

# 화장실의 범죄위험도 평가를 위한 행동이론 기반 리스크 노드 판정 알고리즘

윤신숙\* · 송정화\*\*

## Behavioral Theory-Based Risk Node Judgment Algorithm for Evaluating the Crime Risk Level in Restrooms

Shin-Sook Yoon\* · Jeong-Hwa Song\*\*

### 요 약

가상현실로 구현한 공중화장실의 위험도를 산출하기 위하여 공중화장실에 존재하는 공간요소를 평가하고자 하였다. 평가대상과 평가 기준에 이론적 기반을 마련하기 위해 공중화장실의 안전성을 높이기 위한 체크리스트를 제한한 선행연구를 도입하였다. 평가 기준을 설정하기 위해 Paul J. Brantingham과 Patricia L. Brantingham의 이론을 바탕으로 공간과 범죄자의 상호작용에 초점을 맞춰 분석하고 수립하였다. Ronald V. Clarke의 "일상 활동 이론"도 도입하여 평가 접근 방식에 통합하였다. 공중화장실의 범죄자, 이용자, 공간적 요소 간의 상관관계를 토대로 범인의 행위, 범죄와의 공간적 관련성, 이용 중 이용자 노출을 분석하였다. 이러한 기준을 이용하여 공중화장실의 공간요소 평가 알고리즘을 개발하고 이를 기반으로 애플리케이션을 개발하여 평가 도구 개발이 가능함을 입증하였다.

### ABSTRACT

To assess the risk level of a public restroom implemented in virtual reality, we sought to evaluate the spatial elements present in the restroom. To provide the theoretical foundation for the evaluation subjects and criteria, we introduced prior research that proposed a checklist to enhance the safety of public restroom. To set up evaluation criteria, we analyzed and established based on the theories of Paul J. Brantingham and Patricia L. Brantingham, focusing on the interaction between space and criminals. Ronald V. Clarke's "Routine Activity Theory" was also introduced and incorporated into the evaluation approach. We analyzed based on the correlation between the criminal, user, and spatial elements of the public restroom in terms of the criminal's actions, the spatial relevance to crime, and user exposure during use. Using these criteria, we developed an algorithm to evaluate the spatial elements of public restroom. Based on this, we created an application, demonstrating the feasibility of developing an evaluation tool.

### 키워드

Safe Restroom, Virtual Reality Modeling, Crime Behavior Theory, Crime Prevention, Evaluation Tool  
안전한 화장실, 가상현실 모델링, 범죄행동이론, 범죄예방, 평가도구

\* 남서울대학교 산학협력단 연구원(yss28@hanmail.net)

\*\* 교신저자 : 남서울대학교 건축학과

• 접수일 : 2023. 09. 16

• 수정완료일 : 2023. 10. 29

• 게재확정일 : 2023. 12. 27

• Received : Sep. 16, 2023, Revised : Oct. 29, 2023, Accepted : Dec. 27, 2023

• Corresponding Author : Jeong-Hwa Song

Dept. Architecture, Namseoul University

Email : songjh@nsu.ac.kr

## I. 서론

근래 사용자의 편의 증진과 안전 분야에서의 진보를 위하여 도입되는 전자기술들이 있는데, 가상현실은 컴퓨터 공학의 컴퓨터 비전 분야에 속하는 기술로써 처음에는 오락과 교육 분야에서 주로 활용되었다. 근래에 와서 가상현실의 활용이 도시문제 해결에도 이루어지는 사례들이 나타나고 있다. 이러한 추세를 따라 이전 연구에서는 도시 공간 내에 존재하는 공중화장실의 안전도를 증진하기 위하여 가상현실로 공중화장실을 구축하여 활용하고자 하였으며, 가상현실을 활용함에 있어서 공중화장실의 공간 모사뿐 아니라 사용자의 사용상 문제, 사용자와 공간의 상호작용 요소까지 분석하고자 하였다[1].

