

# 보행자의 위험도 산출을 위한 다중요인 융합 처리

유창근\*

## Multi-factor fusion Process for Pedestrian Risk Assessment

Chang-Keun Ryu\*

요약

생활공간에서 안전을 확보하는 것은 중요하다. 본 연구에서는 기존의 지역별 시간별 사건발생 빈도 기반의 위험 알림 서비스에서 더 확장된 위험도 산출 방안을 제안한다. 시간외에도 생활공간의 조도, 유동인구 뿐 아니라 개인의 상태까지 위험도 산출에 포함하였다. 기존의 확률기반 증거이론은 상황과 관련있는 요소의 수가 증가할 때, 계산량은 급증하는 문제가 있는데 이를 피하기 위하여 퍼지이론을 도입하여 확장성을 확보할 수 있었다. 제안한 산출 방안으로 위험도를 산출한 계산 결과가 언어적 형용 표현까지 가능함을 볼 수 있었다.

ABSTRACT

The importance of common life safety is getting growth with modern society progress. This paper shows the extended way of assessment of danger that outcomes better result than the previous assessment based on crime frequency assessment. The assessment of this paper involves time, illusion degree, floating population and the personal condition. The evidence theory is not beneficial when the number of component increases, the assessment is more complex than before. This research solves the problem through the fuzzy theory adoption. This paper shows more advanced result that can express better danger awareness and get the adjective expression.

키워드

Life Safety, Risk Assessment, Fuzzy Theory, Multi-factor Fusion  
생활 안전 보장, 위험도 산출, 퍼지 이론, 다중 요인 융합

### 1. 서론

최근 범죄 사례들을 살펴보면 도시의 공간적 특성이 범죄 발생에 연관 있을 뿐 아니라 개인의 상태도 범죄 발생을 용이하게 하는 것으로 보인다. 근래의 범죄 사례는 도시공간의 시공간적 특성과 개인의 상태가 범죄 의지를 가진 가해자에게 범죄 실행이 용이하게 하는 것으로 나타나고 있다.

범죄 위험도 산출에 있어서 도시의 시공간적 특성과 개인의 상태를 융합하여 계산하는 방안이 필요하다. 국민안전처에서는 범죄 발생 빈도를 통계적으로 분석하여 지도에 표기하고 생활 위험지도를 온라인으로 제공하고 있다. 경찰에서는 안전지도에 근거하여 순찰강화, 잠복근무를 실행하여 범죄 발생을 억제하고 용의자 검거율을 높이는 성과를 거두고 있다. 그렇지만 다양한 가변적인 요인이 위험도 산출에 포함될 필

\* 남서울대학교 전자공학과(ckryu@nsu.ac.kr)  
\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과  
• 접수일 : 2016. 07. 29  
• 수정완료일 : 2016. 08. 13  
• 게재확정일 : 2016. 08. 24

• Received : Jul. 29, 2016, Revised : Aug. 13, 2016, Accepted : Aug. 24, 2016  
• Corresponding Author : Changken Ryu  
Dept. of Electronics, Namseoul University,  
Email : ckryu@nsu.ac.kr

요가 있다. 국민안전처의 생활 안전 지도에는 시간을 포함하고 있으나 그 외 다른 가변적인 요인을 위험도 산출에 감안하지 못하는 점은 개선할 점이다.

본 연구는 기존의 생활 안전지도에서 제공하는 지역적 위험 요인과 시간, 유동인구, 조도와 같은 가변적인 위험요소를 반영하고 개인의 상태까지 포함하는 위험도 산출 방안을 제안한다. 실세계의 위험 상황에 대한 인지활동이 정확하고 세밀하기 위해서는 더 많은 위험 요소를 파악하고 위험도 산출에 포함시키는 것이 유익하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 고정된 공간적 요소에 기반 하는 위험도와 가변적인 위험요소 그리고 개인의 상태를 기준으로 하는 위험도를 융합 처리하기 위하여 다중요인 융합처리를 활용한다. 확률기반 융합처리리는 각 경우의 사전확률을 알아야 하고, 계산량이 급증하는 약점이 있으며, 인공신경망 융합처리리는 신속한 실시간 처리에 약점을 가지고 있다. Kalman방정식을 이용하는 융합처리리는 이동체의 운동과 위치 추정에는 유익하나 실세계의 다양하고 복잡한 상황추론에는 적합하지 않다는 특징이 있다. 본 연구에서는 퍼지 이론을 이용하여 다중 위험요소들을 융합하고 보다 높은 수준의 위험도 산출이 가능함을 보이고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 관련연구를 정리하고, 3장에서 도시공간 주거환경에서의 보행자의 범죄 피해 위험도 산출을 위한 다중요인 융합처리 방안을 제안한다. 4장에서 제안한 방안에 대한 평가를 실시하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 본 론

### 2.1 도시공간에서의 범죄 예방 연구

범죄로부터 안전한 도시환경에 대한 관심이 증가되고 있다. 범죄로부터의 안전은 보편적인 기본 권리이며 삶의 질을 높이는 중요한 요소이다. 도시범죄는 특정 공간에 집중되는 특징이 있기 때문에 건축 및 도시계획적 방법을 통해 적절한 공간과 시설을 계획함으로써 범죄발생을 미연에 방지하고 범죄불안감을 감소시키는 것은 중요하다[1].

