· 67
[그림 36] VR 실험 진행 과정 ····· 67
[그림 37] 균제도에 따른 시각적 인상 전체 평균 ····· 71
[그림 38] 위험 지각 Q1 평가 결과 ····· 73
[그림 39] 위험 지각 Q2 평가 결과 ····· 74
[그림 40] 위험 지각 Q3 평가 결과 ····· 76
[그림 41] 시각적 접근성 Q1 평가 결과 ····· 77
[그림 42] 시각적 접근성 Q2 평가 결과 ····· 79
[그림 43] 시각적 접근성 Q3 평가 결과 ····· 80
[그림 44] 시 대상의 자연스러움 Q1 평가 결과 ····· 82
[그림 45] 시 대상의 자연스러움 Q1 평가 결과 ····· 83
[그림 46] 시 대상의 자연스러움 Q3 평가 결과 ····· 85
[그림 47] 시각적 접근성 Q1 평가 결과 ····· 86
[그림 48] 조명 분위기 Q2 평가 결과 ····· 88
[그림 49] 조명 분위기 Q3 평가 결과 ····· 89

제1장: 서론

1절: 연구의 배경 및 목적

1) 연구의 배경

▌ 도시공원의 야간 환경 중요성 증대 및 범죄와 밀접한 야간의 도시공원

도시화 및 정부의 주 52시간 정책 등으로 인해 도시민의 야간 활동이 지속적으로 증가하고 있으며 야간 환경에 대한 관심과 중요성이 대두되고 있다. 이에 여가생활문화로서 도시공원의 야간 이용에 대한 수요도 증가하였고, 야간 활동을 고려한 아름답고 쾌적한 환경의 조성 또한 필요하게 되었다(최연철과 김진선, 2001a). 국내의 경우 국외에 비해 치안이 좋은 편이고 24시 편의점 등의 24시간 문화가 정착되어 야간 활동이 늦은 시간대까지 일어난다는 특성을 지니고 있기도 하다.

도시의 외부공간 중에서 도시공원은 야간이나 주간에 관계없이 도시민이 쉽게 접근할 수 있는 친근한 휴식처이며, 옥외 레크리에이션 활동을 수용하는 공급의 장소이다(김진선, 2005). 야간 도시공원은 야간 이용상의 문제인 안전, 범죄, 이용 시간상의 제약, 분위기 등에 대한 시간적·심리적 접근성이 공원 이용에 더욱 중요한 이용 기회를 제공한다(최연철과 김진선, 2001b). 이러한 도시공원의 야간 환경에서 조명은 공간에 대한 접근성과 공간 이용도에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 야간의 기본적인 환경요소로써 조명은 공원의 야간 이용에 대한 시간적·심리적 접근성 제고에 기여하고, 이용자의 활동에 영향을 미친다(김진선, 2005). 그러나 도시 근린공원의 야간 이용은 이용자의 안전에 대한 위험과 공간 기능에 따른 활동을 수용하기에는 조명환경이 열악하여 공원의 이용률은 감소되고 있다(최연철과 김진선, 2001a). 또한 국내의 공원은 한해 평균 4,000여 건에 이르는 9대 범죄가 발생하는 장소이기도 하다(강용길, 2011). 특히 야간 공원 내에서 발생한 범죄는 하루 범죄의 50%를 차지하

였다(서울지방경찰청, 2012).

▌ 공원의 야간 환경에서 균제도의 중요성

서울시를 포함한 여러 지자체들은 안전하고 쾌적한 공원의 야간 환경을 조성하기 위해 조도 개선 사업들을 추진해왔다. 국내에서는 안전하고 쾌적한 공원의 야간 환경을 조성하기 위해 '평균 조도'를 개선하는 데 초점을 두고 있다. 그러나 실제로 야간 시간대에 주변 공원들을 방문해보면, 대체로 조명기구가 설치된 조명 바로 아래 공간만 눈이 부실 정도로 매우 밝고 그렇지 않은 공간은 빛이 거의 닿지 않아 매우 어두운 경우가 많은 상황을 볼 수 있다. 이처럼 현재 국내 공원은 명암 대비가 심한 야간 환경이 적지 않다. 본 연구자는 공원의 야간 환경에서 '공간이 평균적으로 얼마나 밝은지'를 판단할 수 있는 '평균 조도' 뿐만 아니라 '공간이 얼마나 균일하게 밝은지'를 판단할 수 있는 '균제도' 또한 매우 중요한 요소라고 판단한다.

균제도는 범죄예방환경설계(CPTED)의 중요한 요소인 안전감 또는 안전성이나 시각적 쾌적성 등과 밀접한 관련이 있다. 조명은 주변을 잘 볼 수 있고 은폐장소를 최소화시킨 설계를 위한 자연 감시의 역할을 하므로, 야간에 가시성을 극대화하기 위해서는 조명은 적절한 조도와 간격을 유지해야 한다(서울시 주거환경 관리사업 범죄예방환경설계 가이드라인, 2013). 주변의 은폐장소를 최소화시키고 가시성을 높일 수 있도록 조명의 간격이 적절한지를 판단할 수 있는 정량적인 기준은 결국 균제도라 볼 수 있다. 균제도가 낮은 야간 시간대의 공원은 대체로 조명기구의 간격이 멀고 명암 대비가 큰 환경을 조성하여 실제 밝기 보다 더 어두워 보이도록 만든다. 이러한 환경에서는 범죄자가 은닉할 수 있는 면적이 넓어지므로 야간 공원 이용자들의 불안감이 증대될 수 있다. 그리고 다가오는 물체의 식별이 어렵고 가시성이 떨어져 마주 오는 사람 또는 물체와 부딪혀 위험할 수 있다. 또한 잦은 휘도순응으로 인해 시각적 피로감이 증가할 수 있다. 김태형 외 2인(2019)에 따르면, 우리 눈의 동공이

빛의 밝기에 따라 변할 때 홍채 근육의 수축과 이완에 의해 변하는 것이며, 일반적으로 근육을 많이 사용하게 되면 근육이 지치게 되고 수축, 이완 능력이 떨어지게 된다. 게다가 평균 조도를 높이기 위해 설치한 일부 조명 기구의 광원에서 발생하는 과도한 눈부심은 야간 공원 이용자들의 시각적 쾌적성을 저해할 가능성이 있다.

하지만 국내의 경우, 공원 조명 설계 기준에 평균 조도와 색온도 기준만 명시되어 있고 균제도 기준은 부재한 실정이다. 평균 조도를 산출하는 방식에는 맹점이 있기 때문에 별도의 균제도 기준이 없으면 명암대비가 심한 야간 환경을 조성하기 쉬워진다. 평균 조도는 지점마다 측정된 조도를 방 혹은 특정 범위로 규정하여 해당 범주에서 산출한 조도의 평균값이다(대한 건축 학회 건축 용어 사전). 즉, '평균값' 이기 때문에 최소 조도가 매우 낮더라도 소수의 광량이 센 조명 기구를 설치함으로써 현재의 공원 조명 설계 기준(5-10-15 lx)을 충족할 수 있다. 균제도의 산출 방식은 Emin(최소 조도 값)/Eave(평균 조도 값)이며, 최대 조도에 대한 최소 조도의 비를 이용하기도 한다(색채 용어 사전). 평균 조도 값과 최소 조도 값의 편차가 커질수록 균제도가 낮아지고 공간의 명암 대비가 커지게 되는 것이다.

[그림 1] 균제도가 낮은 공원의 야간 환경 모습들

▌ 기존 균제도 연구의 한계

여러 선행연구에서 균제도의 중요성이 언급되고 있음에도 불구하고, 기존에 문헌 연구를 통해 균제도의 필요성을 언급한 연구는 있으나, 설계를 통해 균제도의 필요성을 검증한 연구는 없다. 일부 실증 연구들은 균제도를 중점적으로 다루기보다는 광원 자체의 효과에 초점이 맞추어져 있거나, 야간 환경에 대한 이용자들의 정성적 평가 없이 현장에서 측정한 균제도 값을 기준으로 균제도 기준을 제시하여 한계가 있다. 본 연구는 공원 야간 환경의 균제도 기준을 제시하기 전에 우선적으로 균제도에 따른 공원 이용자들의 시각적 인상을 평가하여 균제도의 중요성을 검증하였고, 이 과정에서 VR 시뮬레이션을 활용하였다는 점에서 차별성이 있다. 야간 환경에 대한 이용자들의 시각적 인상을

평가할 수 있는 방식은 크게 현장 평가 방식과 시뮬레이션 평가 방식으로 구분할 수 있다. 현장에서 직접 정성적 평가를 하는 방식은 통제하기 힘든 여러 변수들(공원의 형태 및 크기, 포장, 식재 환경, 공원 내 조명 환경, 공원 주변의 침입광 등)로 인하여 한계가 있으나, 이에 비해 컴퓨터 소프트웨어를 활용한 야간 환경의 3D 시뮬레이션 평가 방식은 변수의 통제가 용이한 이점이 있다. 홍승대(2011)에 따르면, 야간 환경 설계에서 3D 시뮬레이션 방식은 정량적 기준에 대한 빛의 양과 소요되는 제반 비용의 경제성을 검토하기 위해 오래전부터 사용되어 왔다.

▌ 기존 조명 시뮬레이션 소프트웨어의 한계

Scorpio, M. et al(2020)에 따르면, 오늘날, 설계가가 조명 설계에 사용하는 RELUX 2020.1.5.0 및 DIALux evo 9는 전 세계의 조명 설계가들이 알고 있는 무료 컴퓨터 응용 프로그램이다. 이러한 전통적인 도구들은 실내와 실외 환경의 조명 설계에 사용된다. 기존의 소프트웨어는 실내 환경의 조명 시뮬레이션에서 정성적 및 정량적 분석을 위한 효과적인 도구이지만, 몰입형 가상 환경을 조성할 가능성을 제공하지 않기 때문에 사용자의 주관적 반응을 고려한 설계에는 적합하지 않으며, 실외 환경의 조명 시뮬레이션 시 정성적 분석 측면에서 여러 한계가 있다. 첫째, 소프트웨어 자체에서 보유하고 있는 식재 라이브러리가 거의 없기 때문에 식재가 있는 경관에서 정확한 조명 효과를 시뮬레이션하는 것이 쉽지 않다. 둘째, 렌더링 결과물은 1인칭 시점을 지원하지 않기 때문에 공간 내에서 조명의 연속성을 평가하기 어렵다. 셋째, 렌더링 된 이미지는 해상도가 낮고 세부 정보가 부족한데, 이는 설계에 대한 시각적 분석만 제공할 수 있다. 그렇기 때문에 대부분의 경우, 야간 환경의 렌더링 이미지들은 포토샵을 활용한 이미지로 대체된다. 넷째, 오프라인 렌더링(Off-line Rendering) 방식으로 렌더링에 많은 시간이 소요되며, 다양한 시나리오들을 실시간으로 평가할 수 없다.

▌ VR 기술과 게임 엔진의 가능성

한편, VR 기술 중 게임 엔진은 이러한 한계들을 보완하여 야간 환경의 정성적 평가 도구로서 활용될 수 있는 가능성을 지니고 있으며, 여러 연구들에서 공간을 경험하는 측면에서의 VR 도구의 효용성이 검증되었다. VR 도구는 다른 3D 소프트웨어들과 다르게 몰입감, 실재감, 상호작용성, 행위 주체성 등의 특징이 있다. 이러한 특징들은 일반적인 3D 소프트웨어에 비해 VR 환경에서 사용자가 가상 공간에 더욱 몰입하여 마치 실제 공간에 있는 것처럼 느낄 수 있도록 도움을 준다. 최근 3D VR 테크놀로지는 다양한 분야에 걸쳐 발전하고 있고, 게임뿐만 아니라 영화・애니메이션 산업・관광・교육 분야 등 사회 전반적인 분야에 걸쳐 적용되고 있으며 그에 따른 큰 효과를 보고 있다(배재한 외 2인, 2015). 또한 VR 기술은 공간 디자인에 있어 무한한 잠재성을 가지고 있으며, 궁극적으로 이 기술은 설계 단계에 있어 불필요한 물리적인 과정들을 단축시킬 뿐 아니라 고객과 디자이너로 하여금 효율적으로 모든 공간을 경험하고 즉각적인 피드백이 가능한 가상환경을 제공한다(이준호, 2020).

VR 도구 중에서도 특히 게임 엔진은 VR 기술과 밀접하다. 게임 엔진은 다른 가상현실 시스템과 대조적으로 사용자가 완전히 탐색할 수 있는 가상 환경을 모델링 할 수 있게 해준다. 위치 센서나 조이스틱과 같은 추가 장치를 사용하여 가상 모델 내에서 사용자의 위치를 단방향으로 찾을 수 있으므로 사용자가 이를 거닐거나 고개를 돌리거나 관점을 변경하여 장면을 탐 수 있다. 또한 사용자는 게임 엔진을 통해 가상 환경과 상호 작용하고, 변경하고, 그 효과를 실시간으로 볼 수 있다(Scorpio, M. et al, 2020). 또한 다양한 시나리오를 실시간으로 경험할 수 있는 특징이 있다. 그중에서도 에픽 게임즈(Epic Games) 사의 언리얼 엔진(Unreal Engine)은 포토리얼한 비주얼과 리얼타임 몰입형 VR 환경[1)]을 제공함으로써 현존하는 VR 프로그램 중 최고의 시각적 퀄

1) HMD(Head Mounted Display)와 같은 장비를 통해 가상현실 속 체험자가 감각을 느낄 수 있는 상호작

리티와 강력한 퍼포먼스를 제공(이준호, 2020)하여 야간 환경 시뮬레이션 측면에서도 많은 효용성을 지니고 있다.

보다 정확한 야간 환경 시뮬레이션을 위한 요소로는 빛의 품질과 주변 요소들의 반사율이라고 볼 수 있다. 기존 조명 시뮬레이션 소프트웨어에서는 조명 시뮬레이션 시 조명 기구 제조사에서 제작한 조명 기구에 대한 포토메트릭(Photometric) 데이터인 IES 파일[2)]을 활용한다. 언리얼 엔진에서도 동일하게 IES 파일을 지원하기 때문에 실제와 같은 빛의 품질을 구현하는 데 있어서는 기존 조명 소프트웨어와 다르지 않다. 그리고 앞서 언급했듯이, 기존의 조명 시뮬레이션 소프트웨어는 수목이나 재질 등 주변 요소들의 반사율을 구현하기 쉽지 않아 시뮬레이션의 시각적인 정확도가 떨어진다. 그러나 언리얼 엔진은 고품질의 식재와 재질 라이브러리를 보유하고 있으므로 이를 보완할 수 있다. 또한 1인칭 시점을 지원하는 렌더링 결과물을 활용하여 공간을 돌아다니며 조명의 연속성을 평가할 수 있으며, 실시간 렌더링(Real-time Rendering)을 지원하여 다양한 시나리오들을 실시간으로 평가할 수 있어, 시나리오 별 평가가 필요한 실험에서 용이하다.

[표 1] 각 조명 설계 소프트웨어별 3차원 시뮬레이션 뷰의 비교

각 조명 설계 소프트웨어별 3차원 시뮬레이션 뷰의 비교		
Relux (구진회 외 2인, 2012)	DIALux evo (https://www.dial.de/en/online-course-dialux-evo-for-outdoor-lighting)	Unreal Engine 4 (Scorpio et al. 2020)

용을 체험하여 가상현실에 효과적으로 몰입할 수 있는 시스템으로 사용자의 몰입도를 극대화할 수 있다(박재현, 2020)

2) 표준 IES(Illuminating Engineering Society, 북미 조명 공학 협회) 측광 형식을 사용하여 생성된 데이터 파일로, 광원(광도) 배광 곡선 파일의 전자 형식(.ies)이다. 일반적으로 조명 시뮬레이션 소프트웨어에서 특정 조명 기구의 IES 파일을 활용하여 시뮬레이션을 진행한다.

2) 연구의 목적

본 연구에서는 안전하고 쾌적한 도시공원의 야간 환경 조성을 위해, 균제도에 따른 공원의 야간 환경을 정성적으로 평가하여 균제도의 중요성을 검증함과 동시에 도시공원에서의 적정 균제도 기준을 제시하고자 하였다. 이를 위해 평균 조도가 비슷하나 균제도가 상이한 공원의 야간 환경에서 균제도의 변화에 따른 이용자들의 시각적 인상을 파악하고자 한다. 따라서 본 연구의 가설은 다음과 같다. 평균 조도가 비슷한 공원의 야간 환경에서는 균제도가 높은 야간 환경이 균제도가 낮은 야간 환경에 비해 이용자의 시각적 인상에 긍정적인 영향을 미칠 것이다.

2절: 연구의 범위 및 방법

1) 연구의 범위

본 연구의 대상지는 VR 실험의 실재감과 몰입감을 높이기 위한 테스트 베드의 역할을 한다. 연구의 내용적 범위는 도시민들이 일상적으로 방문하는 도시공원을 주요 연구 대상으로 하였다. 본 연구에서는 서울시에서 가장 낮은 공원 안전 등급[3]인 'C 등급'을 받은 공원 중 범죄율과 112 신고 건수가 가장 높은 공원을 대상으로 하였다.

서울시와 경찰청(2018)의 2018년도 C 등급 서울 공원 현황 자료에 따르면, 2018년 기준으로 C 등급을 받은 서울시의 공원은 총 15개소로 자세한 내용은 <표 1>과 같다. 그중에서도 중랑구의 '한아름 어린이공원'은 범죄는 22건, 112 신고는 129건으로 다른 공원들보다 범죄율과 112 신고 건수가 가장 높았다.

---

3) 경찰청은 2014년부터 범죄 통계와 현장 점검을 바탕으로 전국 공원을 Red(위험), Yellow(주의), Green(안전) 세 등급으로 분류하여 관리하고 있다. 2018년부터는 안전 등급의 명칭을 C(위험), B(주의), A(안전)으로 변경하였으며, 최근에는 별도로 공원 안전 등급을 분류하고 있지 않다.

[표 2] 2018년도 C등급 서울 공원 현황(서울시・경찰청, 2018)

2018년도 C등급 서울 공원 현황		
공원 종류	공원명	C등급 사유 (단위: 건)
도시자연공원	용마(중랑구)	범죄 2 / 112 신고 70
	수락산(노원구)	범죄 1 / 112 신고 40
근린공원	중계(노원구)	범죄 6 / 112 신고 25
	송파(송파구)	범죄 0 / 112 신고 80
	보라매공원(동작구)	범죄 9 / 112 신고 104
	천호(강동구)	범죄 11 / 112 신고 85
어린이공원	새꿈(용산구)	범죄 3 / 112 신고 100
	샛별(중랑구)	범죄 8 / 112 신고 46
	오거리(중랑구)	노숙인, 취객, 주민체감 안전도
	한아름(중랑구)	범죄 22 / 112 신고 129
	은행(금천구)	범죄 10 / 112 신고 13
	용마(송파구)	범죄 1 / 112 신고 121
문화공원	창천(서대문구)	범죄 4 / 112 신고 86
	홍익(마포구)	범죄 15 / 112 신고 44

[그림 2] 대상지 항공 사진(출처: https://map.kakao.com/)

[그림 3] 대상지 야간 환경 현황 사진

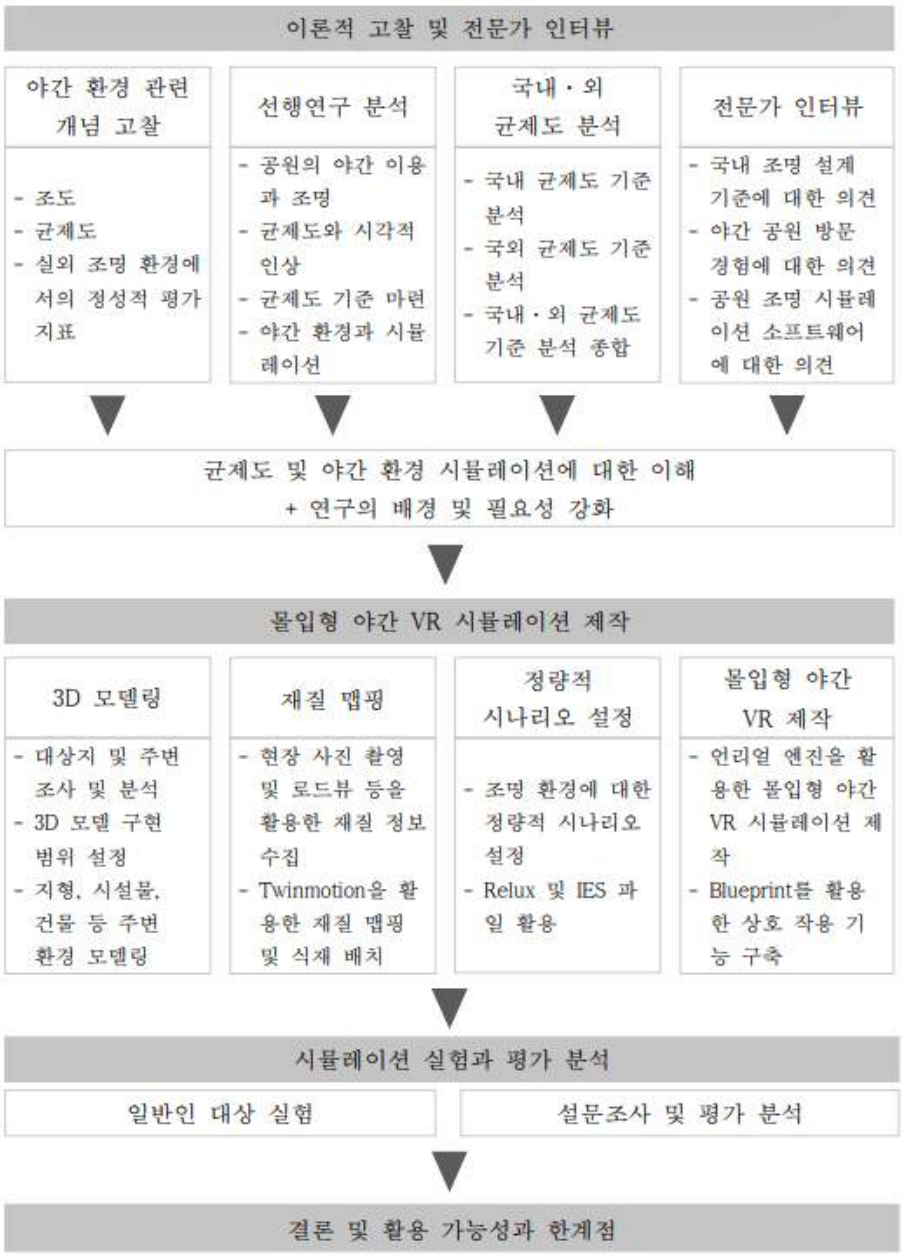
2) 연구의 방법

첫째, 이론적 고찰 및 선행연구 분석, 국내·외 균제도 기준을 조사하여 균제도와 시각적 인상과의 관계 및 실외 조명 환경에서의 정성적 평가 지표를 파악하고, 국내·외의 균제도 기준에 대한 실태를 파악한다. 분석 이후 VR 실험 및 설문에 적용할 정성적 평가 항목을 설정하고 균제도에 따른 시나리오 제작 시 참고하였다. 또한 전문가 인터뷰를 통해 본 연구의 배경과 필요성을 강화하였다.

둘째, 대상지 현황조사 및 3D 모델링 기반의 몰입형 야간 VR 시뮬레이션을 제작하였다. 3D 모델링 기반의 몰입형 야간 VR 시뮬레이션 제작은 다섯 가지 단계로 진행되었다. ① 3D 모델링의 구현 범위 설정 후 수치지형도, 대상지 촬영 사진, VWorld, 로드 뷰 등을 참고하여 SketchUp 프로그램으로 대상지 공원 내 지형, 시설물, 주변 건축물 등 주변 환경을 모델링 하였다. ② 모델링 파일을 Twinmotion 프로그램과 Relux 프로그램으로 각각 변환하였다. ③ Twinmotion에서는 수집한 사진 자료를 바탕으로 매핑 및 식재 모델링을 진행한 후, 게임 엔진인 언리얼 엔진 4(Unreal Engine 4)로 파일을 변환하였다. ④ Relux에서는 IES 파일을 활용하여 조명 환경에 대한 정량적 시나리오를 설정하였다. ⑤ 설정한 정량적 시나리오를 참고하여 언리얼 엔진에서 IES 파일을 활용하여 상호작용이 가능한 몰입형 VR 아간 환경 시뮬레이션을 제작하였다.

셋째, HMD(Head Mounted Display)를 활용한 VR 실험 및 5점 리커트 척도 설문 평가를 진행하였다. 이 과정에서 일반인들을 대상으로 몰입형 야간 VR 시뮬레이션 체험과 설문조사를 통하여 시나리오에 따라 실험자가 느끼는 시각적 인상을 평가하였다.

3절: 연구 진행절차



[그림 4] 연구진행 흐름도

제2장: 이론적 고찰 및 전문가 인터뷰

1절: 야간 환경 관련 개념 고찰

1) 조도와 평균 조도 및 평균 조도 산출

조도(照度)는 어떤 면이 받는 빛의 세기이다. 표준국어 대사전(2021)과 우리말 샘(2021)에 따르면, 조도란 단위 면적이 단위 시간에 받는 빛의 양으로, 광원(光源)의 광도(光度)에 비례하고, 광원으로부터의 거리에 반비례한다. 단위는 럭스(lux) 또는 포트(phot)를 사용한다. 또한 빛의 밝기를 나타내는 정도를 의미하기도 한다(고려대 한국어 대사전, 2021).

평균 조도는 각 지점마다 다른 조도를 일정한 범위 내에서 평균하여 나타낸 값으로, 그 면에 입사하는 전 광속을 해당 면적으로 나눈 값이며 영어로는 average illuminance로 표기한다(우리말 샘, 2021). 또한 대한 건축 학회 건축 용어 사전(2021)에 따르면, 평균 조도는 지점마다 측정된 조도를 방 혹은 특정 범위로 규정하여 해당 범주에서 산출한 조도의 평균값이며, 영어로는 average illuminance 또는 mean illuminance로 표기한다. 현재 국내에서 공원 조명 설계 시에 기준으로 삼고 있는 KS 조도 기준에는 평균 조도 기준이 활용되고 있다.

전기용어 사전에 따르면, 평균 조도의 측정 방법은 조도계를 사용하여 적당히 선정된 점에 대하여 측정하는 것이다. 조도를 측정하는 높이에 대해서는 특별한 지정이 없는 경우에 바닥면 위 80±5(cm)를 기준으로 측정한다(KS 조도 측정 기준, KS C 7612). KS 평균 조도 산출법으로는 5점법과 다점법 등이 있다. 다점법은 여러 개의 조명기구로 이루어진 공간에서 조도를 측정하고 평균조도를 산출할 때 적용되며, 일정 간격의 여러 조도 값을 측정하고, 그것의 산술적인 평균값으로 평균조도를 산출한다(주근탁과 최안섭, 2006). 다점법으로 산출한 평균 조도는 일반적으로 통용되는 평균 개념에 가장 근접하나, 조명기구의 배치 특성을 반영하지 못하는 경우도 발생할 수 있으며, 무엇보다도

많은 포인트의 조도를 측정해야 하는 어려움이 있다(한태인, 2014). 본 연구의 현장 조사 및 Relux에서의 정량적 시나리오 설정 시에는 다점법이 활용되었다.

2) 균제도와 조도 균제도

평균 조도와 함께 빛환경의 정량적 평가 지표인 균제도는(均齊度) 특정 공간 내에서 밝기가 균일한 정도이다. 이정은과 최안섭(2005)에 따르면, 빛환경에서의 균제도는 공간에서의 빛 분포 균일도를 나타내는 척도이며, 빛의 밝기는 균제도가 낮을수록 심리적 시각 인식에 영향을 주어 실제 조도 값보다 낮게 인식된다는 특성이 있다.

균제도는 실내조명의 균일한 정도를 나타내기 위하여 조명이 닿는 면 위의 최소 조도와 평균 조도와의 비 또는 최소 조도와 최대 조도와의 비를 의미하며, 영어로는 unformity factor로 표기한다(대한 건축 학회 용어 사전, 2021). 인테리어 용어 사전(2021)에 따르면, 균제도는 실내의 고조도 부분과 저조도 부분의 비이며, 영어로는 uniformity ratio of illuminance 또는 uniformity factor로 표기한다.

이러한 균제도는 휘도(輝度)[4] 균제도와 조도 균제도로 구분할 수 있다. 휘도 균제도는 조도가 아닌 휘도 값을 활용하여 산출하며, 바닥면 자체의 밝기가 중요한 도로 조명 설계의 기준으로 명시되어 있다. 조도 균제도는 조도 값을 활용하여 산출한다. 색채 용어 사전(2007)에 따르면, 조도 균제도는 평균 조도치(Eave)에 대한 최소 조도치(Emin)로 균제도 = Emin/Eave이며, 최대 조도에 대한 최소 조도의 비를 이용하기도 한다. 영어로는 uniformity ratio of illuminance로 표기한다. 본 연구에서 언급하는 균제도는 평균 조도와 최소 조도를 활용하여 산출하는 ‘조도 균제도’이다.

---

4) 광원(光源)의 단위 면적당 밝기의 정도. 단위는 제곱미터당 칸델라(cd), 스틸브(Sb), 람베르트(Lambert) 따위를 쓴다(표준국어대사전, 2021).

조도 균제도는 평균 조도 값과 최소 조도 값을 산출한 뒤, 평균 조도 값에 대한 최소 조도 값의 비 또는 최소 조도/평균 조도로 산출한다. 예를 들어, 어떤 야간 환경에서 평균 조도 값에 대한 최소 조도 값의 비가 4:1인 경우, 이를 환산하면 해당 공간은 균제도가 0.25인 야간 환경이 되는 것이다.

[그림 5] 평균 조도가 비슷하지만 균제도가 낮은 공원(좌)과 균제도가 높은 공원(우)

3) 실외 조명 환경에서의 정성적 평가 지표

L. Kuhn et al(2013)의 연구에서는, 설문 조사를 통해 2곳의 주택지역에서 기존 광원을 LED로 교체하기 전과 후의 빛의 주관적 품질, 시각적 접근성, 위험에 대한 인식에 관한 결과를 탐구하였다. 해당 연구에서는 선행 연구들을 참고하여 설문 항목을 설정한 후, 주관적 빛의 품질, 시각적 접근성, 위험 인지, 주변 사물의 자연색 인식 등을 5점 리커트 척도로 평가하였다.