공중화장실의 위험도를 분석하고 개선하기 위한 목적으로 가상현실을 활용할 때, 가상현실 공중화장실에 대한 위험도를 측정하기 위한 구체적인 평가도구가 필요하다. 이렇게 함으로써 객관적인 기준에 근거하여 타당한 방법으로 가상현실로 구축한 공중화장실의 각 공간요소가 위험상황에 관여하거나 위험요소로 작용하는지 여부를 평가할 수 있는 것이다. 가상현실 공중화장실에 대한 평가를 위해서 가상현실 공중화장실의 어떤 것에 대하여 평가할지 평가대상을 결정하여야 하며, 평가할 때, 어떤 기준으로 할 것인지 결정하여야 한다. 즉, 평가대상과 평가기준을 타당성 있고 명확하게 할 필요가 있는 것이다. 이에, 본 연구는 가상현실로 공중화장실의 공간을 모사하여 공중화장실의 위험요인을 분석함에 있어서 모사한 공중화장실에 대한 평가도구를 활용하는 알고리즘을 제안한다. 이를 위하여 공간에서의 인간의 범죄행동 이론 분야를 연구한 선행 연구의 결과를 활용하고자 한다. 선행연구는 주로 공간이 공간 이용자와의 연관성에 대한 것이다. 공간에서의 범죄행동 이론의 대표적 선행 연구를 일컬어 환경 범죄학이라 하는데, 이 분야에서 다수의 연구를 수행하였다[2]. 범죄가 특정 환경과 상황에서 더 잘 발생한다고 보았다. 특정 지역의 물리적 특성이나 사회적 상황이 범죄율에 영향을 미칠 수 있다고 본 것이다.

또 인간의 행동이 공간과 연관성을 가진다는 가설 아래 연구한 사례는 더 존재한다[3]. Clarke는 범죄자의 결정 과정을 강조하였는데, 범죄 행위가 범죄 실행

하는 사람의 이성적인 선택에 기초하여 이루어진다고 보았다. 이 연구들은 범죄자가 범죄 실행을 위하여 공간과 관련한 이성적 판단을 하며, 공간에 내재 되어 있는 범죄 관련 기회를 활용한다고 분석하였다.

본 논문의 2장에서 이론적 고찰과 선행 연구를 정리하고 3장에서 본 연구에서 제안하는 가상현실 모델에 대한 평가도구에 적용할 알고리즘을 제안한다. 4장에서 제안한 평가도구를 응용 소프트웨어로 구현하여 실제로 평가를 실시하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 이론적 고찰 및 관련 연구

### 2.1 Paul J. Brantingham 및 Patricia L. Brantingham의 연구

Paul은 범죄 발생이 공간적인 측면과 어떻게 관련되는지 탐구하였다[4]. 범죄와 관련한 물리적 공간을 "노드(Node)", "경로(Path)", 그리고 "가장자리(Edge)" 세 가지 요소로 분류하였다.

1) 노드(Node): 범죄가 발생하거나, 범죄자가 모이는 장소를 의미한다. 노드는 경제, 사회 활동이 집중적으로 이루어지는 장소를 포함한다.

2) 경로(Path): 범죄자가 노드와 노드를 이동하는 경로를 말하며, 도로나 골목길이 될 수 있다.

3) 가장자리(Edge): 두 개의 노드 사이의 경계를 의미한다. 범죄자는 가장자리를 넘어서 다른 노드로 이동한다.

세 가지 요소가 상호작용하면서 범죄의 발생과 유형을 결정한다고 주장하였다[4].

범죄자들이 범죄를 저지르는 경로는 일상생활과 이동 경로에 따라 결정되며, 이 경로는 일정한 패턴을 가진다고 하였다. 이들은 이러한 패턴을 분석하여 대응함으로써 범죄예방이 가능하다고 보았으며, 범죄가 일어날 가능성이 있는 장소를 식별하고, 그 장소를 보호하거나 감시할 수 있다고 분석하였다.

