

지킴이 서비스를 위한 교통약자 인식장치 적정배치 및 위험도 평가에 관한 연구

A Study on Optimum Allocation and Risk Assessment of Recognition Devices Intended for the Mobility Handicapped in Terms of the Guardian Services

한웅구* 김현명** 최기주*** 손상현****
(Woong-Gu Han) (Hyun-Myung Kim) (Kee-Choo Choi) (Sang-Hyun Sohn)

요약

본 연구에서는 본 학회지(제9권, 제5호 (2010년 10월))에서 발표한 교통약자보호시스템이 설치되어 있는 지역에 대한 어린이 지킴이 서비스 만족도 평가기준을 단순한 보호자 만족도 평가에서 벗어나 객관적인 구축평가 기준으로 정립하였다. 또한, 인식장치를 신규배치하기 위한 지역에 대해서는 사전 예측평가를 실시하여 인식장치 적정배치에 판단근거로 삼아 효율적 예산집행이 가능하도록 하였다. 시스템 구축평가에서는 가장 기본이 되는 최대 안심 거리는 72.2m로 나타났다. 이를 토대로 위험도개념을 도입하여 심리적위험도와 사고위험도를 종합한 위험도 순위에 따라 인식장치를 인식장치 배기거리에 맞게 배치하는 방식으로 향후 사업이 진행될 수 있도록 평가기준을 제시하였다. 평가기준에 의거 사례지역에 대한 종합위험도 평가결과 시범사업 후 종합위험도가 35.2% 감소한 것으로 평가되었다. 또한, 예산 규모 내에서 인식장치를 배치기준에 의해 설치할 경우 전체적으로 위험도가 33.1% 낮아져 예산규모는 당초 시범사업보다 21.9% 적게 투입하고도 종합위험도는 당초 시범사업의 94% 수준까지 낮출 수 있어 본 연구에서 정립한 위험도에 따른 인식장치 배치 방법이 종합위험도 감소와 예산절감에 향후 효과적으로 적용될 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

In this study, we established objective appraisal standard by applying newly made appraisal standard to those areas equipped with the protection system targeted to the Mobility handicapped announced in this edition (issue 5, volume 9(Oct., 2010)) beyond simple evaluation related to protector satisfaction. Additionally, we achieved efficient budget execution by conducting the preliminary estimation assessment regarding those areas on which recognition devices should be newly deployed. Through the assessment of the system coordination, the maximum safety distance is proved to be 72.2m. On the basis of this result, we applied dangerous grade to the deployment of recognition devices considering both psychological and accidental risk. With this, we proposed valuation basis to enable us to do future business. Based on this assessment standard, the degree of risk is proved to decrease by 35.2% compared to before conducting the demonstration project in terms of evaluation of comprehensive risk regarding intended areas. Additionally, we confirmed the fact that the degree of risk can decrease by 33.1% totally after having recognition devices built according to the deployment standard within budget. Furthermore, comprehensive risk can decrease up to 94% compared to the level of the demonstration project even though we spend 21.9% less of the existing budget. Hence, we can say that the deployment method of recognition devices related to the degree of risk is applied efficiently in the near future in terms of controlling comprehensive risk and cutting down budget through this study.