도시범죄를 예방하기 위해 건축물 설계단계부터 공간환경에서의 범죄유발 요인을 억제하는 것에 대한

연구가 70년대부터 진행되어 왔다. 2005년 경찰청에서 처음 CPTED(Crime Prevention Through Environmental Design) 도입을 추진하면서 본격적으로 제도적인 도입이 시작되었다. 이후 행정중심복합도시, 판교, 광교 등 신도시 개발계획과 서울시 재정비촉진사업 계획 등에 CPTED 기법이 도입되었다[2].

또한 2013년 1월부터 국토교통부고시를 통해 '건축물의 범죄예방설계 가이드라인'을 마련하고 시행중에 있으며, 공동주택 등 일정한 용도·규모에 해당하는 건축물은 설계 단계에서부터 범죄예방 기준 반영을 의무화 하고 있다. 서울시에서 공장 밀집지역인 금천구 일대에 범죄예방디자인을 적용하기로 하는 등 그동안 주거지역을 중심으로 추진되던 범죄예방디자인은 공장지대, 공원 등으로 확대되고 있다[1].

환경설계를 통한 범죄예방 연구는 종합적인 평가와 연구를 통해서 상업, 공업, 교육 및 주거시설 계획 등 건축 도시설계 과정에서 적용되고 있다. 하지만 국내에 적용되는 지침들이 대부분 외국의 사례를 소개하는 수준이고 미흡하다. 안전한 도시 건축공간 형성을 위해서 관련 법제도 및 가이드라인 분석, 전문가를 대상으로 한 적용성을 검토하였다. 이는 지구단위계획에 반영할 수 있는 환경설계를 통한 범죄 예방 기법들을 유형화 하는데 목적이 있다[3].

Heo and Moon은 도시범죄발생의 공간적 분포패턴을 분석하여 도시내 방범 정책에 대한 방향을 제시하는 것이다. 이를 위해 진주시를 대상으로 범죄발생현황자료를 토지이용 관점에서 분석하였다. 연구결과, 상업지역과 이에 인접한 주거지역이 범죄에 취약하며, 실제 범죄발생지역과 시민이 불안감을 느끼는 장소가 다름을 확인하여 이에 대한 대책이 필요함을 강조하였다[4]. 또한 범죄다발지역(Hotspot) 탐색과 범죄다발지역의 도시 환경적 특성에 대하여 연구했다[5]. Jeong et al은 GIS와 공간통계기법을 이용한 시,공간적 도시범죄 패턴 및 범죄발생 영향요인에 대한 분석도 활용하고 있다. 마산시의 범죄발생 데이터를 이용하여 범죄발생의 특성을 파악하고, 범죄발생의 영향인자를 찾아내어 안전한 도시환경 조성에 도움이 되는 정보를 발견하는데 목적이 있다. 먼저 지리정보시스템

1) [http://spp.seoul.go.kr/main/news/news\\_report.](http://spp.seoul.go.kr/main/news/news_report.), 서울시 보도자료

을 이용하여 범죄 밀도분석 및 핫스팟(hotspot)분석 등을 통해 지역 범죄 발생패턴을 지도화하고, 공간회귀모델링 등의 공간통계분석을 통해 범죄율과 범죄영향요인간의 관계를 규명하였다. 그 결과 범죄는 생활주기 및 범죄유형에 따라 시계열적으로 일정한 패턴을 가지고 발생할 뿐 아니라, 공간적으로도 인접하여 발생하는 군집적 특성이 있음을 발견할 수 있었다. 모든 범죄유형의 발생에서 공간적 자기상관이 존재하였으며, 강도범죄율이 가장 높은 공간적 자기상관이 있는 것으로 분석되었다. 5대 총범죄율과 절도범죄율의 경우는 노령자 인구비, 재산세, 도소매업수, 숙박음식업종수가 범죄율에 유의하고, 폭력범죄의 경우는 인구밀도가 유의미하며 범죄율에 부(-)적 영향을 미치는 것으로 분석되었다[6].