서한석 외 2인(2014)의 연구에서는, 주거지역 보안등의 LED 램프 개선에 따른 조명환경 변화를 조도·휘도 측정을 통해 비교 분석하고, 야간 조명환경에 대해 보행자들에게 설문평가하여 통계적 분석을 통해 조명환경 개선 효과를 분석하였다. 해당 연구에서는 선행 연구들을 참고하여 위험 지각, 시각적 접근성, 시 대상의 자연스러움, 도로 바닥면의 조명 분위기, 골목 전체의 조명 분위기 등으로 설문 항목을 설정한 후, 5점 리커트 척도로 평가하였다.

기존의 연구들은 주거지역 조명 환경의 시각적 인상을 평가하기 위해 주거

지역의 특성에 적합한 어휘들을 설정하였다. 본 연구에서는 이후 VR 실험에서 기존 연구들의 평가 지표를 바탕으로 공원의 조명 환경 특성에 적합하도록 일부 어휘들을 수정하여 설문 항목을 설정하였다.

2절: 가상현실(VR)의 특성

1) 몰입감(Immersion)

몰입감은 사용자가 가상공간에서 얼마나 몰입할 수 있는지를 결정하는 요소이다. 몰입감은 가상 현실의 핵심 지각적 특성(박재현, 2020)이며, 가상 현실 속의 몰입은 비물리적인 가상공간을 실제 물리적인 환경으로 인식하게 하는 것을 의미한다(노승민, 2018). 사용자들은 가상 현실 속에서의 자극(시각, 청각, 촉각 등)을 통해 가상 현실 환경에서 더욱 집중할 수 있다. 특히 사용자는 HMD 장비 착용을 통한 몰입형 가상현실 시스템에서 가상현실 공간에 더욱 몰입할 수 있다. 본 연구에서는 사용자의 가상현실 공간에 대한 몰입도를 높이기 위해 HMD 장비를 착용하고 진행하는 몰입형 가상현실 시스템을 활용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 체험자는 가상현실 야간 환경 속에서 더욱 몰입하여 균제도의 변화를 느낄 수 있고 시각적 인상을 평가할 수 있다. 이는 설문 평가의 정확성을 높인다고 볼 수 있다.

2) 실재감(Presence)

실재감은 사용자가 가상공간이 얼마나 실제 환경 같은지를 판단할 수 있는 요소이다. 가상현실은 HMD 하드웨어에 의하여 사용자들을 외부 실제 공간으로부터 차단하고 가상의 환경에서 실제 환경 혹은 상황에 있다는 느낌을 전달하며, 이를 가상현실의 공간적 실재감으로 정의할 수 있다(박재현, 2020). 가상현실의 공간적인 실재감을 결정하는 요인으로는 사용자와 가상현실 환경 간의 상호작용성과 그래픽의 생생함 등이 있다(Steuer, 1992). 본 연구에서는 가상현

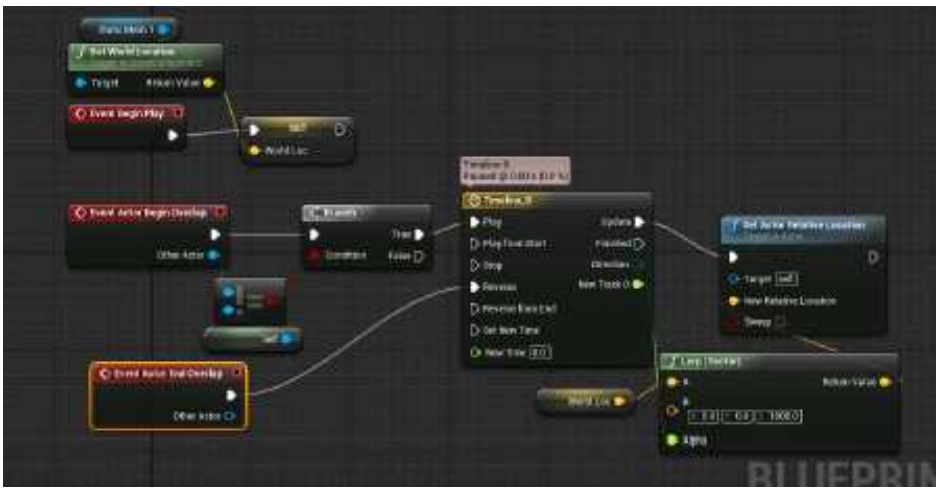
실의 공간적 실재감을 가상현실 시뮬레이션 실험 및 평가를 진행하였다. 가상현실의 실재감을 높이기 위해 실제 대상지의 현장 사진을 참고하여 실제 재질과 흡사한 고품질의 매핑을 제작 및 적용하였다. 실재감 있는 고품질의 재질은 가상현실의 실재감을 증대시킬 수 있다.

[그림 6] Unreal Engine을 사용한 몰입형 가상현실 야간 환경(https://www.youtube.com/watch?v=XGNBsyn71dg)

3) 상호작용성(Interaciivity)

가상현실과 기존의 일반적인 미디어, 3D 모델 콘텐츠 등과의 차이점은 상호작용이 가능하다는 것이며, 사용자는 가상현실 공간 속에서 장비(키보드 및 마우스, 모션 컨트로러 등)를 직접 조작하여 가상현실 속의 물리적 혹은 비물리적 요소들과 상호작용할 수 있다(박재현, 2020). 이를 통해 일방적인 정보 전달이 아닌 양방향의 정보 전달이 가능한데, 양방향적 상호작용은 가상공간으로의 몰입을 유도하는 가장 중요한 차원이다(이상욱, 2017). 동일한 가상현실 상호작용 시스템으로 제작된 콘텐츠라도 사용자의 개별적인 경험과 인지 활동으로 인하여 다양한 결과가 나타나게 된다. 상호작용을 통하여 사용자의 문제인식에 대한 종합적이고 능동적인 인지 작용에 영향을 미친다(양은경과 이지

현, 2018). 이러한 상호작용성은 다양한 시나리오에 따른 평가가 필요한 콘텐츠에 적합하다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 가상현실의 상호작용 특성을 몰입형 가상현실에 적용하여 체험자와 야간 환경 간의 상호작용 기능을 구축하였다. 이를 통해 체험자가 모션 컨트롤러를 통한 상호작용을 통해 균제도에 따른 시나리오들을 직접 변경해가며 체험할 수 있도록 하였다. 이러한 상호작용 시스템 구축을 위해 언리얼 엔진의 블루프린트(Blueprint) 기능을 활용하였다.



[그림 7] Unreal Engine의 Blueprint 상호작용 스크립팅

4) 행위 주체성(Subjectivity)

사용자는 가상공간 내에서 자신이 원하는 방향과 목적대로 공간을 체험할 수 있다. 사용자가 스스로 행동의 방향을 결정하고 선택에 대한 결과에 대하여 만족을 얻는 것을 행위 주체성이라 한다(Murray, 1997). 사용자는 가상현실 속에서 자신이 원하는 자세와 행동을 통해 보고 싶은 공간을 보고 듣고자 하는 소리를 들을 수 있으며, 사용자는 자세와 행동에 따라 즉각적으로 반응하는 공간적, 시각적 정보들을 통해 자신만의 경험을 얻을 수 있다(박재현, 2020). 본 연구의 야간 환경 시뮬레이션 체험자는 기존의 야간 환경 시뮬레이

션 소프트웨어들에서 많이 보였던 고정된 시점, 연출된 시나리오상의 애니메이션이 아닌 자신의 행동과 자세를 통해 다양한 시점과 위치에서 야간 환경을 경험할 수 있다.

[그림 8] HMD를 활용한 몰입형 가상현실 시스템(좌), HMD 컨트롤러를 이용한 이동(우)

5) 몰입형 가상현실

가상현실은 시스템이 사용되는 환경에 따라 몰입형 가상현실, 원거리 로보틱스, PC 가상현실, 삼인칭 가상현실로 구분(노승민, 2018)되며, <표 3>과 같다. 그중 몰입형 가상현실은 HMD(Head Mounted Display)와 같은 장비를 통해 가상현실 속 체험자가 감각을 느낄 수 있는 상호작용을 체험하여 가상현실에 효과적으로 몰입할 수 있도록 하는 시스템으로 사용자의 몰입도를 극대화할 수 있다(박재현, 2020). 또한 HMD 장비를 착용하게 되면 현실에서의 시야를 차단할 수 있기 때문에 가상공간에 온전히 몰입할 수 있다. 본 연구에서는 체험자가 가상현실 야간 환경에 완전히 몰입하여 시뮬레이션을 진행할 수 있도록 HMD 장비를 활용한 몰입형 가상현실 시스템을 적용하였다.

[표 3] 가상현실 시스템 환경에 따른 분류(박재현, 2020)

종류	설명	이미지 예시
몰입형 가상현실 (Immersive VR)	HMD, 데이터 장갑(Data Glove), 데이터 옷(Data Suit) 등의 특수 장비를 통해 인간이 실제로 보고 만지는 것 같은 감각적 효과를 느끼게 해 생생한 환경에 몰입하도록 하는 시스템	
원거리 로보틱스 (Telerobotics)	몰입 시스템과 로봇을 결합한 형태. 로봇을 이용하여 먼 거리에 있는 공간에 사용자가 현존하는 효과를 주는 시스템	
PC 가상현실 (Desktop VR)	일반 컴퓨터 모니터에 간단한 입체 안경, 조이스틱 등만 첨가하여 책상 위에서 쉽게 만날 수 있는 가상현실 시스템	
삼인칭 가상현실 (Third Person VR)	비디오카메라로 촬영된 자신의 모습을 컴퓨터가 만들어내는 가상공간에 나타내게 하여 자신이 가상공간에 직접 존재하는 것처럼 느끼게 하는 시스템	

3절: 선행연구 분석

1) 공원의 야간 이용과 조명

공원의 야간 환경에서 조명은 공원에 대한 접근성, 야간 이용 만족도 및 안전성, 공간의 활용도, 범죄 예방 등과 밀접한 관련이 있다.

최연철과 김진선(2001b)의 연구에서는, 도시 근린 공원의 야간 이용에서 조명이 미치는 심리적 영향과 야간 이용 만족도와의 관계를 구명하였다. 각 조명효과의 특성을 나타내는 독립변수들 중 야간 이용의 불안감에 대한 평가가 높게 측정되었다. 특히 야간의 이용 안전성과 현재 이용공간의 밝기는 야간

이용 만족도에 높은 기여를 하였다. 또한 특정 계층이나 대상에 대한 안전성보다는 공원의 전반적인 이용 안전성 증대 효과와 이용공간의 적정 밝기를 제공하는 직접 효과가 많은 영향을 미쳤다.

김진선(2005)의 연구에서는, 도시공원의 야간이용에 있어 조명의 적합성을 설명하기 위해 조명의 적합성에 영향을 미치는 야간이용자의 심리적·활동적 변수를 설정하고, 활동만족도, 활동적합도, 이용만족도라는 종족변수와의 관계성을 정립하였다. 도시공원의 야간이용에서 조명은 가장 중요한 야간환경요소로서 공원이용의 다양성, 접근성, 심상성 증대에 기여한다는 것을 확인하였다. 특히 공통적으로 조명이 도시공원의 야간이용에 미치는 가장 큰 영향은 접근성의 측면에서 이용기회의 증대인 것을 확인하였다.

이종성 외 2인(2008)의 연구에서는, 근린공원 이용자들의 시설 이용 만족 요인에서 야간 조명의 밝기와 근린공원의 이용 안전성과 만족도와의 관계를 살펴보았다. 남성에 비해 여성들이 야간 조명이 공원의 이용 만족도와 조명 부족으로 인한 사고 발생의 가능성에서 높은 상관관계를 나타내었다.

강용길(2011)의 연구에서는, 시민의 이용빈도가 높은 도시지역의 대규모 근린공원 이용시설의 범죄위험도를 평가하기 위한 CPTED 원리에 기반한 평가지표를 개발하여 수도권에 위치한 3개의 도시지역권 근린공원 이용시설의 범죄위험도를 평가하고 그 결과를 바탕으로 범죄안전기능을 향상하기 위한 개선방안을 제시하였다. 국내의 공원은 한해 평균 4,000여 건에 이르는 9대 범죄가 발생하는 장소였고, 범죄의 종류는 폭력범죄, 절도범죄, 강간범죄, 강도 및 마약범죄 등의 순으로 많이 발생하였다. 공원시설 중 노상, 놀이터, 공원 숲, 벤치 등에서 범죄가 많이 발생하였으며, 일반적으로 예상하였던 화장실과 주차장 등의 시설은 예상과 달리 비교적 범죄가 적은 것으로 확인되었다. 공원이용시설의 범죄위험도 평가결과 중에서 대상공원들은 공통적으로 자연적 감시기능과 관련된 조명의 조도 및 숫자가 부족하였다는 사실은 시사점으로 볼 수 있다.

[표 4] 공원의 야간 이용과 조명

공원의 야간 이용과 조명	
최연철, 김진선(2001b)	도시 근린 공원의 야간 이용에서 조명이 미치는 심리적 영향과 야간 이용 만족도와의 관계를 구명
김진선(2005)	도시공원의 야간이용에 있어 조명의 적합성을 설명하기 위해 조명의 적합성에 영향을 미치는 야간이용자의 심리적·활동적 변수를 설정하고, 활동만족도, 활동적합도, 이용만족도라는 종족변수와의 관계성 정립
이종성 외 2인(2008)	근린공원 이용자들의 시설 이용 만족 요인에서 야간 조명의 밝기와 근린공원의 이용 안전성과 만족도와의 관계를 살펴보았음
강용길(2011)	시민의 이용빈도가 높은 도시지역의 대규모 근린공원 이용시설의 범죄위험도를 평가하기 위한 CPTED 원리에 기반한 평가지표를 개발하여 수도권에 위치한 3개의 도시지역권 근린공원 이용시설의 범죄위험도를 평가하고 그 결과를 바탕으로 범죄안전기능을 향상하기 위한 개선 방안을 제시하였음

2) 균제도와 시각적 인상

실외 야간 환경에서 균일한 조명은 이용자의 시각적 인상(선호도, 안전감, 시각적 쾌적성 등)에 긍정적인 영향을 미치는 요인이다.

김대진 외 3인(2009)의 연구에서는, 공동주거 단지 거주자들이 범죄 불안감을 느끼는 공간의 조명계획 현황을 분석하고 조명계획 개선 방안을 제시하였다. 아파트 단지 외부공간의 야간 범죄 불안감에 영향을 미치는 조명 계획 요소는 점등률, 가로등 높이, 균제도, 조명의 조도, 천장직부등 간격, 광원의 종류 순으로 나타났는데, 이는 조도뿐만 아니라 균제도가 범죄 불안감을 감소하는데 상대적으로 중요도를 가진다는 것을 보여주었다. 동일한 야간 환경에서 점등률이 높을수록, 가로등 높이가 높을수록 공간의 어두운 영역이 줄어들어 균제도가 높아지기 때문에, 점등률과 가로등 높이는 균제도와 밀접한 관련이 있는 요소로 볼 수 있다.

민영희와 하미경(2017)의 연구에서는, 야간 보행환경에서 조명이 범죄두려움과 안전감에 끼치는 영향에 대하여 다양한 측면에서 실증적으로 연구한 문헌을 분석하고, 결과를 종합하여 보행자의 안전감 향상을 위한 조명환경에 대한 향후 연구방향을 제시하였다. 연구 결과, 야간 보행환경에 있어 안전감을 향상시킬 수 있는 조명계획 요소로 고려해야할 측면은 크게 기능적인 측면과 정서적인 측면으로 제시하였다. 결국 가시성을 높인다는 측면에서, 여러 연구를 통해 사람들이 밝고 균일한 조명에서 안전하게 느낀다는 결과를 확인하였다.

Kostic, A. & Djokic, L.(2014)의 연구에서는, MH 조명과 LED 조명 환경에서의 야간 환경 선호도(안전감, 쾌적성 등)를 비교하였다. 응답자들은 대체로 MH 조명 환경을 선호하였고, 선호도에 가장 중요한 영향을 미친 것은 조도 균제도, 빛의 색상 및 편안함에 관한 측면이었다. 또한 설문의 질문 별 중요도는 조도 수준, 안전감, 전반 조명의 편안함에 관한 질문이 가장 중요하다고 나타났다. 아갼 환경의 선호도에는 해당 공간에 대한 안전감과 쾌적성이 가장 큰 영향을 미치며, 야간 환경의 선호도에 균제도가 중요한 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

Nasar, J.L. & Bokharaei, S.(2016)의 연구에서는, 다양한 조명 모드를 혼합한 이미지 슬라이드와 15인치 모니터를 활용하여 야간 환경에 대한 사람들의 정서적 인상에 대한 실험과 설문을 진행하였다. 첫 번째 실험에서는 지각/인지 판단(공간의 넓음 · 프라이버시)을 평가하였고, 두 번째 실험에서는 정서적 인상(매력 · 흥미로움 · 안전감)을 평가하였다. 다른 모드와 관계없이 비균일한 조명 모드가 프라이버시에서 가장 높은 점수를 받았는데, 이는 균제도가 낮은 환경에서는 개인에 대한 식별이 쉽지 않다는 의미로 해석할 수 있다. 또한 균일하고 밝은 조명 모드는 정서적 인상의 각 항목에 가장 일관된 긍정적인 영향을 미쳤는데, 이는 사람들이 균제도가 높고 밝은 공간을 더 매력적이고, 흥미로우며, 안전하다고 느낀다는 것을 확인하였다. 해당 연구에서 균일한 조명 모드 설정 시, 동일한 조명으로 수량만 추가하여 조명 환경을 균일하게

설정하였는데, 이는 늘어난 조명 기구로 인하여 공간의 밝기가 함께 높아지므로 평균 조도 또한 높아지게 된다. 따라서 이용자들의 평가가 평균 조도 때문인지 균제도 때문인지 정확하게 해석하기 힘들다는 한계가 있다.

박재규 외 2인(2009)의 연구에서는, 암순응이 발생되는 어두운 환경에서 조도 수준과 표적의 크기에 따른 인간의 시각적 능력을 숫자에 대한 탐지시간 분석을 통하여 파악하고자 하였다. 암순응 시 물체를 식별하기까지 어느 정도의 시간이 소요됨을 확인하였다. 이러한 인간의 시각적 특성은 야간에 다가오는 사람을 식별하는 능력인 가시성에 영향을 미친다고 볼 수 있으며, 가시성은 안전감과 관련이 있다고 볼 수 있다.

김태형 외 2인(2019)의 연구에서는, 동공 영역/크기 검출 방법과 추출된 동공 크기 값을 이용한 변화 속도 측정 방법을 설명하m 고, 구간별 비교를 통해 VR 콘텐츠 시청 시간과 동공 크기 변화 속도와의 연관성을 검증하였다. 영상의 시청 초반부터 후반까지 지속적으로 동공 크기의 변화 속도가 감소하였는데, 이는 시각 피로도가 지속적으로 증가한다는 것을 의미하였다. 균제도가 낮아 명암 대비가 큰 환경에서는 잦은 휘도순응을 하게 된다. 이 때, 홍채 근육의 수축과 이완을 통해 동공의 크기가 변화하는 것이므로 근육을 자주 사용하면 근육 피로도가 증가하듯, 잦은 휘도순응은 시각 피로도에 영향을 미칠 것이라 볼 수 있다.

종합해보면, 균제도가 낮아 명암 대비가 큰 환경에서는 가시성이 떨어지고 개인의 식별이 쉽지 않아 안정성 및 안전감이 낮아지며, 잦은 휘도순응으로 인한 시각적 피로감을 유발할 수 있다. 또한 기존 균제도 관련 연구들은 문헌 연구를 통해 균제도의 필요성을 언급하거나, 실증 연구가 있더라도 밝기를 통제한 환경에서의 균제도의 효과를 설계를 통해 검증하지는 않았다.

[표 5] 균제도와 시각적 인상

균제도와 시각적 인상	
김대진 외 3인(2009)	공동주거 단지 거주자들이 범죄 불안감을 느끼는 공간의 조명계획 현황을 분석하고 조명계획 개선 방안을 제시하였음
민영희, 하미경(2017)	야간 보행환경에서 조명이 범죄두려움과 안전감에 끼치는 영향에 대하여 다양한 측면에서 실증적으로 연구한 문헌을 분석하고, 결과를 종합하여 보행자의 안전감 향상을 위한 조명환경에 대한 향후 연구방향을 제시하였음
Kostic, A., Djokic, L.(2014)	MH 조명과 LED 조명 환경에서의 야간 환경 선호도(안전감, 쾌적성 등)를 비교하였음
Nasar, J.L., Bokharaei, S(2016)	다양한 조명 모드를 혼합한 이미지 슬라이드와 15인치 모니터를 활용하여 야간 환경에 대한 사람들의 정서적 인상에 대한 실험과 설문을 진행하였음
박재규 외 2인(2009)	암순응이 발생되는 어두운 환경에서 조도 수준과 표적의 크기에 따른 인간의 시각적 능력을 숫자에 대한 탐지시간 분석을 통하여 파악하고자 하였음
김태형 외 2인(2019)	동공 영역/크기 검출 방법과 추출된 동공 크기 값을 이용한 변화 속도 측정 방법을 설명하고, 구간별 비교를 통해 VR 콘텐츠 시청 시간과 동공 크기 변화 속도와의 연관성을 검증하였음

3) 균제도 기준 마련

이현영(2015)의 연구에서는, 도시공원의 안전을 위한 조명 설치 기준 개선방안 연구를 위해 10개의 도시공원을 대상으로 현장 실태를 조사하였다. 조사 결과, 평균 조도는 3개 측정 대상이 6lx 이하, 균제도는 7개 측정 대상이 0.15 이하로 나타났다. 조사 결과를 토대로 공원 이용형태별 공간을 구분하여 국내 · 외 기준과 실측기준을 참고하여 평균 조도와 균제도 등의 공원조명 설치기준을 제시하였다. 공원 별 공간의 정성적 평가 없이 현장 실측 결과만 다루고 있다는 점은 연구의 한계로 볼 수 있다.

이처럼 공간에 대한 정성적 평가 없이 현장에서 실측한 정량적 수치를 바탕으로 정량적 기준을 제시하는 방식에는 한계가 있다. 이러한 한계를 보완하기 위해서는 공간에 대한 이용자들의 정성적 평가가 필요하다. 하지만 현장에서

직접 정성적 평가를 하는 방식은 공원마다 통제하기 힘든 여러 변수들로 인해 쉽지 않다. 이는 컴퓨터 소프트웨어를 활용한 3D 시뮬레이션 방식으로 보완이 가능하다고 볼 수 있다.

4) 야간 환경과 시뮬레이션

3D 소프트웨어에서의 시뮬레이션을 활용한 야간 환경 설계는 이미 활성화 되어 있는 방법이지만, 최근 가상현실 기술의 발전으로 야간 환경 시뮬레이션에도 VR 기술을 활용하는 사례를 확인하였다.

이종성 외 2인(2008)의 연구에서는, 야간 조명의 밝기를 향상시키기 위한 시뮬레이션 접근법을 제시하고 법적 기준과 이용자들의 만족도를 충족시키기 위한 사전평가 방법을 제시하였다. 조명 시뮬레이션을 통한 야간 공원의 조명환경을 분석하는 접근법은 공원의 초기 설계단계와 일정 기간 후의 조명 재설계에 유용한 방법이며, 시뮬레이션 접근법의 활성화에 대한 필요성을 확인하였다.

이준호(2020)의 연구에서는, 현존하는 VR 프로그램들의 특징들을 비교 분석하고 세계적인 공간 디자인 회사들의 VR 프로그램 사용 특성을 파악하였다. VR 기술은 특히 공간 디자인에 있어 무한한 잠재력이 있으며, 궁극적으로 설계 단계에 있어 불필요한 물리적인 과정들을 단축시킬 뿐 아니라 고객과 디자이너로 하여금 효율적으로 모든 공간을 경험하고 즉각적인 피드백이 가능한 가상환경을 제공하는 특징이 있었다. 그중에서도 특히, 게임 엔진인 언리얼 엔진(Unreal Engine)은 현존하는 VR 프로그램 중 최고의 시각적 퀄리티와 강력한 퍼포먼스를 제공하며, 건축 시각화에 최적화된 프로그램이라는 것을 확인하였다.

노승민(2018)의 연구에서는, 실제 도시 근린공원을 대상지로 언리얼 엔진을 활용한 가상공간을 구축을 통해 몰입형 VR 시뮬레이션을 제작하고, 실험평가를 실시하여 어떤 요소들이 공간의 불안요소로 작용하며, 가상공간에서도 심

리적 불안감을 느낄 수 있는지를 검증하고자 하였다. 야간에 환경적 요소인 가로등 광원의 반경도 사각지대 및 시야의 차단에 영향을 주어 불안감을 높였다. 그리고 실제 대상지와의 동일 정도는 야간이 주간보다 동일한 것으로 나타났는데, 이는 야간 환경에 대한 VR 시뮬레이션 시의 장점으로 볼 수 있다. 또한 VR 시뮬레이션에서 다양한 시나리오 생성이 가능하고 이를 실시간으로 변경하는 것이 가능하였다. 이는 기존의 조명 시뮬레이션 소프트웨어나 일반적인 3D 소프트웨어에서 구현하기 쉽지 않기 때문에, 실시간으로 여러 시나리오를 경험하며 평가하는 방식이 요구되는 연구에서의 큰 장점으로 볼 수 있다. 해당 연구에서는 야간 환경 VR 모델 제작 과정에서 실제 대상지의 이미지 및 영상을 참고하여 언리얼 엔진 내의 자체 조명 생성 도구로 가로등을 제작하였는데, 이는 VR 모델을 실제 대상지의 야간 환경과 가깝게 재현하기에 한계가 있다. 본 연구에서는 실제 광원에 대한 정보가 담긴 IES 파일과 RELUX를 활용한 정량적 계산 등으로 보완이 가능할 것으로 보인다.

[그림 9] 언리얼 엔진을 활용한 어린이공원 밤시간 VR 시뮬레이션(노승민, 2018)

Scorpio, M. et al.(2020)의 연구에서는, 기존 조명 설계 소프트웨어의 한계를 보완하는 도구로서 게임 엔진을 통한 가상 현실 시뮬레이션의 가능 여부와 방법을 제시하였다. 대상지인 나폴리의 Villa Commubale를 게임 엔진인 언리얼 엔진에서 제작한 후, 조명 설계 기준 (①광원의 크기・높이・설치 위치, ②방향성, ③빛의 스펙트럼 전력 분포 및 정서적 측면, ④계층적 조명 접근법・시각 방향・어두운 그림자・장애물 인식, ⑤접근성, ⑥경계 및 가시성 확인, ⑦안개, ⑧안면 인식, ⑨눈부심)에 대한 언리얼 엔진의 능력을 평가하였다. 안면 인식과 눈부심을 제외한 모든 시뮬레이션에서 언리얼 엔진의 유용성을 확인하였다. 눈부심에 대한 정성적 시뮬레이션은 기존의 조명 시뮬레이션 소프트웨어에서도 구현이 힘든 영역이므로, 언리얼 엔진이 야간 환경의 정성적 분석을 위한 도구로서 기존의 소프트웨어를 충분히 보완할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

[그림 10] 언리얼 엔진을 활용한 나폴리 공원 야간 환경 VR 시뮬레이션(Scorpio, M. et al, 2020)

Jeonghwan Lee & Yumi Lee(2021)의 연구에서는, 기존 조명 시뮬레이션 소프트웨어의 한계를 보완하기 위해 야간 환경의 정성적 평가 도구로서 VR 시뮬레이션의 효용성을 탐구하였다. 언리얼 엔진을 활용하여 실제 대상지의 야간 환경 현황과 개선안 두 가지 시나리오를 구현하였고, 실시간으로 시나리오

들을 변경할 수 있도록 블루 프린트를 구축하였다. 그리고 이를 대형 스크린과 키보드 및 마우스를 통해 실험과 공간에 대한 정석적 평가가 가능한 설문을 진행하였다. 피실험자들은 모든 항목에서 개선안을 높게 평가하였다. 해당 연구는 실험을 1인칭 시점이 아닌 3인칭 시점으로 설정했다는 점과 HMD(Head Mounted Display)가 아닌 대형 스크린을 활용했다는 점에서 몰입감이 떨어지며, 현장에 설치된 조명 기구의 실제 IES 파일을 활용한 것이 아니라 언리얼 엔진 내의 자체 조명 생성 도구를 사용하였기 때문에 실재감이 떨어진다는 한계가 있다. 본 연구에서는 실제 광원에 대한 정보가 담긴 IES 파일과 RELUX를 활용한 정량적 시뮬레이션 등으로 보완이 가능할 것으로 보인다. 해당 연구에서 게임 엔진과 VR 모델을 활용한 야간 환경 시뮬레이션 시에 고려해야 할 요소들을 확인하였다.

[그림 11] 언리얼 엔진을 활용한 광화문 광장 야간 환경 VR 시뮬레이션(Jeonghwan Lee & Yumi Lee, 2021)

종합해보면, 야간 환경 설계 시 시뮬레이션은 유용한 접근법이며, 특히 VR 기술은 일반적인 3D 소프트웨어에 비해 3D 공간을 시뮬레이션하고 경험하는 측면에서 유용한 도구이다. 그중에서도 게임 엔진인 언리얼 엔진은 공간 VR 시뮬레이션 도구로서의 효용성이 여러 차례 검증되었고, 야간 환경 시뮬레이션 시 정성적 평가의 도구로서도 여러 이점이 있다고 볼 수 있다.

[표 6] 야간 환경과 시뮬레이션

야간 환경과 시뮬레이션	
이종성 외 2인(2008)	야간 조명의 밝기를 향상시키기 위한 시뮬레이션 접근법을 제시하고 법적 기준과 이용자들의 만족도를 충족시키기 위한 사전평가 방법을 제시하였음
이준호(2020)	현존하는 VR 프로그램들의 특징들을 비교 분석하고 세계적인 공간 디자인 회사들의 VR 프로그램 사용 특성을 파악하였음
노승민(2018)	실제 도시 근린공원을 대상지로 언리얼 엔진을 활용한 가상공간을 구축을 통해 몰입형 VR 시뮬레이션을 제작하고, 실험평가를 실시하여 어떤 요소들이 공간의 불안요소로 작용하며, 가상공간에서도 심리적 불안감을 느낄 수 있는지를 검증하고자 하였음
Scorpio, M. et al(2020)	기존 조명 설계 소프트웨어의 한계를 보완하는 도구로서 게임 엔진을 통한 가상 현실 시뮬레이션의 가능 여부와 방법을 제시하였음
Jeonghwan Lee, Yumi Lee(2021)	기존 조명 시뮬레이션 소프트웨어의 한계를 보완하기 위해 야간 환경의 정성적 평가 도구로서 VR 시뮬레이션의 효용성을 탐구하였음

4절. 국내・외 균제도 기준 분석

1) 국내 균제도 기준 분석

국내의 경우, 야간 환경 설계 시 한국 산업규격인 KS(Korean Industrial Standards)를 조도 기준을 따르며 KS 조도 기준은 <표 3>과 같다. KS 조도 기준은 활동 유형에 따라 조도 분류와 조도 범위를 구분한다. KS 조도 기준에 따르면, 공원(오픈 스페이스) 조명의 경우 공간을 전반과 주된 장소로 구분하는 특징이 있으며 <표 4>와 같다. 전반은 조도 분류 B에 해당 6-10-15lx(최저-표준-최고)의 평균 조도를 충족하면 된다. 주된 장소는 조도 분류 C에 해당하여 15-20-30lx(최저-표준-최고)의 평균 조도를 충족하면 된다. 또한 균제도에 대한 별도의 기준은 부재한 것을 확인할 수 있다.

