

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.2.145>

IIBC 2015-2-20

CPTED기법을 통한 모니터링 시스템 설치위치 시각화 결정법

Visualized Determination for Installation Location of Monitoring Devices using CPTED

김주환*, 남두희**

Joohwan Kim*, Doohee Nam**

요 약 주안전과 밀접한 CCTV의 요구 및 설치는 날로 증가하고 있다. 그러나 현재 방법 CCTV에 대한 체계적인 계획과 위치타당성 검증에 대한 분석은 전무한 상태에서 단순히 주민들의 요구에 대응하는 수준에 머물고 있다. 단순히 CCTV 밀집도를 늘리면서 시민들의 안전을 강구하는 방법은 한계가 있다. 범죄의 특징 중 하나가 과거 발생지역 중심으로 군집하는 현상을 보이며 또한 이런 범죄들은 상호연관성이 강하다. 약 2년간 범죄자료를 Geo-coding하고, 18개의 변수를 사회경제, 도시공간, 범죄방어기재시설물, 범죄발생지표로 대별하여 군집분석과 공간통계분석을 실행하여 5대 범죄와 절도범죄, 폭력범죄, 성폭력범죄가 최근된 분석과 Ripley's K함수에 의해 군집성을 확인하였다. 범죄들의 군집성 검토 후 본 연구에서는 위험지점(Hotspot)에 대한 개념을 정립하고, 위험지점선정에 대한 기법을 고찰한 후 본 연구에 타당한 Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering 기법을 활용하여 5대 범죄, 절도범죄, 폭력범죄, 성폭력 범죄의 위험지점을 선정하고 중첩분석을 하여 연구지역내 총 105개 지점의 군집수를 얻을 수 있었다.

Abstract Needs about safety of residents are important in urbanized society, elderly and small-size family. People are looking for safety information system and device of CPTED. That is, Needs and Installations of CCTV increased steadily. But, scientific analysis about validity, systematic plan and location of security CCTV is nonexistent. It is simply put these devised in more demanded areas. It has limits to look for safety of residents by increasing density of CCTVs. One of the characteristics of crime is clustering and strong interconnectivity. So, exploratory spatial data of crime is geo-coded using 2 years data and carried out cluster analysis and space statistical analysis through GIS space analysis by dividing 18 variables into social economy, urban space, crime prevention facility and crime occurrence index. The result of analysis shows cluster of 5 major crimes, theft, violence and sexual violence by Nearest Neighbor distance analysis and Ripley's K function. It also shows strong crime interconnectivity through criminal correlation analysis. In case of finding criminal cluster, you can find criminal hotspot. So, in this study I found concept of hotspot and considered technique about selection of hotspot. And then, selected hotspot about 5 major crimes, theft, violence and sexual violence through Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering.