Kim[7]은 CPTED의 전략적 구성요소들이 지역 주민의 범죄 두려움에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하였다. CPTED의 전략적 구성요소들을 물리적 요소와 사회적 요소로 구분하여 각각의 요소들이 주민의 범죄 두려움에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였다. 경찰청에서 지정·운영되고 있는 8개 지역 주민을 대상으로 설문조사를 실시한 후 자료를 분석하였다. 그 결과 CPTED의 물리적 요소는 주민의 범죄 두려움에 큰 영향을 미치는 반면 사회적 요소는 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, CPTED의 물리적 요소는 사회적 요소에 긍정적인 영향을 미쳐 주민의 범죄 두려움에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 최근 도입되고 있는 CPTED프로그램 중 범죄 예방을 위한 지역사회 물리적 요소의 증강은 주민의 범죄 및 범죄 두려움을 감소시켜 줄뿐만 아니라 지역사회 범죄예방을 위한 사회자본을 활성화해 주는 새로운 기제로써 지속가능한 지역사회 발전을 구축하는데 매우 효과적인 범죄예방 전략으로 판단된다.

## 2.2 다중센서 융합처리

현재 운용되는 대부분의 감시 시스템은 단일 센서 기반으로 단순히 상황에 대한 분석·인식만 가능하기 때문에 카메라 해상도 개선만 가지고는 안전사고나 범죄와 같은 복합적이고 다양한 상황을 판단하는데 어려움이 있다. 이에 따라 위험상황을 판단하는데 있어 정확한 대응을 위해서는 다중 센서 융합을 통한 지능형 감시 기술이 필수라고 할 수 있다[14-15].

Hyeon and Yoon은 다중센서 융합에 의한 추적 성능 향상을 위해 GPS, INS에 지상 레이더를 추가하여 각 센서특성에 따른 오차분석을 실시하고, 융합 간 오차특성에 따라 각 센서의 Sensor Probability를 변화시켜 정밀도와 안정성을 향상시키는 추적 알고리즘을 제안하였다. 각 센서의 항법정보 융합 간에 오차정도에 따라 측정치의 반영강도를 변화시켜 항법정보의 정확도 향상과 외부의 고의적인 환경변화 및 교란에도 강한 추적이 가능하다[8].

초기 위치가 주어지면 항체에 장착된 가속도계를 이용하여 가속도를 측정하여 항체의 속도와 위치를 추정하고, 가속도의 방향과 크기를 측정하기 위해 자이로 센서를 사용한다[9]. 자이로 센서를 이용하여 몸체의 자세를 알기 위해서는 초기 몸체가 이루는 roll, pitch, yaw각에서 자이로 센서로부터 계산된 회전각을 누적시켜 자세를 갱신하게 된다. 레이더는 안테나가 목표물에 의해 반사되어 나오는 반사파를 감지하여 이루어진다. 사용자는 레이더 장비를 이용하여 목표물의 안테나로부터의 거리, 각도, 속도 등을 측정하며 측정값을 좌표계를 이용하여 최종의 기동물체 위치를 계산하게 된다[10].

INS는 외부 도움 없이 위치를 결정할 수 있는 특성으로 지형 및 기상에 영향을 받지 않아 무기체계 센서로는 용이하다는 장점이 있다. 그러나 최초 위치의 입력이 필요하고 소형센서 일수록 큰 오차범위를 가지며, 이동거리가 증가함에 따라서 위치오차가 증가하는 단점을 가지고 있다[11]. 이는 자이로 센서가 적분을 하여야 자세각을 구할 수 있기 때문이며, 자이로 센서와 가속도 센서를 Kalman Filter를 사용하여 융합하더라도 기본적으로 가속도계로 구할 수 없는 yaw각은 시간이 흐르면 항상 발산을 하게 되어 지수적으로 위치오차가 발산하게 된다[12-13].

다중 시스템 정보 융합 기술은 단일 시스템으로부터 수신되는 정보들보다 좀 더 정확하고 명확한 정보를 얻기 위하여, 다양한 시스템의 정보들을 연관된 정보들과 함께 비교, 평가, 종합하여 필요한 정보를 얻을 수 있다. 이러한 정보 융합에 있어 이중 시스템, 이중 주기 정보를 수신하여 정보를 융합할 수 있으며 단일 시스템의 장애로 인하여 정보를 제공할 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 이중 시스템의 장애 발생 시에 다중센서 융합 시스템에서 정보들을 융합하였다.

### III. 보행자의 위험도 산출을 위한 다중요인 융합 처리

강력범죄를 저지르는 범죄자들은 범죄를 성공시키고자 하고, 자신의 범죄 행각이 발각되거나 수사기관에 의하여 체포되지 않기를 원한다. 범죄를 실행함에 있어서 용의주도하게 다양한 고려를 한다고 볼 수 있다. 범죄자들이 원하는 조건을 갖추고 그에 부합하는 환경이 아무 곳에서나 존재한다고 할 수 없다. 범죄자들이 범죄를 성사시키기 위해서는 그들이 원하는 시간과 공간이 있다고 볼 수 있는 것이다. 본 연구는 먼저 범죄 발생과 관련성이 높은 요소에 대하여 살펴보고, 이러한 요소들을 융합할 방안을 모색하도록 한다.

