

# 3차원 시뮬레이션을 이용한 인위감시체계의 공간대응성능 평가기술

김석태\*

<sup>1</sup>인제대학교 디자인학부

## Assessment technology for spatial interaction of Artificial Monitoring System through 3-dimensional Simulation

Suk-Tae Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>School of Design, Inje University

**요약** CCTV를 이용한 감시는 범죄를 억제하고 공적관계를 기록할 수 있는 효율적인 방법으로 활용도가 높아지고 있지만, 이를 정량적으로 비교평가 할 수 있는 방법론은 부재한 상황이다. 이에 본 연구의 목적은 3차원 가상모델 시뮬레이션 기술을 이용하여 카메라의 설치대안에 따른 카메라의 공간적 대응성능 변화를 측정할 수 있는 방법론과 분석어플리케이션을 구축하는 것이다. 분석방법은 래스터기반의 ISOVIST분석방법론을 3차원적으로 확장하여, 각 시점에 입사되는 시선량을 누적시키고, 동시에 각 측정지점에 연결되는 카메라의 중복감시량을 누적시켜 교차분석하는 것이다. 충돌감지모델을 이용한 분석어플리케이션을 구축하고, 예시를 적용하여 분석한 결과 카메라의 배치대안별로 감시성능의 변화를 정량화시킬 수 있었으며, 가시영역을 그래프로 재현하여 직관적인 검토와 보완이 가능하도록 하였다.

**Abstract** CCTV-applied monitoring is an effective measure to suppress potential crimes and record objective relationship; however, there is no methodology that can quantitatively compare and assess the afore-mentioned effects. Thus, this study intended to construct the methodology and analysis application that can measure the changes in the space-corresponding performance of CCTVs depending on installation measures by using 3-dimentional virtual simulation technology. For analysis, the raster-based Isovist theory was 3-dimensionally expanded and the amount of incident sight line to each point was accumulated. At the same time, the amount of overlapped monitoring in the CCTV cameras that were connected to each measurement node was accumulated for cross-analysis. By applying the examples and analyzing the results, it was possible to construct an analysis application in use of collision detection model and quantify the changes of monitoring performance depending on positioning alternative of the cameras. Moreover, it enabled intuitive review and supplementation by reproducing visible shadow areas in a graph.

**Key Words** : 3D Simulation, Graphic Engine, CPTED

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

현대사회의 병리현상 중 하나인 범죄의 증가는 시민들의 안전하고 편안한 삶을 위협하고 있다. 이를 예방하기 위한 인위감시체계의 중요성이 강조되고 있으며, 범죄뿐만 아니라 상호 계약관계의 증거자료보관 및 산업현

장에서의 안전장치로서도 인위감시체계의 활용도는 날로 높아지고 있다.

대표적 인위감시체계인 CCTV(폐쇄회로 텔레비전)시스템은 더욱 기술적으로 발전하고 지능화되어 기존 범죄 예방의 목적뿐만 아니라 주차지원시스템, 라이브캠, 교통량분석시스템, 자동차 블랙박스 등 응용분야를 확대하고 있다.[1]

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2012R11A1A2005147)

\*Corresponding Author : Suk-Tae Kim(Inje Univ)

Tel: +82-55-320-3722 email: demolish@inje.ac.kr

Received January 19, 2015

Revised February 9, 2015

Accpeted February 12, 2015

CCTV에 대한 각종 선도연구들은 인위감시체계의 도입이 범죄예방에 효과적임을 증명하고 있지만, 인위적인 감시도구의 설치를 위한 체계적인 기준 없이 무분별하게 설치되고 있는 상황이다[2].

이러한 측면에서 공간의 구조가 CCTV의 감시능성에 어떠한 영향을 미치는가, 또는 CCTV의 감시능력은 공간의 형태에 따라 어떠한 특성을 가지는가를 파악하는 것은 의미 있는 연구가 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 실제공간을 건축하기 이전에, 또는 CCTV를 설치하기 이전에 가상의 3차원 공간을 활용하여 시뮬레이션 및 사전평가를 할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 이에 3차원 공간에서의 시각구조 분석방법론을 제안하고 어플리케이션을 개발하여 성능의 정량화, 특성에 대한 직관적 추론의 가능성을 평가하였다.

## 1.2 연구의 방법 및 범위

공간의 시각구조와 관련한 고전적 이론인 가시장(Isovist Field)이론은 현대 공간구조론에 큰 영향을 미쳐왔다. 그러나 가시장이론은 평면에 기초한 2차원이론으로서 복잡해지고 있는 현대의 공간형태에는 적용에 한계를 가지고 있다.