Key Words : CPTED, crime map, GIS, CCTV, Monitoring, Visualization

*정희원, 한성대학교 정보컴퓨터공학과 대학원

**정희원, 한성대학교 정보시스템공학과 (교신저자)

접수일자 : 2015년 3월 11일, 수정완료 : 2015년 3월 30일

재재확정일자 : 2015년 4월 10일

Received: 11 March, 2015 / Revised: 30 March, 2015 /

Accepted: 10 April, 2015

**Corresponding Author: doohee@hansung.ac.kr

Dept. of Information Systems Eng., Hansung University, Korea

I. 서 론

최근 도시 내 범죄가 증가함에 따라 안전에 대한 시민들의 불안감이 고조되고 있다. 주로 아동·어린이 및 여성을 대상으로 하는 범죄가 증가하고 있다. 또한 이러한 범죄들의 피해 위치를 살펴보면, 주로 방범초소와 방범용 폐쇄회로 텔레비전(CCTV: Closed Circuit Television, 이하 CCTV)이 설치되지 않은 사각지대로 밝혀지고 있다. 이에 따라 CCTV설치민원이 꾸준히 제기되고 있으며, 이에 부응하여 각 지방자치단체는 CPTED(Crime Prevention Through Environmental Design) 기반의 도시설계와 도시계획 등을 추진하고 있다. CPTED는 환경설계를 통한 범죄예방이란 뜻이며, 대표적 시설인 방범용 CCTV는 범죄의 예방과 통제에 있어 가장 효과적인 수단으로 인정받고 있다. 환경범죄학자들은 범죄는 공간의 환경적·물리적 레이아웃과 연관되어 범죄패턴이 발생한다고 보고 그 범죄를 발생시키는 공간에 초점을 두고 있다. 범죄와 공간을 연계시키는 접근방법은 범죄발생이 본질적으로 지리적인 속성을 내포하고 있으며, 불특정한 공간에서 무작위로 발생하지 않으며 특정 지역에 집중되어 나타난다고 밝히고 있다.

본 연구는 현재 설치되고 있는 CPTED 모니터링 장비 위치선정에 대해 경찰의 범죄데이터를 중심으로 공간통계기법을 활용하여 5대 범죄에 대한 공간분석과 모델링 과정을 통해 장비설치타당성과 위치에 대한 대안을 제시하고자 한다.

II. 선행연구

박종수(2011)는 CCTV에 대한 경찰공무원과 시민의 인식에 집단간 차이가 있는지를 설문지를 통해 분석하여 효율적인 방범용 CCTV 운영방안을 제시하고자 하였다[1]. 김기득·곽대훈(2003)은 범죄지형의 이론적 틀을 토대로 GIS를 활용한 미국사례지역에 대한 분석기법을 소개하였다[2]. 김호기(2013)는 방범용 CCTV 입지선정에 관한 연구에서 부산시 북구를 중심으로 기존 CCTV의 문제점을 입지선정에 대한 세부기준이 없어 담당자의 주관성으로 인해 효과가 반감되고 있다고 지적하고, 대안으로 경찰서 주도로 입지를 선정할 것을 주장하였다. 또한 방범용 CCTV 입지선정에 대한 진단표를 범죄 및 불

법행위 발생여부, 주요시설 인접여부, 시야확보 용이 여부, 공공목적으로 부합되는지 여부, 기술적 설치가능여부 등 5개 항목으로 분류하여 제안하였으며, 의사결정참여자를 각 동 단위의 자율방범대와 동장 등의 의견을 수렴하는 방안을 제시하였다[3]. 이민정(2014)은 안산시에 설치된 CCTV설치위치의 특성을 진단한 결과, CCTV는 주로 다세대주택에 설치되어 있으며, 인구밀도가 낮을수록, 월세가구수가 많을수록, 거주외국인 수가 많을수록, 공시지가가 낮을수록, CCTV의 설치 수가 많은 것으로 나타났다. 향후 설치되는 CCTV의 입지결정은 시설입지결정론에 입각하여 효용성에 초점을 둔 최대커버링입지문제(MCLP: Maximal Covering Location Problem)를 적용, 상주 인구밀도와 유동 인구수를 중심으로 설치위치에 대한 대안을 제시하였다[4].

신우람(2005)은 GIS의 공간분석기능과 공간통계를 이용, 광역적 차원과 국지적 차원에서 범죄현상이 어떤 패턴을 보이는지 규명하였다. 특히 범죄유형별로 시계열적으로 집중, 확산경향을 파악하고자 하였다[5].