#### 3.1 범죄 관련 요소

**3.1.1 범죄발생 빈도 :** 국민안전처에서 제공하는 생활 안전지도의 치안관련 정보는 경찰청의 사건 통계자료를 이용하여 만든 것이다. 생활 안전지도를 통하여 시간대별 지역별 범죄유형별 위험도를 지도 기반으로 파악할 수 있다<sup>2)</sup>.

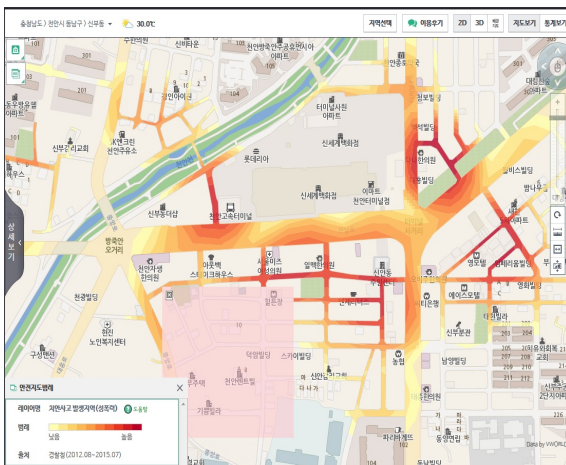


그림 1. 국민안전처 제공 생활 안전 지도  
Fig. 1 safety map

위 생활 안전 지도에서 위험한 곳은 빨간색, 덜 위험한 곳은 노란색으로 나타내 준다. 위 그림은 천안시

일대의 성범죄와 관련한 위험도가 표시된 사례를 보여준다. 이와 같은 응용을 통하여 우리가 알 수 있는 것은 범죄 발생 빈도가 높은 지역에서는 동일한 범죄가 발생할 위험이 높은 것으로 나타난 것이다. 이 범죄 발생 통계자료를 기반으로 지역별, 시간대별 위험도를 지도기반 정보로 알려주는 것은 유용하게 쓰이고 있다. 부산경찰청, 안산경찰청 등에서는 이러한 정보를 바탕으로 치안활동을 세밀하게 전개하여 범죄 발생율을 낮추고 범인 검거율을 높이는 성과를 거두고 있다. 위험한 시간에 위험하다고 표기된 지역에 대한 순찰강화를 통하여 범죄 발생을 억제하고 잠복근무를 함으로써 범죄의자를 신속하게 검거하는 실적을 올리는 것이다.

**3.1.2 시간 :** 위 생활 안전 지도는 동일한 지역의 시간대별 위험도를 제공해준다. 이는 시간이 범죄 발생과 연관성이 높다는 분석이 있기 때문이다. 다음 그림은 5대 범죄의 시간별 발생 현황을 도식화 한 것이다<sup>3)</sup>.

5 crime hourly status 2014

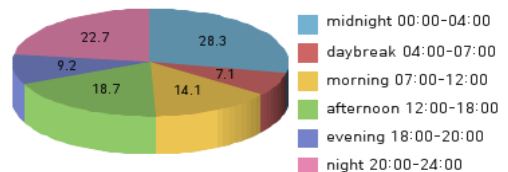


그림 2. 시간별 범죄 발생률  
Fig. 2 Crime rate per time

위 분석결과를 볼 때, 시간은 범죄 발생과 연관성이 있는 것으로 나타난 것이다. 따라서, 위험도 산출에 시간대별 가중치를 부여하여야 할 필요가 있다.

**3.1.3 유동인구 :** CPTED의 기본원칙 중의 하나가 ‘자연감시’이다. 이 원칙하에 우범지역 가까운 곳에 벤치를 설치하는 등 주민들의 여가시간을 유도하는 공간을 마련하고 있다. 우범지역 가까이 주민들의 활

2) <http://www.police.go.kr/porta>, “2015년 범죄 실태 조사 자료”, 서울지방경찰청

3) <https://opengov.seoul.go.kr/analysis>, “2014년 서울 유동인구 조사 보고서”, 서울시 정보소통광장

동 빈도를 높여서 범죄자의 범죄 의도를 압박하는 것이다. ‘유동인구’가 많은 것은, 특정 범죄에 대하여서는 위험도를 증가시키는 요인이 될 수 있으나, 강력범죄에 대하여서는 범죄발생을 억제할 수 있는 요인이라고 할 수 있는 것이다.

**3.1.4 조도 :** 기존의 CPTED사업에서 조도 역시 중요한 고려사항으로 포함하고 있다. 그에 따라서 가로등을 추가로 설치하거나, 기존의 가로등의 조도를 높이는 조치를 취하고 있다. 보행 공간의 조도는 가변적으로 변화할 수 있는데, 주변 주택의 외등이나, 일시 정차한 차량의 전조등은 보행공간의 조도에 변화를 주는 요인이라고 할 수 있다. 보행공간의 조도에 대한 감지는 조도센서를 이용하여 쉽게 측정 가능하다.