Key words : The mobility handicapped, Recognition devices, Comprehensive risk

* 주저자 및 교신저자 : 성남시 교통안전국 교통전문위원

** 공저자 : 명지대학교 교통공학과 조교수

*** 공저자 : 아주대학교 건설교통공학과 교수

**** 공저자 : 전 불곡고등학교 정보컴퓨터 교사

† 논문접수일 : 2011년 11월 9일

† 논문심사일 : 2012년 4월 3일

† 게재확정일 : 2012년 4월 6일

I. 서 론

교통약자에 대한 사회적 관심과 이슈들이 날로 증가하고 있으며, 정부, 경찰, 지자체, 보안관련 IT 업체 등에서도 지대한 관심을 갖고 있다. 교통약자 중 어린이의 안전과 보호는 우리사회의 몫이며, 특히 등하교 보행 중 교통사고 및 폭행, 유괴 등으로부터 학생들을 안전하게 보호할 것인가가 정치적 쟁점사항으로 떠오르고 있다. 이에 공공에서 많은 어린이 지킴이 사업으로 시스템을 구축하였으나 객관적이고 실증적인 예측 및 평가기술이 아직 연구된바가 없어, IT기술적인 부분으로만 고려해서 구축된 지킴이 시스템은 공공 예산 투자대비 효과가 미약한 경우가 많았다. 이에 현재 분당구 일부 시범 지역에 설치되어 있는 교통약자보호시스템을 기반으로 인식장치 배치기준과 위험도 평가기준을 객관적으로 정립하여 향후 확장사업 등에 효과적으로 활용코자 한다.

II. 인식장치 설치현황 및 문제점

현재 분당에는 3개 초등학교가 포함된 근린지구 에 교통약자보호 시스템이 구축되어 있다. 교통약자보호시스템이란 첨단 무선기술을 이용하여 시각장애인이 신호등 앞에 있을 경우 자동으로 신호등 음향신호기 기능 활성화 및 자신의 현재 위치를 알 수 있으며, 이 무선 인프라를 이용하여 초등학생, 노인 등 타 교통약자의 위치정보를 보호자가 PC를 통해 안심하고 확인할 수 있도록 하는 시스템을 말한다. 무선 단말기를 소지한 교통약자의 보행 안전 및 위치 확인을 위한 교통약자 인식장치는 주로 교차로와 대로 등을 중심으로 설치되어 있다[1]. 그러나 간선도로 위주의 인식장치 설치는 초등학교 학생들의 통행행태를 고려치 않아 지킴이서비스의 질이 떨어지고 있는 상황이다.

〈표 1〉 시범지역 인식장치 설치현황
(Table 1) Installation conditions of recognition device on demonstration area

구 분	C초교	N초교	H초교
면 적	385,396㎡	300,234㎡	327,246㎡
가로/세로 최대길이	가로 : 750m 세로 : 555m	가로 : 600m 세로 : 500m	가로 : 500m 세로 : 950m
교통약자 인식장치수 평균	66대	71대	68대
배치거리(M)	100	91	88

III. 인식장치간 안심거리산출

어린이 위치파악을 위한 교통약자 인식장치간 간격을 결정하는데 있어 가장 핵심적인 부분이 안심거리의 설정이다. 안심거리란 인식장치간 무선 음영지역 발생으로 인해 교통약자가 현재 인식장치에서 이동하여 다른 인식장치에 도달하기까지 위험으로부터 보호자 또는 전문가가 최소한으로 허용할 수 있는 거리로 정의하였다. 안심거리 산정을 위해 3개 초등학교 학부모, 성남시내 3개 경찰서(방법, 치안담당), 교통공무원(경기도내 교통전문직)들로부터 설문조사를 하였다. 인식장치간 허용가능 안심시간은 <표 2>에서 보는바와 같이 교통공무원 그룹은 평균 87초를 제시하였으며, 경찰서 담당자들은 59초, 학부모들은 46초를 제시하였다.

3개 그룹의 백분위 최하 15% 안심간격은 교통공무원 그룹 74초, 경찰 그룹 49초, 학부모 그룹 26초로 조사되었다. 이 값에 대한 그룹별 가중치를 얻고자 2011년 4월 19일~4월 22일간 교통전문가 34명(교수, 연구원, 박사 등)을 대상으로 3개 그룹에 대한 가중치에 대하여 설문조사를 실시하였다. 교통공무원, 경찰, 학부모 등의 그룹별 가중치에 대하여 설문을 받은 결과 교통공무원 23.4%, 경찰 32.8%, 학부모 43.8%의 가중비율이 도출되었으며 학부모에 대한 가중치가 가장 높게 나타났다.