[표 7] 한국 산업규격 KS A 3011

조도 분류와 일반 활동 유형에 따른 조도 값 (KS A 3011 표 9)			
활동 유형	조도 분류	조도 범위(lx)	참고
어두운 분위기 중의 시식별 작업장	A	6-10-15	공간의 전반 조명
어두운 분위기의 이용이 빈번하지 않은 장소	B	6-10-15	
어두운 분위기의 공공 장소	C	15-20-30	
잠시 동안의 단순 작업장	D	30-40-60	
시작업이 빈번하지 않은 작업장	E	60-100-150	
고휘도 대비 혹은 큰 물체 대상의 시작업 수행	F	150-200-300	작업면 조명

[표 8] 서울시 오픈스페이스 조명 설계기준(필수사항)

서울시 오픈스페이스 조명 설계기준(필수사항)				
구분		권장 평균 조도(lx) (최저-표준-최고)	색온도(K)	균제도
공원	전반	B (6-10-15)	2800 ~ 3500	-
	주된 장소	C (15-20-30)		

2) 국외 균제도 기준 분석

국제 기준인 CIE(Commission Internationale de L' Eclairage)와 일본의 JIS(Japanes Industrial Standards) 및 JIEC(조명 핸드북)에는 별도의 균제도 기준이 마련되어 있지 않다. 하지만 미국과 영국의 경우 공원 조명의 균제도 기준이 마련되어 있다. 미국의 IES(Illuminating Engineering Society)와 IESNA(Illuminating Engineering Society North America)에 따르면, 공원 조명의 경우 균제도가 4:1(평균 조도와 최소 조도의 비)로 유지되어야 한다. 영국의 BS(British standard)와 SLL(Society of Light and Lighting, CIBSE)에는 균제도 기준을 0.25(최소 조도/평균 조도)로 명시하고 있다. 또한 미국과 영국 둘 다 최소 유지 평균 조도(미국:6lx, 영국:10lx)를 명시하고 있는 것을 확인할 수 있다.

[표 9] 외부공간 조도 기준 및 균제도 기준(IESNA)

외부공간 조도 기준 및 균제도 기준(IESNA)
공원(IESNA, p. 29-21)
산책길과 보도표면은 최소 6lx(0.6fc)를 유지한다. 산책길을 따라 설치된 조명기구 주변 10m 범위에서 조도 균일정도가 4:1 범위에 있도록 한다. 또한 지면에서 1.5m 높이의 수직적 조도는 지면 위에 수평 조도와 같거나 그 이상이 되도록 한다.

[표 10] 보행로에 인접한 지역에 대한 제한 권장 사항(SLL)

보행로에 인접한 지역에 대한 제한 권장 사항(SLL)			
공공 공간의 안전한 조명을 위한 조도 추천 [bs 5489-1 (2009), SLL Lighting Handbook. p.248)]			
적용	최소 유지 평균 조도(lx)	조도 균제도 (최소/평균)	비고
공공 공원	10	0.25	BS 5489-1의 조도측정방법

3) 국내・외 균제도 기준 분석 종합

종합해보면, 국외의 경우 국내 및 국제, 일본은 별도의 균제도 기준이 없으나, 미국과 영국의 경우 4:1(평균 조도와 최소 조도의 비)과 0.25(최소 조도/평균 조도)로 두 가지 수치를 환산해보면 동일한 균제도 기준을 명시하고 있는 것을 확인할 수 있다. 국내의 경우 평균 조도에 대한 기준만 명시되어 있어, 광량이 센 소수의 조명 기구만 설치하여도 평균 조도 기준을 쉽게 충족할 수 있다는 맹점이 있다. 따라서 국내는 공원의 야간 환경에 대한 세부적인 관리 측면에서 한계가 있다고 볼 수 있다.

[표 11] 국내・외 균제도 기준 종합

국내・외 균제도 기준 종합		
구분		공원 균제도 기준
국내		-
국외	국제 CIE	-
	일본 JS 및 JIEC	-
	미국 IES 및 IESNA	4:1(평균 조도:최소 조도)
	영국 BS 및 SLL	0.25(최소 조도/평균 조도)

5절. 전문가 인터뷰

1) 인터뷰 범위

전문가 인터뷰는 본 연구의 배경과 필요성을 강화하기 위해 현재 국내 공원 조명 설계 기준의 한계점과 보완해야 할 요소들 및 현재 조명 시뮬레이션 시 활용하는 소프트웨어에 대한 한계점 등을 파악하고자 하였다. 이를 위해서는 현재 공원 조명 관련업에서 종사하고 계신 분들의 의견이 필요하였다. 따라서 인터뷰 대상은 공원 조명 설계 또는 납품 경험이 있는 조명 설계업 종사자 2인과 조명 기구 납품업 종사자 2인 등 총 4인으로 계획하였고 인터뷰 대상은 스노우볼 샘플링 방식을 활용하여 모집하였다. 인터뷰 방식은 직접 인터뷰 및 개별 인터뷰로 진행하였다. 인터뷰 질문지는 일반적 사항, 공원 조명 설계 관련 경험, 국내 공원 조명 설계 기준에 대한 의견, 주변 공원의 야간 환경에 대한 의견, 공원 조명 시뮬레이션 시 활용하는 소프트웨어에 대한 의견으로 구성되었다.

[표 12] 인터뷰 질문지 구성

인터뷰 질문지 구성
구분
일반 사항
공원 조명 설계(또는 납품 경험)
국내 공원 조명 설계 기준에 대한 의견
주변 공원의 야간 환경에 대한 의견
공원 조명 시뮬레이션 시 활용하는 소프트웨어에 대한 의견

2) 인터뷰 방법

조명 설계업 종사자 2인은 과거에 서울시 좋은 빛 위원회 심의 위원으로 활동한 이력이 있는 조명 설계사 대표(이하 응답자 A라 한다.)와 조명 설계사 실무자(이하 응답자 B라 한다.)로 구성되었다. 조명 납품업 종사자 2인은 조명 기구 제조 경력이 있는 조명 기구 납품사 대표(이하 응답자 C라 한다.)와 조명

기구 납품사 실무자(이하 응답자 D라 한다.)로 구성되었다. 인터뷰는 2021년 4월 28일 평일 오후와 2021년 8월 30일 평일 오후 총 이틀에 걸쳐 진행되었으며 인터뷰 시간은 응답자 당 30분씩 소요되었다.

3) 인터뷰 결과

▌ 일반 사항 및 공원 조명 관련 설계 또는 납품 경험

인터뷰 응답자 4인 모두 조명 설계 또는 납품 경력이 5년 이상인 전문가로, 공원 조명 설계 또는 납품 참여 경험 또한 다수 있었다. 조명 설계업 종사자들이 조명 설계에 참여했던 공원들의 규모는 아파트 단지 내 근린공원부터 대공원까지 다양하였고, 조명 설계업 특성상 큰 규모의 공원 조명 설계 경험이 많은 편이었다. 조명 기구 납품업 종사자들이 조명 기구 납품에 참여했던 공원들은 대체로 규모가 크지 않았고 아파트 단지 내 조경 조명 등의 경험이 많은 편이었다.

▌ 국내 공원 조명 설계 기준에 대한 의견

현재 국내 공원 조명 설계 기준에 관한 질문에서는 네 응답자 모두 부정적인 입장이었으며, 균제도의 필요성에 대한 언급이 있었다. 보완이 필요한 요소에 대해서는 응답자 A의 경우, 공원 규모에 따른 조도 기준 적용 · 대상지 주변 야간 환경 분석의 필요성 · 눈부심에 대한 부담감이 적도록 수목 및 시설물을 이용한 조명 계획 권장 · 공원의 주간 경관을 고려한 조명 기구 선정 · 균제도 기준 마련 등을 언급하였다. 두 번째 응답자의 경우, 공원 내 다양한 공간에 적합하도록 다채로운 조명 연출 권장 · 빛의 대비감이 심하지 않은 빛환경 조성 등을 언급하였다. 응답자 C의 경우, 현재 국내 공원 조명 기준이 평균 조도만으로 접근하는 것은 명암 대비가 심한 공간을 조성할 수 있어 현실적이지 않으므로 균제도 비가 고려되어야 하며, 자연의 색을 살릴 수 있도록 연색성 등도 공원 조명 설계 기준에 고려되어야 한다고 응답하였다.

응답자 D의 경우, 균제도 기준이 없어 밝은 곳만 너무 밝고 LED 광원에서 나오는 눈부심도 많으며 어두운 곳은 너무 어둡다고 응답하였다.

▌ 공원 이용자로서 주변 공원의 야간 환경에 대한 의견

공원 이용자로서 주변 공원의 야간 환경에 대한 질문 또한 네 응답자 모두 부정적인 편이었다. 네 응답자 모두 자택 근처의 공원을 산책이나 운동을 목적으로 주 1회 이상 방문하며, 주로 퇴근 후 야간 시간대에 방문하는 편이었다. 현재 공원의 야간 환경에 대한 만족도 관련 질문에서는, 네 응답자 모두 만족하지 못한다고 응답하였다. 응답자 A의 경우, 밤에 밝고 어두움의 대비가 심한 것을 가장 큰 이유로 언급하였다. 응답자 B의 경우, 러닝 시 균제도가 낮아 마주 오는 사람의 식별이 어려워 실제로 부딪칠 뻔한 적도 많았으며, 조명 기구 광원에서 발생하는 눈부심이 많이 발생한다고 응답하였다. 응답자 C의 경우, 방문하는 공원의 균제도가 낮고 연색성이 고려되지 않아 자연의 색이 살지 않으며, 색온도조차도 통일되지 않아 쾌적하지 못하다고 응답하였다. 응답자 D의 경우, 대공원 같은 경우는 관리가 잘 되어 있는 편이지만 부족한 점이 많고, 소공원들은 조명 기구의 광원 자체에서 발생하는 눈부심이 많으며 명암대비가 심하여 시각적으로 피로하다고 응답하였다.

▌ 공원 조명 시뮬레이션 시 활용하는 소프트웨어에 대한 의견

마지막으로 현재 공원 조명 시뮬레이션 시 활용하는 소프트웨어에 관한 질문에서는 네 응답자 모두 정성적 측면에서의 보완이 필요하다고 언급하였다. 응답자들의 답변에 따르면, 현재 조명 시뮬레이션 시 활용하는 소프트웨어로는 리룩스, 다이얼룩스, AGI 32 등이 있었고 현재 조명 관련업 종사자들이 많이 활용하고 있는 조명 시뮬레이션 소프트웨어는 가장 접근성과 범용성이 좋은 리룩스였다. 현재 공원 조명 시뮬레이션 시 활용하는 소프트웨어들의 한계점에 대한 질문에서는 응답자 A의 경우, 현재의 소프트웨어들은 오픈 스페이

스 보다 건축물이나 실내의 조도 시뮬레이션에 최적화된 프로그램이며, 건축물이나 실내에 비해 주변의 빛환경에 대한 영향을 많이 받는 오픈 스페이스의 특성상 수목의 형태에 따라 빛환경이 많이 영향을 받는데, 현재 소프트웨어 내에서는 수목의 형태 및 반사율을 구현하기 힘든 환경이라고 응답하였다. 그렇기 때문에 현재 소프트웨어들은 공원의 야간 경관 심의 시 필요한 데이터값을 얻기 위한 정도로만 활용 중이라고 첨언하였다. 응답자의 B의 경우, 조도 시뮬레이션 작업 시에 기존 3D 모델을 활용하는데, 3D 모델의 복잡도가 조도 시뮬레이션의 효율성에 영향을 주기 때문에 공원의 경우 다양한 수목과 구조물을 실제적으로 표현하는 데 한계가 있다고 응답하였다. 응답자 C의 경우, 공원 식재를 정확히 알 수 없어 조명에서 나오는 빛이 해당 식재에 어떤 간섭을 받을지 알기 어렵고, 주변 환경에서 발생하는 빛의 영향도 많이 받기 때문에 시뮬레이션과 실제 간의 오차가 크다고 응답하였다. 응답자 D의 경우, 리룩스나 다이얼룩스의 조도 시뮬레이션 시 실외 환경의 조도 시뮬레이션이 실내 환경의 조도 시뮬레이션에 비해 오차가 큰 것 같다고 응답하였다. 또한 날씨, 계절, 시간대 등 주변 환경이 고려되지 않아 정성적 분석의 측면에서 한계가 많다고 첨언하였다.

4) 인터뷰 시사점

현재의 국내 공원 조명 설계 기준에 명시된 평균 조도 기준만으로는 다양한 공원을 세부적으로 관리하기에 충분하지 않았다. 특히 보완 사항으로 네 응답자 모두 균제도 관련 내용에 대해 언급한 것은 균제도 기준의 필요성을 시사한다. 공원의 야간 환경에서 균제도가 낮으면 공간의 명암 대비가 커지게 되고 이러한 환경은 가시성을 떨어뜨려 이용자들의 안전성과 시각적 쾌적성을 저해할 수 있다. 이는 공간의 만족도로 연결된다고 볼 수 있는데, 네 응답자 모두 공원의 야간 환경에 대해 만족하지 못한 이유로 균제도가 낮다고 언급한 것은 야간 환경에서의 균제도는 공간의 만족도에 영향을 미친다는 것을 뒷받

침한다.

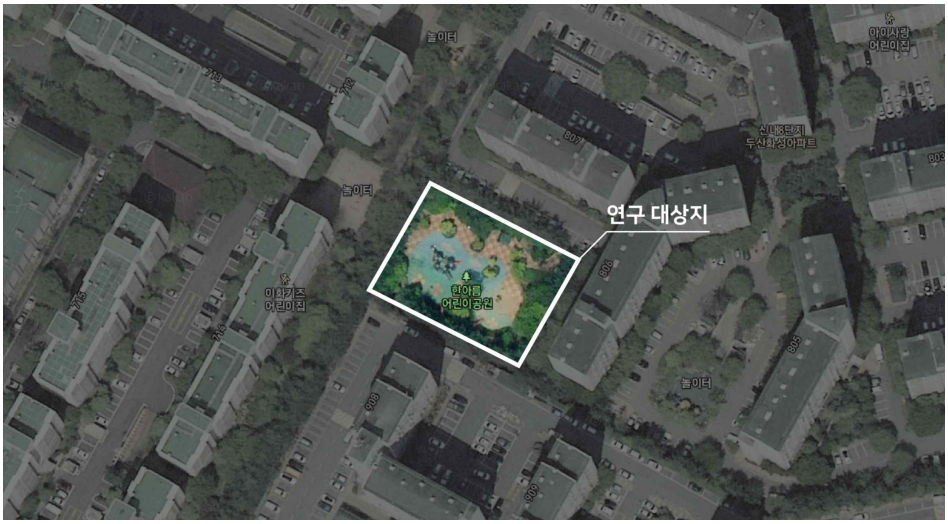
또한, 현재 조명 업계에서는 조명 시뮬레이션 시 실내 환경과 실외 환경에 대한 구분 없이 모두 동일한 소프트웨어를 사용하고 있었다. 실외 환경의 조명 시뮬레이션 시에는 주변 환경이나 식재 등이 복합적으로 고려되어야 하는데 현재의 조명 시뮬레이션 소프트웨어는 이를 구현하기에는 한계가 많았다. 그렇기 때문에 주로 실외 조명 환경의 평균 조도 값이나 휘도 값 등을 산출하기 위한 정량적 분석 용도로 활용되고 있었다. 정성적 분석 측면에서 보완이 가능한 소프트웨어가 있다면 실외 환경의 조명 시뮬레이션 시 많은 도움이 될 것이라 볼 수 있다.

제3장: 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 제작

1절: 연구 대상지

1) 대상지 개요

본 연구의 대상지는 서울시 중랑구 신내동 656-1에 위치한 면적 약 1,760㎡의 한아름 어린이공원이다. 대상지는 서울시에서 가장 낮은 공원 안전 등급인 ‘C 등급’을 받았으며(2018년도 기준), 그중에서도 범죄와 112 신고는 각각 22건, 129건으로 다른 공원들보다 범죄율과 112 신고 건수가 가장 높은 공원이다.



[그림 12] 대상지 항공 사진(출처: https://map.kakao.com/)

2) 대상지 현황 및 분석

대상지는 아파트 단지에 둘러싸여 있는 도시 근린공원으로, 대상지 주변에는 신내 7단지 진로 아파트와 신내 8단지 두산 화성 아파트, 신내 9단지 진흥 아파트 등 다수의 아파트 건물들이 위치해 있다.

[그림 13] 대상지 주변 현황(출처: https://map.kakao.com/)

대상지의 공간계획 및 공원시설은 다음과 같다. 주요 시설로는 조합 놀이터와 운동시설 및 파고라 등이 설치되어 있다.

[그림 14] 대상지 공간계획 및 시설 다이어그램

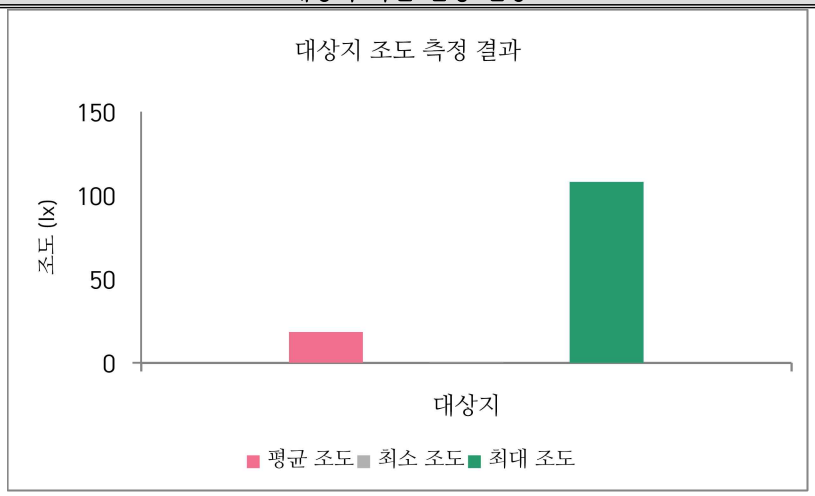
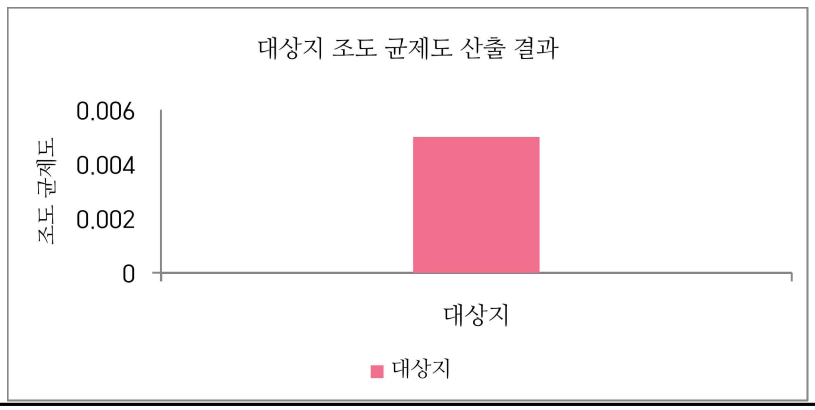
3) 대상지 현장 조사

2021년 9월 10일에 일몰[5] 후 30분 이후인 19시 30분경 대상지 현장에서 조도계를 활용한 야간 환경 현장 조사 결과, 평균 조도는 약 18 lx였으며 최소 조도와 최대 조도는 각각 0 lx, 108.5 lx였다. 최소 조도가 0인 경우 균제도 산출이 불가하여, 최소 조도를 0.1로 계산하여 산출한 균제도는 약 0.005로 평균 조도는 국내 공원 조명 설계 기준 보다 높았으나 균제도가 매우 낮았다. 실제로 조명 기구가 설치되어 있는 공간만 매우 밝았고 조명 기구가 설치되어 있지 않은 공간은 빛이 닿지 않아 어둠에 묻혀 있는 경우가 많았다.

[그림 15] 대상지 야간 환경

5) 일몰 시간은 2021년 9월 서울시 기준으로 약 18시 49~51분 사이이다.

[표 13] 대상지 야간 환경 현황

대상지 야간 환경 현황



2절: 야간 환경 제작을 위한 3D 모델의 구축

1) 3D 모델의 구현 범위

본 연구에서는 공원의 야간 환경 시뮬레이션 제작을 위해 3D 모델링 기반의 VR 시뮬레이션을 제작하였다. VR 시뮬레이션 제작에 앞서 3D 모델의 구현 범위를 설정하였다. VR 시뮬레이션에서 느끼는 몰입감과 실재감을 높이기 위해 특히 체험자가 체험하게 될 공원 내 지형, 포장, 시설물, 식재 등은 구체적

으로 구현하였다. 또한 대상지에서 보이는 주변 아파트 단지와 같은 원거리의 경관 요소들까지 제작하였다. 대상지 주변 경관 요소들의 3D 모델링 구현 범위는 <그림 34>와 같다. 3D 모델의 구현 범위는 총 2단계로, 1단계에는 대상지 공원의 포장. 시설물, 식재 등이 포함된다. 2단계에는 대상지에서 보이는 주변 아파트 건물 등이 포함된다.

[그림 16] 3D 모델링 구현 범위

2) 대상지 3D 모델 제작과정

본 연구에서는 대상지의 3D 모델 제작을 위해 국토 정보 플랫폼의 수치지형도와 대상지 현장 사진 및 공간 정보 오픈 플랫폼인 'V World'를 참고하였다. 모든 3D 모델의 제작은 'SketchUp' 3D 모델링 소프트웨어를 사용하여 제작하였다. SktechUp에서는 공원의 전반적인 지형, 시설물, 주변 아파트 단지 등을 제작하였고, 이후 텍스쳐 매핑(Texture Mapping) 및 식재 모델링 등은 'Twinmotion'에서 추가로 작업하였다.

[그림 17] SketchUp에서 제작한 대상지 3D 모델

SketchUp에서 지형, 시설물, 건물 등 3D 모델을 제작한 후 효율적인 텍스쳐 매핑과 식재 모델링을 위해 Twinmotion으로 파일을 변환하였다. Twinmotion은 에픽게임즈 사의 건축 시각화 소프트웨어로, Unreal Engine 기반의 실시간 렌더 프로그램이다. Twinmotion에서는 Unreal Engine에서 지원하는 고품질의 방

대한 재질 라이브러리 및 교목, 관목 등의 다채로운 식재 모델 라이브러리를 지원하는 특징이 있다. 또한 Unreal Engine에서는 Twinmotion 플러그인을 지원하여 Twinmotion에서 Unreal Engine으로 파일 변환이 가능하고 데이터 호환성이 뛰어나다.

[그림 18] Twinmotion에서 추가 작업한 대상지 3D 모델

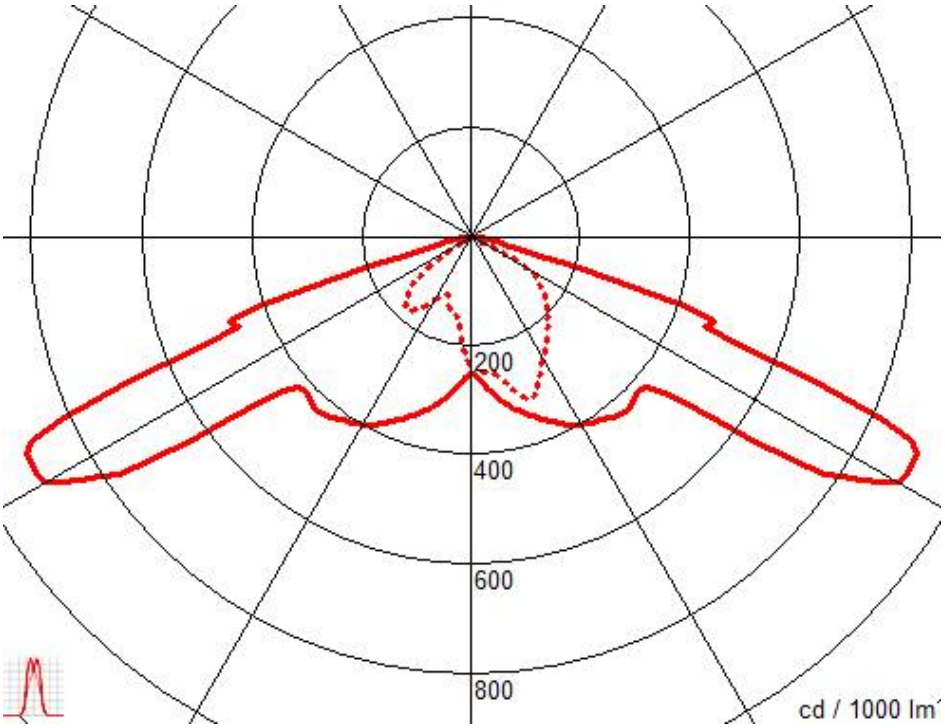
SketchUp과 Twinmotion을 통해 최종적으로 완성된 3D 모델은 VR 시뮬레이션 제작 단계에서 Unreal Engine 4로 변환하여 조명 등의 추가 작업과 함께 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션을 제작하였다.

3절: 정량적 시나리오 설정

1) Relux와 IES 파일을 활용한 정량적 시나리오 설정

언리얼 엔진에서의 정성적 시나리오 설정에 앞서, 실외 조명 설계에 활용되고 있는 Relux를 활용하여 정량적 시나리오를 설정하였다. 이 과정에서 SkethUp에서 제작한 대상지의 3D 모델을 Relux로 불러와 활용하였다. 시나리오는 본 연구의 가설 검증을 위해 A-1, A-2, A-3으로 구분하였다. 모든 시나리오에는 공원 조명에 주로 활용되는 조명 중에서 동일한 광효율(102.22 lm/W)과 배광[6]을 가진 조명의 IES 파일을 사용하였으며, 평균 조도와 조명 기구의 높이는 통제하고 IES 파일 내에서 조명의 밝기에 영향을 미치는 루멘(lm)[7] 값과 균제도에 영향을 미치는 조명 기구의 수량만 변경하며 시나리오를 설정하였다.

6) 배광(配光): 어떤 물체를 비추려고 빛을 보내는 것(표준국어대사전, 2021).
7) 루멘(lumen): 선속(光線束)의 국제단위. 1루멘은 1칸델라의 점광원을 중심으로 하여 1미터 반지름으로 그린 구면 위에서 1㎡의 면적을 통과하는 빛의 다발이며, 기호는 lm을 사용한다(표준국어대사전, 2021). 광량이라고도 하며, 조명에서 발생하는 빛의 밝기를 나타내는 단위이다.



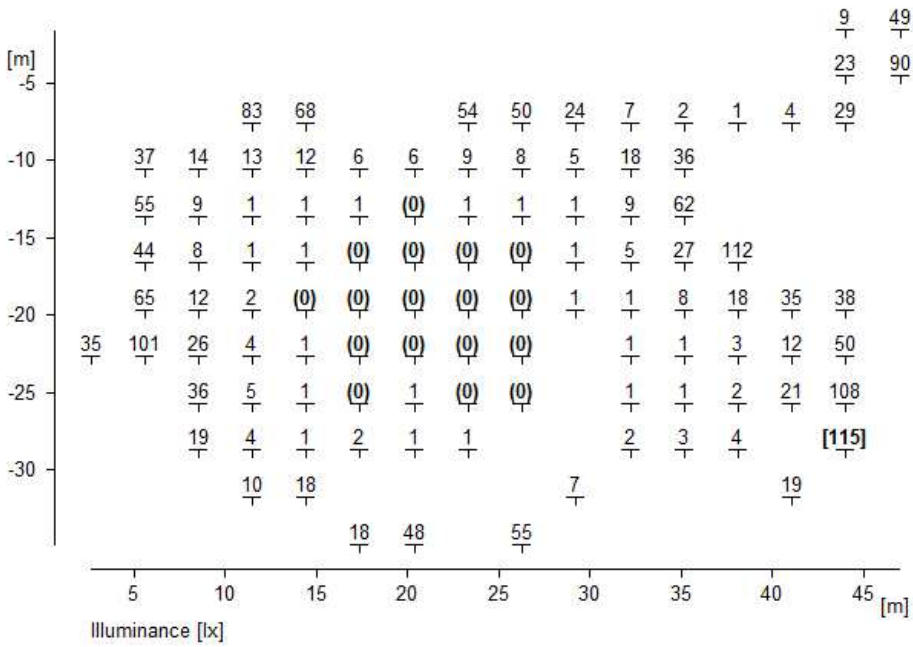
[그림 19] 정량적 시나리오 설정에 활용된 조명 IES 파일의 배광 곡선

2) 상세 시나리오 설정

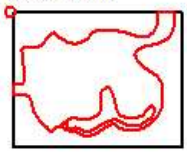
본 시나리오는 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서 균제도에 따른 시각적 인상을 평가하기 위한 것으로, 평균 조도는 대상지의 평균 조도인 약 18 lx로 고정하였으며, 균제도는 국외 기준(0.25)을 중간 값으로 두고 ±0.20 간격으로 설정하였다. 모든 시나리오에서 조명 기구 높이는 4m로 고정하고 조명의 밝기 값과 수량만 변경해가며 균제도를 조정하였다.

시나리오 A-1에 대한 정량적 수치와 의사 색채[8]는 <그림 20, 21>과 같으며, IES 파일의 lm 값을 6,800 lm으로 설정한 조명을 10개 배치하여 균제도가 약 0.05 이하인 야간 환경을 설정하였다.