**3.1.5 개인의 상태 :** 근래에 발생한 노상 납치 성폭행 사건들에서 주목해야 할 것은 피해자가 만취하여 심신미약 상태로 노출되어 있었다는 점이다. 여성이 단독으로 노상에서 만취한 상태임이 드러나 있을 때, 납치되어 성폭행 당한 사건이 발생하여 언론에 공개된 바 있다. 이런 사건은 본인이 범죄 위험을 감지할 수 없거나, 위험으로부터 스스로 회피하거나 자신을 방어하기 어려운 상태에 처하였음을 보여 주는 사건이라고 하겠다. 이런 경우 개인의 상태를 추정하고 개인의 상태가 심신 미약상태인지 감지하여 위험도 산출에 이를 포함시킬 필요가 있다.

**3.2 다중요인 융합**

다중요인 융합 처리 방안으로는 인공지능망을 이용하는 방법, 확률이론을 이용하는 방법 등이 있다. 인공지능망을 이용하는 방법은 실시간 계산에서 약점을 보이며, 확률이론을 이용하는 방법은 사전 확률을 인지하여야 하는 문제가 있고, 증거이론은 융합요소의 개수가 증가할 때 계산량이 급격히 증가하는 약점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 이런 방법의 문제점을 피하여 다중요인에 대한 융합처리를 원활히 하고자 퍼지 이론을 이용하여 위험도 산출하는 방안을 제안한다. 퍼지 이론에 기반을 둔 다중요인 융합처리가 효율적임을 보이기 위하여 다중요인의 개수를 증가시키며 위험도 산출을 실시한다. 이러한 위험도 산출 방안은 실시간 처리가 가능함을 입증해 보이도록 한다.

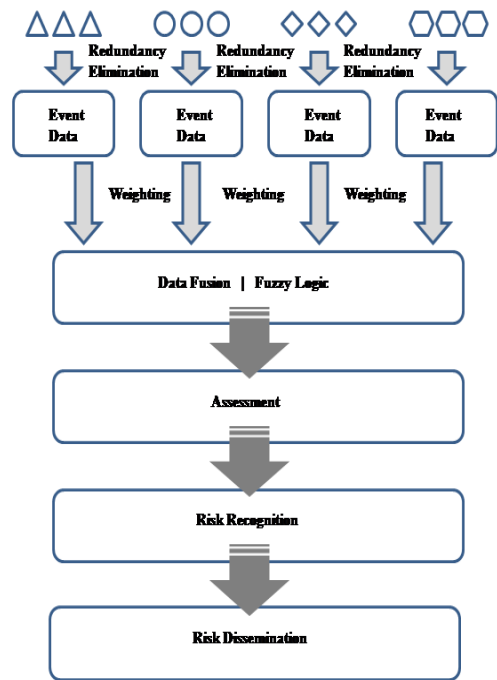


그림 3. 다중요인 융합 처리 모델링  
Fig. 3 Multi-factor Fusion processor Modeling

**3.3 제안 모델**

다음 그림은 본 연구의 위험도 계산을 위한 다중요인 융합 처리 방안을 도식화 한 것이다.

그림에서 최상위에는 상황에 대한 정보를 수집하는 센서들을 나타내고 있다. 센서들은 실세계의 물리, 화학, 생물학적 변화를 감지하고 이를 수치화하여 보고한다. 센서가 감지한 값들 중에는 보고하여야 할 것과 보고 하지 않아도 되는 것이 혼재되어 있다. 뿐만 아니라 동일한 대상에 대한 측정값도 있으므로 중복 제거 과정이 필요하다.

다음 단계는 각 센서들이 보고한 측정값에 대한 가중치를 부여하여 융합처리를 실행한다. 실세계의 상황에 관여하는 다양한 요소들을 파악하기 위하여 센서들은 감지 활동을 한 것이다. 각 센서들이 파악한 값이나 이미 분석된 환경 요소들에 대한 중요도를 감안하여 다중요인 융합 처리를 실시한다. 융합 처리된 결과를 토대로 위험도를 산출해 낼 수 있다. 수학적으로 ‘위험하다’, ‘위험하지 않다’는 계산은 쉽게 할 수 있으

나, 실세계의 상황은 이와 같이 계산하기에는 적절하지 않은 면이 있다.

이 문제를 해결 할 수 있는 방안중의 하나가 Dempster-Shafer의 증거이론과 다른 또 하나가 퍼지 이론이다. 이 두 가지 수학적 방법은 불확실성을 표현할 수 있으며, 모호한 정도를 표현할 수 있다.

본 연구에서 나타내고자 하는 것은 다중요인을 융합 처리하되 이것을 이용하여 위험도를 나타내고자 하는 것이다. 위험도는 어느 값을 넘어서면 범죄가 발생한다는 의미가 아니며, 어느 값 아랫니면 범죄가 발생하지 않는다는 의미가 아니다. 범죄의 위험 정도만 인지하는 것이 목표이다. 고정적 요인과 가변적인 요인 그리고 개인의 상태 값들을 융합하여 나온 결과를 토대로 위험도를 산출하여 이를 응용 프로그램으로 보내 사용자에게 전파하는 것으로 모든 단계는 종료한다. 이를 구조적으로 도식화한 것이 다음 그림이다.