본 연구에서는 가시장 분석을 3차원화시키는 방안을 제시하고 여기에 시야각과 가시한계를 제한한 가시영역 범위의 개념을 추가하여, 특정공간에 CCTV를 배치하였을 때 그 공간에 대한 대응성능을 직관적인 그래프와 정량적인 데이터로 추출토록 하였다. 또한 CCTV시스템의 사각지역 파악 및 중복감시특성의 데이터를 도출하여, 개선의 가능성과 그 정도를 파악하는 실험을 수행하였다.

분석방법은 수학적 공식수립이 아닌 시뮬레이션기술로서, 일반적인 복잡계 이론에서 많이 활용되고 있는 방식이다.

다만 본 연구는 시지각되는 한계, 즉 시각적 접근가능성만을 범위로 하며 해상도와 같은 CCTV의 성능이나, 피사체와의 거리에 따른 식별능력은 논외로 하였다.

## 2. 이론의 배경

### 2.1 CCTV설치의 의미

Clarke(1995)와 Hormel(1997)이 제시한 상황적 범죄예방이론(situational crime prevention theory)에 의하면,

CCTV시스템은 공식적 감시(formal surveillance)기법에 해당된다. 이를 뒷받침하는 주요한 이론으로는 합리적 선택론(rational choice)과 기회이론(opportunity theory), 일상활동이론(routine activity choice)이 있다. 이 이론들에 의하면 범행대상을 합리적으로 선택하고 그러한 와중에서 기회를 포착한다고 보고 있다. 예를 들어 범죄인은 범행을 감행하기에 앞서 CCTV의 설치상태, 경비원의 유무, 도주로의 용이성을 종합적으로 판단하게 된다.[3]

그러므로 CCTV설치에 있어서 가장 중요한 관건이 되는 것은, 설치된 카메라가 시각적으로 유효하게 감시할 수 있는 영역의 범위가 얼마나 되는가이다. 또한 '얼마나 큰 범위의 공간을 감시하는가'라는 능동적인 요인 못지않게, 공간의 각 지점이 CCTV에 의해 '얼마나 노출(감시)되어 있는 가'와 같은 피동적 요인도 매우 중요하다고 볼 수 있다.

CCTV의 배치와 공간의 특성과의 관계를 파악하고자 하는 연구가 최근 들어 크게 증가하고 있는 추세이며, 공간이 가지는 특유의 복잡성 때문에 공간구문론(Space syntax)이나 시각적 접근 및 노출모텔(VA&VE)과 같이 공간구조론을 적용한 연구들이 많다.

그러나 3차원적으로 복잡하게 얽혀있는 실내공간과 같은 경우에는 기존의 공간구조론을 적용하기에는 여러 가지 난제가 존재한다. 이 중에 가장 큰 문제는 이론이 2차원적이며, 시점의 설정이 고정화되어 있다는 점이다.

### 2.2 가시장이론

본 연구에서 제안하고 있는 3차원 시뮬레이션 분석방식은 M.Benedikt(1979)가 제안한 가시장이론에 기반하고 있다.

가시장은 어떤 경계안의 특정한 점으로부터 보여질 수 있는 모든 영역을 연결한 다각형으로 정의된다. 즉 공간과 그 주어진 시각환경 내에서 특정의 점에서 보이는 모든 점들의 집합이다[4].

벡터선분에 의해 형성되는 다각형의 면적을 가시영역도로, 전체공간영역에 대한 가시영역도의 면적비를 가시영역비로 정의하고 있다. 다시 말해 가시영역비는 공간(건물)요소가 가시환경을 얼마나 차폐 또는 개방하는가를 비율로 나타낸 것이다.

다만 앞에서 언급한 바와 같이 가시장이론은 2차원 선분으로 구성되어 있는 평면에서만 분석이 가능하기 때문에 오프닝과 같은 복층구조나 창문과 같은 부분 차폐체

에 대한 분석은 원칙적으로 불가능하다.