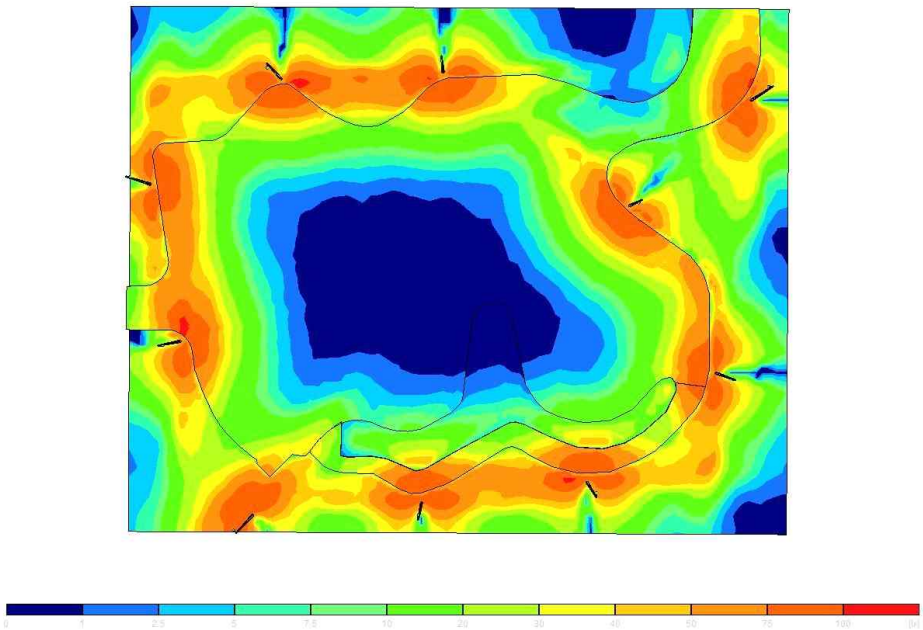
8) 의사 색채(pseudo color, 擬似色彩): 단색 화상의 각 픽셀에 대해 그 농도 레벨에 따라 색을 할당하고 색채 화상화 하는 수법(한국정보통신기술협회 IT용어사전, 2021).



Height reference plane		: 0.75 m
Average illuminance	Em	: 18 lx
Minimum illuminance	Emin	: 0 lx
Maximum illuminance	Emax	: 115 lx
Uniformity Uo	Emin/Em	: 1 : 66.49 (0.02)
Diversity Ud	Emin/Emax	: 1 : 419.60 (0.00)

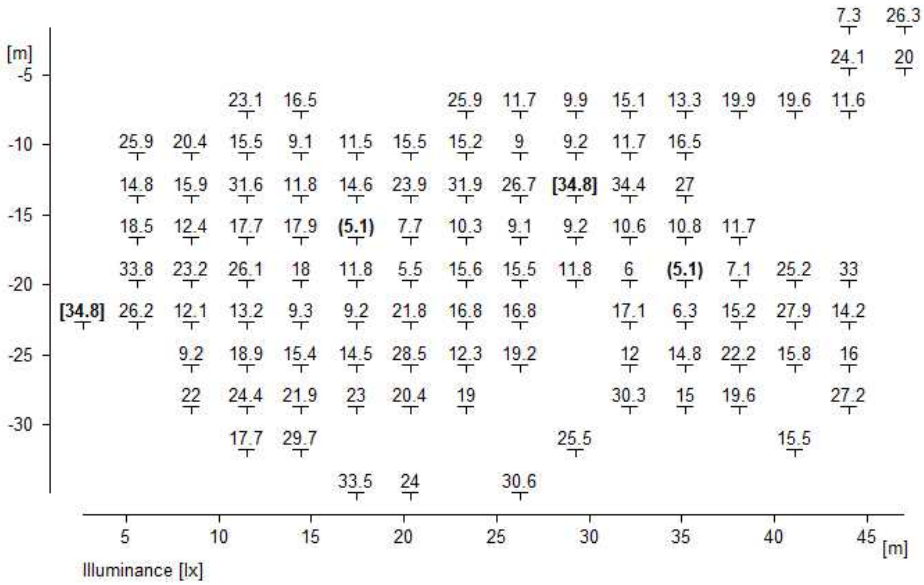


[그림 20] 시나리오 A-1의 평균 조도 및 균제도 값

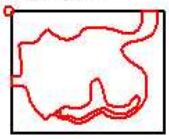


[그림 21] 시나리오 A-1의 의사 색채(Pseudo Color)

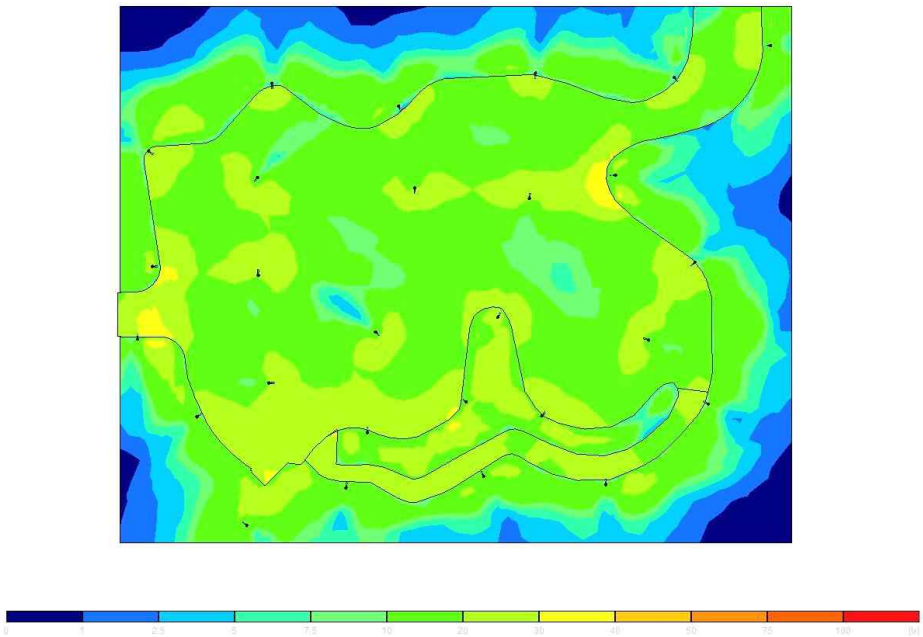
시나리오 A-2에 대한 정량적 수치와 의사 색채는 <그림 22, 23>과 같으며, IES 파일의 lm 값을 1,410 lm으로 설정한 조명을 27개 배치하여 균제도가 약 0.25인 야간 환경을 설정하였다.



Height reference plane		: 0.75 m
Average illuminance	Em	: 18 lx
Minimum illuminance	Emin	: 5.1 lx
Maximum illuminance	Emax	: 34.8 lx
Uniformity Uo	Emin/Em	: 1 : 3.52 (0.28)
Diversity Ud	Emin/Emax	: 1 : 6.83 (0.15)

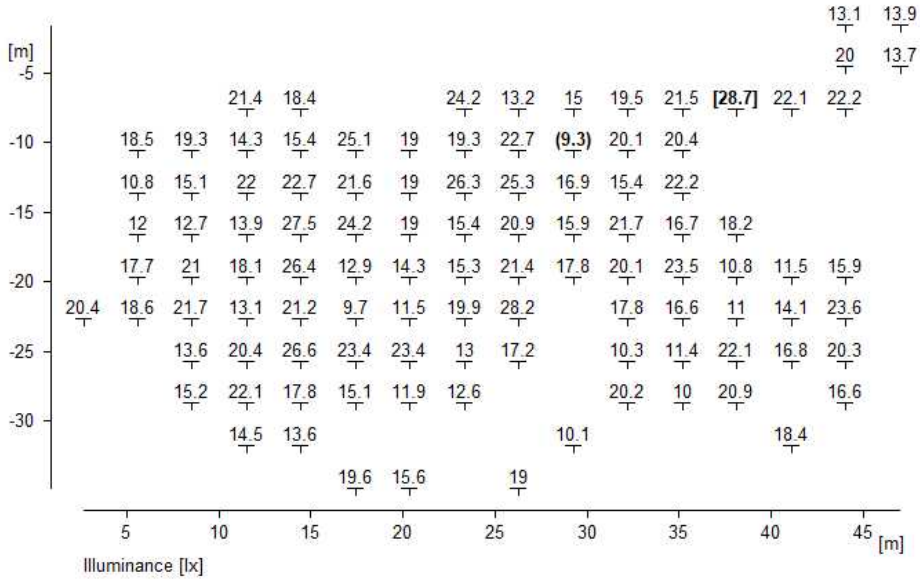


[그림 22] 시나리오 A-2의 평균 조도 및 균제도 값



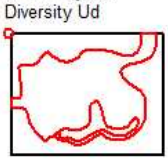
[그림 23] 시나리오 A-2의 의사 색채(Pseudo Color)

시나리오 A-3에 대한 정량적 수치와 의사 색채는 <그림 24, 25>와 같으며, IES 파일의 lm 값을 1,215 lm으로 설정한 조명을 41개 배치하여 균제도가 약 0.45 이상인 야간 환경을 설정하였다.

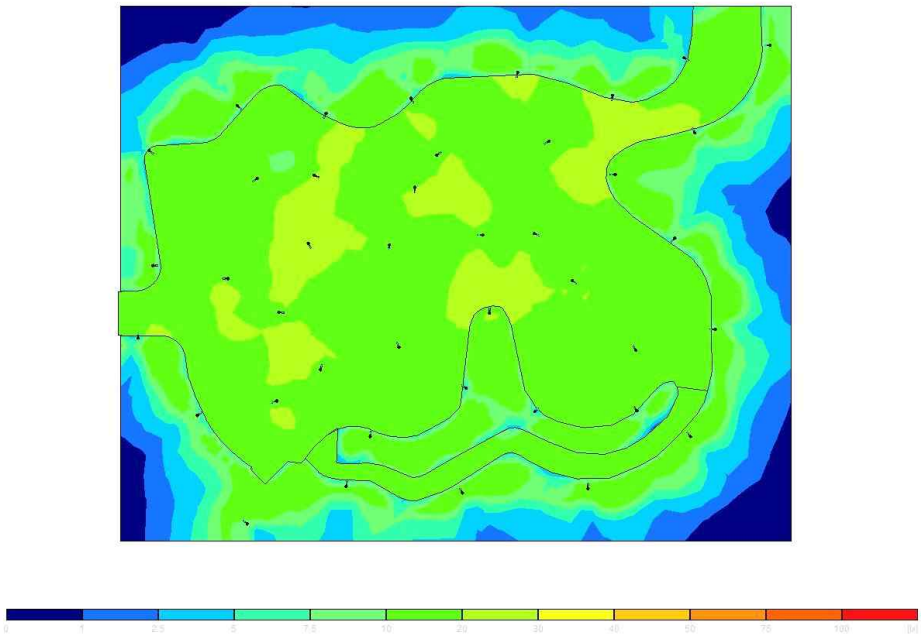


Illuminance [lx]

Height reference plane		: 0.75 m
Average illuminance	Em	: 18 lx
Minimum illuminance	Emin	: 9.3 lx
Maximum illuminance	Emax	: 28.7 lx
Uniformity Uo	Emin/Em	: 1 : 1.94 (0.52)
Diversity Ud	Emin/Emax	: 1 : 3.09 (0.32)



[그림 24] 시나리오 A-3의 평균 조도 및 균제도 값



[그림 25] 시나리오 A-3의 의사 색채(Pseudo Color)

[표 14] Relux에서의 정량적 시나리오 설정

정량적 시나리오 설정						
구분		조명 환경				
		평균 조도(lx)	균제도	조명 기구 광원의 밝기(lm)	조명 기구 높이 (m)	조명 기구 수량 (ea)
A	A-1	18	약 0.05 이하	6,800	4	10
	A-2		약 0.25	1,410		27
	A-3		약 0.45 이상	805		41

4절: 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 제작

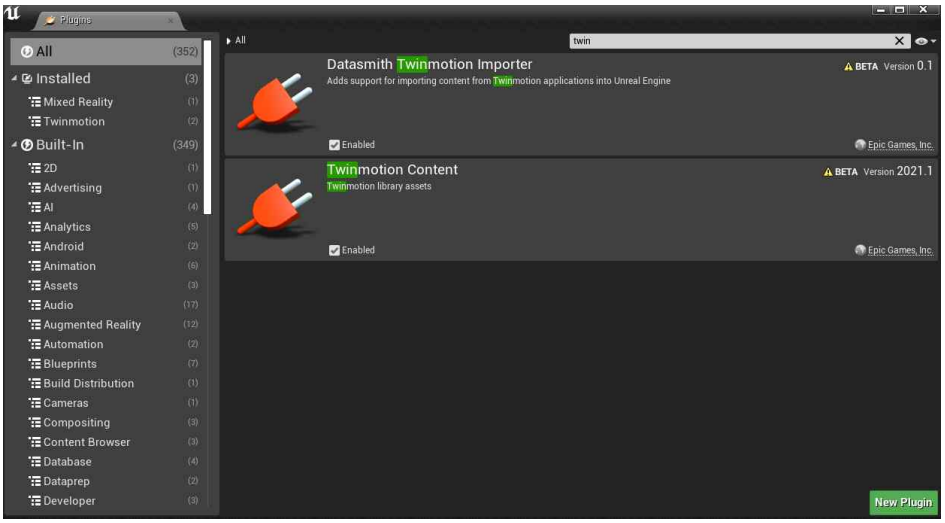
1) Unreal Engine을 활용한 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 제작

본 연구에서는 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 제작을 위해 언리얼 엔진 4(Unreal Engine 4)를 활용하였다. 언리얼 엔진은 에픽 게임즈(Epic Games) 사에서 개발한 게임엔진이지만, 뛰어난 실시간 렌더링을 통한 시각화 기술과 VR 또는 AR 등 다양한 플랫폼을 지원하여 게임 분야뿐만 아니라 건축, 도시, 조경, 실내 디자인 등 다양한 공간 설계 분야에 활용되고 있다.

몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션은 크게 4가지 단계로 구분되었다. 첫째, SketchUp과 Twinmotion으로 제작된 3D 모델을 언리얼 엔진에서 Twinmotion 플러그인을 활용하여 효율적으로 변환하였다. 둘째. Relux에서 설정한 시나리오들을 참고하여 언리얼 엔진으로 변환한 3D 모델에 조명을 배치하였다. 셋째, 언리얼 엔진의 블루프린트(Blueprint) 스크립트 기능을 활용하여 체험자가 직접 시나리오를 실시간으로 변경할 수 있는 시스템을 구축하였다. 넷째, 완성된 VR 야간 환경 시뮬레이션을 실험용 하드웨어에서 작동할 수 있도록 패키지를 통해 출력하였다.

▌ 데이터 변환

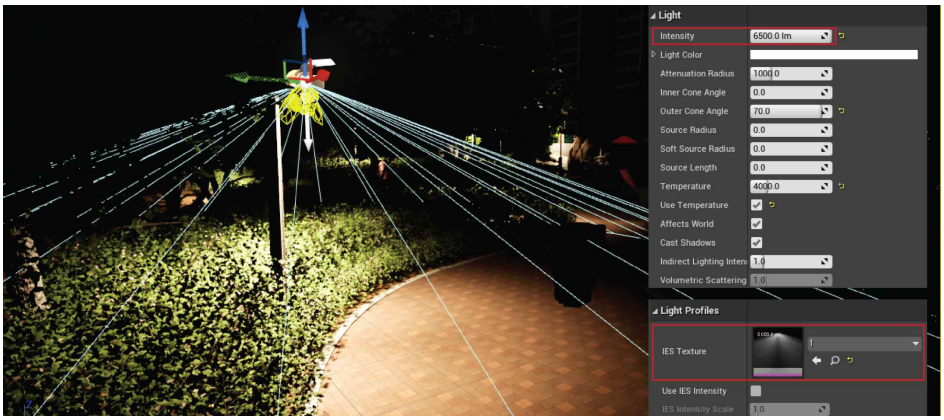
고품질의 매핑 및 고품질의 식재 모델을 배치한 Twinmotion 파일의 렌더링 품질을 유지하면서 효율적으로 데이터를 변환하기 위해서는 언리얼 엔진에서 ‘Datasmith Twinmotion Importer’와 ‘Twinmotion Content’라는 플러그인이 필요하다. 본 연구에서는 해당 플러그인을 통해 기존에 제작했던 3D 모델의 데이터를 쉽고 빠르게 언리얼 엔진으로 변환하였다.



[그림 26] Unreal Engine의 Twinmotion 플러그인

▌ 조명 생성 및 배치

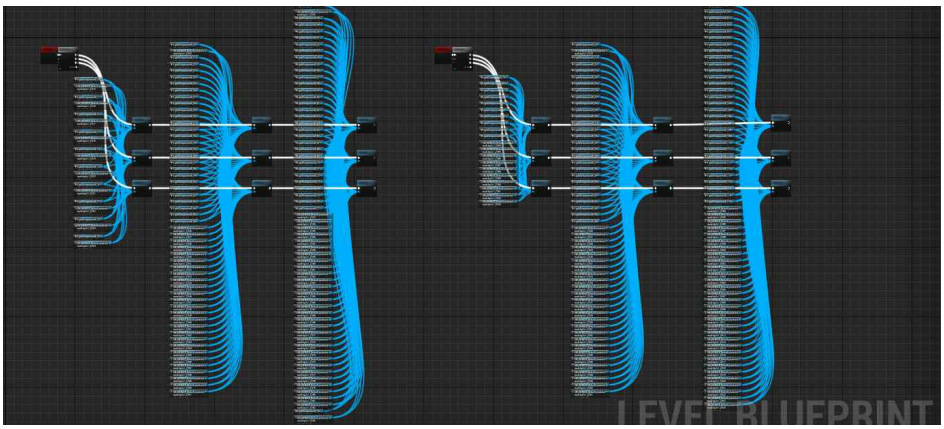
언리얼 엔진에는 두 가지 조명 생성 방법이 있다. 첫 번째는 소프트웨어 내에서 직접 조명을 생성하는 것이고, 두 번째는 IES 파일을 언리얼 엔진으로 가져오는 것이다. 첫 번째 방법은 실제 조명 기구에서 확인할 수 있는 배광을 섬세하게 제어하기 힘들기 때문에 사실적인 빛을 연출하기에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 Relux에서 정량적 시나리오 생성 시 사용했던 IES 파일을 활용하여 언리얼 엔진에 조명을 생성하였으며, 시나리오에 따라 루멘 값과 조명 기구의 높이 등을 변경하여 배치하였다.



[그림 27] Unreal Engine에 IES 파일을 활용하여 조명을 배치한 모습

▌ 블루프린트(Blueprint)를 활용한 상호작용 구축

언리얼 엔진의 블루프린트(Blueprint)는 언리얼 에디터 안에서 노드 기반 인터페이스를 사용하여 다양한 상호작용 요소를 만드는 비주얼 스크립팅 시스템이며, 블루프린트의 기본적인 작동방식은 시각적인 스크립팅 노드, 입력, 변수 등을 노드로 연결하는 것이다(박재현, 2021). 본 연구에서는 블루프린트를 활용하여 체험자가 직접 시나리오를 변경해가며 체험할 수 있는 상호작용 시스템을 구축하였으며, HDM 컨트롤러의 클릭을 통하여 시나리오 변경이 가능하도록 구현하였다.



[그림 28] 시나리오 변경 블루프린트

[그림 29] 시나리오 A-1, A-2, A-3 변경 이미지

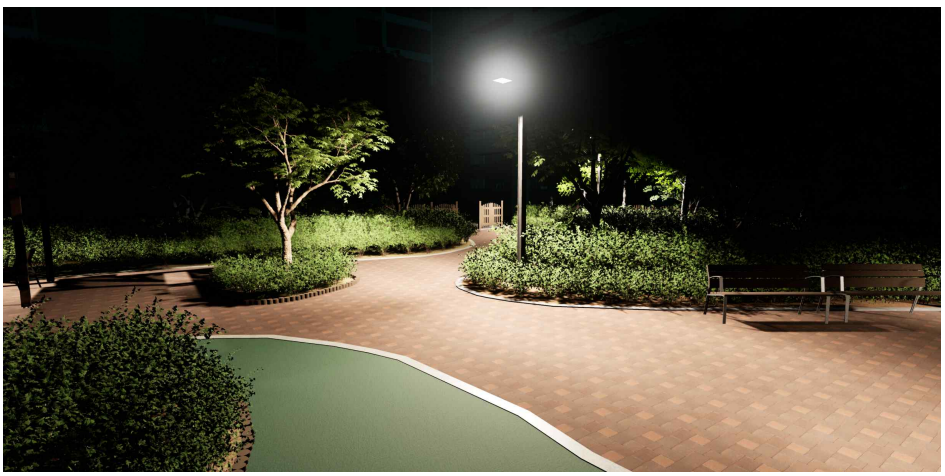
▌ 패키지 출력

VR 야간 환경 시뮬레이션 제작이 끝난 후에 HMD 및 PC에서 제작한 시뮬레이션을 재생할 수 있도록 패키지 출력 작업을 진행하였다. 기본적으로 언리얼 엔진을 통해 제작한 콘텐츠는 다양한 하드웨어 플랫폼(PC, 스마트폰, 태블릿 등)에서 재생할 수 있도록 출력할 수 있다. 본 연구에서는 PC와 HMD 장비를 활용하였으므로 제작한 VR 야간 환경 시뮬레이션을 Windows(64-bit) 플랫폼으로 패키지하여 출력하였다.

2) Relux와 Unreal Engine의 렌더링 출력물 비교

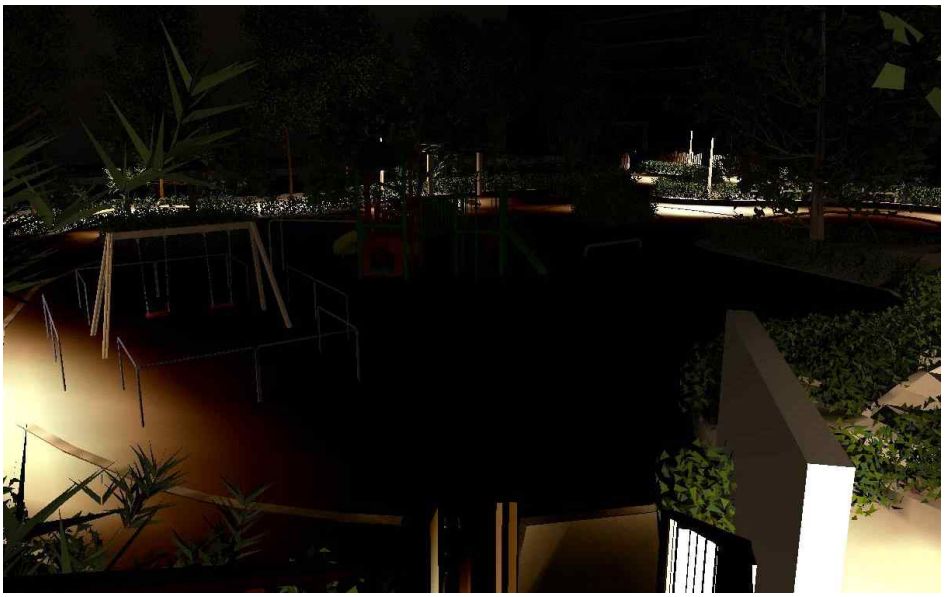
Relux에서 출력한 렌더링 이미지와 언리얼 엔진에서 출력한 렌더링 이미지를 서로 비교해보면, 언리얼 엔진이 빛 자체의 품질이나 빛에 반사되는 재질 및 식재의 품질 측면에서 뛰어난 것을 확인할 수 있다. 이는 언리얼 엔진이 Relux에 비해 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 시 몰입감과 실재감 측면에서 더욱 이점이 있다고 볼 수 있다.

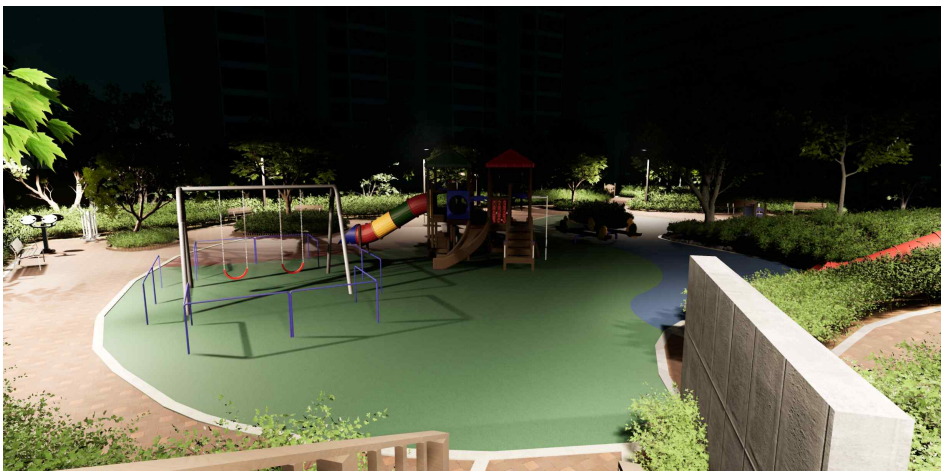
[그림 30] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-1



[그림 31] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-2

[그림 32] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-3





[그림 33] Relux(위)와 Unreal Engine(아래)의 렌더링 이미지 비교-4

제4장: 몰입형 VR 야간 환경 체험 및 실험 평가

1절: 야간 환경 시뮬레이션 실험설계

1) 실험 개요

본 연구에서는 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션을 통하여 시나리오별 야간 환경에 따른 시각적 인상을 평가하고자 하였다. 실험의 순서는 몰입형 야간 환경을 체험하면서 시나리오별로 시각적 인상에 대한 평가를 진행하였다. 본 실험에서 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션을 진행하기 위하여 고성능의 장비(PC, HMD 기기, 컨트롤러)를 사용하였고 5m x 5m 이상의 공간이 필요하여 서울대학교 환경대학원 506호 설계실에서 실험을 진행하였다.

2) 실험 대상

본 연구는 균제도에 따라 야간 도시공원에서 이용자가 느끼는 시각적 인상을 평가하는 연구이므로, 전문가와 비전문가를 구분하지 않고 모든 사람들을 대상으로 진행하는 것이 적합하다고 판단하였다. 또한 VR 시뮬레이션을 실행하기 위한 장비(PC, HMD 기기, 컨트롤러)들의 설치가 필요하였기 때문에 장소의 위치성도 고려할 필요가 있었다. 따라서 본 연구의 실험 및 설문 평가에서는 일반인들을 대상으로 실험평가를 진행하였으며, 총 45명(남: 23, 여: 22)의 실험 참여를 받아 진행되었다. 실험 참여자들은 대부분 서울대학교 구성원들이며 2·30대 남녀로 구성되었다.

3) 실험 장비

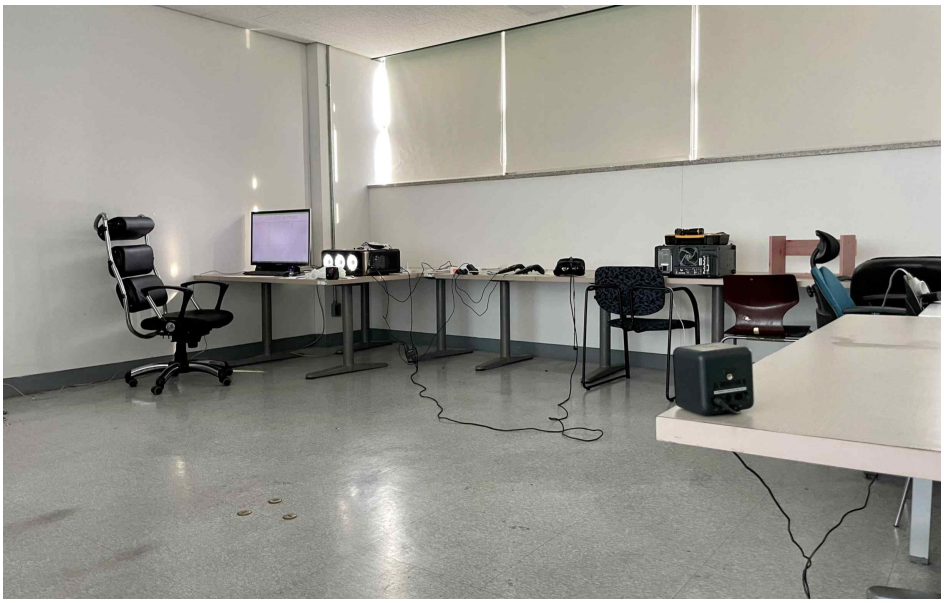
본 연구의 실험에 사용된 장비는 총 두 가지로 야간 환경 VR 시뮬레이션 제작 및 실행을 위한 고사양의 PC와 VR HMD 기기인 HTC VIVE 및 컨트롤러를 사용하였다. 고사양의 PC는 VR 시뮬레이션의 원활한 제작과 실행을 위하

여 Intel(R) Core(TM) i7-9700F CPU @3.00GHz의 프로세서. 32GB의 RAM, NVIDIA GeForce RTX 2060 그래픽 카드가 탑재된 장비를 사용하였다. HMD 기기는 다양한 VR 체험 및 시뮬레이션에서 활용되고 있는 HTC 사의 VIVE 장비를 사용하였다.

[그림 34] HTC VIVE(출처: https://www.vive.com/kr/comparison)

4) 실험 방법

본 연구의 실험은 크게 네 단계로 구분되었다. 첫째, 피실험들은 본 연구의 실험 내용, 장비 사용 설명 등을 구두 설명 및 설명서 유인물을 통하여 확인하였다. 둘째, 피실험자들은 HMD를 착용하고 몰입형 VR 야간 환경 시뮬레이션 체험을 진행하였다. 셋째, 피실험자들이 체험을 진행하는 동안 실험자는 피실험자들에게 시각적 인상에 관련된 설문 항목 내용을 구두로 답변하도록 하였다. 넷째, 피실험자들의 설문지를 수집한 후 'Stata'를 사용하여 통계 계산 및 결과를 도출하였다.



[그림 35] VR 실험 환경(서울대학교 환경대학원 506호 설계실)

[그림 36] VR 실험 진행 과정

5) 설문 평가 항목설정

본 연구의 설문 조사는 균제도 별 공원 이용자가 느끼는 야간 환경에 대한 시각적 인상에 대한 평가이며 5점 리커트 척도 설문 항목으로 설정한 후 설문

조사를 진행하였다. 선행연구에서는 주로 위험 인지, 시각적 접근성, 주변 대상들의 자연스러움, 조명 분위기 등을 설문 항목으로 설정한 것을 확인할 수 있다. 선행연구들은 주거지역 내 마당이나 골목을 대상으로 하였기 때문에, 본 연구에서는 선행연구들의 평가 지표를 참고하여 공원의 조명 환경 특성에 적합하도록 일부 어휘들을 수정하여 설문 항목을 재구성하였다. 위험 지각 항목에서는 심리적 불안감과 관련된 항목으로 3문항을 설정하였다. 시각적 접근성 항목에서는 공원의 전체적인 모습과 주변 사물이 잘 보이는지 판단할 수 있도록 3문항을 설정하였다. 시 대상의 자연스러움 항목에서는 공원의 바닥 포장, 식재, 시설물에 대해 3문항을 설정하였다. 조명 분위기 항목에서는 밝기, 쾌적함, 눈부심에 대해 3문항을 설정하였다.