### 2.2 Ronald V. Clarke의 연구

범죄의 실행은 공간이 제공하는 기회요소와 연결되어 있다는 Clarke의 이론은 다음과 같은 핵심 개념을 포함하고 있다[5].

1) 범죄 기회 (Crime Opportunity): 범죄가 기회의

결합에 의하여 발생한다고 분석하였다. 범죄자는 범죄를 선택하기 위한 기회를 찾아내고 이를 활용한다고 보았는데, 범죄 기회는 범죄 대상의 존재, 약점, 접근성, 보안 등과 관련되어 있다고 보았다[5].

2) 이성적 선택 (Rational Choice): 범죄자가 이성적인 고려와 선택을 통하여 범죄 실행을 결정한다고 보았다. 범죄자가 범죄를 실행할 때, 범죄를 실행하여 얻는 이익과 범죄 실행에 따르는 잠재적 위험을 평가하여 범죄 행위를 실행할지 여부를 결정한다고 보았다. 범죄를 이유 있는 선택이라고 간주하였으며, 범죄자의 이성적 계산, 선택 과정을 강조하였다[5].

3) 자기통제 (Self-Control): 자기통제의 부족이 범죄 행동과 관련이 있다고 주장하였다. 자기통제는 범죄에 대한 유혹을 거부하고, 미래의 장기적인 이익을 위해 짧은 기간의 만족을 미룰 수 있는 능력이고 하였다. 따라서, 자기통제가 낮은 개인은 범죄 기회가 제공되면 이를 활용할 가능성이 높다고 보았다[5].

4) 예방적 대응 (Preventive Response): 범죄 기회를 제한하고 범죄 대상의 보호력을 강화하는 예방적 대응을 중요하다고 보았다[6].

범죄를 저지르는 행위자가 실제 범죄를 저지르려면 적절한 기회가 있어야 한다고 보았다[5]. 범죄는 이용 가능한 기회에 의해 촉발되며, 그러한 기회는 범죄가 일어나는 환경에 의해 제공된다고 보았다. 따라서 그는 환경적 요인을 개선하거나 변화시킴으로써 범죄 실행 기회를 축소할 수 있으며 이러한 노력이 범죄를 예방하는데 중요하다고 보았다[7].

본 연구에서는 선행연구에서 분석한 공간과 범죄와의 관련도 등을 고려하여 위험과 관련한 평가대상을 분석하여 선정하고 선행 연구의 결과를 토대로 평가 기준을 결정하여 평가도구에 반영한다[8].

### III. 안전화장실 구현을 위한 가상현실 구축과 평가방안

2장에서 살펴본 이론들은 범죄 발생 장소가 범죄 실행과 관련 있는 환경적 특성을 가지며 해당 장소를 이용하는 범죄자가 범죄 실행에 용이하며 범죄 이득

을 획득한다는 논리적 근거를 제공한다고 본 것이다.

범죄가 특정 환경적 요인에 의해 유발될 수 있다는 이론에 초점을 맞추고 있다. 그들은 범죄가 발생하기 위해서는 범죄자, 희생자 그리고 범죄가 발생할 수 있는 환경이 모여야 한다는 점을 강조하였다[2]. 범죄가 발생하는 주요 장소인 노드(node), 경로(path), 경계(edge) 그리고 지역(area)으로 이루어진 '범죄 지경'이라는 개념에 주목할 수 있다.

범죄를 실행하는 범죄자의 행동을 단계별로 정의하였다[5].

① 범죄 타깃 설정 (Target Selection): 범죄자는 다양한 범죄 대상 중에서 어떤 대상을 선택할지 결정한다. 범죄 기회와 이익에 대한 이성적인 평가가 이루어지며, 가치 있는 물건이 있는 집이나 접근할 수 있는 차량 등이 범죄 타깃으로 선택될 수 있다.