〈표 2〉 인식장치간 허용가능 안심시간 통계량
 (Table 2) Statistics of safety time accepted possibly between the devices

(단위: 초)

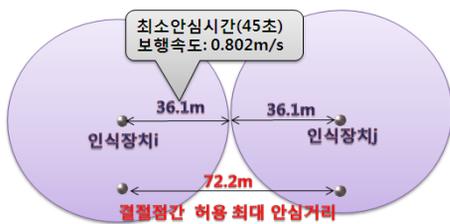
구분	전문가	경찰서	학부모
샘플수(명)	31	17	245
평균	87	59	46
중위수	87	49	46
최빈값	74	49	46
표준편차	13.296	13.25	16.157
분산	176.778	175.566	261.044
최솟값	62	49	18
최댓값	124	87	74
백분위수 15%	74	49	26

위에서 도출된 가중비율을 그룹별 백분위 15% 안심시간을 아래와 같이 계산한 결과 약 45초의 안심시간이 도출되었다. 이는 심리적인 안심시간에 가장 민감한 반응을 보이는 학부모군의 안심시간평균 46초와 거의 일치하는 값을 보이고 있어 전문가 집단의 가중치에 의한 안심시간 도출이 논리적인 타당성을 보이고 있다.

$$\text{안심시간} = (74\% \times 23.4\%) + (49\% \times 32.8\%) + (26\% \times 43.8\%) = 44.8\text{초}$$

또한, 안심거리를 도출하기 위해서 최악의 날씨에 초등학교 학생들에 대한 보행속도를 직접 측정하여 하위 15%에 해당하는 학생들의 보행속도가 0.802m/s인 것을 확인하였고, 안심시간과 보행속도를 이용하여 아래식과 같이 계산한 결과 안심거리가 72.2m로 산정되었다.

$$\text{안심거리(Distance)} = \text{안심시간(44.8 Sec)} \times \text{속도(0.802m/s)} = 72.2\text{m}$$



〈그림 1〉 인식장치간 안심거리
 (Fig. 1) Safety distance between the recognition devices

IV. 위험도 모형 및 평가기준 정립

1. 위험도 모형

인식범위가 중복되도록 인식장치를 배치하면 음영지역이 없어져 어린이의 추적이 정밀해지는 장점이 있는 반면 설치비용과 운영비용이 증가한다. 반면에, 인식장치의 배치간격을 넓게 하면 음영지역이 커져 정밀도는 저하되지만 설치비용과 운영비용이 감소하는 장점이 있다. 따라서 아래 위험도 모형 개념과 같이 어린이들에 대한 심리적 위험도와 사고 위험도를 AHP(Analytic Hierarchy Process)분석과정을 통해 각 항목별 가중치를 도출하여 제한된 예산범위 내에서 순차적으로 위험도가 높은 지점부터 인식장치를 공간적으로 설치해 설치비용과 운영비용을 최소화할 수 있게 해준다. 이때 설치 후 인식장치 지점의 위험도는 0으로 개선된다고 가정하였으며 이를 식으로 표현하면 아래 식(DF)과 같다.

종합 위험도 함수 개념은,

$$F(n) = f(\text{사고 위험도}, \text{심리적 위험도})$$

구체화 하면,

$$DF = \alpha \cdot f_p + \beta \cdot f_A$$

제약조건으로,

$$\sum_j C_j \leq B$$

(C_j : 인식장치j 설치비용, B : 총 설치 예산)

$$D_{jk} \leq 72.2\text{m}$$

(D_{jk} : 인식장치j와 인식장치k간 이격거리)

여기서,

DF (Danger Function) : 위험도 함수

$$\alpha = \sum_a^n PR_RI_a$$

PR_RI_a : 심리적 위험도 항목 a 의 중요도

(심리적 위험도 비중 : AHP 가중치)

f_p : 심리적 위험도 함수

$$\beta = \sum_b^n AR_RI_b$$

AR_RI_b : 사고 위험도 항목 b 의 중요도
(사고 위험도 비중 : AHP 가중치)

f_A : 사고 위험도 함수

$$f_P = \sum_n^N P_RT_i \cdot P_RI_i$$

여기서,

f_P : 심리적 위험도 함수

P_RT_i : 심리적 위험별 세부 항목 별 배점 변수

$$(0 \leq P_RT_i \leq 100\text{점})$$

n : 심리적 위험 항목 총 개수

i : 심리적 위험 i 번째 항목($1 \leq n \leq N$)