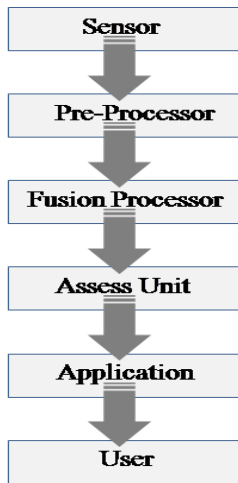


그림 4. 위험도 산출  
Fig. 4 Risk Assessment

다음 4장에서는 지금까지 본 연구에서 제안한 방안에 대한 실험을 실시하고 그에 대한 검토와 평가를 하도록 한다.

#### IV. 실험 및 평가

##### 4.1 실험

생활 안전지도에서 나타내는 바와 같이 위치를 기반으로 하는 지리적인 위험도는 고정적인 요소로 볼 수 있다. 보행자가 위치하고 있는 장소에 대한 위험도를 다중요인 융합 처리에 포함하도록 한다.

표 1. 지역의 범죄 발생 건수에 따른 위험도 분류  
Table 1. classification degree of risk according to the incidence of crime areas

area	degree of risk
dark red	5
red	4
dark orange	3
orange	2
yellow	1

이를 표1과 같이 1~5의 각 범죄 위험도로 변환한다. 1~5의 수치는 고정적 요소이며 5에 가까울수록 위험도는 높다. 고정적 요소 외에 가변적으로 작용할 요소는 시간, 유동 인구, 조도, 보행자 상태 총 4가지로 선정한다. 범죄 발생에 있어 시간에 따른 범죄 발생률은 그림2를 참고한다. 발생률에 따라 심야 - 밤 - 오후 - 오전 - 저녁 - 새벽 순으로 위험도를 표2와 같이 분류한다.

표 2. 시간별 위험도  
Table 2. Hourly degree of risk

Time	degree of risk
00:00 ~ 04:00	5
20:00 ~ 24:00	4
12:00 ~ 18:00	3
07:00 ~ 12:00	2
18:00 ~ 20:00	1
04:00 ~ 07:00	0

유동인구는 해당 공간에 대한 인체감지 센서의 활동을 통하여 인지한다. 실험 공간에 설치한 인체감지 센서가 해당 공간에서 감지한 사람의 빈도를 기반으로 유동인구를 파악한다. 유동인구가 많을 경우 위험

도가 낮은 것으로 계산하고 유동인구가 적을 경우 위험도가 높은 것으로 산출한다. 유동인구에 대한 위험도는 전문가의 실험 결과를 가져오는 것으로 하여 산출한다. 조도와 보행자 상태를 인식하기 위해 조도 센서, 가속도 센서로 부터의 보고 결과를 본 시스템에 융합한다. 보행공간의 조도가 낮을수록 위험도는 높아진다. 조도 센서의 밝기에 따른 데이터 값을 표3과 같이 1~5의 위험도로 분류한다.

표 3. 조도 값에 따른 위험도  
Table 3. Degree of Risk by illumination

Illumination (lux)	Degree of Risk
0 ~ 50	5
50 ~ 100	4
100 ~ 500	3
500 ~ 1000	2
1000 ~	1

보행자의 움직임의 감지하여 상태를 추론하기 위해 3축 가속도 센서를 사용한다. 일반적으로 널리 사용되고 있는 스마트폰에는 가속도센서가 기본 장착되어 있으므로 그로부터 측정값을 받는다. 스마트가속도 센서의 값에 따른 위험도를 표4와 같이 분류한다.

표 4. 가속도 센서 값에 따른 위험도  
Table 4. Degree of Risk by accelerometer value,  
SW: Slow Walk, W: Walk, FW: Fast Walk, SR: Slow Run, R: Run, FR: Fast Run, AS: accelerometer sensor, Ri: risk

	SW	W	FW	SR	R	FR
A S	4	5~9	10~14	15~18	19~24	25~
Ri	0	1	2	3	4	5

최종 위험도를 판단하기 위해 언어 변수를 Very Low Risk - Low Risk - Moderate Risk - High Risk - Very High Risk 총 5단계로 나눈다. 표5는 본 시스템에 활용되는 데이터 요소들을 간략하게 표현한 것이다. 결과적으로 S1, S2, S3, S4, S5의 데이터를 융합하여 보행자의 위험도를 결정하고자 한다.