### 3. 분석알고리즘의 제안과 구현

#### 3.1 분석알고리즘

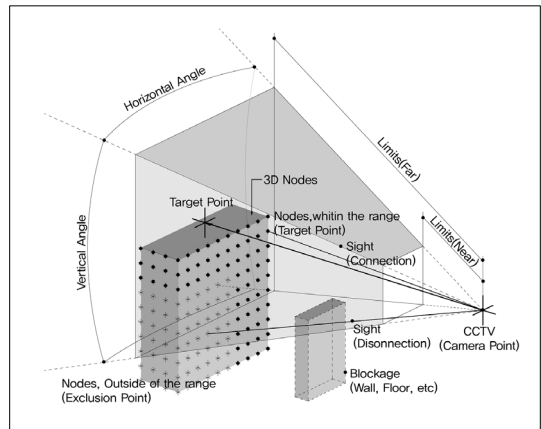
가시장이론에서 가시영역도는 면적의 형태로 나타나지만 입체화시키려면 벡터영역의 개념이 면적에서 체적으로 확장되어야 한다. 그러나 폴리곤으로 구성되어 있는 3차원 벡터 정보를 이용하여 내면(內面)을 다면체로 완벽하게 도출하는 것은 사실상 불가능에 가깝다. 이는 분석대상공간의 컴퓨터 모델링과정에서 발생하는 정확도의 문제도 있겠지만 부동소수점이하 계산에서 한계를 가지는 3차원 컴퓨터그래픽의 특성과의 관계가 있는 것으로 파악되고 있다. 특히 건축공간은 내외부가 시각적으로 완전히 차단된 밀폐구조인 경우가 원칙적으로 발생하지 않기 때문에 내면의 3차원 영역을 벡터연산으로 구하는 것은 현실성이 없다.

본 연구에서는 벡터영역(면적)을 도출하는 방법이 아닌 Fig.1과 같이 감시영역에 감시대상점(측정포인트)을 3차원 축(x,y,z)상에 등간격으로 배치하고, 화각이 제한된 시야각제 내에서 얼마나 많은 수의 3차원 감시대상점을 수집할 수 있는 가(감시대상점이 보이는가)를 파악하여 그 값을 누적시키는 방식을 사용하였다. 여기에서 수집되는 감시대상점의 수는 가시장이론의 가시영역도가 확장된 가시체적도의 의미를 가지게 되며, 고전적 가시장이론과 마찬가지로 전체 가시대상점에 대한 비율은 가시체적비가 된다.

감시가 가능한 영역  $S(C)$ 내에 있는 감시대상점  $T$ 에 대하여 모든 시점(카메라)  $C$ 의 가시성 판정을 했을 때 가시연결빈도  $VF$ 의 관계식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$VF = \sum_{T \in S(C)} P(C \rightarrow T) \cdot F(T)$$

이러한 과정은 각 시점(카메라)별로 적용하여 누적산출을 하게 되며, 반대로 각 대상점에 대해서도 몇 개의 카메라와 시각적으로 연결되는 가를 파악하여 값을 누적시킨다. 대상점에 누적된 값이 2이상 일 경우 그 대상점은 그 누적 값만큼 중복감시가 되는 것으로 볼 수 있으며, 0일 경우에는 관찰이 불가능한 감시사각지역이라고 할 수 있다.



[Fig. 1] Analysis Concept

#### 3.2 분석도구의 구축

시점(카메라)에서 감시대상점과의 시각적 연결은 3차원 그래픽 엔진에서 제공하는 충돌알고리즘(Collision Detection)의 개념을 응용하였다. 최근에 개발된 게임엔진에서는 충돌알고리즘이 하나의 엔진으로 기본 제공되는 경우가 많기 때문에 연산속도가 많이 빨라지고 코딩도 수월해지고 있다.

본 연구에서 사용된 범용 게임엔진인 일리히트(Irrlicht)은 OpenGL/D3D기반의 크로스 플랫폼을 지원하는 고성능 실시간 3D엔진으로서, 게임을 비롯하여 시각화를 요구하는 과학적 분석용 3D/2D 애플리케이션을 제작할 수 있는 강력하고도 높은 수준의 API를 제공하고 있다. 또한 다이내믹 새도우, 파티클 시스템, 캐릭터 애니메이션, 실내외 표현기술과 같은 시각적 표현을 위한 모든 최신 기능을 포함하고 있다. 이는 .Net 환경의 C++ 인터페이스를 통해 액세스 할 수 있다[5].

일리히트에서 제공하고 있는 충돌알고리즘은 여타의 범용엔진의 충돌감지방식과 큰 차이는 없다. 일리히트를 이용하여 본 연구에서 적용된 방법은 다음과 같다.

컴퓨터모델링의 최소단위인 면(face)은 삼각형(triangle)형태로서, 이를 구성하는 3개의 정점(vertex)은 각각의 3차원 좌표정보를 가진다. 첫 번째 점을 기준으로 나머지 2개의 정점을 잇는 고정벡터를 이용하여 삼각형을 정의하고, 3개의 점을 잇는 삼각형에 시선선분과의 교차점이 포함되는지를 판단한다. 교차점은 카메라(시점)과 대상점을 잇는 선분과 삼각형의 법면간의 관계를 계산한다. 이때 2개의 고정벡터는 순서에 따라 교차면이 반대편을 향하여 교차점이 발생하지 않을 수 있기 때문에

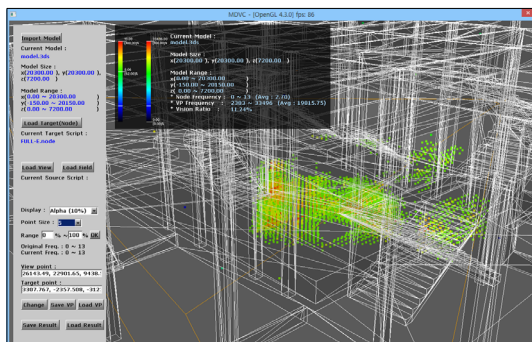
2개의 고정벡터를 서로 바꾸어 한 번 더 연산하여 2회 중에 1회의 교차점 발생을 시각적 차단으로 정의한다.