P_RI_i : 심리적 위험 항목 중요도 변수

$$(0 \leq P_RI_i \leq 1)$$

$$f_A = \sum_n^N A_RT_i \cdot A_RI_i$$

여기서,

f_A : 사고 위험도 함수

A_RT_i : 심리적 위험별 세부 항목 별 배점 변수

$$(0 \leq A_RT_i \leq 100\text{점})$$

n : 사고 위험 항목 총 개수

i : 사고 위험 i 번째 항목($1 \leq n \leq N$)

A_RI_i : 사고 위험 항목 중요도 변수

$$(0 \leq A_RI_i \leq 1)$$

2. AHP 계층설계 및 평가항목

종합 위험도 평가기준 정립에 필요한 가중치 산정을 위해 AHP분석을 실시하였으며, Expert Choice 2000 의사결정 프로그램을 활용하였다. 중요도 산정을 위해 교통관련 전문가(교수, 박사, 기술사) 그룹과 시범사업지내의 H초등학교 학부모를 대상으로 2011년 8월 8일~8월 30일간 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과를 기반으로 AHP를 통해 가중치를 결정하였다.

평가항목 선정시 국내 선행 연구를 토대로 본 논문 성격에 맞게 내용을 재인용하였다[2~4]. 하오근(2009), 김태호(2008), 조준범(2007), 김동현 등(2009)의 선행연구에서는 보행자도로 평가지표를 이동성, 안전성, 쾌적성으로 구분하였으며, 정량적 지표와

정성적 지표를 이용하였으며, 특히 정성적 지표들에 대한 정량화방안을 제시하고 있다.

본 연구에서는 선행연구 자료를 참고하여 평가항목을 크게 심리적 위험도와 사고 위험도로 구분하여 위험도 평가항목을 선정하였다.

〈표 3〉 AHP 평가항목 및 평가내용
(Table 3) AHP assessment items and assessment contents

위험도 항목 (함수명)	평가항목 (변수명)	평가내용	비고
심리적 위험도 (f_P)	보행자도로형태 (P_RT1)	· 보행자전용도로, 보차분리, 보차혼용 등	1)
	보행동선 단절유무 (P_RT2)	· 구간내에 보행동선 단절 지점 개수	3)
	가로등 (P_RT3)	· 구간내 설치된 조명시설 밝기에 따른 만족도	2)
	보행장애물 (P_RT4)	· 버스정류장, 노상적치물 등 장애요소에 따른 만족도	1)
	보행로 재질 (P_RT5)	· 보행로의 포장 재질	1)
	횡단시설 개소수 (P_RT6)	· 구간내에 설치된 횡단시설 개수	3)
	보도폭원 (P_RT7)	· 도로의 위계에 따른 보도폭원 확보여부	1)
사고 위험도 (f_A)	시설물 용도에 따른 위험 (A_RT1)	· 주택, 아파트 등 시설물의 용도에 따른 위험지수	4)
	도로유형에 따른 위험 (A_RT2)	· 4차선 이상 도로, 2차선 도로, 골목길 등 인접도로의 유형에 따른 위험지수	4)
	장소에 따른 위험 (A_RT3)	· 주차장, 어린이 놀이터, 공원, 상가 등 장소에 따른 위험지수	4)
	보행자 교통사고 (A_RT4)	· 사건이 발생한 일정범위내의 구간	5)