[표 15] 선행연구 설문 항목 설정

실외 조명 환경에서의 정성적 평가 지표(5점 리커트 척도 평가)	
L. Kuhn. et al(2013)	서현석 외 2인(2014)
위험 인지	위험 지각
시각적 접근성	시각적 접근성
주관적 빛의 품질	공간의 조명 분위기
주변 사물의 자연색 인식	시 대상의 자연스러움

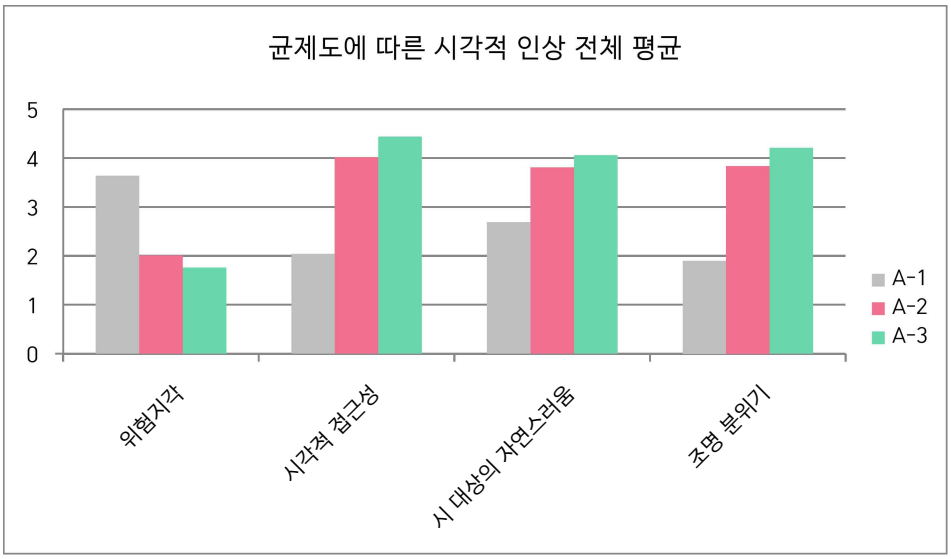
[표 16] 야간 환경의 시각적 인상 평가 관련 설문 항목

구분	질문	리커트 척도(1~5) 1=전혀 그렇지 않다 5= 매우 그렇다
위험 지각	이 공원에 있으면 불안한 느낌이 든다.	
	이 공원에서 가능한 빨리 벗어나고 싶다.	
	이 공원에 다시 방문하고 싶지 않다.	
시각적 접근성	공원의 전체적인 모습이 잘 보인다.	
	공원의 식재들이 잘 보인다.	
	공원의 시설물들이 잘 보인다.	
시 대상의 자연스러움	공원의 바닥 포장들이 자연스럽게 느껴진다.	
	공원의 식재들이 자연스럽게 느껴진다.	
	공원의 시설물들이 자연스럽게 느껴진다.	
조명 분위기	공원이 충분히 밝다고 느껴진다.	
	공원이 쾌적하게 느껴진다.	
	공원의 조명이 눈부시지 않다고 느껴진다.	

2절: 실험 결과 및 분석

1) 균제도에 따른 시각적 인상 평가에 대한 설문 결과 및 분석

균제도에 따른 시각적 인상 평가에 대한 전체 평균 그래프와 기술 통계는 각각 <그림 35>, <표 19>와 같다. 위험 지각 문항의 경우, 균제도가 높은 시나리오일수록 평균값이 낮게 나타났으며, A-2와 A-3 간 평균값의 차이는 미미하였다. 시각적 접근성 문항의 경우, 균제도가 높은 시나리오일수록 평균값이 높게 나타났다. 시 대상의 자연스러움 문항의 경우, 균제도가 높은 시나리오일수록 평균값이 높게 나타났으며, A-2와 A-3 간 평균값의 차이는 미미하였다. 조명 분위기 문항의 경우, 균제도가 높은 시나리오일수록 평균값이 높게 나타났으며, Q3 항목을 제외하면 A-2와 A-3 간 평균값의 차이는 미미하였다. 균제도가 높은 시나리오일수록 조명 자체의 밝기는 감소하였으나, 조명의 수량이 증가함으로 인해 어두운 면적이 줄어들어 가시성이 높아진 것이 위험 지각 감소와 시각적 접근성, 시 대상의 자연스러움, 조명 분위기 인식에 영향을 미친 것으로 판단된다.



[그림 37] 균제도에 따른 시각적 인상 전체 평균

[표 17] 균제도에 따른 시각적 인상 평가 기술통계(*P < .05)

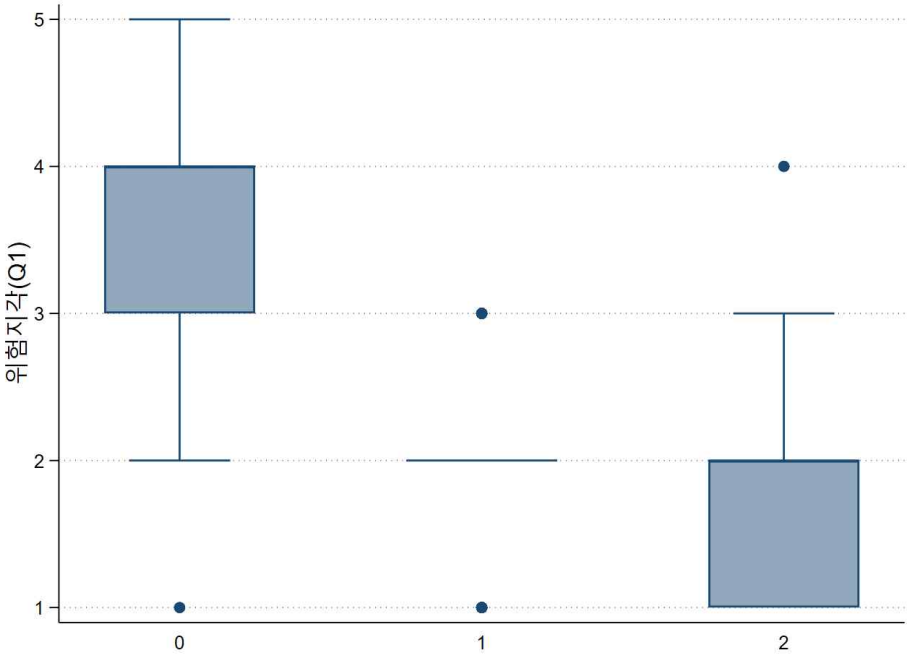
분석 항목		N	A-1		A-2		A-3		P-value
			Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.	MEan	Std. Dev.	
위험 지각	Q1	45	3.82	0.86	1.96	0.64	1.71	0.79	.000*
	Q2		3.78	1.11	2.02	0.75	1.69	0.82	.000*
	Q3		3.31	1.14	2.04	0.80	1.89	0.91	.000*
시각적 접근성	Q1		1.96	1.02	4.07	0.84	4.60	0.72	.000*
	Q2		2.40	1.18	3.98	0.89	4.13	0.79	.000*
	Q3		1.76	0.83	4.00	0.77	4.58	0.58	.000*
시 대상의 자연스러움	Q1		2.73	1.18	3.82	0.78	4.04	0.96	.000*
	Q2		2.76	1.15	3.80	0.84	4.13	0.81	.000*
	Q3		2.58	1.22	3.80	0.73	4.00	1.00	.000*
조명 분위기	Q1		1.53	0.69	4.02	0.81	4.73	0.45	.000*
	Q2		2.20	1.01	4.07	0.72	4.33	0.67	.000*
	Q3		1.98	0.89	3.44	0.72	3.56	1.14	.000*

▌ 위험 지각

위험 지각에 대한 t-검정 결과, 유의수준 0.05에서 3항목 모두 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 시나리오 A-1의 경우, 3항목에서 '보통이다(3)'와 '그렇다(4)' 사이인 3.31에서 3.82까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-2의 경우, 3항목에서 '매우 그렇지 않다(1)'와 '보통이다(3)' 사이인 1.96에서 2.04까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-3의 경우, 3항목에서 '매우 그렇지 않다(1)'와 '그렇지 않다(2)' 사이인 1.69에서 1.89까지의 평균값을 나타냈다. 이는 균제도가 낮은 시나리오일수록 조명의 수량이 적어 어두운 면적의 증가하므로 위험에 대한 인식이 높아진 것으로 판단된다.

위험 지각 Q1(이 공원에 있으면 불안한 느낌이 든다.)의 결과는 <그림 36>와 같으며, 대상지에서 불안함을 느끼는 정도는 A-1(0), A-2(1), A-3(2) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 20>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 불안함을 느끼는 정도에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 불안함을 느끼는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 불안함을 덜 느끼는 것으

로 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 불안함을 느끼는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.



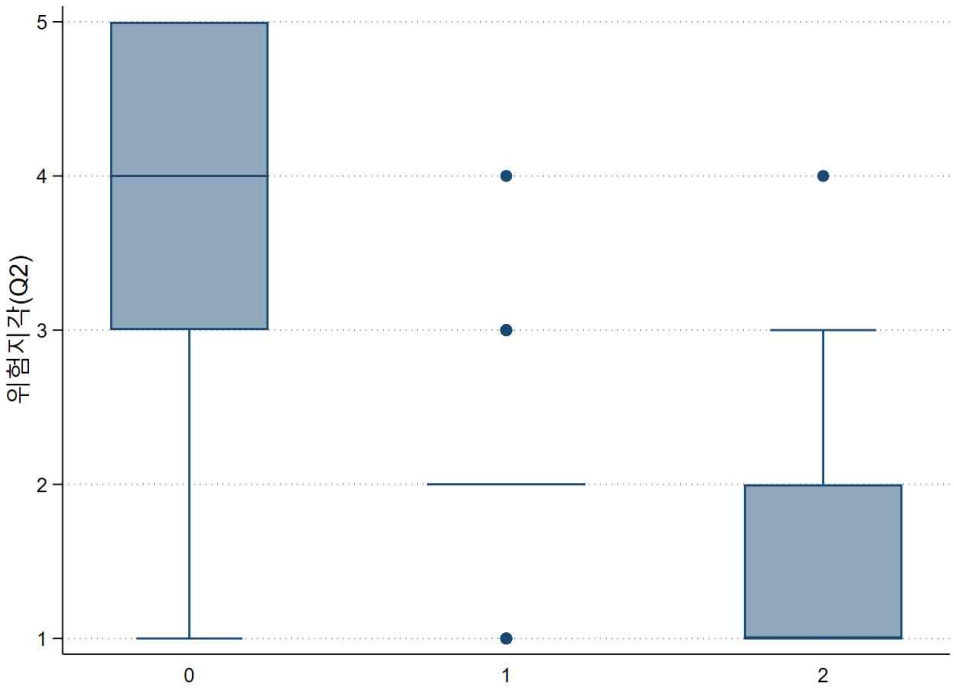
[그림 38] 위험 지각 Q1 평가 결과

[표 18] 위험 지각 Q1 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	6.8800 (0.0000)*	
A-3	8.1035 (0.0000)*	1.2235 (0.3317)

위험 지각 Q2(이 공원에서 가능한 빨리 벗어나고 싶다.)의 결과는 <그림 37>와 같으며. 대상지에서 빨리 벗어나고 싶다고 느끼는 정도는 A-1(0), A-2(1), A-3(2) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 21>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 대상지에서 벗어나고 싶다고 느끼는 정도에 큰 차이가 없었으나,

A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 대상지에서 벗어나고 싶다고 느끼는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지에서 벗어나고 싶지 않다고 느끼는 것으로 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 대상지에서 벗어나고 싶지 않다고 느끼는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.

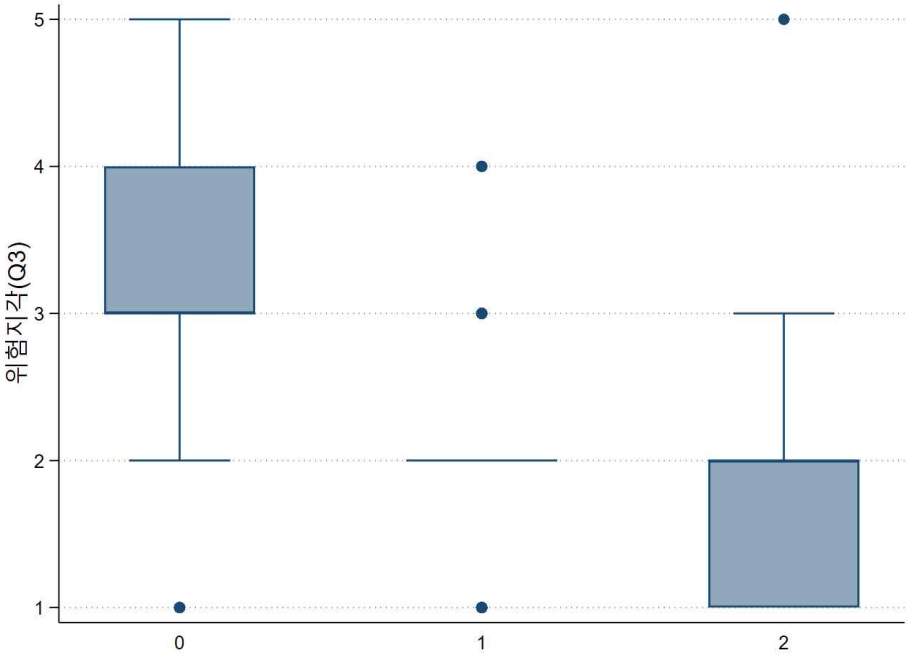


[그림 39] 위험 지각 Q2 평가 결과

[표 19] 위험 지각 Q2 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	5.9112 (0.0000)*	
A-3	7.5090 (0.0000)*	1.5978 (0.1651)

위험 지각 Q3(이 공원에 다시 방문하고 싶지 않다.)의 결과는 <그림 38>와 같으며. 대상지에 다시 방문하고 싶지 않다고 느끼는 정도는 A-1(0), A-2(1), A-3(2) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 22>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 대상지 재방문 의사에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 대상지 재방문 의사에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 재방문 의사가 높게 나타나는 것으로 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 재방문 의사에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.



[그림 40] 위험 지각 Q3 평가 결과

[표 20] 위험 지각 Q3 사후 검정 결과(*P < .05)

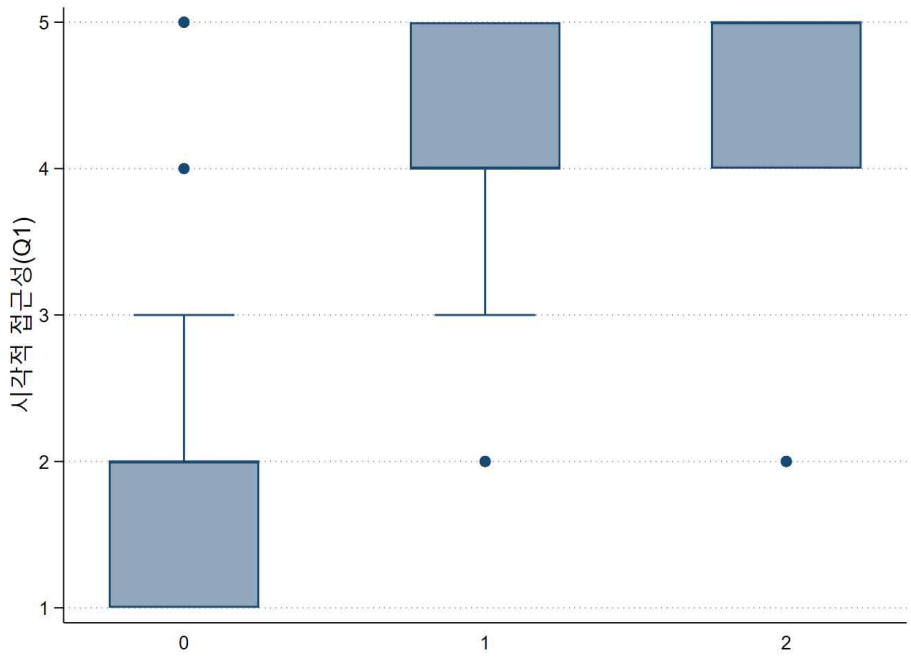
구분	A-1	A-2
A-2	4.9449 (0.0000)*	
A-3	5.7416 (0.0000)*	0.7967 (0.6384)

▌ 시각적 접근성

시각적 접근성에 대한 t-검정 결과, 유의수준 0.05에서 3항목 모두 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 시나리오 A-1의 경우, 3항목에서 '매우 그렇지 않다(1)' 와 '보통이다(3)' 사이인 1.76에서 2.40까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-2의 경우, 3항목에서 '보통이다(3)' 와 '매우 그렇다(5)' 사이인 3.98에서 4.07까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-3의 경우, 3항목에서 '그

렇다(4)’와 ‘매우 그렇다(5)’ 사이인 4.13에서 4.60까지의 평균값을 나타냈다. 이는 균제도가 높은 시나리오일수록 조명 자체의 밝기는 감소하였으나 조명의 수량이 늘어남으로 인해 어두운 면적이 감소하여 가시성이 향상되었기 때문으로 판단된다.

시각적 접근성 Q1(공원의 전체적인 모습이 잘 보인다.)의 결과는 <그림 39>과 같으며, 대상지의 전체적인 모습이 잘 보이는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 23>과 같으며, A-1과 A-2, A-1과 A-3, A-2와 A-3를 비교했을 때 모두 대상지의 전체적인 모습이 잘 보이는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높아질수록 대상지가 전체적으로 잘 보인다고 해석할 수 있다.

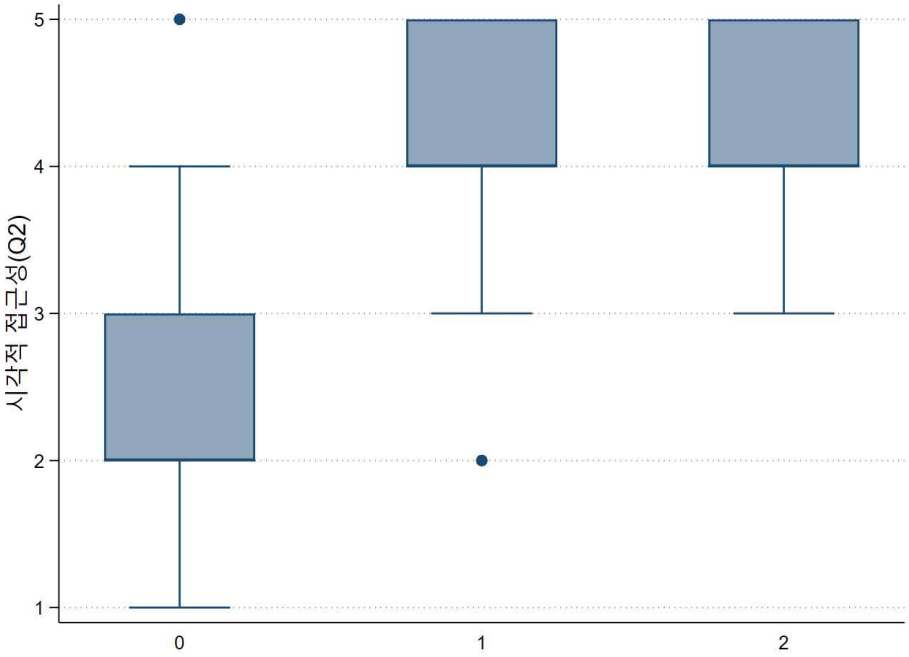


[그림 41] 시각적 접근성 Q1 평가 결과

[표 21] 시각적 접근성 Q1 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	-6.2403 (0.0000)*	
A-3	-8.5841 (0.0000)*	-2.3438 (0.0286)*

시각적 접근성 Q2(공원의 식재들이 잘 보인다.)의 결과는 <그림 40>와 같으며, 대상지의 식재들이 잘 보이는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 23>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 식재가 잘 보이는 정도에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 식재가 잘 보이는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지의 식재들이 잘 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 식재들이 잘 보이는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.

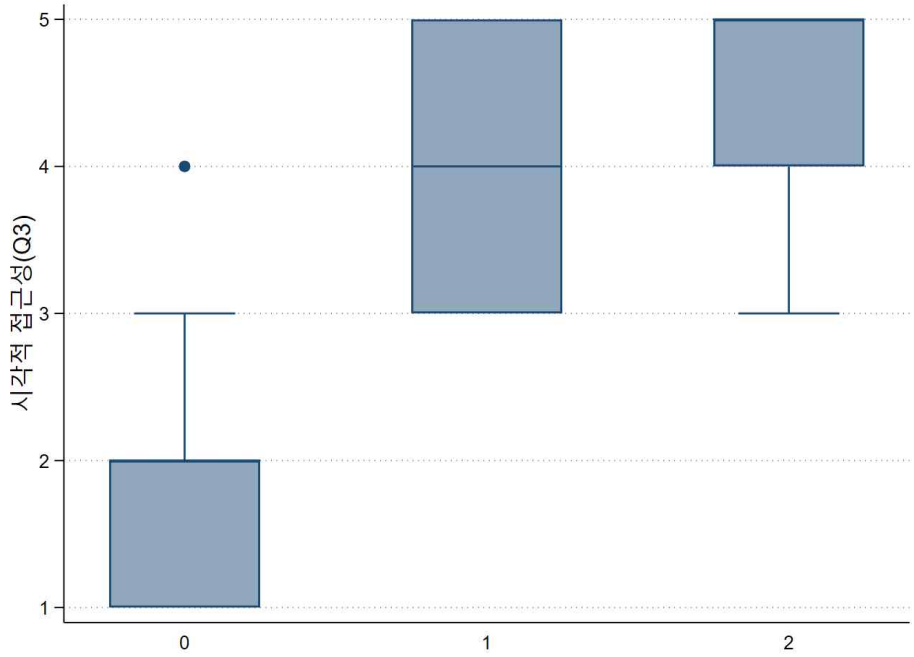


[그림 42] 시각적 접근성 Q2 평가 결과

[표 22] 시각적 접근성 Q2 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	-5.7134 (0.0000)*	
A-3	-6.3044 (0.0000)*	-0.5910 (0.8318)

시각적 접근성 Q3(공원의 시설물들이 잘 보인다.)의 결과는 <그림 41>과 같으며, 대상지의 시설물들이 잘 보이는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 25>와 같으며, A-1과 A-2, A-1과 A-3, A-2와 A-3를 비교했을 때 모두 대상지의 시설물이 잘 보이는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높아질수록 대상지의 시설물들이 잘 보인다고 해석할 수 있다.



[그림 43] 시각적 접근성 Q3 평가 결과

[표 23] 시각적 접근성 Q3 사후 검정 결과(*P < .05)

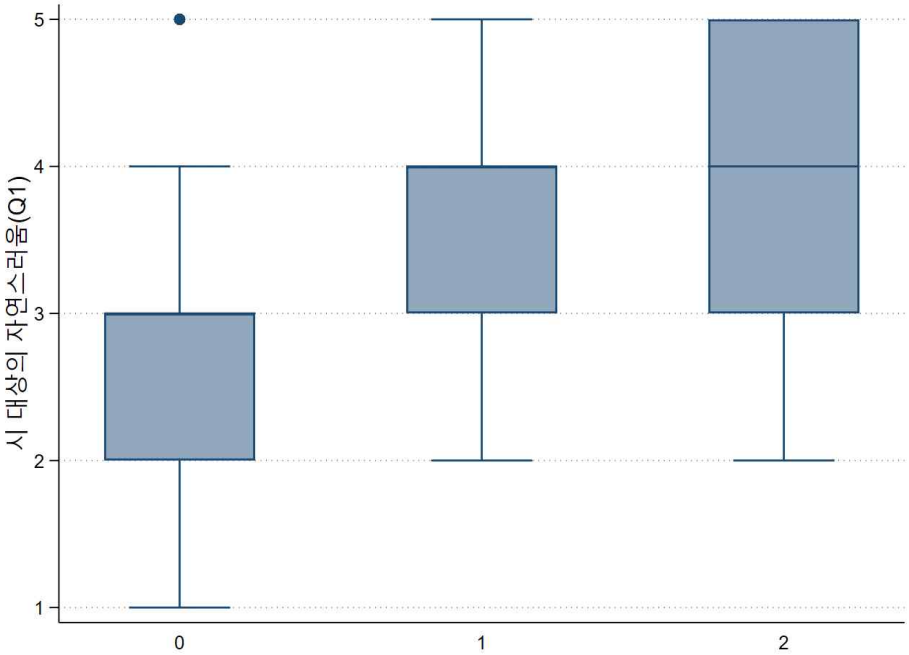
구분	A-1	A-2
A-2	-6.7738 (0.0000)*	
A-3	-9.2296 (0.0000)*	-2.4558 (0.0211)*

▌ 시 대상의 자연스러움

시 대상의 자연스러움에 대한 t-검정 결과, 유의수준 0.05에서 3항목 모두 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 시나리오 A-1의 경우, 3항목에서 '그렇지 않다(2)' 와 '보통이다(3)' 사이인 2.58에서 2.76까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-2의 경우, 3항목에서 '보통이다(3)' 와 '그렇다(4)' 사이인 3.80에서 3.82까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-3의 경우, 3항목에서 '그

렇다(4)’와 ‘매우 그렇다(5)’ 사이인 4.00에서 4.13까지의 평균값을 나타냈다. 이는 균제도가 높은 시나리오일수록 조명 자체의 밝기는 감소하였으나 조명의 수량이 늘어남으로 인해 그림자가 감소하여 물체에 대한 가시성이 향상되었기 때문으로 판단된다.

시 대상의 자연스러움 Q1(공원 내 바닥 포장들이 자연스럽게 느껴진다.)의 결과는 <그림 42>와 같으며, 대상지의 바닥 포장이 자연스럽게 느껴지는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 26>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 대상지의 바닥 포장이 자연스럽게 느껴지는 정도에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 대상지의 바닥 포장이 자연스럽게 느껴지는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지의 바닥 포장들이 자연스럽게 느껴지는 것처럼 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 바닥 포장이 자연스럽게 느껴지는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.



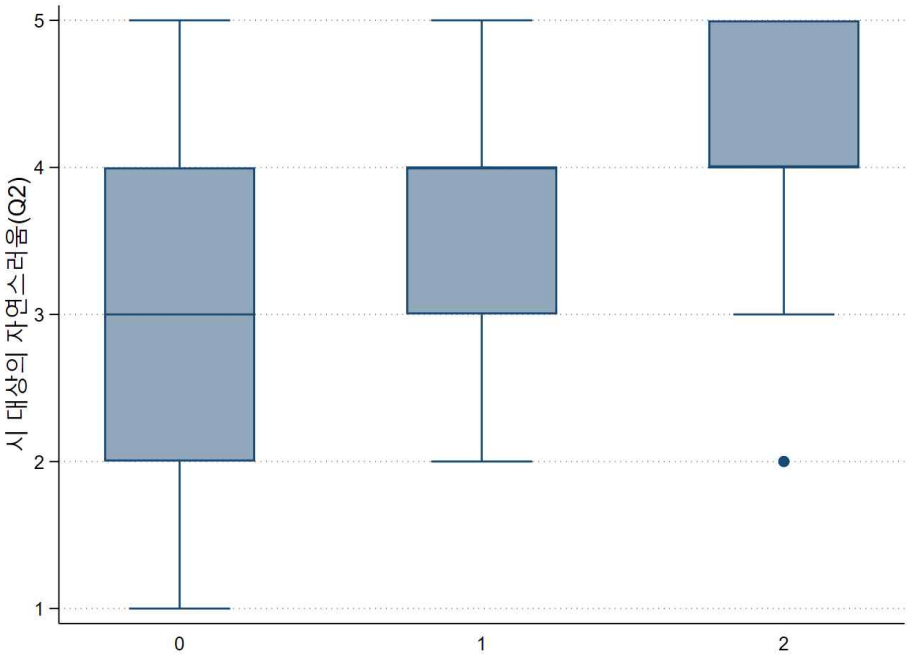
[그림 44] 시 대상의 자연스러움 Q1 평가 결과

[표 24] 시 대상의 자연스러움 Q1 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	-4.1907 (0.0000)*	
A-3	-5.3168 (0.0000)*	-1.1261 (0.3902)

시 대상의 자연스러움 Q2(공원의 식재들이 자연스럽게 느껴진다.)의 결과는 <그림 43>과 같으며, 대상지의 식재들이 자연스럽게 느껴지는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 27>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 대상지의 식재들이 자연스럽게 느껴지는 정도에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 대상지의 식재들이 자연스럽게 느껴지는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조

도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지의 식재들이 자연스럽게 느껴지는 것처럼 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 식재들이 자연스럽게 느껴지는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.



[그림 45] 시 대상의 자연스러움 Q1 평가 결과

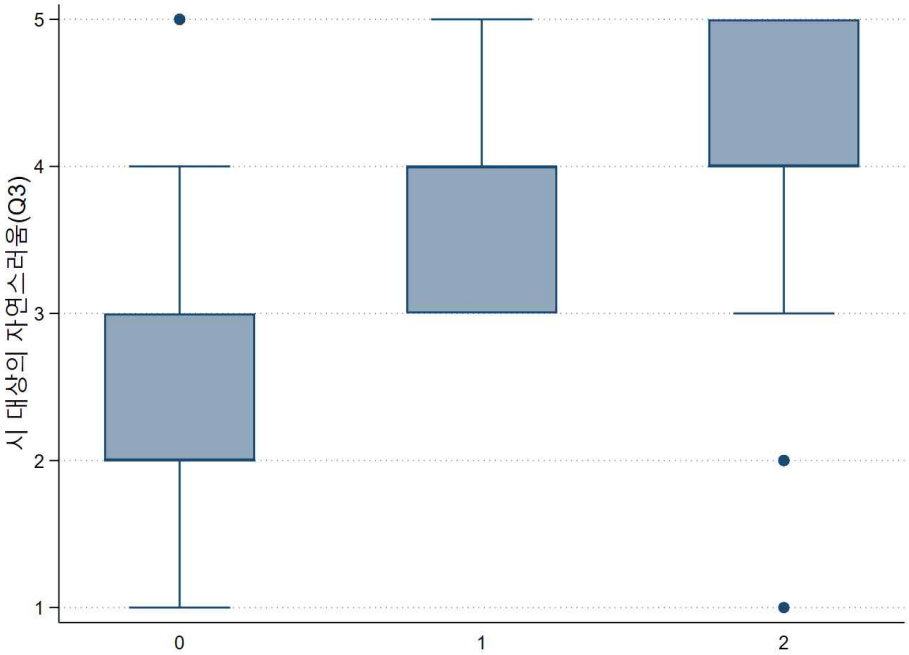
[표 25] 시각적 접근성 Q2 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	-4.0176 (0.0000)*	
A-3	-5.6684 (0.0000)*	-1.6508 (0.1482)

시 대상의 자연스러움 Q3(공원의 시설물들이 자연스럽게 느껴진다.)의 결과

는 <그림 44>와 같으며, 대상지의 시설물들이 자연스럽게 느껴지는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 28>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 대상지의 시설물들이 자연스럽게 느껴지는 정도에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 대상지의 시설물들이 자연스럽게 느껴지는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지의 시설물들이 자연스럽게 느껴지는 것처럼 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 시설물들이 자연스럽게 느껴지는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.