② 추적 (Surveillance): 범죄자는 타겟을 설정한 후, 선택 대상을 주시하고 추적한다. 범죄자는 대상의 행동 패턴, 보안 시스템, 경찰 활동을 파악하며 기회를 평가한다.

③ 접근 (Approach): 범죄자는 범죄 실행하기 위하여 대상에 접근하고자 계획을 세운다. 범죄자의 능력과 기술, 범죄 도구 등이 동원될 수 있다. 범죄자는 범행을 성공시키고자 접근을 진행한다.

④ 범행 (Crime): 범죄자는 범죄를 실행할 때, 이것을 방해받지 않기를 원하며, 범죄 실행 후 범행 현장을 빠르게 떠나기 위해 계획된 퇴출 경로를 사용한다.

선행연구의 노드-경로-에지 개념과 타깃 설정-추적-접근-범행 개념은 범죄를 계획하고 실행하는 인간 행동이 공간과 밀접한 관련이 있다는 것을 밝히고 있다. 본 연구는 가상현실로 모사한 공중화장실의 공간 요소가 위험 발생과 관련 있다고 보고 이에 대한 평가도구를 제안하는 것이므로 공중화장실의 공간에 노드-경로-에지가 존재한다고 하였다. 또한, 공중화장실 내에 존재한다고 보는 노드-경로-에지는 각 범죄위험에 연관성을 가지는 것인지 식별하는 것이 필요하며 노드가 타겟 설정과 관련되었는지 아니면 추적과 관련되는지, 접근과 관련 있는지 판단하는 것이 해당 공간이나 공간요소에 대한 평가에 해당한다고 볼 수 있다고 할 수 있는 것이다. 따라서, 가상현실로 구현한

공중화장실의 공간요소에 대한 평가도구를 제안하기 위하여 노드(node), 경로(path), 경계(edge) 개념과 타겟설정-추적-접근-범행 개념을 다음과 같이 적용함으로써 타당성 있는 평가도구를 도출할 수 있다[5].

① 평가대상인 공간(공중화장실)요소는 다음 중 하나에 해당할 수 있다. 노드, 경로, 경계.

② 노드에 대해서 판정할 수 있는데, 타겟 설정 노드, 추적 노드, 접근 노드, 범행 노드로 판정할 수 있다.

③ 경로는 노드들을 연결하거나, 노드의 기능을 지지하는 경로인지 판정할 수 있다.

④ 경계에서는 보안 시설, 보안 기능 여부를 판정할 수 있다.

⑤ 각 노드의 역할과 경로의 연결, 연속성은 위험도의 경중을 판정할 수 있다.

이러한 과정을 정리하면 다음과 같다.

① 공간요소 분류 : 공중화장실의 공간 요소를 리스트로 작성한다(요소는 "노드", "경로", "경계"로 분류)

② 노드 판정 : 리스트의 각 요소를 검토하여 어떤 노드에 해당하는지 판정한다.

②-1 타겟 설정 노드 판정 :

-특정 공간요소가 범죄자가 범행의도를 숨기는데 적합한가?

-특정 공간요소가 범죄자의 범행목표 설정에 도움을 주는 것인가?

-특정 공간요소가 자신이 타겟으로 관찰되고 있다는 사실을 모르게 하는데 도움을 주는 것인가?

②-2 추적 노드 판정 :

-특정 공간요소가 범죄자가 범행대상을 추적하는데 도움을 주는 것인가?

-특정 공간요소가 범죄자의 추정행위를 대상자가 인지하지 못하게 도움을 주는 것인가?

②-3 접근 노드 판정 :

-특정 공간요소가 범죄자가 범행대상에 접근을 도와주는 것인가?

-특정 공간요소가 범죄자의 접근을 대상자가 인지하지 못하게 어려움을 주는 것인가?

②-4 범행 노드 판정 :

-특정 공간요소가 범죄자가 범죄 실행하는 것을 지지하는 것인가?