- 주1) 하오근, 「주거지역 가로망 평가를 위한 통합지표 개발에 관한 연구」, 한양대학교 도시대학원, 박사학위논문, pp. 97-117, 2009.
 2) 김태호, 「지속가능한 보행환경을 위한 보행자 네트워크 서비스 질 평가지표 개발」, 한양대학교 도시대학원, 박사학위논문, pp. 80, 2008.
 3) 조준범, 「중소도시의 보행환경실태에 관한연구」, 한국도시계획학회지 제8권 2호, pp. 73, 2007.
 4) 김동현 등, 「도시공간정보 기반의 범죄발생 확률 모형 및 위험도 확률지도 생성」, 한국컴퓨터정보학회논문집, pp. 207-215, 2009.
 5) 연구 성격에 맞는 항목 선정

교통전문가와 학부모들의 평가항목간 중요도를 살펴보면 보행자 교통사고가 28.96%로 가장 높은 중요도를 보이며, 다음으로 시설물용도(15.74%)로 나타나 사고 위험도(60.02%)가 심리적 위험도(39.98%) 보다 중요도부분에서는 높은 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

〈표 4〉 평가항목간 중요도
(Table 4) Importance of assessment items

위험도 항목	평가항목	중요도 (변수명)	세부중요도
심리적 위험도	보행자 도로형태	0.0358 (P_RI ₁)	0.0895
	보행동선 단절유무	0.0805 (P_RI ₂)	0.2013
	가로등	0.0595 (P_RI ₃)	0.1487
	보행장애물	0.0657 (P_RI ₄)	0.1643
	보행로 재질	0.0489 (P_RI ₅)	0.1223
	횡단시설 개소수	0.0487 (P_RI ₅)	0.1218
	보도폭원	0.0608 (P_RI ₇)	0.1521
	소 계	0.3998	1.0000
사고 위험도	시설물 용도에 따른 위험	0.1574 (A_RI ₁)	0.2623
	도로유형에 따른 위험	0.0673 (A_RI ₂)	0.1121
	장소에 따른 위험	0.0859 (A_RI ₃)	0.1431
	보행자 교통사고	0.2896 (A_RI ₄)	0.4825
	소 계	0.6002	1.0000

심리적 위험도의 일관성지수(Consistency Index, CI)는 0.0912, 일관성비율은 0.0690(Consistency Ratio, CR)이며, 사고 위험도의 일관성지수(CI)는 0.0537, 일관성비율(CR)은 0.0596으로 나타났다.

CR값이 0.1이내인 경우 추정된 가중치는 일관성이 있는 것으로 판단된다[7]. 계산된 CR값의 경우 모두 0.1이내 이므로 가중치 도출과정에서 이용한 쌍대행렬의 일관성은 충분하게 나타났다.

3. 위험도 평가기준

위험도는 심리적 위험도와 사고 위험도로 구분

하였으며, 종합위험도 평가기준은 ‘안전’을 기준으로 상대적 척도로서 ‘안전’, ‘비교적 안전’, ‘보통’, ‘비교적 위험’, ‘위험’등급으로 다음과 같이 5단계(A~E)로 구분하여 평가기준을 설정하였다. 또한 특정 평가항목이 전체평점에 지나치게 큰 영향을 미치지 못하도록 각 평가항목별 점수는 최소 60점을 유지하도록 하였다.

〈표 5〉 위험도 평가기준
(Table 5) Evaluation criteria on the degree of risk

구 분	A	B	C	D	E
위험도	안전	비교적 안전	보통	비교적 위험	위험
범 위	≥90	≥80	≥70	≥60	60>

본 연구에서 선정한 평가항목의 경우 대부분 정성적인 지표들로서 명확한 기준이 제시되어 있지 않아 주관적인 요소를 제거하고 명확한 객관적인 평가항목 선정을 위해 선행연구에서 검증된 평가항목을 본 연구에 도입하였다[2~6].

점수로 산정하기 어려운 지표는 현장조사와 문헌자료를 토대로 정규분포특성을 감안하여 평균(μ)를 기준으로 $\pm\sigma$ 에 해당하는 범위를 기준으로 상(5점), 중(3점), 하(1점)로 구분하여 점수를 산정하였으며, 가로등, 보행장애물 항목의 경우 리커트 5점 척도로 구성된 설문지를 통하여 평가하였다.