후속 인터뷰 결과, 시나리오 A-3의 경우 조명 수량의 증가로 약해진 그림자로 인해 사물을 어색하다고 인식하는 경우도 있었다.



[그림 46] 시 대상의 자연스러움 Q3 평가 결과

[표 26] 시 대상의 자연스러움 Q3 사후 검정 결과(*P < .05)

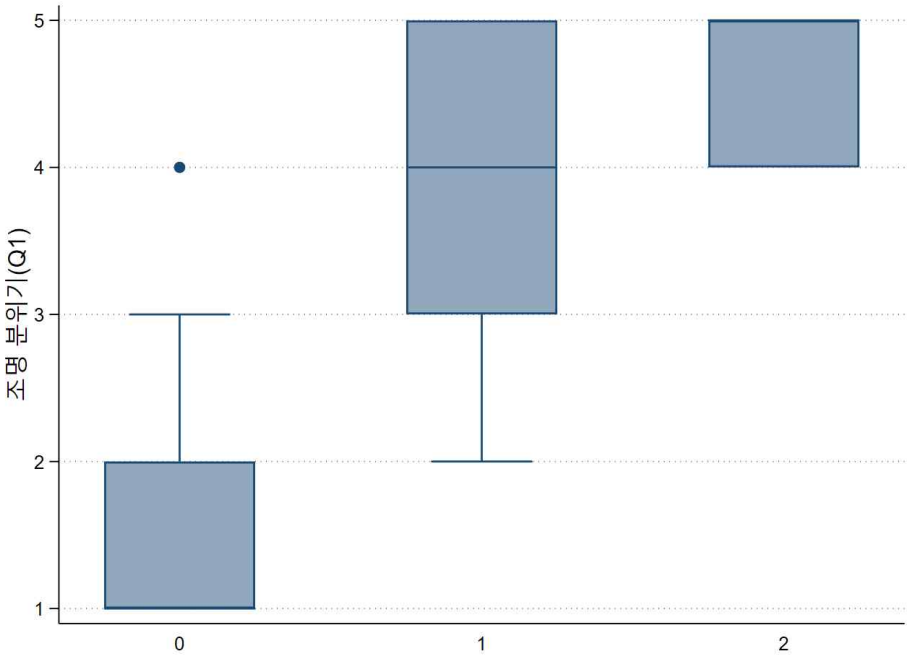
구분	A-1	A-2
A-2	-4.4432 (0.0000)*	
A-3	-5.6137 (0.0000)*	-1.1705 (0.3627)

▌ 조명 분위기

조명 분위기에 대한 t-검정 결과, 유의수준 0.05에서 3항목 모두 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 시나리오 A-1의 경우, 3항목에서 '매우 그렇지 않다(1)' 와 '보통이다(3)' 사이인 1.53에서 2.20까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-2의 경우, 3항목에서 '보통이다(3)' 와 '매우 그렇다(5)' 사이인 3.44에서 4.07까지의 평균값을 나타냈다. 시나리오 A-3의 경우, 3항목에서 '보

통이다(3)’ 와 ‘그렇다(4)’ 사이인 3.56에서 4.73까지의 평균값을 나타냈다. 이는 균제도가 높은 시나리오일수록 조명 자체의 밝기는 감소하여 눈부심이 줄어들었고, 조명의 수량이 늘어남으로 인해 어두운 면적이 감소한 것이 공간의 밝기와 시각적 쾌적성에 영향을 미친 것으로 판단된다.

조명 분위기 Q1(공원이 충분이 밝다고 느껴진다.)의 결과는 <그림 45>과 같으며, 대상지가 충분히 밝다고 느끼는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 29>과 같으며, A-1과 A-2, A-1과 A-3, A-2와 A-3를 비교했을 때 모두 대상지가 충분히 밝다고 느끼는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지가 충분히 밝다고 느끼는 것으로 볼 수 있다.

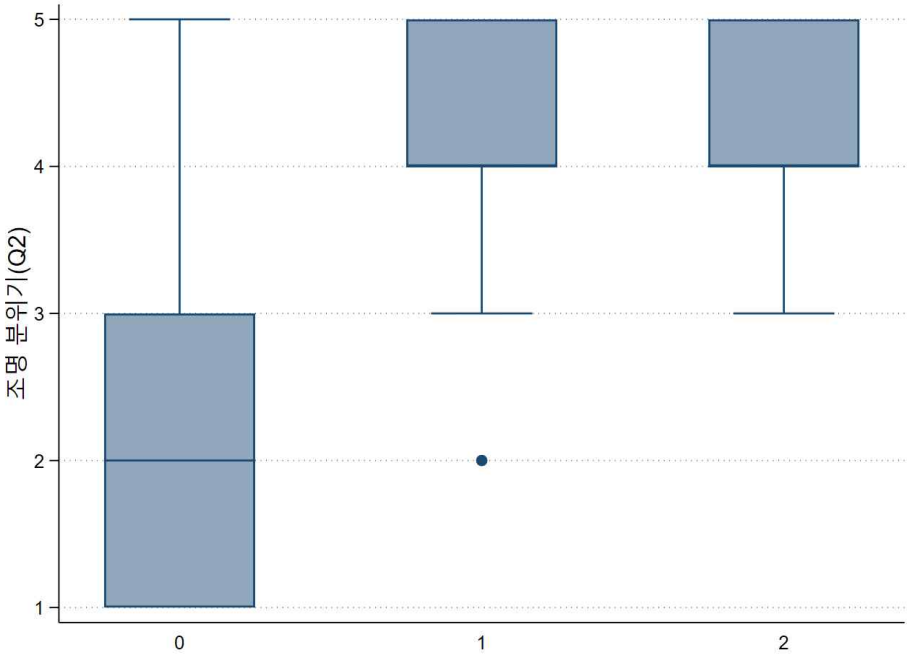


[그림 47] 시각적 접근성 Q1 평가 결과

[표 27] 조명 분위기 Q1 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	-6.8171 (0.0000)*	
A-3	-9.7045 (0.0000)*	-2.8874 (0.0058)*

조명 분위기 Q2(공원이 쾌적하게 느껴진다.)의 결과는 <그림 46>과 같으며, 대상지가 쾌적하게 느껴지는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 30>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 대상지가 쾌적하게 느껴지는 정도에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 대상지가 쾌적하게 느껴지는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지가 쾌적하게 느껴지는 것처럼 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 대상지가 쾌적하게 느껴지는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.



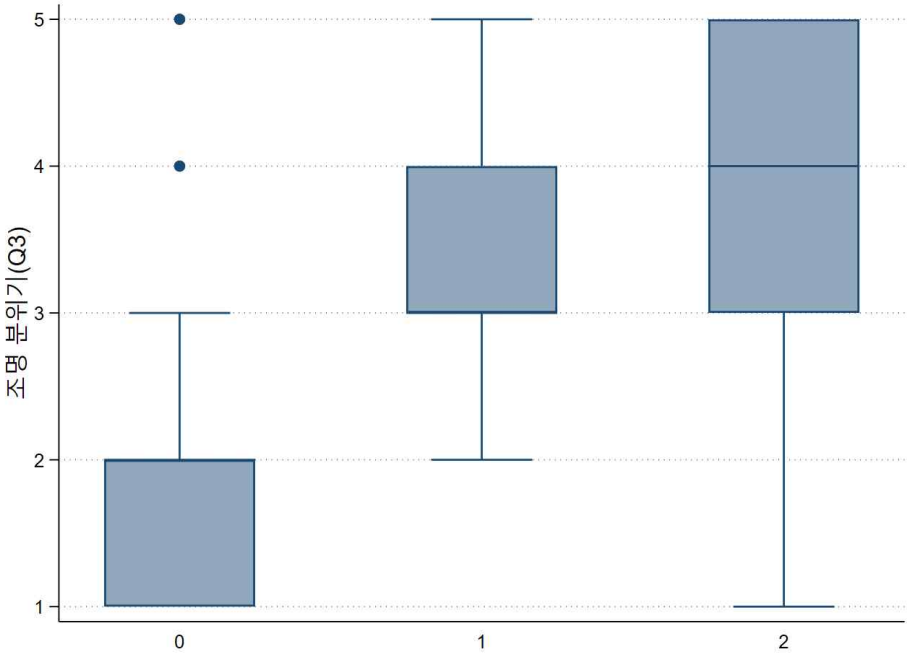
[그림 48] 조명 분위기 Q2 평가 결과

[표 28] 조명 분위기 Q2 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	-6.6165 (0.0000)*	
A-3	-7.8881 (0.0000)*	-1.2716 (0.3053)

조명 분위기 Q3(공원의 조명이 눈부시지 않다고 느껴진다.)의 결과는 <그림 47>과 같으며, 대상지의 조명이 눈부시지 않다고 느껴지는 정도는 A-3(2), A-2(1), A-1(0) 순으로 나타났다. 사후 검정 결과는 <표 31>과 같으며, A-2와 A-3을 비교했을 때 대상지의 조명이 눈부시지 않다고 느껴지는 정도에 큰 차이가 없었으나, A-1과 A-2, A-1과 A-3를 비교했을 때는 대상지의 조명이 눈부시지 않다고 느껴지는 정도에 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 평

균 조도가 비슷한 야간 환경에서는 균제도가 높을수록 대상지의 조명이 눈부시지 않다고 느껴지는 것처럼 보이나, 엄밀히 말하자면 균제도가 0.25 이상인 야간 환경에서는 균제도가 더 높아져도 대상지의 조명이 눈부시지 않다고 느껴지는 정도에는 큰 차이가 없다고 볼 수 있다.



[그림 49] 조명 분위기 Q3 평가 결과

[표 29] 조명 분위기 Q3 사후 검정 결과(*P < .05)

구분	A-1	A-2
A-2	-6.1345 (0.0000)*	
A-3	-6.3135 (0.0000)*	-0.1790 (1.0000)

제5장: 결론

본 연구에서는 가상현실 기술을 활용하여 실제 도시공원의 야간 환경을 가상 환경으로 재현하고, 도시공원의 야간 환경에서 균제도가 위험 지각, 시각적 접근성, 시 대상의 자연스러움, 조명 분위기 등의 시각적 인상에 미치는 영향을 파악하여 균제도의 중요성을 검증함과 동시에 최소 균제도 기준을 제시하였다. 이를 위해 가상현실 야간 환경 시뮬레이션을 제작하였고, 몰입형 가상현실 기법을 적용한 실험 및 설문을 통해 공원 이용자들의 균제도에 따른 야간 환경에 대한 시각적 인상을 측정하였다.

균제도별 야간 환경에 대한 시각적 인상 평가 결과, 모든 항목에서 균제도가 높을수록 야간 환경의 시각적 인상에 대해 긍정적인 응답이 나타났다. 위험 지각의 경우, 공원 이용자들은 균제도가 높은 야간 환경일수록 공원을 더 안전하고, 더 머물고 싶고, 다시 방문하고 싶다고 응답하였다. 시각적 접근성의 경우, 공원 이용자들은 균제도가 높은 야간 환경일수록 공원의 형태나, 식재 및 사물들이 잘 보인다고 응답하였다. 시 대상의 자연스러움의 경우, 공원 이용자들은 균제도가 높은 야간 환경일수록 공원의 포장이나 식재 및 사물들이 자연스럽게 느껴진다고 응답하였다. 조명 분위기의 경우, 공원 이용자들은 균제도가 높은 야간 환경일수록 공원의 밝기가 충분하고, 시각적으로 쾌적하며, 조명의 눈부심이 적다고 응답하였다. 흥미로운 점은 시각적 접근성 항목을 제외하고는 균제도 0.25 이상인 야간 환경부터는 균제도가 더 높아져도 이용자들의 시각적 인상에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 도시공원의 야간 환경에서 최소 균제도 기준이 국외기준인 0.25보다 높을 필요는 없음을 시사한다. 이러한 결과는 추후에 도시공원의 야간 환경에 균제도 기준 도입 시 참고할 만한 자료가 될 것이라 사료된다. 이처럼 도시공원의 야간 환경에서 균제도를 변수로 설정하여 자칫 간과할 수 있는 균제도에 대한 중요성을

검증한 것은 본 연구의 가장 큰 의의라 볼 수 있다.

하지만 동일한 평균 조도일 때 조명 기구의 높이를 통제하고 균제도를 높이게 되면 필연적으로 조명 기구의 수량이 매우 늘어날 수밖에 없는데, 이는 예산이나 유지관리 문제와 밀접할 수 있다. 균제도를 높이는 과정에서 조명 기구의 높이도 높여준다면 그만큼 빛이 닿는 범위가 늘어나게 되므로 필요한 조명 기구의 수량이 줄어들 수 있을 것이다.

또한 가상현실 시뮬레이션을 제작하는 과정에서 기존 조명 시뮬레이션 도구들에서 구현하기 어려웠던 더욱 현실과 흡사한 야간 환경을 구현할 수 있었다. 특히, 가상현실의 상호작용성, 몰입감, 실재감, 행위 주체성, 정확성 등의 특성들과 HMD 기기를 통해 구현된 몰입형 가상현실 야간 환경은 체험자가 직접 공원 이용자의 시점에서 몰입하여 경험할 수 있다는 이점이 있었다. 이처럼 기존에 제한적인 시뮬레이션(2D 이미지 또는 일반적인 3D 소프트웨어에서의 투시도 등)을 통해 야간 환경을 평가했던 방식을 보완할 수 있는 VR 야간 환경 시뮬레이션이라는 새로운 기법을 제시하는 것 또한 본 연구의 의의라고 할 수 있다.

본 연구에서는 소규모 어린이 공원 한 곳을 대상으로 연구를 진행하였는데, 추후에 다양한 규모와 기능에 따른 공원으로 대상지를 확대하여 균제도에 따른 시각적 인상 평가 정도가 일치하는지 후속 연구가 필요하다고 판단된다.

도시공원의 야간 환경에서 균제도는 불안감, 시각적 쾌적성 등과 밀접한 요소임에도 불구하고, 아직 국내는 평균 조도 기준만 있어 명암 대비가 큰 야간 환경을 조성하기 쉽다. 도시공원의 야간 환경 조성 시 평균 조도뿐만 아니라 균제도까지 고려한다면 공원 이용자들에게 보다 안전하고 쾌적한 도시공원의 야간 환경을 제공할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 가상현실과 야간 환경 시뮬레이션을 접목하여 야간 환경의 새로운 정성적 평가 도구로서의 가능성을 확인하였고, 이러한 방식은 야간 환경 설계 시 적극적으로 활용될 필요가 있다.

참고문헌

▌ 국내 문헌

▌ (1) 단행본

- 박한종, 이도희 역. (2010). 照明學會. 조명핸드북, 성안당.

▌ (2) 학술지

- 강지현. (2017). 1인 가구의 범죄피해에 관한 연구 - 가구 유형별 범죄피해 영향요인의 비교를 중심으로. 형사정책연구, 28(2), 287-320.
- 강용길. (2011). 도시공원의 안전성 평가에 관한 연구. 한국셉테드학회, 한국셉테드학회지, 2(1), 1-17.
- 구진회. (2012). 조명시뮬레이션 프로그램(RELUX)를 이용한 도로조명의 공간적 배치에 따른 침입광 영향 특성 연구. 조명설기학회논문지, 26(11), 1-8.
- 김대진, 이효창, 김나연, 하미경. (2009). 아파트 단지 외부공간의 범죄불안감과 조명계획에 관한 연구. 대한건축학회 논문집(계획계), 25(1), 133-144.
- 김진선. (2005). 도시공원의 야간이용과 조명의 적합성 모형. 국토계획, 40(3), 205-217.
- 김태형, 서건하, 이의철. (2019). 가상현실 환경에서의 동공 크기 기반 시각 피로 측정. 예술인문사회융합멀티미디어논문지, 9(6), 673-680.
- 민영희, 하미경. (2017). 보행환경의 안전감 향상을 위한 조명계획요소에 관한 기초연구: 문헌고찰을 중심으로. 대한건축학회 논문집(계획계), 33(7), 27-34.
- 박재규, 박성하, 오현승. (2009). 암순응 환경에서 조도수준과 표적크기가 탐지시간에 미치는 영향. 대한인간공학회 논문지, 28(4), 71-76.
- 배재한, 김재진, 노기영. (2015). 가상현실 운전 시뮬레이션 게임의 사용자 경

험과 운전 태도에 대한 실험연구. 한국게임학회 논문지, 15(3), 7-17.
- 서한석, 김곤, 김정태. (2014). 주거지역 나트륨 보안등의 LED 교체에 따른 보행자의 시지각과 조명환경 인식. 한국환경조명학회 논문집, 1(1), 25-31.
- 양은경, 이지현. (2018). 몰입형 가상현실을 활용한 디지털 패션 커뮤니케이션 특성. 복식, 68(8), 52-65.
- 이상욱. (2017). 체화된 인지(Embedded cognition) 관점으로 본 가상현실 기술의 현재와 미래. 한국문학연구, 54, 39-63.
- 이정은, 최안섭. (2005). 주거공간의 실내공간별 조도기준을 위한 빛환경 연구. 조명전기설비학회논문지, 19(3), 1-9.
- 이종성, 이행렬, 이석준. (2008). 근린공원 야간 이용자 만족도 향상을 위한 야간 조명의 시뮬레이션 접근법. 대한안전경영과학회 학술대회논문집, 267-273.
- 이준호. (2020). VR 기술을 활용한 공간디자인 사례에 관한 연구. 한국디자인문화학회지, 26(3), 355-368.
- 이현영. (2015). 도시공원의 안전을 위한 조명설치 기준개선방안 연구. 한국조명전기설비학회 학술대회논문집, 63-63.
- 주근탁, 최안섭. (2006). 공동주택의 조도측정 및 평균조도 산출방법. 한국조명전기설비학회, 20(5), 1-8.
- 최연철, 김진선. (2001a). 도시근린공원의 적정조도모형. 한국조경학회지, 29(3), 29-37.
- 최연철, 김진선. (2001b). 조명이 도시근린공원의 야간이용만족도에 미치는 영향. 한국조경학회지, 29(1), 92-99.

▌(3) 학위논문

- 노승민. (2018). 범죄예방환경설계(CPTED) 시뮬레이션 활용을 위한 가상현실(VR) 공간의 구축과 심리적 불안감 측정 연구. 석사학위논문, 서울대학교.
- 박재현. (2020). 가로경관의 유・무형 요소에 대한 가상현실 시뮬레이션 연구. 석사학위논문, 서울대학교.

- 이찬종. (2019). 조선시대 별서정원 옥호정의 가상유산 재현 연구. 석사학위 논문, 서울대학교.
- 한태인. (2014). 표준공간의 조도측정을 이용한 조명기구 성능평가법. 석사학위논문, 호서대학교.

▌(4) 보고서

- 서울시. (2020). 서울시 야간경관 가이드라인(2020).
- 서울시. (2013). 주거환경관리사업 범죄예방환경설계 가이드라인.
- 여성가족부. (2017). 2017 통계로 보는 여성의 삶. 통계청, 정책해설자료, 54.

▌(5) 웹페이지

- 대상지 지도 및 항공사진. (2021). https://map.kakao.com/
- 산업통상자원부 기술표준원 「한국 산업규격 KS A 3011」 국가표준인증 종합센터. (2021). www.standard.go.kr
- 언리얼엔진 4.26 Documentation. (2021). https://docs.unrealengine.com/4.26/ko/BuildingWorlds/LightingAndShadows/IESLightProfiles/
- Dialux evo 홈페이지 (2021). https://www.dial.de/en/online-course-dialux-evo-for-outdoor-lighting
- VIVE 홈페이지 (2021). https://www.vive.com/kr/comparison

▌ 해외 문헌

- Blobaum A, Hunecke M. Perceived danger in urban public space. The impact of physical features and personal factors. Environment and Behavior, 37, 465-486.
- British Standards. (2003). Code of practice for the design of road lighting,

Part 15489-1, BSI.

- CIBSE. (2009). The society of Light and Lighting. The SLL Lighting Handbook, London: CIBSE.
- CIE. (2000). Guide to the lighting of urban areas. CIE Technical Report, Vienna: Commission Internationale de L' Eclairage. 136-2000.
- CIE. (2003). Guide on the limitation of the effetcs of obtrusive light from outdoor lighting installations, CIE TechnicalReport Vienna: Commission Internationale de L' Eclairage. 150-2003.
- Gu, J·, Jung, J., Lee. K. (2012). Research on the Characteristics of the Light Trespass using the RELUX Program According to the Spatial Position of the Road Lightings in Residential Area Near Road, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 26(11), 1-8.
- IESNA. (2000). 「The lesna Lighting Handbookl」, 9th edition NY, Illuminating Engineering Society North America.
- Jeonghwan Lee, Yumi Lee. (2021). The Effectiveness of Virtual Reality Simulation on the Qualitative Analysis of Lighting Design, Journal of Digital Landscape Architecture, 6-2021, 195-202.
- Johansson M, Rosen M, Kuller R. (2011). Individual factors influencing the assessment of the outdoor lighting of an urban footpath. Lighting Research and Technology, 43, 31-43.
- Murray, J. (1997). Hamlet on the holodeck: The future of narrative in cyberspace. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. Journal of Communication, 42(4), 73-93.
- Kostic, A., Djokic, L. (2014). Subjective impressions under LED and metal halide lighting. Lighting Res & Tech, 46(3), 293-307.
- Kuller R, Wetterberg L. (1996). The subterranean work environment: Impact

on well-being and health. Environment International, 22, 33-52.

- L. Kuhn, M. Johansson, T. Laike, T. Gove ´ n. (2013). Resident’ s perceptions following retrofitting of residential area outdoor lighting with LEDs. Lighting Research and Technology, 45, 598-584.
- Scorpio, M., Laffi, R., Masullo, M., Ciampi, G., Rosato, A., Maffei, L., & Siblio, S. (2020). Virtual Reality for Smart Urban Lighting Design: Review, Applications and Opportunities. Journal of MDPI(Multidisciplinary Digital Publishing Institute), Energies, 13(15).
- Nasar, J.L., Bokharaei, S. (2016). Impressions of Lighting in Public Squares After Dark, Environment and Behavior, 1-28.
- 照明學會技術標準. (1994). 歩行者のための屋外公共照明基準 JIEC-006: 1994, 照明學會.

부록

▌ 인터뷰 질문지

1. 면접자의 일반적 사항
   - 귀하의 현재 직책이 어떻게 되십니까?
   - 귀하의 현업 경력은 어떻게 되십니까?

2-1. 공원 조명 설계(또는 납품)에 참여해보신 적이 있습니까?
   - 설계 참여 횟수는 어떻게 되십니까?
   - 프로젝트의 규모(대공원, 소공원, 근린공원 등)는 대체로 어떠셨습니까?

2-2. 가장 기억에 남는 공원 조명 설계(또는 납품) 경험이 있으십니까?
   - 그 이유는 무엇입니까?

3-1. 국내 공원 조명 설계 기준에 대해 어떻게 생각하십니까?
   - 현재 기준이 충분하다고 생각하십니까?
   - 그 이유는 무엇입니까?

3-2. 국내 공원 조명 설계 기준을 보완해야 한다면 어떤 요소들이 더 필요하다고 생각하십니까?
   - 그 이유는 무엇입니까?

3-3. 국내 조명 설계 기준에서 균제도 기준이 마련되지 않고 있는 이유는 무엇이라고 생각하십니까?

4-1. 자택 주변에 공원이 있으십니까?
   - 있다면, 방문 횟수가 어떻게 되십니까?
   - 방문 목적은 어떻게 되십니까?

- 야간에도 종종 방문하십니까?

4-2. 공원 이용자로서 현재 공원의 야간 환경에 대체로 만족하십니까?
- 그 이유는 무엇입니까?

5-1. 공원 조명 시뮬레이션 시, 주로 어떤 소프트웨어를 활용하십니까?
- 그 이유는 무엇입니까?

5-2. 공원 조명 시뮬레이션 시, 해당 소프트웨어를 사용하는 것만으로 충분하다고 생각하십니까?
- 그 이유는 무엇입니까?

* 본 연구(인터뷰)에 참가해 주셔서 대단히 감사합니다.

▌ 인터뷰 내용 기록본 원본(김상규, 前 서울시 좋은빛 심위위원 및 Lighting Studio SAAD 대표, 2021.04.28., PM 13:00)

Q. 네 혹시, 녹음에 동의하십니까?
A. 네.
Q. 감사합니다. 일단 인터뷰에 응해주셔서 너무 감사드리고요, 본 인터뷰의 목적은 현재 국내 공원 조명 설계 기준의 한계점이나 보완해야 할 요소들에 대한 파악을 하고, 또 조명 설계 시 사용하는 소프트웨어의 한계점도 파악을 하려고 진행하는 인터뷰입니다.
Q. 현재 직책이 어떻게 되시나요?
A. 조명 설계 하는 라이팅 스튜디오 사드의 대표 소장입니다.
Q. 그렇다면 조명 설계 관련 경력은 어떻게 되실까요?
A. 15년 정도 됐습니다.
Q. 혹시 일하시면서 공원 조명 설계에 참여해보신 적이 있나요?
A. 네
Q. 몇 번 정도 참여를 하셨나요?
A. 서울시 관련해서는 3~4번, 그리고 강릉이나 인천 쪽까지 포함하면 6번 정도 됩니다.
Q. 그러면 프로젝트의 규모는 대체로 어떠셨나요?
A. 저희 같은 전문 조명 설계 용역사에 설계 의뢰가 올 때는, 큰 규모의 프로젝트가 대부분이고요, 조그맣거나 중간 크기의 광장이나 공원은 해당 구청 관할 부서나, 적용되는 조명기구 업체에서 정리를 하죠.
Q. 그러면 공원 설계 경험 중에 가장 기억에 남는 경험이 있으십니까?
A. 작년에 진행했던 한강 보행로 조성 공사가 있었습니다. 작년 2020년 6월 경에 디자인을 마무리하고, 한강 보행로 중에 원효대교에서 동작대교까지 2km 정도 되는 구간에 새롭게 보행로 조성 공사를 하는데, 연결 거점 포함해서 야간 경관 조명 계획을 디자인하고 6월 경에 마무리를 했는데, 그 해 8월에, 작년 8월에 대홍수가 나지 않았습니까? 한강에. 한강 관리 사업단에서 지중 타입의 조명이나 낮은 볼라드나 수목 등을 다 일괄 삭제하고, 최소 수면에서 7m 이상 되는 폴에(쉽게 말하면 가로등 같은거죠), 그런 조명 연출로 일괄 변경을 해버렸어요. 그게 이제 좋은 의미는 아니고, 가장 기억에 남는 프로젝트네요. 이쁘고 멋있고 앉았을 때 호감이 가고(공간에 대한 호감이 생기고), 편안하고 그런 것

들을 고려해서 시설물 위주의 간접조명으로 연출을 했는데, 그냥 뭐 일반 그 이면 도로에 보안등 혹은 길거리의 가로등, 보행등과 별 차이 없게 정리가 됐죠.
Q. 그러면 설계가 입장에서는 되게 아쉬운 프로젝트였겟습니다.
Q. 그러면, 이번에는 이제 국내 공원 조명 설계 기준에 대해서 여쭤보려고 하는데요, 현재 기준이 혹시 충분하다고 생각하십니까?
A. 충분하지 않죠.
Q. 왜 그렇게 생각하십니까?
A. 기준이 중요한 이유가 서울시에도 수천 개의 공원들이 있고, 또 서울뿐만이 아니라 전국에 많은 크고 작은 공원 · 광장들이 있는데, 기준을 잘 마련을 해놔야 기준에 맞게 쾌적한 공원 야간 연출이 형성이 되는데, 그 점에 있어서 아쉬운 점이 굉장히 많죠. 해외 사례를 보면 더 선명해집니다, 그런 문제들이.
Q. 그러면, 국내 설계 기준을 보완해야 한다고 생각하셨을 때 어떤 요소들이 더 필요하다고 생각하시나요?
A. 제가 한 6~7가지로 먼저 좀 정리를 해봤는데요, 일단 규모에 따라서 조도 기준이 달라져야 된다. 야간의 이용률이 많거나 도심에 있는 대공원하고, 주거지에 있는 조그만 소공원하고 조도 기준이 같을 수는 없는 거죠. 두 번째는 주변 환경(아갼 환경)에 대해서 분석한 후에 조명 계획 수립이 필요하다. 이것도 마찬가지로 기준이 주변 환경에 따라서 좀 달라져야 한다. 공원이 있는 곳이 시가지인지, 주택지인지. 그리고 주변의 어떤 건축물이나 시설물 혹은 뭐 광고 조명 같은 것들이 있는지. 그런 것들 여러 가지 사항을 고려해서 기준이 좀 정립돼야 되겠다. 그다음에는 그냥 공원등이나 보안등 형태의 폴 조명 말고, 수목이나 시설물을 이용한 조명계획이 필요하다. 그렇게 연출이 되었을 때 광원에 대한 부담감에 없이 공원을 이용하는 사람이나 지나가면서 공원을 바라보는 사람들한테 호감을 줄 수 있는 연출이 되겠다. 그런 기준이 좀 있어야겠다. 그리고 주간뷰를 고려한 조명기구. 낮에 공원을 방문했을 때 가로등 같은 형태의 조명기구가 있으면은 보기 흉하겠죠. 그리고 주거지역 공원은 세대 침입광도 고려를 해야 됩니다. 요런 기준은 있습니다. 세대 침입광이 어느 정도 이상이 되면 안 된다라는. 그리고 가장 중요한 건데, 지금 현재 국내 공원 조명 설계 가이드라인을 보면, 주요부 그리고 평균 그리고 최대 그렇게 정리가 돼있는데, 실은 평균 조도보다는 전체 균제도가 중요합니다. 대비감. 가장 밝은 곳과 어두운 곳의 대비감이 1:3을 넘지 않는다라던지. 그런 기준이 중요하다고 생각하고, 마지막으로는 지형을 고려한 조명계획. 지형이 그냥 평지도 있지만, 약간 등산로에 위치한 공원 같은 경우는 경사가 있죠. 그럴 경우에도 일반적인 평지에 대한 기준으로 적용돼서는 무리가 있다. 그 정도로 보완사항들이 필요하다고 생각합니다.