위의 과정을 2차원 배열(시점,대상점)로 인덱싱된 모든 시선에 대하여 순차적으로 수행하며, 충돌이 발생되지 않은 경우, 즉 시선이 차폐물에 의해 차단되지 않은 경우에는 대상점과 시점에 각각 1씩 빈도데이터를 누적시킨다.

여기에서 중요한 과제가 하나 더 있다. 그것은 CCTV가 가지고 있는 시야각과 가시한계의 문제이다. 시점으로부터 발생하는 시야각은 4각뿔의 형태를 가지게 되는데, 최소(근거리)가시한계를 잘라내면 Fig.1과 같은 6면체가 형성된다. 이를 3차원 컴퓨터그래픽에서는 절두체(frustum)라고 한다. 본 연구에서는 절두체를 일반적으로 사용되고 있는 Triangle Fan이 아닌 Quad Strip을 사용하여, 절두체를 구성하는데 필요한 정점(vertex)의 수를 줄이도록 하였다. 그 이유는 제안된 분석방법론은 공간을 구성하는 양면의 수(면×2)와 시선의 수의 곱만큼의 횟수를 연산해야 하므로 반복계산에 많은 시간이 소요되기 때문이다.

종합하면 시점에서 대상점까지의 시선이 공간을 구성하는 면에 교차하는가를 판단하기에 앞서 우선 절두체를 구성하고 절두체 내에 3개 면의 정점이 하나도 포함되지 않을 경우에는 바로 충돌판정에서 제외하여 속도를 개선시키는 것이다.

Fig.2는 3차원 공간환경에서 감시성능과 특성을 파악하기 위하여 구축된 어플리케이션 MDVC Lime의 인터페이스 환경이다.



[Fig. 2] Analysis Application

시점과 대상점은 스크립트의 형식으로 임포트되며, 결과데이터는 시점과 대상점에 대하여 각각 컬러바와 정량

화된 실수형 데이터, 그리고 전체공간대비 차폐물에 의한 개방도를 3차원 가시영역도로 계산하여 나타내도록 하였다.

## 4. 예시모델 적용을 통한 효용성 평가

### 4.1 예시모델과 분석과정

분석을 위한 예시모델은 Fig.3과 같이 20,000mm×20,000mm크기의 정방형 평면이며, 중앙부에는 10,000mm×10,000mm크기의 오픈닝이 설치되어 있다. 각 층의 높이(층고)가 2,400mm인 3개 층으로서 전체높이는 7,200mm이며, 이를 총 12개의 계단이 서로 연결하고 있는 구조이다. 이는 카메라 설치에 따른 가시도 측정의 효용성을 파악하기 위하여 의도적으로 복잡한 구조로 구성한 것이다.

3차원 모델링의 복잡도는 분석시간에 영향을 크게 미치므로, 삼각면(triangle face)의 수는 1959개, 정점(vertex)은 3455로 최소화시켜 모델링하였다. 컴퓨터모델링은 AutoCAD 2012환경에서 Surface모델링으로 구축하였다. Surface모델은 Solid모델에 비하여 면(face)을 모델러가 관리할 수 있어, 데이터를 절약할 수 있기 때문이다.

여기에 공간의 감시가 용이하다고 판단되는 임의의 지점에 Fig4와 같이 총 38개(1층에 7개, 2층에 29개, 3층에 8개)의 카메라(시점)를 설치하였다. 예시로 활용된 카메라는 국내 S사에서 출시되고 있는 모델로서, 렌즈의 초점거리는 35mm이며, FOV(field of view)는 수평방향 54도, 수직방향 42도이다. 또한 카메라의 가시거리는 근거리한계 1미터, 원거리한계 20로서 이 거리범위를 벗어나면 관찰이 불가능한 것으로 설정하였다.