〈표 6〉 사고 위험도 조사항목 선정 및 평가기준
(Table 6) Research topic selection and evaluation criteria on the degree of accidental risk

구 분		평가점수				
		A (5점)	B (4점)	C (3점)	D (2점)	E (1점)
시설물 용도에 따른 위험	문헌조사 ¹⁾	≥0.3	≥0.45	≥0.6	≥0.75	≥0.9
도로유형에 따른 위험	문헌조사 ¹⁾	≥0.2	≥0.35	≥0.5	≥0.65	≥0.8
장소에 따른 위험	문헌조사 ¹⁾	≥0.2	≥0.35	≥0.5	≥0.65	≥0.8
보행자 교통사고	문헌조사	미발생	-	1건	-	2건 이상

주1) 김동현의 1인 “도시공간정보 기반의 범죄발생 확률모형 및 위험도 확률지도 생성”, 한국컴퓨터정보학회 논문집, 제14권 제10호, 2009. 10

〈표 7〉 심리적 위험도 조사항목 선정 및 평가기준
(Table 7) Research topic selection and evaluation criteria on the degree of psychological risk

구 분		평가점수				
		A (5점)	B (4점)	C (3점)	D (2점)	E (1점)
보행자 도로형태	현장 조사	보행자 전용	-	보차 분리	-	보차 혼용
보행동선 단절유무	현장 조사	μ - σ	-	μ	-	μ + σ
가로등	설문 조사	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
보행장애물	설문 조사	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
보행로 재질	현장 조사	아스콘	-	보도블럭	-	아스팔트
횡단시설 개소수	현장 조사	μ - σ	-	μ	-	μ + σ
보도폭원	현장 조사	기준 이상	-	기준 ¹⁾	-	기준 이하

주1) : 『도로의 구조시설 기준에 관한 규칙』에서 보도폭원은 간선도로 3.0m, 집산도로 2.25m, 국지도로 1.5m로 규정

앞에서 위험도 평가기준에 의해 등급화된 상태를 기준으로 <표 8>의 5단계 기준으로 A=5점, B=4점, C=3점, D=2점, E=1점을 부여하였다. 인식장치의 설치간격인 안심거리가 72.2m이내의 경우 위험도에 대한 가점을 부여하는 부분에 대한 객관성을 확보하기 위하여 2011년 12월 8일 교통전문가 그룹을 대상으로 가점의 적정범위를 설문 받았으며, 안심거리 이내에 설치된 경우에는 약 20%의 가점이 적합하다고 모두 설문하여 그에 해당되는 1점을 추가로 부여하였다.

〈표 8〉 위험도 종합평가 점수기준
(Table 8) Grade criteria of comprehensive assessment on the degree of risk

구 분	A	B	C	D	E
보행 안전도	안전	비교적 안전	보통	비교적 위험	위험
범 위	5점이상	4점	3점	2점	1점

V. 위험도 평가결과

종합 위험도 평가방식을 적용하여 시범사업지역에 교통약자보호시스템 서비스 구축 전 구간별 중

합위험도를 <표 11>과 같이 예측평가 했다. <표 11>의 평가결과와는 아래 <표 9>과 <표 10>의 심리적위험도와 사고위험도의 결과를 종합한 것으로 가중치는 AHP 설문조사 분석을 통해 산정하여 적용하였으며, 구간은 물리적인 보행단절이 이루어진 것으로 위험도 평가를 위해 사례평가지역 내 차량 출입구, 횡단보도 등을 감안하여 분당구 수내·정자동 사례지역 3개 초등학교(H·C·N) 주변 도로 구간을 다음과 같이 구분하였다. 대상구간 구분시 보행장애물, 보행동선 단절유무, 횡단시설 개소수 등 심리적 위험을 감안하여 76개로 분리하였으며, 추가적으로 보행자 교통사고 등 사고 위험도를 감안하여 40개 구간을 분리하여 총 116개 구간으로 구분하였다. <그림 3>의 구간-①, 구간-②등 116개 구간별 위험도를 <그림 2>와 같은 과정으로 산정하여 예측한 종합위험도 평가결과도는 <그림 3>과 같다.