-특정 공간요소가 범죄자가 범죄 실행할 때, 방해받지 않도록 해주거나 범죄 행위에 대하여 타인이 감지 또는 간섭이 없도록 해주는 것인가?

③ 경로 판정 : 노드들이 어떻게 연결되어 있는지 검토한다. 공중화장실 구조에 따라 각 노드는 서로 다른 경로로 연결될 수 있다. 그 경로가 특정 노드를 지지하는지 판정한다.

각 노드를 판정하는 알고리즘을 pseudo-code로 나타내면 다음과 같다.

```

-----
-----
spaceElements = []

class Element:
    def __init__(self, type, properties):
        self.type = type
        self.properties = properties // A dictionary of
        properties

function classifySpaceElement(element):
    if 'nodeCharacteristic' in element.properties:
        return 'Node'
    elif 'pathCharacteristic' in element.properties:
        return 'Path'
    elif 'boundaryCharacteristic' in
    element.properties:
        return 'Boundary'

function isPotentialRiskNode(element):
    if ('obstruction' in element.properties &&
    element.properties['obstruction'] > 0.7) or
    ('visibility' in element.properties &&
    element.properties['visibility'] > 0.8) or
    ('concealment' in element.properties &&
    element.properties['concealment'] > 0.9) or
    ('trackingEase' in element.properties &&
    element.properties['trackingEase'] > 0.8) or
    ('stealth' in element.properties &&
    element.properties['stealth'] > 0.85) or
    ('approachEase' in element.properties &&
    element.properties['approachEase'] > 0.9) or
    ('stealthDuringApproach' in element.properties

```

```

&& element.properties['stealthDuringApproach'] > 0.8) or
('crimeFacilitation' in element.properties &&
element.properties['crimeFacilitation'] > 0.8) or
('interruptionPrevention' in element.properties
&& element.properties['interruptionPrevention'] > 0.9):
    return True
return False

for each element in PublicRestroom:
    elementType = classifySpaceElement(element)
    if elementType and isPotentialRiskNode(element):
        print(elementType, "is a potential risk.")
    -----
    -----
    
```

#### IV. 제안사항 적용과 평가

본 연구는 공중화장실의 공간 요소를 평가 대상으로 한다. 이 때, 공중화장실의 안심환경개선 체크리스트를 제안한 선행연구를 활용한다[9]. 체크리스트 항목 중에서 본 연구의 특성에 부합하는 항목들을 선별하여 도입한다. 선행연구에서 얻을 수 있는 대표적인 체크리스트는 다음과 같다[10].

표 1. 공중화장실 안심환경개선 체크리스트  
Table 1. Checklist for improving the safe environment of public restrooms

Category	Item	Inspection Point	Remarks
exterior environment	lighting	Exterior lighting should be installed as permanent lighting for nighttime use.	target
		There are no shadows around the restroom caused by tree branches.	target
	landscaping	Trim the trees around the restroom to ensure clear visibility.	target
		Place facilities around the restroom entrance to allow for natural surveillance, such as benches, exercise equipment, bicycle racks, pergolas, convenience stores, etc.	tracking
	surrounding	There is a CCTV	track

Main entrance	lighting	camera illuminating the restroom entrance and its surroundings.	ing	
		The restroom entrance should always be well-lit.	tracking	
	surrounding	landscaping	Trim the trees to ensure the restroom entrance is clearly visible.	tracking
			The restroom has separate entrances for men and women.	
			Ensure a spacious passageway width when entering and exiting the restroom.	tracking
			Attach safety information signs (e.g., crime patrol notice, hidden camera inspection notice, emergency bell installation guide, CCTV installation notice, etc.).	tracking
	Install an emergency bell near the entrance of the women's restroom, along with a warning light that emits an audible alarm.	approach		
interior	lighting	Indoor lighting should be kept on as permanent lighting, remaining bright 24 hours a day.	approach	
		In case of a power outage, the indoor lights should automatically switch to emergency power.	approach	
	interior space		Install a mirror that allows users to see the interior when using the sink.	approach
			Install an emergency bell near the sink	crime
			Install an emergency bell at the innermost end of the restroom.	crime
			The window should be designed so that people cannot pass through.	crime
			Play calm music inside the room.	
			Ensure there are no hiding or concealed spaces inside the room.	crime
		There should be no possible points of entry from the outside.	crime	
	Booth	Lighting inside the	crime	