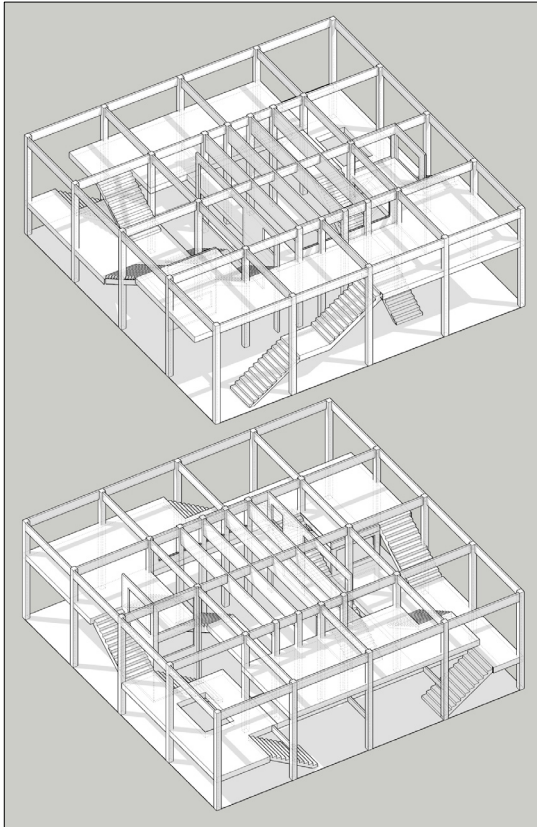
대상점의 설치는 총 3가지 방식을 사용하였다.

첫 번째 대상점군(code=FU)은 건축요소가 차지하고 있는 부분을 제외한 공간 내 비어있는 부분 전체를 감시 대상영역으로 설정한 것이다. 대상점은 200간격으로 총 345635개를 설치하였다.

두 번째 대상점군(code=EF)은 유효레벨(사람이 점유 가능한 범위)인 바닥부터 1800높이까지의 영역을 600간격으로 분할하여 6666개를 설치하였다.

마지막 세 번째 대상점군(code=FL)은 바닥면에 대한 가시성을 파악하기 위하여 전체감시대상의 바닥(계단포함)에 600간격으로 총 2222개의 대상점을 설치하였다.

카메라의 수가 38개이므로 실험공간 내에서 발생하는 시선선분의 수는 FL=53328개, EF=246642개 EF=6697994개, FU=13134130개가 된다.



[Fig. 3] Example Model

#### 4.2 공간대응능력 평가를 위한 데이터의 측정

다음과 같은 순서로 데이터의 측정이 이루어졌다.

첫 번째, 감시능력이 취약한(가시영역이 좁은) 카메라의 파악기능을 평가하기 위하여 38개의 모든 카메라 개별로 각각의 가시영역비를 측정하였다.

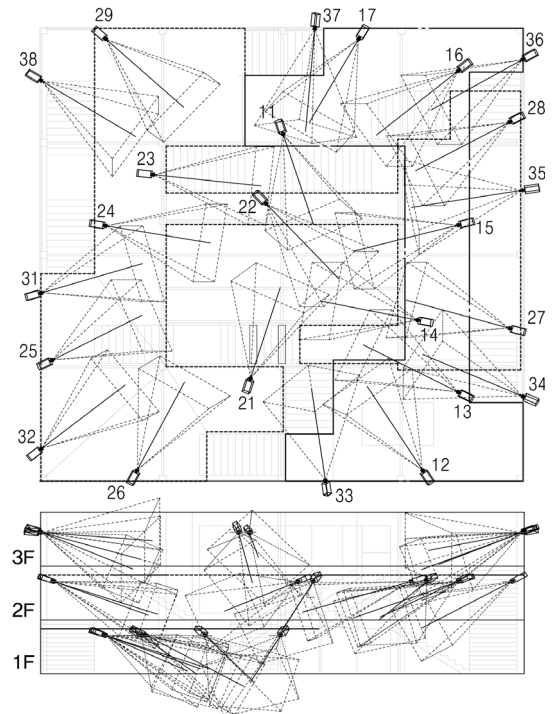
두 번째, 모든 카메라의 가시영역비를 종합하여 CCTV배치대안에 따른 시스템의 공간대응능력을 파악하였다. 이 과정에서 카메라측과 대상점측에서의 누적빈도를 측정하고, 전체 대상점에 대한 3차원 가시영역비를 계산하였다. 이때 누적된 시선선분의 수는 카메라 빈도와 대상점빈도의 곱이므로 카메라측에서의 가시도와 대상점에서의 가시도는 동일하게 나타나게 된다.

세 번째, 위의 로우데이터를 토대로 가시사각지역인 감시영역지역을 직관적 그래프와 정량화된 데이터로 도

출하였다.

네 번째, 각 카메라의 지점별 중복감시특성을 도출하고 그 특성을 3차원 그래프로 재현하였다.

다섯 번째, 감시능력이 가장 취약한 4개의 카메라를 부분적으로 조정(이동)하여 성능개선의 정도를 정량적으로 파악하였다.