〈표 9〉 심리적 위험도 평가결과
(Table 9) Assessment Results of a psychological risk (단위: 구간, %)

구 분	등 급					합계
	A (안전)	B (비교적 안전)	C (보통)	D (비교적 위험)	E (위험)	
심리적 위험도	2 (1.7)	15 (12.9)	54 (46.6)	38 (32.8)	7 (6.0)	116 (100)

〈표 10〉 사고 위험도 평가결과
(Table 10) Assessment results of a accident risk (단위: 구간, %)

구 분	등 급					합계
	A (안전)	B (비교적 안전)	C (보통)	D (비교적 위험)	E (위험)	
사고 위험도	32 (27.6)	27 (23.3)	25 (21.6)	6 (5.2)	26 (22.4)	116 (100)

〈표 11〉 종합 위험도 예측 평가결과
(Table 11) Estimated assessment results of a comprehensive risk (단위 : 구간, %)

구 분	등 급					합계
	A (안전)	B (비교적 안전)	C (보통)	D (비교적 위험)	E (위험)	
종합 위험도	7 (6.0)	50 (43.1)	25 (21.6)	23 (19.8)	11 (9.5)	116 (100)

□ 구간-①

- 1) 심리적 위험도

$$\left\{ \begin{array}{l} 3\text{점} \times 0.0895 \text{ (보행자 도로형태)} + 5\text{점} \times 0.2013 \text{ (보행통선 단절유무)} + 3.8\text{점} \times 0.1487 \text{ (가로등)} + 0.4\text{점} \times 0.1643 \text{ (보행장애물)} \\ + 3\text{점} \times 0.1223 \text{ (보행로 재질)} + 5\text{점} \times 0.1218 \text{ (횡단시설 개소수)} + 1\text{점} \times 0.1521 \text{ (보도폭원)} \end{array} \right\} \times 20 = 60.5 \text{ (D등급)}$$
- 2) 사고 위험도

$$\left\{ \begin{array}{l} 1\text{점} \times 0.2623 \text{ (시설물 용도에 따른 위험)} + 3\text{점} \times 0.1121 \text{ (도로유형에 따른 위험)} + 3\text{점} \times 0.1431 \text{ (장소에 따른 위험)} \\ + 5\text{점} \times 0.4825 \text{ (보행자 교통사고)} \end{array} \right\} \times 20 = 68.8 \text{ (D등급)}$$
- 3) 종합 위험도

$$60.5\text{점} \times 0.03998 + 68.8\text{점} \times 0.6002 = 66.0\text{점} \text{ (D등급)}$$
 (심리적 위험도) (사고 위험도)

□ 구간-②

- 1) 심리적 위험도

$$\left\{ \begin{array}{l} 3\text{점} \times 0.0895 \text{ (보행자 도로형태)} + 5\text{점} \times 0.2013 \text{ (보행통선 단절유무)} + 3.8\text{점} \times 0.1487 \text{ (가로등)} + 2\text{점} \times 0.1643 \text{ (보행장애물)} \\ + 3\text{점} \times 0.1223 \text{ (보행로 재질)} + 5\text{점} \times 0.1218 \text{ (횡단시설 개소수)} + 1\text{점} \times 0.1521 \text{ (보도폭원)} \end{array} \right\} \times 20 = 65.8 \text{ (D등급)}$$
- 2) 사고 위험도

$$\left\{ \begin{array}{l} 5\text{점} \times 0.2623 \text{ (시설물 용도에 따른 위험)} + 1\text{점} \times 0.1121 \text{ (도로유형에 따른 위험)} + 3\text{점} \times 0.1431 \text{ (장소에 따른 위험)} \\ + 1\text{점} \times 0.4825 \text{ (보행자 교통사고)} \end{array} \right\} \times 20 = 46.7 \text{ (E등급)}$$
- 3) 종합 위험도

$$65.8\text{점} \times 0.03998 + 46.7\text{점} \times 0.6002 = 55.0\text{점} \text{ (E등급)}$$
 (심리적 위험도) (사고 위험도)