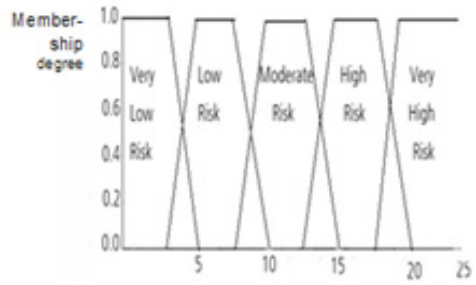


그림 5. 최종 위험도의 퍼지 집합  
Fig. 5 Fuzzy set of final degree of risk

표 5. 시스템의 적용 데이터 요소  
Table 5. Data factor for application of system

Static factor	S1	area
Dynamic factor	S2	time
	S3	Floating population
	S4	illumination
	S5	pedestrian state

표 6. 퍼지 추론에 의한 위험도 산출  
Table 6. Assessment degree of Risk by Fuzzy inference

Language variables	If-Then inference rule
Very High Risk	If ( $x_{total} \leq 25$ && $x_{total} > 20$ ) then printf("Very High Risk.\n Automatically connect to 112.\n");
High Risk	If ( $x_{total} \leq 20$ && $x_{total} > 15$ ) then printf("High Risk. Be careful.\n");
Moderate Risk	If ( $x_{total} \leq 15$ && $x_{total} > 10$ ) then printf("Moderate Risk. Look out.\n");
Low Risk	If ( $x_{total} \leq 10$ && $x_{total} > 5$ ) then printf("Low Risk.\n");
Very Low Risk	If ( $x_{total} \leq 5$ ) then printf("Very Low Risk.\n");

시스템 적용을 위한 피실험자는 두 명으로 설정한다. 기준 지역은 천안시로 보행자1과 보행자2의 이동 경로를 표7과 같이 2시간 간격으로 가정한다.

표 7. 보행자1, 보행자2의 이동 경로  
Table 7. Route of pedestrian1, 2

pedestrian time	P1	P2
13:00	Sinbudong	Daeheungdong
15:00	Senghwangdong	Dujungdong
17:00	Dujungdong	Gusungdong
19:00	Sungjungdong	Ansedong
21:00	Bongmeyngdong	Sinbudong
23:00	Budaedong	Sungjungdong
1:00	Ansedong	Bongmeyngdong

보행자1의 이동 경로와 시간, 보행자 상태에 따른 S1~S5의 각 위험도 값을 계산한다. S1~S5의 각 시간에 따른 합을 구한 후, 퍼지 추론에 의한 최종 데이터 융합에 적용한다. 보행자1의 경우 13시의 최종 데이터 값은 12로 19시까지 Moderate Risk의 상태를 가진다. 이후 21시 송파구에 위치하면서 데이터 값이 18로 Hgh Risk 상태에 들어서게 되고 1시에 데이터 값 24로 Very High Risk 상태에 이르러 매우 위험한 상태임을 보행자에게 알린다.

보행자2는 13시 데이터 값 10으로 Low Risk 상태, 안전한 상태를 유지한다. 21시 데이터 최대치 20으로 High Risk, 위험에 노출되어 있음을 경고한다. 21시 이후 Moderate Risk 상태에 이르러 안전한 상태를 가진다.

표 8. 보행자1(P1)의 데이터 융합  
Table 8. Data fusion of pedestrian1(P1)

Time P1 Data	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00
state	FW	W	W	W	FW	R	FR
S1	1	3	3	5	5	5	5
S2	5	4	4	4	2	2	4
S3	3	3	3	1	4	4	5
S4	1	2	2	4	5	5	5
S5	2	1	1	1	2	4	5
Total	12	13	13	15	18	20	24

표 9 보행자2(P2)의 데이터 융합  
Table 9. Data fusion of pedestrian2(P2)

Time P2 Data	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00
state	SW	SW	W	R	FR	R	SW
S1	3	1	1	2	2	2	2
S2	3	5	5	5	5	2	2
S3	3	3	3	1	4	4	5
S4	1	1	2	3	4	5	5
S5	0	0	1	4	5	4	0
Total	10	10	12	15	20	17	14

### 4.2 평가

여러 변수들을 하나의 결과 값으로 출력하도록 Fuzzy Logic을 적용하여 데이터 융합을 실행하였다. 이 방안은 다중요인 융합 처리의 또 다른 방법인 Dempster-Shafer 이론과 비교할 수 있다. 증거이론을 이용하는 방안은 측정하여 보고되는 센서값 또는 과위집합을 구성하는 요소에 대하여 가중치를 부여하고 조합 법칙에 의하여 각 확률로 표현하는 방법이다.

Dempster-Shafer 증거이론을 이용하는 방안은 예측과 가설에 대한 확실성, 불확실성을 수치로 표현한다는 점에서 유리한 점이 있다. 그러나 적용하는 센서의 수 즉, 가변적 요소의 개수가 늘어날수록 Dempster-Shafer 이론보다 Fuzzy Logic이 유리하다. 증거이론을 이용할 경우 센서가 n개 일 때, 계산하여야 하는 요소의 수는  $2^n$  개가 되어, 요소가 산술적으로 증가할 때 계산량은 비교할 수 없이 급증하는 문제가 있다. Dempster-Shafer 이론과 달리 Fuzzy Logic은 언어적 형용사 표현이 가능하다는 장점이 있다. 또한 시스템의 확장성과 유연성이 뛰어나다는 것을 본 실험을 통하여 확인할 수 있다.