[Fig. 4] Camera Setting and Positions

[Table 1] Visibility by Measurement Point Distribution(%)

	FU	EF	FL
Nodes	34,5635	6,666	2,222
Av. Conn	8,295,240	159984	53328
max	41,396	735	282
min	2,383	62	5
Avg.	2,431,421	496.46	159.08
Conn	583,541	11915	3818
Conn/view	1.69	1.79	1.72
Ratio	7.0346%	7.4476%	7.1595%

우선 전체카메라 배치에 대한 성능평가결과 전체영역(FU)에 대해서 7.0346%의 가시영역비를 보였다. 이는 설치되어 있는 카메라가 전체 빈 공간 중의 7.0346%를 관찰할 수 있음을 의미하는 것이다.(Table 1)

이와 같은 방법으로 대상점군을 바꿔서 측정하면 유효레벨(EF)에 대해서는 7.4476%, 바닥면(FL)에 대하여 7.1595만큼의 가시영역비를 보여, 설정된 대상점군들이 가시영역비가 대략 일정한 범위 내에서 비슷하게 산출됨을 알 수 있었다.

카메라별로 가시도를 측정하였을 때, 11번 카메라가 가시영역도 평균0.91로 가장 적은 영역을 관찰하는 것으로 나타났으며, 24번 카메라가 평균 13.64로 가장 많은 영역을 관찰할 수 있는 것으로 나타나, 대상점군 평균 최대 15배의 감시성능 차이를 보였다.

구체적으로 가시영역도가 낮은 카메라의 순위를 파악해보면 전체영역(FU)에서는 11번(0.69) < 23번(0.79) < 14번(1.75) < 17번(2.02) < 21번(2.04)의 순으로 낮게 나타났으며, 유효레벨(EF)에서는 23번(0.93) < 11번(1.37) < 21번(3.11) < 14번(4.07)의 순을 보였다. 바닥면(FL)에 대해서는 11번(0.23) < 14번(0.36) < 17번(0.77) < 23번(0.90) < 21번(1.49)의 순으로 대상점군별로 카메라의 가시영역비가 유사하게 나타났다.

3가지 대상점 분포방식에 대한 카메라별 가시영역도를 단순 평균으로 계산하면 11번(0.91) < 23번(1.01) < 14번(2.4) < 21번(2.46)의 순으로 감시영역비가 낮아, 감시성능이 떨어지는 것으로 파악되었다.

[Table 2] Visibility by Camera(%)

Camera	FU	EF	FL	Avg.	
1st Floor	11	0.69	1.37	0.23	0.91
	12	5.57	10.64	11.16	9.54
	13	6.39	10.02	9.90	9.11
	14	1.75	4.07	0.36	2.40
	15	6.93	10.32	10.31	9.18
	16	4.39	8.43	7.61	6.99
	17	2.02	4.22	0.77	2.68
2nd Floor	21	2.04	3.11	1.49	2.46
	22	9.10	10.73	9.36	10.26
	23	0.79	0.93	0.90	1.01
	24	10.99	10.83	10.80	12.29
	25	7.44	8.49	8.33	9.09
	26	10.16	9.90	10.40	11.91
	27	10.36	8.28	9.27	11.04
3rd Floor	28	8.80	5.45	6.93	8.69
	29	9.14	9.90	8.91	10.76
	31	6.24	5.00	4.32	6.38
	32	5.91	6.09	5.63	6.96
	33	10.02	9.29	8.46	10.86
	34	9.74	7.20	7.79	10.09
	35	9.38	8.19	8.60	10.34
Average	7.03	7.45	7.16	8.22	

이 카메라들은 공간상에 배치가 잘못되어 있을 가능성이 높기 때문에 위치의 보완이 필요한 것으로 볼 수 있다.

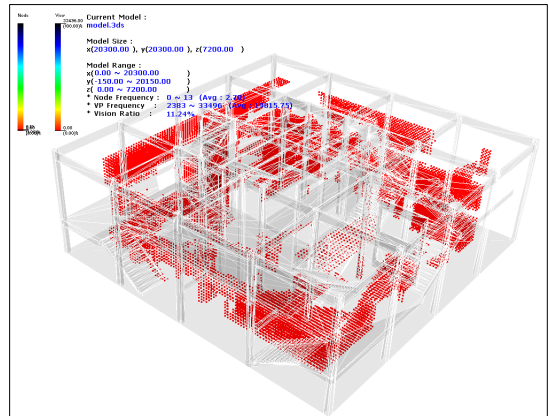
### 4.3 음영지역의 파악

감시음영지역은 38대의 모든 카메라에서 감시가 불가능한 지역을 의미한다. 감시음영지역이 높은 곳은 그만큼 사각지역에 놓인 부분이므로 보완이 필요하게 된다.