III. 공간 통계분석

1. 연구 방법론 및 데이터

안양시 동안경찰서의 2011~2012년에 발생한 5대 범죄와 112신고접수 자료를 기본으로 크게 점(點)사상이 표현된 자료와 면(面)사상이 표현된 자료로 구성이 되어 있다. 우선적으로 GIS로 원활한 분석이 이루어질 수 있도록 모든 자료를 지리부호화(geo-coding)한 후 기본 변수에 대한 검증을 기본통계를 추출하여 분석한다. 분석된 자료들을 중심으로 각 변수간의 관계를 정립하고 시간대별, 공간별로 범죄발생현황 자료를 재검토한다. 분석과정은 크게 지점 자료중심의 공간통계분석과 면적자료를 중심으로 하는 공간중속성분석이 이루어진다. 그 중 공간통계분석은 과거에 발생한 범죄자료를 중심으로 군집분석을 통해 즉, 최근거리 분석기법과 Ripley's K값을 통해 각 사건, 사상들이 과연 군집되어 있는지를 점검한다. 그 과정을 통해 각 범죄의 군집성여부와 사고지점간의 분포를 통해 군집간 거리분포를 파악한다. 이러한 과정을 통해 군집으로 판명이 된 범죄별로 위험지점(Hotspot)분석이 이루어진다. 위험지점의 선정은 범죄의 내용과 상황 등이 서로 상이하기 때문에 각 검색조건을

상이하게 하여 접근해야 한다. 분석방법은 Point location(Mode, Buffer분석), 계층적 기법(Hierarchical Technique: Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Nnh)와 Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Rnnh)기법)과 분할기법(Partitioning technique: K-Means clustering), 밀도기법(Density technique : 커널(Kernel)을 이용한 확률밀도함수(Probability Density Function), 변수기반기법(Risk-based technique: Risk-adjusted Nearest Neighbor Hierarchical Clustering(Rnnh)기법)을 활용하여 범죄별 위험지점(Hotspot)을 선정한다. 선정된 위험지점은 서로 단일 및 중첩분석을 통해 최종적인 지역을 선정하고 이 지역에 대한 여러 가지 변수와 자료를 가지고 현장지역에 대한 분석이 이루어진 후 CPTED 모니터링 설치위치를 선정한다.

2. GIS기반 범죄분석 방법론

지리정보시스템의 가져온 가장 분명한 이익 중 하나를 꼽자면 단연 시각화(visualization)이다. 이처럼 공간 자료를 시각화하는 범죄지도화작업은 지리정보시스템을 활용하는 가장 첫 단계라 볼 수 있다. 환경범죄학에서 다루는 통계기법은 공간계량경제학에서 사용하는 공간적 자기상관분석기법을 활용한다. 이를 통해 범죄발생현상이 지리적으로 인접한 지역과 매우 깊은 연관성을 가지

고 있음을 나타낸다. 공간자료의 분포가 공간적인 특성, 특히 지리적 인접성에 의해 어떤 영향을 주고 받고 있으며, 또한 얼마나 많은 영향을 미치고 받는지 그 공간적 효과를 파악하는 분석 기법이다.