Q. 네 답변 감사합니다.
Q. 이번에는 약간 이제 설계가로서 입장을 들어봤다면, 이번에는 공원 이용자로서 관련된 질문을 드려볼 건데요, 혹시 자택 주변에도 공원이 있나요?
A. 놀이터 같은 소공원들은 너무 많고요, 큰 공원이, 제가 경기도 성남 분당에 살고 있는데, 분당 중앙공원 그리고 율동공원 그 두 개 공원이 집 근처에 있습니다.
Q. 그러면 혹시 그 공원을 방문하시는 횟수가 어떻게 되세요?
A. 일주일에 한 번 정도.
Q. 방문 목적은 산책 이런 건가요?
A. 네. 거기에 방문하는 사람들의 대다수가, 90% 이상이 다 산책입니다.
Q. 그러면 야간에도, 야간 시간대에도(조명이 켜진 시간대에도) 혹시 종종 방문을 하시나요?
A. 네. 야간에도 많이 갑니다.
Q. 그때도 이제 사람들이 많이 이용을 하나요?
A. 그렇죠. 주간 때만큼도 많고, 여름 같은 경우에는 시원하니까 사람들이 굉장히 많이 모이고, 요즘같이 코로나 시대에 갈 데 없으니까 또 공원으로 많이 모이고 해서, 항상 사람이 많습니다.
Q, 그러면, 공원 이용자로서 현재 공원의 야간 환경에 어떻게 대체로 만족하시는지 여쭤보고 싶습니다.
A. 만족 못 합니다. 거기도 앞서 말씀드린 그런 문제점들을 고스란히 갖고 있는 공원들이고, 밤에 어두움의 대비가 굉장히 심해요. 여기도 아까 말씀드린 주변 수목이나 시설물 위주의 조명 계획이 되었으면 좀 더 좋은 야간 현황이 됐을 것 같다라는 생각인데, 실제 현황은 가로등이나 보안등 위주로 주를 이루고 있습니다.
Q. 네 그러면, 이번에는 마지막으로 조명 설계 시 사용하는 소프트웨어에 관한 질문인데요, 공원 조명이나 이제 실외 환경 조명 설계를 할 때 주로 어떤 소프트웨어를 활용을 하시나요?
A. 소프트웨어는 리룩스, 뭐 다이얼룩스, AGI 그런 조도 시뮬레이션 프로그램을 사용을 하고요, 그런 리룩스, 다이얼룩스, AGI 32 같은 프로그램들이 실은 오픈스페이스보다는 건축물이나 실내의 조도 시뮬레이션에 최적화된 조도 시뮬레이션 프로그램이기 때문에 늘 한계가 있죠.
Q. 네 그러면은 바로 두 번째 질문이랑 연관되어 있는데, 어떤 것들이 한계점이라고 생각하시나요?
A. 건축물 혹은 실내 같은 경우는 주변의 야간 환경의 영향을 크게 받지 않아

요. 근데 오픈 스페이스는 말 그대로 오픈되어 있는 공간이라, 주변의 빛환경에 대한 영향을 많이 받죠. 또한, 어떤 수목을, 조경이 어떻게 되어 있냐, 수목의 형태가 볼륨이 있냐, 아니면 길쭉길쭉하냐, 기둥이 두껍냐, 그런 거에 따라가지고 빛환경도 굉장히 영향을 많이 받는데, 이 프로그램에서 그런 수목의 형태와 빛을 반사하는 반사율과 뭐 그런 것들에 대해 적용하기가, 적용할 수 있게 되어 있지가 않아요. 그래서 조도 시뮬레이션 프로그램을 사용은 하지만, 충분하진 않습니다.
Q. 그럼 혹시 세 프로그램들은 주로 이제 정량적 분석 용도로 많이 사용을 하는 건가요? 조도 수치나 이런 것들이..
A. 그죠. 그게 뭐 공원 조명도 마찬가지로 규정에 맞게 시뮬레이션을 통해가지고 심의 대상이기 때문에 정량적인 데이터 값이 나와야 인허가 신청을 할 수가 있죠. 그때 필요한 용도로, 정도로만 사용을 하고요, 실제로는 현장 가서 보고, 현장에서 목업도 하고 뭐 그런 식으로 설계를 진행을 합니다.
Q. 네 그럼, 성심 어린 답변 감사합니다. 네, 이상으로 인터뷰를 마치도록 하겠습니다. 감사합니다.
A. 네.

▌인터뷰 내용 기록본 원본(이한열, Lighting Studio SAAD 대리, 2021.04.28., PM 13:30)

Q. 네 우선, 인터뷰에 응해주셔서 감사합니다. 혹시 녹음하는데 동의하시나요?
A. 네, 동의합니다.
Q. 네 감사합니다. 본 인터뷰의 목적은 현재 국내 공원 조명 설계 기준의 한계점이나 보완해야 될 요소들에 대한 파악 및 조명 설계 시 활용하는 소프트웨어에 대한 한계점 파악이 목적입니다. 귀하의 현재 직책이 어떻게 되시나요?
A. 저는 지금 대리직을 맡고 있습니다.
Q. 그러면은 현업에서의 경력은 어떻게 되시나요?
A. 5년 쯤 넘은 것 같아요.
Q. 혹시 그러면 공원 조명 설계에 참여를 해보신 적이 있나요?
A. 한 5회 정도 참여했습니다.
Q. 그러면 프로젝트 규모는 대체로 뭐 어떻게 되셨어요? 대공원이나, 소공원이나, 중공원이나 이런 식으로..

A. 규모는 대공원 1회, 그리고 나머지는 소공원과 근린공원 정도의 규모였습니다. 그리고 5회 이외에 아파트 단지나 복합센터에 포함된 근린공원을 주로 참여하였습니다.
Q. 그러면 그중에서 가장 기억에 남는 공원 설계 경험이 있나요?
A. 가장 기억에 남은 프로젝트는 작년에 진행한 한강 보행로 사업입니다. 공원 프로젝트 중에 가장 큰 규모의 프로젝트였고, 서울을 대표하는 한강 보행 네트워크를 조명 설계하는 데 즐거움을 느꼈습니다. 하지만 작년에 이제 기록적인 장마로 인해, 한강이 물에 잠기게 되었고 결과적으로 한강의 시설물을 담당하시는 분들의 반대로 인해 설계했던 조명들을 모두 빠지고 보안등으로 대체되었습니다. 그래서 아쉬움이 많이 남는 프로젝트입니다.
Q. 그렇군요.
Q. 그러면은, 이제 국내 조명 설계가로써, 국내 조명 설계 기준에 대해서 여쭤보고자 하는데요, 현재의 그 국내 공원 조명 설계 기준에 대해서 어떻게 생각하시는지 여쭤보고자 합니다. 혹시 현재 기준이 충분하다고 생각하십니까?
A. 저는 충분하지 않다고 생각합니다.
Q. 왜 그렇게 생각하시나요?
A. 제가 이제 설계를 하는 입장에서 KS 조도 기준을 보고 설계를 하고 있는데, 너무 옛날에 기준이 잡힌 걸로 기준이 되어 있다 보니까, 지금은 뭐 저희가 설계할 때 사용하는 조명 기구도 LED로 다 교체가 되었고, 그에 따라서 기준도 조금 변경이 되어야 한다고 생각합니다.
Q. 그러면 만약에 그 현재 기준을 보완을 한다고 하면, 어떤 요소들이 더 보완이 되어야 한다고 생각하시나요?
A. 공원에 이제 다양한 장소가 존재하듯이, 공원 설계를 꼭 보안등이나 볼라드 뭐 이런 조명으로 특정하는 것이 아니라, 다양한 공간에 맞춰서 다양한 조명을 활용해서 조금 다채로운 연출을 했으면 좋겠다고 생각했고요, 그리고 제일 중요한 거는 약간 대비감이 심하지 않은, 이용하는 이용객들의 눈에 가장 편안한 빛 환경을 조성해 줘야 한다고 생각했습니다.
Q. 그러면 균제도 기준이 좀 필요하다는 말씀이신 거죠?
A. 네 맞습니다.
Q. 그러면은 이제, 공원 이용자로서의 의견을 한 번 묻고 싶은데요, 자택 주변에 혹시 공원이 있나요?
A. 네, 보라매공원이 있습니다.
Q. 방문 횟수가 어떻게 되나요?
A. 일주일에 한 3회 정도 방문하고 있습니다.

Q. 그럼 방문 목적은 어떻게 되나요?
A. 주로 운동을 하기 위해서 가죠.
Q. 그러면은 주간이 아닌 그 조명이 켜져 있는 야간 시간에도 혹시 종종 방문을 하시나요?
A. 주로 방문하는 시간대가 퇴근하고 야간 시간대에 방문을 하고 있습니다.
Q. 그러면 그때도 그 많은 사람들이 공원을 이용을 하나요?
A. 엄청 많은 사람들이 운동을 하러 나오시더라고요.
Q, 그러면, 공원 이용자로서 현재 공원의 야간 환경에 대체로 만족하시나요?
A. 저는 개인적으로는 만족하지 않습니다.
Q. 왜 그렇게 생각하시나요?
A. 이유는 일단 지금 공원도 제가 러닝을 주로 하러 가는데, 그 너무 균제도가 없어요. 그래서 대비감이 심해서 앞에서 뛰어오는 사람조차 안 보일 때가 많습니다. 그리고 공원에 있는 보안등들이 전부다 눈부심을 뭐 거의 고려하지 않은 제품들이어서 이용할 때 눈부심이 굉장히 심합니다.
Q. 그러면은 그런 환경에서는 약간 러닝을 하는 하는 환경에서는 안전과 관련이 있을 수도 있겠네요? 사람이랑 부딪힐 수도 있고, 돌이 안 보이는데 막 걸려서 넘어질 수도 있고.
A. 그렇죠.
Q. 그리고 뭐 눈부심이나 이런 거 때문에 시각적으로도 쾌적하지 않고. 그런 환경인 거네요.
Q. 네 그러면, 이제 실무자 시니까 그 소프트웨어 관련해서 마지막으로 좀 여쭤보려고 하는데, 실외 환경이나 공원 조명 설계할 때 주로 어떤 소프트웨어를 지금 사용하시나요?
A. 저는 리룩스나 다이얼룩스 위주로 사용을 하고 있습니다.
Q. 왜 두 프로그램을 사용하나요?
A. 국내에서 가장 접하기 쉬운 프로그램이었고, 제일 처음에 이제 업무에 임했을 때 리룩스를 사용하게 되어서 꾸준히 지금까지 사용하였던 것 같습니다.
Q. 네 그러면은 그, 공원 조명 설계할 때 그 프로그램을 사용하는 것만으로 충분하다고 생각하시나요?
A. 저는 충분하지 않다고 생각합니다.
Q. 어떤 점에서 한계가 있나요?
A. 이게 3D 프로그램이다 보니까 여러 가지 배광파일을 가지고 와서 3D 적으로 좀 그런 다양한.. 복합 연산을 해서 조도를 계산을 하고 휘도를 계산을 하는 프로그램인데, 실제 그 3D 파일을 구현하는 데 있어서 너무 어려움이 많습니다.

그래서 조금만 복잡한 3ds 파일을 가지고 오면 계산이 안된다거나, 시간이 굉장히 지체되는 것을 알 수 있습니다.
Q. 그러면은 그 임포트 하는 파일에 따라서 그 어려움이 늘어날 수도 있고 아닐 수도 있고 그런 특징이 있는 거네요?
A. 네, 그래서 그 지금 공원 같은 경우도 수많은 종류의 수목이 있고 다양한 뭐 구조물이 있는데, 이런 것들을 전부 실제적으로 표현하기가 굉장히 어렵습니다.
Q. 그럼 프로그램 내에서는 수목이나 이런 것들을 구현을 하기가 힘든가요?
A. 프로그램에 있는 기본적인 그 오브젝트들이 있는데, 이런 오브젝트들이 뭐 정확하게 실제 실물을 대체할 수는 없는 거죠.
Q. 네 그러면은 이제 질문은 모두 끝났고요, 성심 어린 답변 감사합니다. 이상으로 인터뷰 마치겠습니다.
A. 네.

▌ 인터뷰 내용 기록본 원본(조재포, ㈜일루미 대표, 2021.08.30., PM 16:00)

Q. 네 대표님 안녕하세요, 바쁘신데 인터뷰에 응해주셔서 감사하고요, 혹시 인터뷰 녹음하시는 거에 동의하십니까?
A. 네. 좋습니다.
Q. 감사합니다. 그러면 일단 첫 번째로 일반사항에 대해서 질문하겠습니다. 혹시 귀하의 현재 직책이 어떻게 되십니까?
A. 네, 지금 주식회사 일루미의 대표입니다.
Q. 네 그러면은 현업 경력은 어떻게 되십니까?
A. 올해 한 34년차 됐네요
Q. 그럼 조명기구 납품업이 34년차이신건가요?
A. 제조와 납품을 겸하는데, 한 20년 정도는 조직에 속해있으면서, 직장 생활이죠, 직장 생활하면서 거기서 경력을 쌓고 나머지 14년차는 주식회사 일루미를 설립해서 경영을 하고 있습니다.
Q. 아 네 감사합니다. 그러면 혹시 공원 조명 납품에 참여해보신 적이 있나요?
A. 네 있어요.
Q. 혹시 참여 횟수는 어떻게 되시는지 기억나시나요?
A. 글쎄요, 우리가 아무래도 주력이 실내다 보니까 그리 많지는 않지만, 그래도 여태까지 그 직장생활하면서도 그렇고 34년 동안 다 헤아리긴 어려운데 좀 많이 있는 것 같애요.

Q. 최소한 5회는 넘죠?
A. 5회? 굳이 횟수로 따지자면 그래도 뭐 한 5회가 아니고 50회 이내는 되지 않을까.
Q. 많이 참여를 하셨네요. 대체로 프로젝트 규모가 공원이 크기가 되게 다르잖아요. 대공원도 있고. 대체로 어떤 규모를 많이 하셨나요?
A. 대부분 한거는 어떤 상업용 빌딩이나 주변 녹지 조성이 되면,
Q. 빌딩 주변에 있는 녹지 공원?
A. 네. 빌딩을 중심으로 한 조경에 많이 참여를 했구요, 네 그리고 이제 뭐 각 지자체에서 하는 그런 공원 조성하는데도 일부 또 참여하는게 있어요.
Q. 그러면 조도 개선 사업 같은 것도 혹시?
A. 조도 개선 사업은 안하고요, 그냥 이제 새로 신규.
Q. 신규 공원 조성할 때 조명 들어가는 걸로.
A. 네. 예를 들어서, 철도의 폐선 부지나 이런데를 공원화 시키는데 거기 참여를 하거나. 그런거.
Q. 혹시 그럼 가장 기억에 남는 공원 조명 관련 경험이 있으시면은?
A. 음. 아무래도 생각나는 대표적으로 두가지 정도가 있는데, 한 가지는 좀 오래된 프로젝트에요. 전라도 광주에 아까 얘기했듯이 폐선 부지를 공원화 시키는데 참여를 한게 기억이 나구요. 최근에 있었던거는 영종도에 파라다이스 시티라는 이제 그 호텔 겸 리조트가 있어요. 거기에 문화공원이 그 모노레일 역사와 함께 문화공원이 조성되어 있는데, 그 문화공원 한게 좀 이제 많이, 어떤 과제로써 해결도 해가면서 했던 기억이 있어요.
Q. 그러면 이제 다음 질문으로 넘어가겠습니다. 현재 국내 조명 설계 기준에 대해서 평소에 생각하셨던게 있으신가요? 뭐 기준이 부족하다거나, 아니면은 뭐...
A. 여러 가지가 하여튼 아무래도 문제의 요소들이 있는데, 가장 큰건 뭐냐면은, 최적화된 어떤 그 공원이나 또는 녹지에 최적화된 조명환경을 갖추려면 그만한 기능을 갖춘 조명 기구들이 들어가줘야하는데 그런 기구들이 들어가기 위해서는 거기에 충분하게 따르는 예산이 좀 있어야 돼요. 대부분의 예산이 그렇게 여유롭지 않아요. 그러다보니까 기구가 최소화된 예산 범위 내에서 제작이 되고 개발이 되고 그런 과정에서 그 결과가 그렇게 뭐 만족스럽게 나오지 않는 경우가 많죠.
Q. 그게 결국 조명기구의 수량이랑도 연결이 되는거죠?
A. 물론 이제 수량도 그렇고, 개별 하나로 봤을 때에 그 기능도 그렇고, 뭐 그 두가지 적인 문제가 있죠.
Q. 그러면은 어, 지금 상태에서는 이제 예산이 충분하지 않으니까 뭔가 저희가

생각하는 질높은 공간을 만들기에는 한계가 많은 상황인거죠?
A. 뭐 그런게 전혀 없다고 볼 수는 없는데, 그나마 그래도 관급에서 진행되는거는 그래도 예산 반영이 어느정도 되는 편인데 민간에서 투자해서 하는거는 그런 예산에 어려움들이 많아요.
Q. 그러면 그거는 이제 예산 관련된 문제점인거가 될 수 있고, 이제 가이드라인 같은 경우, 저희 공원 조명은 평균 조도 기준이랑 색온도 기준만 명시되어 있는데 이거에 대해서는 혹시 어떻게 생각하시는지?
A. 그것도 문제가 있죠. 평균 조도라는 거는 가장 높은 조도와 낮은 조도의 합에 의해서 나온 평균치를 얘기하는건데, 그거는 기구의 설치 위치나 또는 기구의 기능에 따라서, 또는 그 기구의 간격에 따라서 부분적으로 어디는 굉장히 높은 조도가 나올 수도 있고, 또 그렇지 않은 데는 뭐 거의 제로에 가까운 조도가, 결과가 나올 수도 있고 한데, 평균 조도로 접근한다는거는 사실 뭐 현실성이 없는 것 같구요, 좋은 결과를 얻기도 어려운 것 같고. 가장 좋은거는 이제 균제도 비를 고려를 해야한다. 그 아무래도 이제 균제도 쪽에 비중을 두는게 가장 최적화된 공원이나 녹지의 경관 연출이라고 생각을 해요. 그리고 이제 거기다 추가적으로 하는게, 아까도 잠깐 우리 질문자께서도 얘기를 한 것처럼 뭐 색온도도 고려되고, 또는 거기에 따른, 요새는 이 광원이 LED화 되다 보니까 거기에 따라서 연색성 확보도 예전에 비해서 많이 유리해졌기 때문에 그런게 종합적으로 고려되는게 가장 좋은 환경이라고 생각합니다.
Q. 그 제조랑 납품을 같이 하셔가지고 기구 자체에 되게 지식이 많으실 것 같아서 여쭤보는데, 이제 옛날에 그 할로겐이나 메탈할라이드 같은 경우는 70W면 몇, 조도가 얼마 이렇게 거의 공식화되다시피 해가지고 간격을 이걸 썼을 때는 몇 m로 해라 이런게 통했잖아요? 옛날에는.
A. 아니. 좀 더 내가 정확히 얘기를 하자면, 광원이 중요한게 아니고 광원에서 중요한거는 색온도나 연색성이고 그 외에 나머지는 기구가 중요해요. 반사판이나 기구가 갖고 있는 기구가 어떤 기능을 갖고 있느냐, 뭐 그 기능 안에는 조금 아까 얘기했던 반사판에 그런 어떤 기능도 다 포함되어 있는거에요. 근데 그게 뭐 여러 가지 어떤 열주 기능이 있어갖고 빛이 얼만큼 방사되느냐, 또는 뭐 집중적으로 한군데만 뭐 정대칭 또는 비대칭으로 빛이 아웃풋되느냐 여러 가지 기능적 요소가 있기 때문에 그거에 따라서 좀 다를 수가 있죠.
Q. 옛날 광원에 비해서 요즘 LED는 워낙 LED 그 말씀하신 것처럼 반사판이나 그런 기술도 다르고 LED 자체의 효율도 천차만별이잖아요? 그러니까 이제 이게 뭐 간격을 가이드라인 할 수는 없는 상황이고, 이게 LED를 어떤걸 쓰느냐에 따라서도 광원과 소비전력 이런 것도 모두 달라서. 그래서 사실 균제도 기준으로

접근을 하는게 그 광원마다의 적절한 위치를, 간격을 설정할 수 있는게 좀 더 가깝겠네요.
A. 그렇죠. 이제 기구가 개발이 돼서 결과물이 나오게 되면 그 기구에 대한 데이터가 그래서 굉장히 중요해요.
Q. 그 포토메트릭 데이터요.
A. 네 그렇죠. 포토메트릭. 우리가 보통 얘기할 땐 배광곡선이라고 얘기하고. 좀 아까 영어로 얘기하면 포토메트릭 이렇게 얘기를 하는데, 그 배광을 어떻게 갖고 있느냐가 그 기구의 기능이 되겠죠. 그 기능에 따라서 어떤 배광 분포를 갖고 있느냐에 따라 기구의 간격이 설정이 되고 그 설정됨으로써 균제도 비가 나오게 되는건데, 그거를 고려하지 않은 그런 보안등이나 가로등의 설계 결과는 균제도 비가 차가 너무 심해갖고 그런 안좋은 결과가 나오는 경우가 있어요.
Q. 그럼 이제 국내의 이런 기준이 평균 조도만 있고 색온도만 있어서 균제도나 연색성 등을 보완을 조금 더 하면은 그래도 지금보다 좀 나은 그 환경을 조성할 수 있을 것 같다라는 얘기죠.
A. 어 그렇죠. 지금보다 조금 더 나은거 보다는 아주 좋은 결과를 얻을 수가 있죠. 아주 중요한 부분이에요 그거는.
Q. 그러면은 혹시 이 균제도 기준이 왜 없는지에 대한거는 뭐 어떻게 생각하세요?
A. 음, 글쎄. 균제도 비가 사실 없는거는 조명을 하는 사람의 입장에서는 참 이거는 조금 일반적인 상식에서 벗어났다고 생각을 하는 부분인데, 평균 조도만 갖고 접근한다는거는 지금 현재도 별로 내 이해가 잘 안가요.
Q. 그래서 왜 이게 없을까를 고민해보면은 결국에는 아 이게 예산 때문인가라는 생각이 자꾸 들거든요?
A. 아 그 지금 내 생각에는 뭐 두 가지 요소가 아닐까 싶은데, 한 가지는 지금 뭐 아까 얘기했던 예산적인 문제도 있을거고. 두 번째는 이제 너무 조경 환경에, 너무 그 조경 환경에 맞춰서 라이팅이 쫓아가다보니까 그 간격 배치나 이런게 흐트러지는 경우도 있을거라는 생각이 드네요. 그 두 가지 요소. 그니까 예를 들어서 공원의 이동 동선이, 사람들의, 이용객들의 이동 동선이 곡선이 그려지거나, 비정형화적인 그런 어떤 조경을 갖췄을 때 기구를 일정하게 배치한다는 것은 쉬운 일이 아네요. 그럼으로써 발생되는 그런 것 때문에 인제 균제도 비가 흐트러지는 경우가 있을 수도 있다고 생각을 해요.
Q. 비정형화된 형태의 공원, 그런 경우에는 그런 가능성도 있다.
A. 네.
Q. 그럼 이제 다음 질문으로 넘어갈텐데, 이제 드리는 질문은 이제 공원 이용자

로서의 의견을 여쭙는 건데요, 혹시 자택 주변에 공원이 있으신가요, 가까운?
A. 음, 있죠. 공원도 있고, 내가 저기 지금 생활하고 있는 자택 주변에도 공원이 있고, 지금 현재 우리 사옥 옆에도 공원이 있어요.
Q. 그러면 자주 방문하시나요, 주변 공원이나 이런 곳?
A. 네 가끔. 산책 겸 해서.
Q. 그럼 일주일에 보통 몇 번 정도?
A. 어 집 주변에 있는 데는 일주일에 한 두 번 정도 이렇게 나가는 경우가 있구요, 회사 근처, 회사 바로 옆에 있는 공원은 주로 이제 낮에 이용하지, 밤에 이용할 일이 없어서.
Q. 그럼 자택 주변 공원은 야간에 방문하시는 경우도 있나요?
A. 대부분이 야간이죠.
Q. 목적은 보통 산책하시는?
A. 그렇죠.
Q. 그러면 방문하시는 공원에 야간 환경에 만족하시는 편인가요?
A. 아니요. 전혀 만족을 못해요.
Q. 그 이유가 무엇일까요?
A. 글쎄요. 내가 보기로는, 나는 이제 조명 쪽에는 그래도 여러 해를 거친 전문가 입장이라고 보면서 얘기를 하자면, 전혀 전문가가 설계한 공원 녹지 조명이 아녜요.
Q. 어떤 부분에서 그런 생각이 드시나요?
A. 지금까지 얘기해왔던
Q. 모든 문제가?
A. 그게 다 거기 복합적으로 있어요.
Q. 그럼 거기 균제도도 낮고?
A. 균제도도 형편없고, 근까 보행자나 산책하는 사람들 또는 뭐 운동하는 사람들이 밝은 부분은 밝은데 거기서 쫌만 벗어나면은 너무 어두워. 그리고 그 다음 밝은데까지 가기를, 아무래도 사람이 이제 밝은데를 찾다보니까 자기 신체리듬도 깨질 것 같애요. 그리고 또 두 번째 문제, 어 뭐 여태 얘기, 이제 인터뷰 하면서도 지적했던 사항처럼 그런 연색성이나 이런 것도 고려가 안되다 보니 자연의 색깔이 제대로 살질 않아요.
Q. 거기 혹시 색온도가 몇이에요 그쪽은?
A. 색온도가, 근까 그것도 문제에요. 색온도가 한 가지로 이렇게 가는 것도 아니고, 아마도 그게 이걸 운영하는 쪽도 조명 전문가가 아니다 보니 어디는 냉백계열, 어떠한 쪽은 온백 계열 이렇게 인제 뭐 우후죽순으로 있는 경우도 있어

요. 근데 그런거는 사실 뭐 거기를 지자체에서 운영하고 있는덴데 좀 전문가 입장에서 조언을 해주고는 싶지만, 그것도 뭐 내가 영위하고 있는 사업이 있다보니, 또 그쪽에서 원한다면 내가 가서 해주겠지만 지금 같아선 그러네요.
Q. 대체로 저희가 쉽게 갈 수 있는데..
A. 내가 지금 설명한데는 은평구에 은평 뉴타운에 실개천이라고 있습니다. 거기가 그래요. 네 실개천 공원.
Q. 아 거기도 공원이?
A. 개천을 중심으로 해갖고 뉴타운 내에 실개천이 있어요. 근데 최근에 사실 보완 공사를 했는데, 예전에 이제 LED가 아니었던 등에서 LED화 시켰는데 거기는 배광이 너무 좁아. 그래서 균제도 비가 전혀 안맞아요.
Q. 그럼 원래보다도 줄었겠네요.
A. 기구는 더 증설은 못시켰어요. 왜냐하면 기존에 배관배선이 나와있는게 있기 때문에 그거까지 추가적으로 할려면은 너무 많은 예산이 들어가야 될 것 같단 판단이 들었는지 그전에 있는 기구를 다른 기구로 교체하는 거 정도, 그 위치에서.
Q. 그럼 원래 꺼에서 광량은 더 쎄졌는데 배광이 좁아지면서 거기는 더 명암 대비가 심해졌겠네요 옛날보다?
A. 광량이 세기보다는 사실 뭐 LED가 예전에 그 우리가 소위 말하자면 메탈 할라이드 램프나 이런걸 벌브 타입의 방전 램프라고 얘기를 하는데, 사실 그 방전 램프가 광량이 굉장히 센겁니다. 근데 이걸 LED화 시키면서 광량은 사실 그거보다 더 밝다고 생각은 안들어요. 즉, 말하자면 기구의 효율이 그만큼 좋은 것 같지는 않아. LED 라는건 거기에 사용되는 전력량을 좀 더 세이브 시키는 효과는 지금 그 공원에선 갖고 있어요. 근데 그 조도로써 보완을 하거나 좀 더 이제 예전에 비해서 많이 밝아졌거나 아까 얘기했던 균제도비가 개선됐거나 이런 거는 전혀 느낄 수가 없죠.
Q. 그렇군요. 그러면 원래 마지막 질문은 설계 하시는 분들한테 이제, 공원 조명 설계할 때 어떤 소프트웨어 쓰시는지 이런거 여쭤봤었는데, 제조나 납품업하는 회사에서는 설계 관련 프로그램은 캐드 밖에 안쓰죠?
A. 아니죠.
Q. 리룩스도 쓰시나요?
A. 예 리룩스 쓰구요. 여러 프로그램 다 써요.
Q. 혹시 대표님도 리룩스 그 써본 적 있으세요?
A. 아 내가 직접 작업은 안하고, 여기 또 유능한 직원들이 많다 보니까 담당 직원들이 다 있어요.

Q. 그러면 이제 작업한 결과물이나 이런건 많이 보셨을거잖아요, 그 리룩스로 이제?
A. 그렇죠.
Q. 그러면은 그런 이제 이건 소프트웨어에 대한 질문인데, 공원 조명은 아까 말씀하셨던 것처럼 이제 식재, 녹지 이런 개념이 있는거잖아요? 사실 실내 조명은 리룩스나 이런걸로 시뮬레이션을 했을 때 되게 효과적이고 실제와 같이 흡사하게 나오고 이런데, 이제 제가 써봤을 때 리룩스 이런거는 실외 환경에서 시뮬레이션 하는게 되게 뭐랄까 좀 사실감도 떨어지고 정확하지 않다는 느낌을 많이 받았는데 혹시 대표님은 어떻게 느끼셨는지?
A. 아 그거는 충분히 있을 수가 있어요. 우리가 보통 어떤 캐드나 어떤 이런 평면 상에서, 2D인 평면 상에서 기구의 배치를 놓고 그러고 인제 나중에는 약간의 시뮬레이션, 그니까 이제 3D화 시켜서 시뮬레이션 하는 경우인데, 사실 우리가 거기 공원에 그 되는 식재를 어느정도의, 막 식재를 했을 때 그 나무가 어떤지 알 수가 없어요. 그 나무에서 컷오프 되는 부분도 분명히 발생될거고. 그리고 여러 가지 여하튼 그거 외에도 그 주변에 그니까 이게 야간이다 보니까 아무리 공원이고 하지만은 공원에 조명이 완전 백프로 제로인 경우도 있지만 그렇지 않은 경우도 있거든요. 왜냐면 주변 도시 이 어떤 상점 빌딩이나 이런게 있으면은 거기서 발생되는 빛이 유입되는 그 빛이 있기 때문에 아 그 빛에 의해서 우리가 뭐 제로 룩스에서 60룩스다, 하면 거기서 나오는 빛갖고도 그 제로와 60룩스 범위 내에 들어갈 수 있는 빛이 많아요. 그니까 그거를 우리가 백프로 뭐 이 나중에 시뮬레이션 한거하고 리룩스 시뮬레이션 한거하고 결과가 백프로 갖다고 기대하기는 거의 어렵죠. 오차가 좀 생기죠.
Q. 그래서 제가 설계 회사에 있을 때도 리룩스는 진짜 그 심의 때 쓸 정량적 수치만 알 용도로 많이 쓰고 포토샵으로 그런 이미지 만들 때는 포토샵을 많이 쓰거든요. 그래가지고 저는 인제 그것도 조명 시뮬레이션 프로그램이 한계가 있다. 정량적 분석은 되게 효과적인 프로그램인데 실외환경에서.
A. 근데 포토샵에서 하고 할 때는 그런 어떤 시뮬레이션 결과를 놓고 예측한거를 그냥 형상화 시키는게 다잖아요, 포토샵은.
Q. 그래서 저는 그게 한계라고 저는 생각을 합니다. 그래서 리룩스로 정량적 분석은 되게 효과적인데, 정성적 분석이 힘든거죠 사실. 이게 실재감이나 뭐 그 공원, 아까 말씀하셨던 것처럼 식재가 어떠냐에 따라서 조명이 그림자가 다를거고, 그런게 생기는 간섭하는게 다를거고 하니까 그런 부분에서도 보완할 수 있는 소프트웨어가 있으면은 사용하면은 지금보다 더 이제 효율적이지 않나하는 어떤.