감시음영지역의 파악은 가시연결빈도가 0인 대상점을 추출하면 되며, 이 대상점들의 위치를 3차원 모델 위에 오버랩시키면 Fig.5와 같이 직관적 파악이 가능한 그래프로 도출해 낼 수 있다.

정량분석에서는 전체영역(FU)에 설치된 345635개의 대상점 중에 145752개가 연결빈도 0으로 나타나 42.17%가 감시음영지역으로 파악되었다. 이를 감시음영비로 정의한다면, 바닥면(FL)의 경우 2222개의 대상점 중 연결빈도가 0인 대상점은 833개로 감시음영비=37.49%, 유효레벨(EF)의 경우 대상점 6666개 중 연결빈도 0은 2493개이므로 감시음영비=37.47%를 기록하게 된다.

이를 비교하면 전체영역일 때 감시음영비가 높게 나타나는데, 이는 카메라 화각에서 제외되는 부분이 많기 때문인 것으로 판단된다.



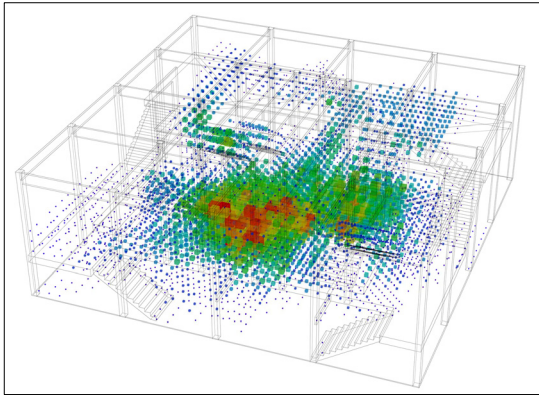
[Fig. 5] Surveillance Shadow Area

### 4.4 중복감시특성

중복감시특성은 동일 대상점에 대하여 여러 대의 카메라가 감시를 하게 되는 것으로서 감시음영지역이 불필요하게 넓어지고 가시영역도가 떨어지는 원인이 될 수 있다. 즉, 중복감시와 감시음영지역이 적을수록 감시효율성이 좋은 배치대안이라고 볼 수 있는 것이다.

중복감시특성은 각 대상점에 누적된 가시연결도로 표현될 수 있으며, 그 회수를 최대값에 대한 백분율로 환산하여 대상점의 위치에 플롯시키면 Fig.6과 같이 그래프화시켜 특성을 파악할 수 있다.

중복감시가 높은 지역은 오픈된 공간의 중심부로서 가시적인 중심과 일치하는 것으로 나타났다.



[Fig. 6] Duplication of Surveillance

다음 표 3은 중복회수별 분포를 나타낸 것이다. 전체 대상점(FU)의 경우 최대 13대의 카메라에 의해 중복감시되는 지역이 있음을 보여주고 있다.

모든 대상점에 대하여 공통적으로 음영지역에서 가장 높게 나타나고 중복횟수가 급격히 낮아지는 2차 곡선형태로 분포되고 있다.

[Table 3] Duplication Number per Percentage(%)

Duplication	FU	EF	FL
0	42.169	37.399	37.489
1	19.659	22.127	23.267
2	11.845	14.131	14.581
3	8.435	9.796	8.506
4	5.983	4.875	5.176
5	4.220	3.420	3.240
6	3.173	2.610	2.790
7	2.041	1.965	1.935
8	1.211	1.560	1.485
9	0.715	1.110	0.675
10	0.371	0.630	0.675
11	0.152	0.330	0.180
12	0.022	0.045	-
13	0.004	-	-

#### 4.5 카메라 위치조정에 따른 감시성능 개선 실험

평균적으로 가장 낮은 가시영역비를 보이고 있는 11번(평균0.91), 23번(평균1.01), 14번(평균2.40), 21번(평균

2.46) 카메라의 위치를 일부 변경하여, 이에 따른 공간대응성능의 개선도 평가를 실험하였다.

실험방법은 11번 카메라는 x축 +방향으로 1.5m, 14번 카메라는 y축 +방향으로 1.5m, 21번 카메라는 x축 -방향으로 2.5m, 23번 카메라는 y축 -방향으로 1.5m를 이동시켜서 동일한 방법으로 분석시물레이션을 다시 수행하였다.

실험결과 표 4와 같이 11번 카메라는 대상점군 FU에 대하여 0.69(전)에서 10.99(후)로 15.93배 가시영역비가 증가하였다. 그리고 대상점군 FL은 46.96배(0.23→10.80), 대상점군 EF는 7.91배(1.37→10.83)로 증가하여 전체평균 13.5배(0.91→12.29) 가시영역이 확대되는 것으로 나타났다. 이와 동일하게 14번(평균4.6배), 21번(평균3.54배), 23번 카메라(평균12.94배)도 가시도가 크게 향상된 것으로 나타났다.