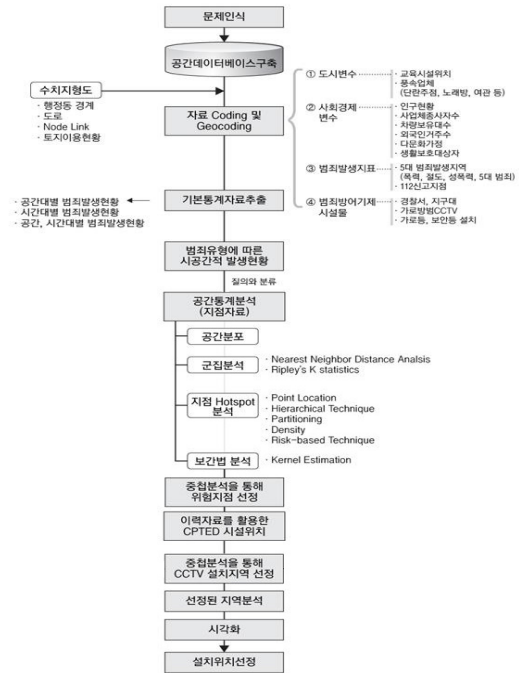


그림 1. 연구 흐름도
 Fig. 1. Research Flow chart

표 1. 분석대상지역 사회경제변수

Table 1. Socio-Economic Variable of study area

구분	세대	인구	청년층	사회적 약자 (명)	외국인 거주(명)	다문화 가정	생활보호 대상자	산업별 종사자수	자동차 등록대수
갈산동	4,015	12,166	2,954	7,358	25	48	99	1,766	4,124
관양1	14,934	40,315	9,211	24,282	348	238	579	7,761	12,096
관양2	6,935	15,917	3,177	9,436	300	63	74	29,361	6,693
귀인동	5,300	18,042	4,378	10,933	45	10	18	4,757	5,927
달안동	5,516	12,749	2,323	7,983	58	43	279	6,118	3,987
범계동	5,641	16,772	3,738	10,370	51	38	53	12,579	5,335
부림동	10,112	26,670	4,733	16,793	217	66	58	14,494	9,069
부흥동	6,663	19,338	3,894	12,004	34	27	29	5,060	5,780
비산1	9,143	27,126	5,713	16,517	138	77	172	2,844	8,521
비산2	4,806	14,557	3,235	8,889	29	20	10	2,614	4,772
비산3	9,328	25,547	5,915	15,134	105	96	193	5,096	7,813
신촌동	4,609	14,507	3,767	8,441	44	49	80	2,924	4,361
평안동	8,375	26,377	5,155	16,237	28	45	24	3,348	7,958
평촌동	5,412	16,989	3,511	10,402	59	26	31	7,376	6,021
호1동	7,298	17,319	3,938	10,003	342	114	149	17,200	7,721
호계2	9,772	27,864	6,449	16,577	148	50	59	11,701	9,905
호계3	8,752	25,376	5,894	14,945	133	44	42	4,105	8,410

표 2. 행정동별 5대 범죄 발생현황

Table 2. 5 major crimes statistics

구분	상위범죄		비율	살인	강도	성범죄	계
	폭력	절도					
갈산동	71	39	95.7	0	1	4	115
비산1동	138	80	97.7	0	0	5	223
비산2동	77	84	98.2	0	0	3	164
비산3동	206	166	98.2	1	3	3	379
부흥동	62	39	98.1	0	0	2	103
달안동	50	50	100	0	0	0	100
관양1동	317	198	96.5	2	2	15	534
관양2동	489	226	96.4	0	3	24	742
부림동	357	234	96.2	1	2	20	614
평촌동	120	75	96.5	0	0	7	202
평안동	82	61	94.7	0	1	7	151
귀인동	101	62	98.2	0	0	3	166
호계1동	352	198	94.7	0	0	6	556
호계2동	200	148	96.9	0	3	8	359
호계3동	254	132	97.4	0	1	9	396
범계동	395	173	96.8	0	1	18	587
신촌동	66	46	96.9	0	0	6	118
계	3,337	2,011	97.0	4	17	140	5,509

IV. HOTSPOT 분석

1. 군집분석

위험지점을 분별하기 전에 먼저 점검해야 할 것은 각각의 지역적 공간분포특성, 즉 범죄간의 근린성(Neighbor), 일정한 공간지역 내에서 존재하는 범죄들이 집중하는 독특한 환경을 분석할 수 있다. 분석방법은 먼저 최근린 거리분석(Nearest Neighbor Distance Analysis)기법과 Ripley's K statistic를 사용하여 분석하고자 한다. 공간상에서 가장 가까운 두 점과의 거리를 측정하여 분포패턴을 파악한다. 평균 최근린 거리(Ed)에 대한 관측된 평균 최근린 거리의 비율을 최근린지수(Nearest Neighbor Index : NNI)라 하며, 이 지수는 점 분포패턴에서 각 점들의 간격이 임의적인 점 분포 패턴에서의 간격에 비해 어느 정도 차이가 있는가를 나타낸다. NNI가 1인 경우는 완전히 임의적인 분포유형이고, NNI가 1보다 큰 경우는 규칙적인 분포, NNI가 1보다 작은 경우는 군집적인 분포유형이다. 본 연구의 5대범죄의 분포분석을 해 본 결과 평균거리는 8.6m이고, 기대된 평균거리는 41.3m로 나타나며 최근린지수는 0.29이며 Z검정 결과 p값은 0.0001으로 나타났으며, 연구지역의 5대범죄는 상당히 군집화 되어있다. 또한 각 범죄별로 구분하여 분석해 본 결과 표 3과 같이 폭력은 0.274에 평균거