## V. 결론

도시 생활에서 범죄로부터의 안전을 확보하는 것은 중요한 일이다. 근래 도시공간을 재설계하여 범죄 발생을 감소시키고자 하는 노력이 이어지고 있다. 도시의 시공간적 요소가 범죄 발생에 연관성이 있다는 분석에 근거한 것이다. 이러한 노력을 함에 있어서 고려하여야 할 요소는 더 많은 가변적 요소들을 포함하여



야 한다는 것이다.

본 연구에서는 기존의 생활 안전 지도 서비스를 구성하는 지역별 시간별 범죄 발생 빈도 기반 위험도에 서 나아가 다양한 가변적 요소를 추가하여 위험도를 산출하는 방안을 보였다. 본 연구에서는 추가할 수 있는 가변적인 요소로써 시간 외에도 조도, 유동인구, 개인의 상태를 제안하고 이 가변 요소들을 포함하여 다중요인 융합 처리를 실행함으로써 더욱 실효적인 위험도 산출할 수 있음을 보였다. 이것은 앞으로도 더 많은 가변요소들을 추가할 수 있음을 의미하는 것이다.

향후 연구과제로는 영상처리를 통하여 획득하는 정보까지 위험도 산출에 포함할 필요가 있다. 지속적인 연구를 통하여 시민들의 실생활에서 안전을 확보하는데 기여할 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 논문은 2015년도 남서울대학교에서 교내연구비 지원사업의 지원으로 수행되었음.

#### References

- [1] E. Song, J. Song, and K. Oh, "A Study on the Techniques of Crime Prevention Through Environmental Design for the Revitalization of the Neighborhood Park" *J. Architectural Institute of Korea*, vol. 29, no. 1, 2009, pp.237-240
- [2] I. Jeng and J. Yang, "A Study on Prevention of Urban Crime Using CPTED", *J. of The Korean Society of Living Environmental System*, vol.17, no. 4, 2010, pp.434-446
- [3] E. Hee, S. Jang, and K. Hee, "A Study on the Application of Crime Prevention Through Environmental Design for the District Unit Plan," *J. of The Architectural Institute of Korea*, vol. 24, no. 2, 2008, pp.129-138.
- [4] S. Heo and T. Hoon, "The Pattern of Crime Occurrence and its Spatial Distribution Characteristics," *J. of Korea Planning Association*, vol. 45, no. 5, 2010, pp. 237-248.
- [5] S. Heo and T. Moon, "Analysis of Urban Environmental Impact Factors in Crime Hotspot," *J. of Korea Planning Association*, vol. 48, no. 6, 2013, pp. 223-234.
- [6] K. Jeong, T. Moon, J. Jeong, and S. Heo, "Analysis of Spatio-temporal Pattern of Urban Crime and Its Influencing Factors," *J. of the Korean Association of Geographic Information Studies*, vol. 12, no. 1, pp. 12-25.
- [7] Y. Kim, "Effect of Crime Prevention Through Environmental Design(CPTED) on the Fear of Crime," *Korean Academy of Public Safety and Criminal Justice*, vol. 16, no. 4, 2007, pp. 34-61.
- [8] D. Hyeon and B. Yoon, "Robust Maneuvering Target Tracking Applying the Concept of Multiple Model Filter and the Fusion of Multi-Sensor," *J. of Intelligence and Information Systems*, vol. 15, no. 1, 2009, pp. 51-64.
- [9] P. Bogler, "Tracking a maneuvering target using input estimation," *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, vol. AES-23, no. 3, 1987, pp. 298-310.
- [10] S. Hvanessian, *Radar System Design and Analysis*. Dedham: Artech House, Inc., 1984.
- [11] D. Titterton and J. Weston, *Strapdown Inertial Navigation Technology*. London:Peter Peregrinus Ltd. on behalf of the Institution of Electrical Engineers, 1997
- [12] M. Chung, D. Hong, and D. Park, "Target Altitude Extraction for Multibeam Surveillance radar in Multipath Environmental Condition," *J. of the Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol. 18, no. 10, 2007, pp. 1203-1210.
- [13] D. Suh and C. Ryu, "Multi-sensor Data Fusion Using Weighting Method based on Event Frequency," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*. vol. 6 no. 4, 2011, pp.581-587
- [14] 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, 197-202

- [15] D. Suh and S. Kim, "A Way of Advanced Life Safety with State Inference in the Internet of Things," *J. of the KIECS*. vol. 11, no. 2, 2016, pp.237-243

### 저자 소개



#### **유창근(Chang-Keun Ryu)**

1981년 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1983년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1993년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1994년 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야: 마이크로프로세서 응용, 센서네트워크