	booth should be kept on as permanent lighting	
	The illumination level inside the booth should be set to 200 Lx	crime
	The emergency bell inside the booth should be attached to the side wall that is most immediately visible when the booth door is opened.	crime
	It is recommended that the entrance door opens outward	crime
	The locking mechanism of the booth door should function properly	crime

체크리스트는 공중화장실에 대하여 화장실 입구, 화장실 외부 환경, 내부 환경, 공통시설 네 가지로 구분하였다.

이를 토대로 하여 본 연구에서 평가할 대상은 크게 외부환경, 화장실 입구, 화장실 내부 공간, 개별공간으로 설정한다. 외부환경과 화장실 입구에 대해서는 타겟 설정, 추적 노드인지를 평가하며, 내부공간과 개별공간은 추적, 접근, 범행 노드인지를 평가하도록 한다. 표의 비교란에는 네 가지 노드 종류로 평가해 볼 수 있음을 기록하고 있다.

타겟 설정 노드는 타겟 설정하기에 용이한 지 여부가 평가 기준이 된다. 높은 조도 공간이지만, 주위는 조도가 낮고 화장실 사용자는 식별이 잘 되고 있으나, 화장실 이용자를 관찰할 수 있는 주변 환경이 이루어진 경우를 찾는다.

추적 노드 판단은 기본적으로 조도가 낮으며 추적 대상이 추적당하는 것을 감지하기 어렵게 하는 조건을 갖추었는지를 평가한다.

접근 노드 판단은 대상이 타인의 접근 인지가 어려우며, 제3자가 가해자가 피해자에게 접근하는 것에 대한 간섭 가능성이 없는 조건을 평가한다.

범행 노드인지의 여부는 범행 실행을 위한 조건과 제3자의 간섭으로부터 독립적인지 여부를 평가 기준으로 한다. 다음은 이전 연구를 바탕으로 간소화 시킨 실제 평가 대상 항목들이다.

ㄱ.화장실 입구 / ㄴ.화장실 통로 / ㄷ.화장실 내 구석 / ㄹ.개별 화장실 / ㄹ.세면대(손세정 시설) / ㅂ.

세면대2(손 건조대) / ㅅ.화장실 내부 공용 공간 / ㅇ. 비상출구

공중화장실의 이 요소들에 대하여 ㄱ.‘화장실 입구’는 ‘타겟 노드’인지 ‘추적 노드’인지 평가한다. ㄴ. ‘화장실 통로’는 ‘추적 노드’인지 평가한다. ㄷ. ‘화장실 내 구석’에 대해서는 ‘추적 노드’ 또는 ‘접근 노드’인지 평가한다. ㄹ. ‘개별 화장실’에 대해서는 ‘범행 노드’인지 평가한다. ㄹ. ‘세면대’는 ‘접근 노드’ 및 ‘범행 노드’인지 평가한다. ㅂ. ‘손 건조대’는 ‘접근 노드’ 및 ‘범행 노드’인지 평가한다. ㅅ. ‘화장실 내부 공용 공간’은 접근 노드 및 범행 노드인지 평가한다. ㅇ. ‘비상출구’는 추적, 접근, 범행 노드인지 평가한다.

① 타겟 노드 판정 조건과 평가는 다음과 같다.

사용자 동선 공간의 조도는 높은가? 높으면 1. 낮으면 0. 사용자 동선 근처에 관리되지 않는 조경수가 있는가? 있으면 1. 없으면 0. 사용자 동선에 유동인구가 존재하는가? 있으면 0. 없으면 1. 입구에 거울이 있는가? 있으면 0. 없으면 1. 실내에 은폐공간이 있는가? 있으면 1. 없으면 0. 총점 2 이상이면 타겟 노드로 판정한다.