리는 12m로, 절도는 0.297에 평균거리는 20m, 성폭력은 0.551에 110m, 강도는 0.716에 평균거리가 329m로 나타나 군집성을 밝히는 NNI값이 전반적으로 모든 범죄가 1보다 낮아 군집하는 형태로 나타났다.

표 3. 각 범죄별 최근린지수 결과

Tale 3. NNI for each crime

구분	NNI	관측평균거리	기대평균거리
5대범죄	0.209	8.6	41.3
폭력	0.274	12	42
절도	0.297	20	59
강도	0.716	329	435
성폭력	0.551	110	183

Ripley's K statistic함수는 공간상에서 점들 사이의 공간적 의존성이 어떻게 변화하는지를 설명하는 대표적인 공간 점 자료 프로세스이다. 점 자료의 공간적 배열상태를 평가하기 위한 기법으로서 점 자료의 분포상태가 공간적 상호작용에 의해 형성되었는지 여부를 설명하는 통계적 기법이다.

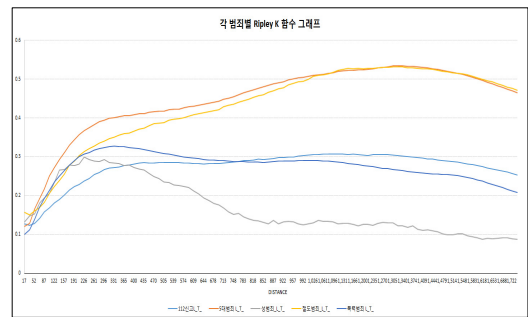


그림 2. 각 범죄별 Ripley's K 함수

Fig. 2. Ripley's K Function

연구지역의 5대 범죄를 K함수로 계산하여 함수그래프를 도식화하였다. 여기의 y축은 K(L)함수 값을 의미하며 X축은 비교대상의 점사상간 즉, 5대범죄 발생점간의 거리를 의미한다. K(L)함수의 최대곡선과 최소곡선은 몬테카를로 시뮬레이션을 1000회 반복하여 도출된 K(L)함수값의 최대, 최소예측치를 토대로 해서 그려진 것으로 envelope이라 불리는 신뢰구간을 의미한다.($\alpha=0.05$ 의 양측검증) CSR(Complete Spatial Randomness)곡선은 완전한 임의적 분포의 가정하에 생성된 분포곡선을 의미한

다. 범죄유형별로 최대가 되는 거리는 서로 차이가 있지만 성범죄는 194m에서 최대가 되고, 5대 범죄는 1,539m 지점에서, 폭력범죄는 1,034m, 절도범죄에서는 1,519m에서 최대가 되었다가 감소하는 추세로 나타났다. 또한 112 신고지점은 1,078m에서 최대가 되는 것으로 나타났다.

2. HOTSPOT분석

위험지점(Hotspot)에 대한 정의는 범죄사건이 같은 장소에서 반복적으로 집중해서 발생하는 작은 지역이나 위치, 지점으로 알려져 있다. Hotspot을 통계적으로 분류하는 기법은 군집화기법(cluster analysis), Buffer분석과 Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering (NNH)기법을 활용하여 지점을 분석하였다. Buffer분석으로 분석한 결과 지역에 대한 대략적인 전체적인 조망이 되었지만 지역을 구체화하기 위해 NNH기법중 범죄지역을 군집화한 지점내에서 지점들을 직선식으로 연결시킨 Convex Hull기술을 적용한다.