A. 종합적인 면을 좀 더 인서트 시킬 수 있으면, 그런 환경이나 이런거를, 그러면은 아무래도 인제 좀 현실성에 많이 접근할 수가 있죠. 이게 이제 그 조명 설계 프로그램이 리룩스외에도 다이얼룩스도 있고 여러 가지가 있는데, 뭐 지금 뭐 가장 보편적으로 쓰는건 리룩스고. 뭐 다이얼룩스는 조금 더 뭐 디테일한 인서트 시스템이 있지 않을까 모르겠어요 나는 직접 써보질 않아서.
Q. 근데 이제 리룩스랑 다이얼룩스도 다 비슷하고. 근데 이제 저는 어 이번에 그 아까 말씀드렸던게 실제 공원을, 요새 디지털 트윈이라는 단어 되게 많이 쓰잖아요. 그래서 현실을 가상으로 똑같이 재현을 해서 거기서 실험을 하려면은 더 진짜 같아야되고 더 사실적이어야 되잖아요.
A. 그렇죠.
Q. 근데 이제 이거를 리룩스에서는 하기가 힘들고 그렇기 때문에 저는 다른 프로그램을 사용해서 그 3D 모델을 만들고 야간 환경을 구현을 해보려고 하는거거든요.
A. 어우 뭐 그런 소프트웨어가 개발이 되면 좋죠.
Q. 그래서 이제 현재 어 소프트웨어의 한계나 이런거를 조금 조사를 하고 있는거였어요.
A. 그 리룩스나 이런 소프트웨어도 꼭 경관 뿐만 아니고 지금 뭐 물론 우리가 경관 갖고 공원 조명이나 이런거 갖고 얘기를 하지만 실내에서도 그렇게 완성도 있는 결과를 다 얻기는 어려워요. 왜냐면은 실내에서도 뭐 이제 벽면에서 발생되는 반사율이 있을거고 천장에서 발생되는 반사율이 있고 또는 바닥에서 발생되는 반사율이 있는데, 그 데이터를 반사율이 몇프로인지를 정확히 집어내기가 어려워요. 그렇다보니까 오차가 더 발생될 수 밖에 없죠.
Q. 그리고 저는 이제 조명에서 제일 중요하다고 생각하는게, 그 조명 환경에서, 어 그런 이제 수치 반사율이나 조도나 이런 수치보다 실제로 사람이 갔을 때 느끼는거는 같은 조도라도 이제 주변 환경에 따라서 달라지잖아요. 그니까 정성적 그 느낌이 더 중요하다고 저는 생각하거든요. 수치 1 뭐 2 이런 숫자보다 특히 조명은 사람들이 직접 그 공간에서 밝기를 어떻게 느끼고 눈부심을 얼마나 느끼는지 중요하기 때문에 특히 이제 네.
A. 와 그런 주변 환경을 고려한 감성적 느낌까지 미리 체크할 수 있는 프로그램이라면 진짜 이거는 뭐 아주 획기적인 프로그램일 것 같애요. 지금같애서는 우리가 뭐 그런 리룩스나 그런걸 갖고 얻을 수 있는거는 아주 우리가 소위 말하자면 작업공간, 워킹프레임서의 얻어지는 조도값이 다거든요. 그 조도값 기준으로만 판단하기 때문에 근데 이제 그 어떤 벽면이나 뭐 바닥면 천장까지 고려한 그 사람이 인간이 감성적으로도 느낄 수 있는 그런 거라면은 아주 최상이지.

Q. 인터뷰 질문은 이제 이걸로 마무리하구요, 일단 인터뷰에 응해주셔서 다시 한 번 감사드립니다. 녹음은 종료하겠습니다.
A. 네

▌ 인터뷰 내용 기록본 원본(강태우, ㈜일루미 이사, 2021.08.30., PM 16:30)

Q. 일단 인터뷰 응해주셔서 감사하구요, 그 녹음에 동의하십니까?
A. 네 동의합니다.
Q. 그러면 먼저 첫 번째 질문은 일반사항입니다. 귀하의 현재 직책이 어떻게 되십니까?
A. 이사입니다.
Q. 현업 경력이 혹시 어떻게 되시나요?
A. 15년 됐어요.
Q. 납품 회사에서 15년 되신건가요?
A. 네 납품회사에서만.
Q. 혹시 공원 조명도 납품을 해보신 적이 있나요?
A. 네 많이 했죠.
Q. 혹시 횟수가 기억이 나시나요?
A. 4회 정도.
Q. 혹시 규모는 대체로 어떠셨나요? 뭐 큰공원이 있을거고 작은공원이 있을거고.
A. 대부분 저희는 실내를 위주로 하는 업체이기 때문에 작은 공원 위주로, 그다음에 아파트 경관 조명 뭐 조경 조명 정도 생각하시면 될 것 같아요.
Q. 혹시 프로젝트 중에 뭐 제일 기억에 남는게 있으신가요?
A. 파라다이스 역사 문화공원 있었구요.
Q. 혹시 기억에 남는 이유가 있을까요?
A. 일단 공원을 전체적으로 폴이나 이런걸 사용하지 않고 간접을 이용한 눈에 안들어오는 빛으로 연출을 한 거였기 때문에.
Q. 보통 공원들이랑 다르게 연출을 좀.
A. 네네.
Q. 그러면은 이제 국내 공원 조명 설계 기준에 대한 질문인데, 그 현재 기준이 혹시 충분하다고 생각하시는지 여쭤보려고 합니다.
A. 잘 모르겠지만, 확실히 균제도에 대한 걸로만 생각한다면 좋지 않아요. 밝은

곳만 엄청 밝고, 그다음에 LED는 눈에 너무 들어오기 때문에 눈이 너무 많이 부시고, 예 그 다음에 어두운 곳은 너무 어둡고 상하대비가 너무 되는.
Q. 명암 대비가 되게 심해서?
A. 네네. 명암 대비가 많이 된다고 봐야죠.
Q. 그러면은 왜 균제도 기준이 없을까요?
A. 고민은 안해봤지만, 외산 기구들, 외국에서 디자인하고 설계 디테일에 비해서 우리나라 기술이 되게 딸린다고 생각을 해요.
Q. 기구에 대한?
A. 기구도 마찬가지고 설계자들도 실내에 많이 편중이 되있기 때문에 사실은 그런 경험치가 별로 없다고 해야 되나요.
Q. 실내에 비해서 실외 환경이 조금 더 숙련도가 덜.
A. 네. 그리고. 시뮬레이션 자료 같은 것들도, 데이터나 자료 같은 것들도 기술력이 조금은 딸린다고 봐야 될까요. 네 외국에 비해서.
Q. 그러면은 다음은 이제 공원 이용자로서의 의견입니다. 이거 혹시 자택 주변에 공원이 있으신가요?
A. 네 있죠.
Q. 혹시 방문 횟수가 어떻게 되시나요, 일주일에?
A. 일주일에 2번 정도 하죠.
Q. 목적은 뭐 산책?
A. 산책, 운동 뭐 이정도.
Q. 야간에도 혹시 방문을 하시나요?
A. 많이 하죠. 야간에 더 많이 해요.
Q. 퇴근하시고 뭐 방문하시거나?
A. 퇴근하고도 하고 일요일 저녁에도 하고.
Q. 그면은 인제 그 공원의 야간 환경에 만족을 하시나요?
A. 일단 작은 공원들은 당연히 만족을 못하고요, 큰공원 그니까 집 앞에 올림픽공원이 있어요. 그 쪽은 그나마 뭔가 좀 세련된 연출이 되어있기 때문에, 그 다음에 나는 조명을 하는 사람이기 때문에 아 이정도면 괜찮겠구나 그런게 있긴 있지만, 작은 공원들은 그냥 구청에서 하는 관급 자재를 사용하는 경우가 많기 때문에 아무래도 눈부심, 아까 얘기했던 명암대비 이런 것들이 많이 일어나서 전문가 입장에서는 많이 피로하죠.
Q. 그럼 소공원들이 대체로 균제도가 낮아서 명암 대비가 심한 환경이 많나 보네요.
A. 그렇죠.

Q. 다음은 소프트웨어에 관한 질문인데, 혹시 리룩스나 다이얼룩스를 써보신 적이 있나요?
A. 저는 영업팀이기 때문에 쓰진 않지만, 제 부하 직원들이 엄청 많이 활용을 하고 있는 프로그램이죠.
Q. 그러면 그거를 활용하는거를 보면서 결과물을 보실 일이 있나요?
A. 많이 있죠. 결과물은 거의 대부분 다 제가 컨펌해요.
Q. 그러면은 실외 환경 그니까 이게 소프트웨어가 실내 환경 시뮬레이션도 가능하고 실외 환경 시뮬레이션도 가능한데 혹시 공원 조명은 실외 환경이잖아요? 식재가 들어가는 실외 환경인데 리룩스나 다이얼룩스가 그 시뮬레이션을 충분히 해줄 수 있는지?
A. 그러니까 그게 이제 딜레마라는거죠. 외산, 외국에서도 어떤 시뮬레이션 자료, 프로그램을 사용하고 있는지는 모르겠는데, 리룩스나 다이얼룩스만으로는 정확도가 과연 이게 실제랑 같느냐, 많이 차이가 많이 나요, 실외는. 실내는 거의 플러스마이너스 한 10프로 정도 오차의 범위라면, 제가 알고 있는 경관 조명 시뮬레이션 결과로는 30프로 가까이가 나니까. 일단은 내가 알고 있는 선에선 그래, 제가 알고 있는 선에선.
Q. 그래서 저도 이제 2년간 설계 일을 하면서 그런 프로그램들을 주로 정량적 값을 얻기 위한 용도로 많이 쓰고 있더라고요. 그래서 막 뭐 이미지 이런게 필요하면 포토샵을 하거나 뭐 이렇게 또 일을 한 번 더 하고 막 이런 식으로. 리룩스만으로 실외 환경을 시뮬레이션 하는거는 정량적은 괜찮지만 정성적 쪽으로는 어 좀 부족하지 않나 그렇게 생각을 해왔었는데 이것도 비슷하게 생각하시는지?
A. 예. 나는 무조건. 그 말에 무조건 동의하는 바에요.
Q. 근데 그 이유가 어 뭐 식재일수도, 식재의 표현일수도 있고, 어 주변 환경에 대한 것일 수도 있고.
A. 주변 환경이 거의 다라고 봐야겠죠. 날씨, 계절, 시간대, 그 다음에 주변 건물이나 이런데서 나오는 잔광들.
Q. 정성적 분석의 도구로써는 아직 보완해야 할 부분이 되게 많은 프로그램이군요.
A. 네 엄청 많죠.
Q. 네. 인터뷰는 이상으로 마치겠구요, 한 번 더 응해주셔서 감사합니다.
A. 네, 감사합니다.

▌ 설문 조사 질문지

연구 참여자 모집 문건

다음과 같은 연구에 참여하실 분을 모집합니다.

연구 과제명: VR 시뮬레이션을 활용한 야간 도시공원에서 균제도의 중요성 검증 **연구 책임자명: 이정환 (서울대학교 환경대학원 환경조경학과 석사과정)**

연구목적 : 가상현실(VR) 시뮬레이션 기법을 활용하여 균제도에 따른 도시공원의 야간 환경에 대한 시각적 인상을 평가・비교하여 균제도 기준의 중요성을 검증

참여자 선정 조건 : 시각적・청각적 장애가 없는 성인

참여 내용 : 1:1형식의 VR 실험을 진행합니다. VR 실험 전 5분간 연구 내용과 장비에 대한 간략한 구두 설명이 있습니다. 이후 HMD(Head Mounted Display) 장비를 착용하고 총 3가지의 시뮬레이션 콘텐츠를 체험하며 시나리오별 시각적 인상 평가를 구두 설문으로 진행합니다. 마지막으로 모든 시나리오 체험 종료 후 VR 시뮬레이션의 효용성에 관련된 설문을 진행합니다.

참여기간 및 장소

1) **기간** : 2021. 11. 03 ~ 2021. 11. 14

2) **장소** : 서울대학교 환경대학원(82동) 506호 설계실

참여시 사례 : 기프티콘(스타벅스 커피 혹은 베스킨라빈스 아이스크림)

참여방법 : 1:1 대면 형식으로 서울대학교 환경대학원에 직접 방문하여 진행합니다.

본 연구의 내용에 관한 문의는 다음 연구 담당자에게 하십시오.

이름: 이정환 전화번호: 010-6600-0169

연구참여자용 설명서 및 동의서

연구 과제명 : VR 시뮬레이션을 활용한 야간 도시공원에서 균제도의 중요성 검증

연구 책임자명 : 이정환(서울대학교 환경대학원 환경조경학과 도시환경설계 및 스마트시티 글로벌 융합전공)

본 연구는 가상현실(VR) 시뮬레이션을 활용하여 균제도에 따른 도시공원의 야간 환경에 대한 시각적 인상을 평가하는 연구입니다. 본 연구는 시각적·청각적 장애가 없는 성인이라면 누구나 참여할 수 있는 연구이므로 귀하는 본 연구에 참여하도록 권유받았습니다. 본 연구를 수행하는 서울대학교 환경대학원 환경조경학과 이정환 석사과정생(010-6600-0169)이 본 연구에 대한 자세한 설명을 해줄 것입니다. 본 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝히신 분에 한하여 수행될 것이며, 귀하께서는 참여 의사를 결정하기 전에 본 연구가 왜 수행되는지 그리고 연구의 내용이 무엇과 관련 있는지 이해하는 것이 중요합니다.

다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝혀 주시길 바라며, 필요하다면 귀하께서 근무하고 있는 기관, 동료와 의논해 보십시오. 만일 어떠한 질문이 있다면 연구 책임자 혹은 조사원이 자세하게 설명해 줄 것입니다.

1. 이 연구는 왜 실시합니까?

본 연구는 안전하고 쾌적한 야간 도시공원 조성에 기여하기 위해 가상현실(VR) 시뮬레이션 기법을 활용하여 균제도에 따른 도시공원의 야간 환경에 대해 시각적 인상을 평가 및 비교하여 균제도 기준의 중요성을 검증하는 연구입니다.

2. 얼마나 많은 사람이 참여합니까?

다음과 같은 사람들이 이 연구에 참여할 것입니다.

1) 시각적·청각적 장애가 없으며 야간에 공원을 방문해 본 성인 대상 누구나 본 연구에 참여할 수 있습니다.

2) 총 최소 30명 정도의 인원이 본 연구에 참여하며 1:1 VR 시뮬레이션 실험 형식으로 참여하게 됩니다.

3. 만일 연구에 참여하면 어떤 과정이 진행됩니까?

첫째, 연구에 참여할 시 귀하에게 우선 본 연구에 대한 설명과 참여 동의 여부에 대하여 확인하게 될 것입니다. 둘째, 일반적인 개인 인적 사항에 대한 설문지를 통하여 설문을 진행하게 될 것입니다. 셋째, VR 장비에 대한 조작과 착용에 대한 설명을 진행하고 실제 VR HMD 장비 착용 및 적응 시간을 가질 것입니다. 넷째, VR 시뮬레이션 실험을 진행하며 각 사니리오별로 시각적 인상에 대하여 연구자가 연구 참여자에게 평가 질문(5점 척도)을 물어보면 연구 참여자가 연구자에게 구두로 평가 점수를 전달하는 형식으로 진행하게 됩니다. 다섯째, 모든 시나리오 체험이 종료된 후, VR 시뮬레이션의 효용성에 대한 설문(5점 척도)을 진행하게 됩니다.

이 모든 연구 실험 과정은 언제까지나 자발성에 근거해야 하는 것으로, 부담스러움을 느낀다면 더 나아가지 않고 가능한 한도 내에서 최선을 다해 연구에 참여해 주시면 됩니다. 개별적으로 조사된 개인 정보는 철저히 비밀로 보장됩니다.

주요 설문지 질문의 내용은 아래와 같습니다.

[VR 실험 질문]

본 시나리오에 대한 시각적 인상과 관련된 질문을 1~5점으로 평가해 주세요.

[일반 질문]

1. 귀하의 성별은 무엇입니까?
2. 귀하의 연령은 어떻게 되십니까?

4. 연구 참여 기간은 얼마나 됩니까?

총 1회, 약 30분가량 소요될 것입니다. 1:1 형식으로 설문과 VR 실험이 진행됩니다. VR 실험 중간에 시각적 피로 등 불편함을 느낄 시 휴식을 취한 후 실험을 이어서 진행할 수도 있습니다.

5. 참여 도중 그만두어도 됩니까?

예, 귀하는 언제든지 어떠한 불이익 없이 참여 도중에 그만 둘 수 있습니다. 만일 귀하가 연구에 참여하는 것을 그만두고 싶다면 조사원이나 연구 책임자에게

즉시 말씀해 주십시오. 또한 답변하기 곤란하거나 어려운 질문이 있다면, 그 질문에 대해서는 답을 하지 않으셔도 됩니다.

6. 연구에서 예상되는 위험과 그에 대한 연구자의 조치 사항은 무엇입니까?

연구에 참여하시는 도중 VR 장비로 인한 불편함이나 어지러움 등 증상이 발생될 여지가 있습니다. 이 경우 귀하는 언제든지 불편함을 연구자에게 자유롭게 표현할 수 있으며, VR 실험을 잠깐 멈추어 휴식을 취하거나, 연구 현장을 벗어나거나 연구자의 질문에 대한 답을 멈출 수 있습니다. 만일 연구 참여 도중 발생할 수 있는 부작용이나 위험 요소에 대한 질문이 있으면 조사원이나 연구 책임자에게 즉시 문의해 주십시오.

7. 이 연구에 참여시 참여자에게 이득이 있습니까?

본 연구가 귀하에게 직접적인 도움이 되지 않을 수도 있습니다. 그러나 귀하가 제공하는 시각적 인상에 대한 평가 정보는 우리 주변의 공원들을 야간에 보다 안전하고 쾌적한 환경으로 조성해 나가는 데 기여할 수 있을 것입니다.

8. 만일 이 연구에 참여하지 않는다면 불이익이 있습니까?

귀하는 본 연구에 참여하지 않을 자유가 있으며 본 연구에 참여하지 않아도 어떠한 불이익도 없습니다.

9. 연구에서 얻은 모든 개인 정보의 비밀은 보장됩니까?

개인 정보관리 책임자는 본 연구의 책임자인 서울대학교 환경대학원 환경조경학과의 이정환 석사과정생입니다. 저희는 이 연구를 통해 얻은 모든 개인 정보의 비밀 보장을 위해 최선을 다할 것입니다. 이 연구에서 얻어진 개인 정보가 학회지나 학회에 공개될 때 귀하의 이름과 다른 개인 정보는 사용되지 않을 것입니다. 그러나 만일 법이 요구하면 귀하의 개인 정보는 제공될 수도 있습니다. 또한 모니터 요원, 점검 요원, 생명윤리 심의위원회는 연구 참여자의 개인 정보에 대한 비밀 보장을 침해하지 않고 관련 규정이 정하는 범위 안에서 본 연구의 실시 절차와 자료의 신뢰성을 검증하기 위해 연구 결과를 직접 열람할 수 있습니다. 귀하가 본 동의서에 서명하는 것은, 이러한 사항에 대하여 사전에 알고 있었으며 이를 허용한다는 동의로 간주될 것입니다.

10. 본 연구 참여시 대가가 지급됩니까?

본 연구에 참여시 귀하에게 커피 혹은 아이스크림 기프티콘이 지급됩니다.

11. 연구에 대한 문의는 어떻게 해야 됩니까?

본 연구에 대해 질문이 있거나 연구 중간에 문제가 생길 시 다음 연구 담당자에게 연락하십시오.

- 연구 책임자: 이정환(서울대학교 환경대학원 환경조경학과)
- 전화번호: 010-6600-0169
- 메일: lljh1019@snu.ac.kr

만일 어느 때라도 연구참여자로서 귀하의 권리에 대한 질문이 있다면 다음의 서울대학교 생명윤리심의위원회에 연락하십시오.

서울대학교 생명윤리심의위원회 (SNUIRB)　　전화번호: 02-880-5153

동 의 서

1. 나는 이 설명서를 읽었으며 담당 연구원과 이에 대하여 의논하였습니다.
2. 나는 위험과 이득에 관하여 들었으며 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.
3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.
4. 나는 이 연구에서 얻어진 나에 대한 정보를 현행 법률과 생명윤리심의위원회 규정이 허용하는 범위 내에서 연구자가 수집하고 처리하는데 동의합니다.
5. 나는 담당 연구자나 위임 받은 대리인이 연구를 진행하거나 결과 관리를 하는 경우와 보건 당국, 학교 당국 및 서울대학교 생명윤리심의위원회가 실태 조사를 하는 경우에는 비밀로 유지되는 나의 개인 신상 정보를 직접적으로 열람하는 것에 동의합니다.
6. 나는 언제라도 이 연구의 참여를 철회할 수 있고 이러한 결정이 나에게 어떠한 해도 되지 않을 것이라는 것을 압니다.
7. 나의 서명은 이 동의서의 사본을 받았다는 것을 뜻하며 연구 참여가 끝날 때까지 사본을 보관하겠습니다.
8. 나는 본 연구 진행 중 사진 촬영에 (동의□/미동의□)합니다. 사진 촬영 파일은 실험 후 연구 내용에 대한 정확한 기록을 위해서만 사용될 예정입니다.

연구참여자 성명	서 명	날짜 (년/월/일)
동의서 받은 연구원 성명	서 명	날짜 (년/월/일)
연구책임자 성명	서 명	날짜 (년/월/일)

동 의 서(연구 참여자 보관용)

1. 나는 이 설명서를 읽었으며 담당 연구원과 이에 대하여 의논하였습니다.
2. 나는 위험과 이득에 관하여 들었으며 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.
3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.
4. 나는 이 연구에서 얻어진 나에 대한 정보를 현행 법률과 생명윤리심의위원회 규정이 허용하는 범위 내에서 연구자가 수집하고 처리하는데 동의합니다.
5. 나는 담당 연구자나 위임 받은 대리인이 연구를 진행하거나 결과 관리를 하는 경우와 보건 당국, 학교 당국 및 서울대학교 생명윤리심의위원회가 실태 조사를 하는 경우에는 비밀로 유지되는 나의 개인 신상 정보를 직접적으로 열람하는 것에 동의합니다.
6. 나는 언제라도 이 연구의 참여를 철회할 수 있고 이러한 결정이 나에게 어떠한 해도 되지 않을 것이라는 것을 압니다.
7. 나의 서명은 이 동의서의 사본을 받았다는 것을 뜻하며 연구 참여가 끝날 때까지 사본을 보관하겠습니다.
8. 나는 본 연구 진행 중 사진 촬영에 (동의□/미동의□)합니다. 사진 촬영 파일은 실험 후 연구 내용에 대한 정확한 기록을 위해서만 사용될 예정입니다.

연구참여자 성명	서 명	날짜 (년/월/일)
동의서 받은 연구원 성명	서 명	날짜 (년/월/일)

Part 1: 시각적 인상 평가
- 이번 조사는 시나리오별 시각적 인상에 대한 설문조사입니다. - 표의 각 항목에서 “전혀 그렇지 않다”는 ①로, “매우 그렇다”는 ⑤로 평가해 주시기 바랍니다. - 해당 사항 번호에 표시(○ 또는 √) 혹은 (　　)안에 작성하여 주시기 바랍니다.

1. ‘시나리오 A-1’에 관하여 아래 표에서 각 항목들을 평가해 주시기 바랍니다.

시나리오 A-1					
이 공원에 있으면 불안한 느낌이 든다.	①	②	③	④	⑤
이 공원에서 가능한 빨리 벗어나고 싶다.	①	②	③	④	⑤
이 공원에 다시 방문하고 싶지 않다.	①	②	③	④	⑤
공원의 전체적인 모습이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원의 식재들이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원의 시설물들이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원 내 바닥 포장들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 식재들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 시설물들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원이 충분히 밝다고 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원이 쾌적하게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 조명이 눈부시지 않다고 느껴진다.	①	②	③	④	⑤

2. ‘시나리오 A-2’에 관하여 아래 표에서 각 항목들을 평가해 주시기 바랍니다.

시나리오 A-2					
이 공원에 있으면 불안한 느낌이 든다.	①	②	③	④	⑤
이 공원에서 가능한 빨리 벗어나고 싶다.	①	②	③	④	⑤
이 공원에 다시 방문하고 싶지 않다.	①	②	③	④	⑤
공원의 전체적인 모습이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원의 식재들이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원의 시설물들이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원 내 바닥 포장들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 식재들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 시설물들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원이 충분히 밝다고 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원이 쾌적하게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 조명이 눈부시지 않다고 느껴진다.	①	②	③	④	⑤

3. ‘시나리오 A-3’에 관하여 아래 표에서 각 항목들을 평가해 주시기 바랍니다.

시나리오 A-3					
이 공원에 있으면 불안한 느낌이 든다.	①	②	③	④	⑤
이 공원에서 가능한 빨리 벗어나고 싶다.	①	②	③	④	⑤

이 공원에 다시 방문하고 싶지 않다.	①	②	③	④	⑤
공원의 전체적인 모습이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원의 식재들이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원의 시설물들이 잘 보인다.	①	②	③	④	⑤
공원 내 바닥 포장들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 식재들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 시설물들이 자연스럽게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원이 충분히 밝다고 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원이 쾌적하게 느껴진다.	①	②	③	④	⑤
공원의 조명이 눈부시지 않다고 느껴진다.	①	②	③	④	⑤

Part 3: 개인 특성 조사
- 이번 조사는 정확한 통계적 결과를 위한 개인 특성 조사입니다. - 개인 신상에 대한 보호는 엄중히 지켜질 것이며 이 결과는 연구 외의 다른 목적으로 사용되지 않을 것입니다. - 원하지 않는 항목은 응답하지 않으셔도 됩니다. - 해당 사항 번호에 표시(○ 또는 √) 혹은 (　　)안에 작성하여 주시기 바랍니다.

1. 귀하의 성별은 무엇입니까?

① 남　　② 여

2. 귀하의 나이는 어떻게 되십니까?

올해 만 (　　)세

* 본 연구의 실험 및 설문에 참가해 주셔서 대단히 감사합니다.

Abstract

Comparison of visual impressions according to Uniformity Ratio of Illuminance Standards for Creating a Safe and Comfortable Night Environment in Urban Parks
- Using VR Simulation -

Jeonghwan Lee
Department of Landscape Architecture
Graduate School of Environmental Studies
Seoul National University

This study simulates the night environment of an urban park using immersive virtual reality simulation and evaluates and compares the effect of the Uniformity Ratio of Illuminance Standards on the visual impression of park users. Parks with Uniformity Ratio of Illuminance Standards create an environment that looks darker than the actual brightness and more contrast. In such an environment, it is challenging to identify upcoming objects, and visibility is poor, which may increase anxiety among night park users. In addition, frequent cancer compliance can increase visual fatigue and cause excessive glare in some lighting equipment's light sources, hindering the visual comfort of night park users. However, the domestic night environment of urban parks is currently focused only on "Average Illuminance," not only the Uniformity Ratio of Illuminance Standards but also related research is insufficient.

Currently, the existing lighting design software used in designing the night environment has several limitations in terms of qualitative analysis. On the other hand, Virtual reality is a useful tool for experiencing space through characteristics such as interactivity, immersion, realism, and behavioural subjectivity. Immersive virtual reality manufactured using

Unreal Engine, a game engine, can realize a high sense of immersion and reality, maximizing the psychological perception of the night environment of experienced people, and is a handy tool in situations where real-time scenario changes are needed.

Therefore, to create a safe and pleasant night environment for urban parks, this study attempted to verify the importance of the night environment by qualitatively evaluating the night environment of the park according to the night environment. The site is the highest crime rate and 112 reports among the parks that received the lowest park safety rating in Seoul.

As a method of this study, first, theoretical consideration, analysis of previous studies, and domestic and foreign Uniformity Ratio of Illuminance Standards were investigated to identify the relationship between the fungus system and visual impression, and qualitative evaluation indicators in outdoor lighting environments, and the status of domestic and foreign fungus standards. In addition, expert interviews strengthened the background and necessity of this study. Second, I produced a 3D modelling-based immersive VR night environment simulation using target site status analysis and software such as SketchUp, Twinmotion, Relux, and Unreal Engine 4. Third, I conducted VR experiments and 5-point Likert scale surveys using HMD (Head Mounted Display) for the general public. Fourth, through the survey results, I analyzed the visual impressions felt by the experienced person were compared according to the Uniformity Ratio of Illuminance Standards.

This study verified the importance of the Uniformity Ratio of Illuminance Standards that can be overlooked by comparing the difference in visual impressions according to the Uniformity Ratio of Illuminance Standards in the night environment of urban parks, and it is meaningful to present a new technique for night environment simulation of urban parks using virtual reality technology. Through the study results, I identified the effect of the Uniformity ratio of Illuminance Standards on the visual impression of park users, and I presented the minimum Uniformity ratio of Illuminance Standards of the park. Besides, I confirmed the possibility of night environment simulation and qualitative evaluation using virtual reality

technology. The results will ultimately contribute to creating a safer and more pleasant night environment for urban parks.

▌ Keywords : VR, Night Environment Simulation, Uniformity Ratio of Illuminance Standards, Urban Park, Unreal Engine

▌ Student Number : 2019-20613