② 추적 노드 판정 조건은 다음과 같다.

사용자 이동이 이루어지는 공간의 조도가 높은가? 높으면 0. 낮으면 1. 사용자의 이동이 이루어지는 곳은 개방되어 있는가? 개방되어 있으면 0. 아니면 1. 사용자의 동선에 꺾어지는 곳이 있는가? 있으면 1. 없으면 0. 사용자의 동선 주변 환경에 소음이 있는가? 있으면 1. 없으면 0. 총점 2 이상이면 추적 노드로 판정한다.

③ 접근 노드 판정 조건은 다음과 같다.

사용자가 위치한 공간의 조도가 높은가? 높으면 0. 낮으면 1. 사용자가 이용하는 공간이 개방적인가? 개방적이면 0. 아니면 1. 사용자는 비상벨을 이용하기에 용이한가? 그러면 0. 아니면 1. 총점 1 이상이면 접근 노드로 판정한다.

④ 범행 노드 판정 조건은 다음과 같다.

사용자가 위치한 공간의 조도가 높은가? 높으면 0. 낮으면 1. 사용자는 비상벨을 이용할 수 있는가? 가능하면 0. 아니면 1. 사용자의 이용 공간에는 잠금장치가 견고한가? 그러면 0. 아니면 1. 총점 1 이상이면 범행 노드로 판정한다.



```

class RestroomAssessment:
def __init__(self):
self.total_score = 0
self.evaluated_locations = []

def Python 3.7.3 Shell
Python 3.7.3 (v3.7.3:ef4dec6d12, Mar 25 2019, 22:22:05) [MSC v.1916 64 bit (AMD64)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>>
-----RESTART: C:\Users\WDH\Suh\Documents\panjeong2.py -----
머먼 1. 타겟 노드인지 평가하시겠습니까?
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
def
1. 타겟 노드인지 평가하시겠습니까? 2. 추적 노드인지 평가하시겠습니까? 3. 접근 노드인지 평가하시겠습니까? 4. 범행 노드인지 평가하시겠습니까?
def
1. 타겟 노드인지 평가하시겠습니까? (있으면 1, 없으면 0) : 1
2. 추적 노드인지 평가하시겠습니까? (있으면 1, 없으면 0) : 1
3. 접근 노드인지 평가하시겠습니까? (있으면 1, 없으면 0) : 1
4. 범행 노드인지 평가하시겠습니까? (있으면 1, 없으면 0) : 1
머먼 1. 타겟 노드인지 평가하시겠습니까?
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
def
1. 타겟 노드인지 평가하시겠습니까? 2. 추적 노드인지 평가하시겠습니까? 3. 접근 노드인지 평가하시겠습니까? 4. 범행 노드인지 평가하시겠습니까?
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2
```

그림 1은 파이썬으로 프로그램을 작성하여 그 결과를 보여주는 것이다. 그림 1의 프로그래밍 결과를 설명하면 다음과 같다.

1.화장실 입구부터 8.비상출구까지 평가받을 대상을 선택하게 한 다음, 어떤 노드로 평가받을 것인지 선택하게 하였다. 선택은 1. 타겟 노드, 2. 추적 노드, 3. 접근 노드, 4. 범행 노드 중에서 하나를 선택한다. 이 중 각 항목을 선택함에 따라 각 노드로 판정할 수 있는 질문을 받으며 질문에 대한 답에 따라 총점이 계산되고 총점이 2 또는 1 이상이면 해당 노드에 해당한다고 판정받는다. 그런 다음 평가를 마친 후에는 각 노드들의 연결성을 판정받아 최종적으로 공중화장실의 위험성을 판정받는 과정을 보여주고 있다.