전체 가시영역비 평가에서도 대상점군 FU는 9.67%(7.03%→7.71%), 대상점군 EF는 8.99%(7.45→8.12%), 대상점군 FL은 9.22%(7.16→7.82) 각각 상승한 것으로 파악되었다.

종합하면 38대 카메라의 감시성능에 대하여 4대의 카메라의 위치변경은 전체적으로 약 8~9%정도의 감시도의 향상을 가져온 것이다.

이러한 시물레이션 분석방법으로 감시가 취약한 카메라를 찾아낼 수 있고, 보완대책을 적용하여 공간에 대한 감시성능과 특성을 파악할 수 있을 것이다.

[Table 4] Visibility Improvement

Camera	FU	EF	FL	Average	
11	before	0.69%	1.37%	0.23%	0.91
	after	10.99%	10.83%	10.80%	12.29
	improvement	15.93	7.91	46.96	13.50
14	before	1.75%	4.07%	0.36%	2.40
	after	10.36%	8.28%	9.27%	11.04
	improvement	5.92	2.03	25.75	4.60
21	before	2.04%	3.11%	1.49%	2.46
	after	7.33%	8.99%	7.25%	8.71
	improvement	3.59	2.89	4.87	3.54
23	before	0.79%	0.93%	0.90%	1.01
	after	12.26%	12.27%	11.25%	13.07
	improvement	15.52	13.19	12.50	12.94
Total	before	7.03%	7.45%	7.16%	8.22
	after	7.71%	8.12%	7.82%	8.95
	improvement	9.67%	8.99%	9.22%	8.91%

## 5. 결론

공간의 가시성 분석에 적용되어 왔던 2차원 가시장 이론을 3차원으로 확장하고, 여기에 시점의 시야각과 가시한계를 제한한 질두께 형태의 가시영역을 정의하여, 가시특성을 입체적으로 분석하는 방법을 제안하였다. 그리고 이를 복잡한 3차원 공간에 설치된 인위감시체계의 공간대응성능 측정에 적용하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫 번째, 카메라별 가시도를 정량화시킬 수 있으며, 이를 토대로 감시성능이 취약한 카메라를 찾아낼 수 있었다.

두 번째, 공간전체에 대한 CCTV시스템 배치대안의 공간대응성능을 분석할 수 있었다. 이를 토대로 감시영역영역을 파악할 수 있고, 중복감시특성의 도출을 통해 배치대안의 효율성을 파악할 수 있었다.

세 번째, 가시특성을 근거로 카메라의 위치를 조정하였을 때, 개선의 폭이 매우 크며, 공간전체 감시성능도 높아지는 것으로 나타났다.

이러한 가능성을 역으로 해석한다면 공간의 구조가 바뀔 경우에도 감시성능의 변화를 파악할 수 있다고 볼 수 있다.

본 연구는 공간과 인위감시체계에 의해 형성되는 시각구조를 입체적이고 정량적으로 파악할 수 있게 하였다는데 의의를 가지는 것으로 자평하고자 한다.

연구를 좀 더 보완한다면 선박이나 교정시설 등 감시성능 인증을 요구하는 공간에 적용하여 객관적인 데이터를 도출하는데에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

## Reference

- [1] Lee Janduk, Lee Snagil, Cho Daegeun, Choi Jungmin, Park Nenugsoo, The Trends of CCTV System and Case Study, Korea Multimedia Society 14(3), 2010
- [2] Kim Dong-moon, Park Jae-kook, A Selection of Artificial Surveillance Zone through the Spatial Features Analysis of Crime Occurrence Place, Journal of Korea Society for Geospatial Information System, 18(3), 2010
- [3] Roh, Ho-Rar, The Second half of 2004 Symposium : Closed Circuit Television Application for Crime Prevention, Korean Association of Public Safety and Criminal Justice, v19, 2005
- [4] Jung Jinwoo, A Study on the Typological Analysis of

Visual Properties in Modern and Contemporary Houses, Masters Thesis of Chungang university, 2003

- [5] Irrlicht 3D Engine official homepage :(<http://irrlicht.sourceforge.net/features/>)

### 김 석 태(Suk-Tea Kim)

[정회원]



- 1995년 2월 : 국민대학교 대학원 건축학과 (건축학석사)
- 2008년 8월 : 한양대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1995년 1월 ~ 1999년 10월 : 서울 건축 종합건축사사무소 설계실
- 2001년 9월 ~ 현재 : 인제대학교 디자인학부 교수

<관심분야>

환경디자인, 공간시뮬레이션, 공간구조론