표 4. 위험지점(Hotspot) 선정을 위한 기본 파라미터
 Table 4. Basic parameter for Hotspot

범죄종류	총 건수	제한요소에 따른 지점 수			군집 수	
5대 범죄	5,509	100m	10건이상	1,808	145	4,058
성범죄	140	100m	4건이상	27	7	47
절도범죄	2,011	100m	5건이상	823	127	1,457
폭력범죄	3,337	100m	5건이상	1,367	174	2,712

우선 5,509건에 달하는 5대 범죄지역 중에서 위험지점의 선정범위를 설정하였다. 각 지점간 거리가 100m내이고, 최소한의 여러 범죄가 겹쳐서 10건 이상인 지점을 군집하여 분석해 보았다. NNH기법으로 선정된 군집 수는 그림8과 같이 연구지역에는 145개로 총 4,058 사고지점을 포함하는 약 74%를 포함하고 있는 것으로 나타났다.

모든 범죄지역의 위험지점을 중첩해 보면 5대 범죄와 별개로 성범죄, 절도, 폭력범죄를 포함한 군집 수는 총 4,216개 지점으로 총 범죄의 76.5%를 차지하여 여기에서 얻어진 군집수와 5대범죄수를 중심으로 얻어진 군집수를 중첩 분석하여 다음과 같이 105개 지점을 선정하였다. 그림은 연구지역 내에 총 범죄건수에 대한 위험지점으로 선정된 최종지점이다.

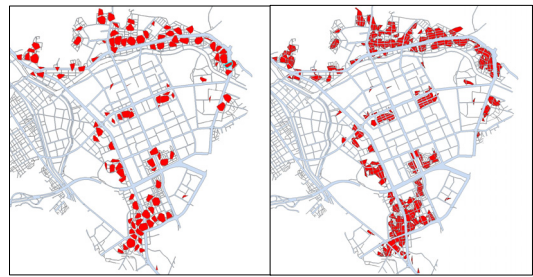


그림 3. NNH 기법의 5대 범죄 위험지점과 Hotspot
 Fig. 3. 5 major crime spot from NNH and Hotspot

3. 중첩분석을 통한 CPTED시설 위치 선정

CPTED장비인 CCTV 1대의 실효감시가능거리는 반경 80m로 설정한다. 기존에 운영되고 있는 CCTV영역과 Hotspot의 영역지역을 중첩 분석한 결과 현재 동안구의 46%를 담당하는 것으로 나타났다. 현재 위험지점을 커버할 수 있는 필요대수는 공간별 CCTV감시 영역 밖의 공간을 CCTV 감시 가능공간으로 계산하여 추가적인 설치가 필요한 대수를 산정하였다. 대수 산정시 사각에 의한 영향은 고려하지 않았다. CCTV를 통한 인위적 감시가 필요한 공간적 범위는 그림 4와 같다.



그림 4. Hotspot과 기존 CCTV 영역분석과 신규설치지점
 Fig. 4. Hotspot vs, CCTV in Operation and new spot

파란색 공간은 CCTV를 이용하여 인위적인 감시가 가능한 공간이며, 그 외의 적색 공간은 각 범죄별로 구성된 위험지점(Hotspot)영역으로 CCTV를 통해 감시가 불가능한 영역이다. 현재 전체 위험지점에 대한 설치 소요대수는 면적대비로 볼 때 181대로 나타났다.

범죄별로 구성된 위험지점(Hotspot) 105개에 현재 운영 중인 CCTV를 제외하고 CCTV감시 가능공간을 설정한다. 대상으로 CCTV 커버리지를 구성하여 본 결과 총 89개의 CCTV신규 설치가 필요한 것으로 조사되었다. 신설될 위치를 포함하게 되면 CCTV영역은 Hotspot대비 105%를 담당하는 것으로 나타났다.