## V. 결 론

본 연구는 범죄가 특정한 장소, 시간, 행위자의 행동에 영향을 받는다는 것을 내용으로 한다. 본 연구는 가상현실로 구현한 공중화장실의 공간요소에 대한 평가도구를 제안하는 것으로서, 선행연구인 노드(node), 경로(path), 경계(edge) 개념과 타겟설정-추적-접근-범행 개념을 종합하여 도입하여 평가 기준으로 할 것을 제안하였으며, 평가대상은 선행연구로 정리된 체크리스트를 도입하였다. 가상현실로 구현한 공중화장실의 공간요소에 대한 평가도구는 응용프로그램으로 개발하여 노드, 경로, 경계면 여부를 평가하고, 각 노드에 대해서는 타겟설정 노드, 추적 노드, 접근 노드, 범행 노드에 해당하는지를 판정하도록 하였다. 평가구현을 위하여 개발한 응용프로그램 소스는 추가 파일에 내용을 담았다.

### 감사의 글

본 논문은 2022년도 정부에서 교육부의 재원으로 한국과학재단 지원사업의 지원으로 수행된 기초연구사업임.(No. 2022R111A3053087)

## References

- [1] S. Yoon, J. Song, "A Study on the Interaction Factors in Implementing Virtual Reality to Solve Safety Problems in Public Toilets" *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. vol.17, no.6, 2022 pp.1167-1174
- [2] Beavon, Daniel JK, Patricia L. Brantingham, and Paul J. Brantingham. "The influence of street networks on the patterning of property offenses." *Crime prevention studies* vol.2, no.2, 1994, pp.115-148.
- [3] Clarke, Ronald V. "Situational crime prevention." *Crime and justice* 19 (1995), pp. 91-150.
- [4] Brantingham, P. L., and P. J. Brantingham. "Nodes, Paths, and Edges: Considerations on the Complexity of Crime and the Physical Environment (1993)." *Classics in Environmental Criminology*. Routledge, 2010. pp.289-326.
- [5] Cornish, Derek B., and Ronald V. Clarke, eds. "The reasoning criminal: Rational choice perspectives on offending." 2014.
- [6] J. Song, "Study on Priority of Business Crime Prevention for Establishing Safe Public Toilets -Focusing on Public Offering Business Targeting Municipalities," *J. of Korea Crime Prevention Through Environmental Design Association*, vol.11, no.3, 2020, pp.189-220.
- [7] D. Suh and Y. Oh, "A Novel Way of Safety Awareness on the Walking with Single Sensor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol.11, no.2, 2016, pp. 197-202.
- [8] D. Suh and K. Park, "IoT based office environment improvement plan," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol.15, no.1, 2020, pp.61-70.
- [9] K. Oh, J. Song, "Physical Environmental Elements in Alleys Causing Fear of Crime for Women - Focused on the Redevelopment District-", *J. of Korea Crime Prevention Through Environmental Design Association*, vol.4. no.2 , 2013, pp.32-57.
- [10] K. Oh, "Development of Checklist for Crime Prevention in Public Toilets," *J. of Korea Crime Prevention Through Environmental Design Association*, vol.11, no.3, 2020, pp.221-256.



## 저자 소개



### 윤신숙(Shin-Sook Yoon)

1994년 단국대학교 화학과 졸업  
(이학사)  
2008년 호서대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2018년 충북대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(공학박사)

2023년 남서울대학교 산학협력단 연구원

※ 관심분야 : 빅데이터, 상황인식, 사물인터넷



### 송정화(Jeong-Hwa Song)

1990년 연세대학교 주거환경학과 졸업(이학사)  
2001년 연세대학교 대학원 주거환경학과 졸업(이학석사)

2006년 연세대학교 대학원 주거환경학과 졸업(이학박사)

2007년 남서울대학교 건축학과 교수

2021년 ~현재 국토교통부 중앙건설기술심의위원회 위원

※ 관심분야 : CPTED, 도시환경재설계, 사물인터넷, 상황인식

프로그래밍 소스