V. 결론 및 향후 연구과제

범죄의 군집성 검토 후 본 연구에서는 위험지점(Hotspot)에 대한 개념을 정립하고, 위험지점선정에 대한 기법을 고찰한 후 본 연구에 타당한 Nearest Neighbor Hierarchical Spatial Clustering 기법을 활용하여 위험지점을 선정하고 중첩분석을 하여 연구지역내 총 105개 지점의 군집수를 얻을 수 있었다. 구체적으로 위험지점에 설치해야 할 세부적 물량은 면적기준으로 181대이나 기존에 운영하던 CCTV의 영역과 이력자료를 통해 얻어진 위험지점(Hotspot)을 중첩분석 한 결과 기존 CCTV영역이 Hotspot의 46%만을 담당하고 있다는 사실을 밝혀냈다.

본 논문의 기대효과는 다음과 같다. 첫째, 기존의 CPTED 장비의 설치위치가 과학적 근거나 객관적 자료 없이 담당자와 경찰관의 자의적 해석위주로 선정이 되었다면 범죄사고기록을 통한 범죄위험지점을 찾고 그 지점을 중심으로 CPTED장비 위치를 설계하고 설치대수를 산정할 수 있다는 점이다. 둘째, 범죄는 공간적 자기상관성을 가지고 있어 이를 통해 범죄 위험지점을 선정하고 적절한 행정력 대응을 함으로써 범죄의 감소 및 영향을 최소화할 수 있다. 셋째, 본 연구는 GIS 모델링기법을 통한 공간분석의 방법을 제시함으로써 향후 타 도시에서도 도시안전에 대한 GIS 모델링 기법 연구의 초석이 된다.

후속연구로 시공간별 분석을 통해 위험지점의 변화와 추이를 분석할 필요가 있다. 영향을 미치는 전이와 이익의 확산까지도 고려한 범위설정 및 영역을 고려하여 향후 효과에 대해서도 면밀한 분석이 필요하다.

References

- [1] Jongsoo Park, Perceptions of Poilice and resident by CCTV, Dongguk Univ. Ph.D. Thesis, 2011
- [2] KiDuk Kim, daehoon Kwak, Crime study using GIS and spatial analysis, Institute of Cirime Studies, 2003
- [3] Hoki Kim, Location of CCTVPusan, Busan Univ. thesis, 2013
- [4] Minjung Lee, Spatial Analysis of Ansan CCTV, Korea Univ. thesis, 2014

- [5] Wooram Shin, Time-Space analysis of crime using GIS, Kyunghee Univ. theis, 2005
- [6] Luc Anselin. Exploring Spatial Data with GeoDa : A Workbook, Spatial Analysis Laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana-Champaign Urbana, IL 61801, 2005
- [7] Ned Levine & Associates, CrimeStat IV, A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations, The National Institute of Justice Washington, DC : Houston, TX, 2013
- [8] Susan C. Smith Christopher W. Bruce. Crimestat III User Workbook, The National Institute of Justice Washington, DC, 2008
- [9] Alberto R. Gonzales, Regina B. Schofield, Sarah V. Hart. Mapping Crime : Understanding Hot Spots, Maps:mapping &analysis for public safety ,National Institute of Justice www.ojp.usdoj.gov/nij.

저자 소개

김 주 환(정회원)



- 한성대학교 정보시스템공학과 박사 과정
- <주관심분야 : TS, BIS, TAGO, 교통공학, 교통시스템>

남 두 희(정회원)



- Univ. of Washington 공학박사
- 경력
- 미국 워싱턴주 교통계획 감독관
- 한국교통연구원 책임연구원
- <주관심분야 : ITS기술, Uc-City, 통합융합기술>

※ 본 연구는 한성대학교 교내연구비 지원과제임