〈그림 2〉 시범사업 적용전 구간별 종합 위험도 평가사례
 〈Fig. 2〉 Assessment case of Comprehensive risk by section before applying pilot project



〈그림 3〉 종합 위험도 평가결과도
 〈Fig. 3〉 Assessment results of a comprehensive risk (Map)

위에서 시범지역에 대한 종합위험도를 예측평가를 이용하지 못하고 보행특성 및 위험도와 관련된 특

별한 설치 기준 없이 일반적인 기술적 구현방식으로 교통약자 인식장치를 시범설치 하였다. 시범설치시 교통약자 인식장치를 205대를 설치하였고, 평가구간은 인식장치와 다음인식장치 간 연계구간은 1구간으로 산정하고 가장 종단에 있어 다른 인식장치가 연계되지 않는 구간 역시 1개 구간으로 산정하여 218개 구간이 설정되었다. 이를 바탕으로 시범사업의 위험도 평가에도 종합위험도가 시범사업 전보다 시범사업후 35.2% 감소하였는데 이는 B~E 등급 지역에 인식장치가 설치됨으로 인해 상위등급으로 상향되는 것을 보여주고 있다.

〈표 12〉 시범사업 전·후 종합위험도 변화
 〈Table 12〉 Change of comprehensive risk before and after applying pilot project
 (단위 : 구간, %)

구 분	등 급					합계
	A (안전)	B (비교적 안전)	C (보통)	D (비교적 위험)	E (위험)	
시범 사업전	7 (6.0)	50 (43.1)	25 (21.6)	23 (19.8)	11 (9.5)	116 (100)
시범 사업후	90 (41.3)	78 (35.8)	35 (16.1)	15 (6.9)	0 (0)	218 (100)
증 감	△35.2	▽7.3	▽5.5	▽12.9	▽9.5	-



〈그림 4〉 시범사업후 대한 종합위험도 평가결과도
 〈Fig. 4〉 Assessment result of comprehensive risk after a pilot project (Map)

향후 확대 사업시 실질적인 구축예산 제약을 가정하여 시범사업지역에 대하여 아래 <그림 5>같이 제약조건하에서 동일한 지역에 안심거리 및 종합위험도를 고려해 인식장치를 설치하여 평가를 시행하였다.

- 예산 약 22%삭감으로 교통약자 인식장치 205대에서 160대로 감축
- 시민 구축 민원으로 구축지역은 축소 불가

<그림 5> 제약조건 사항
(Fig. 5) Constraint condition

이상과 같이 <그림 5>의 제약조건하에서 구축 전 예측평가를 실시하였다. 종합 위험도가 보통(C등급) 이하의 구간에 우선적으로 69대가 설치되었고, 초등학교 주변 150m 이내 주요 결절점에 38대, 이후 시범지역내의 주요 결절점 중 위험도가 높은 구간부터 추가 설치하여 총 구역내에 <표 13>과 같이 160대의 교통약자 인식장치가 설치되었다. 160대와 지역을 고려하여 <표 14>와 같이 구간은 202개로 나누어 평가하였고, <그림 6>과 같이 종합위험도 평가결과가 나왔다.

<표 13> 안심거리를 고려한 인식장치 설치 우선순위
(Table 13) Priority of Installment of Recognition Devices considering safety distance
(단위: 대)

설치 우선순위	설치 대수
1. 종합 위험도가 보통(C등급) 이하인 구간	69
2. 초등학교 주변(반경 150m 이내) 주요 결절점	38
3. 시범지역내의 주요 결절점	53
계	160

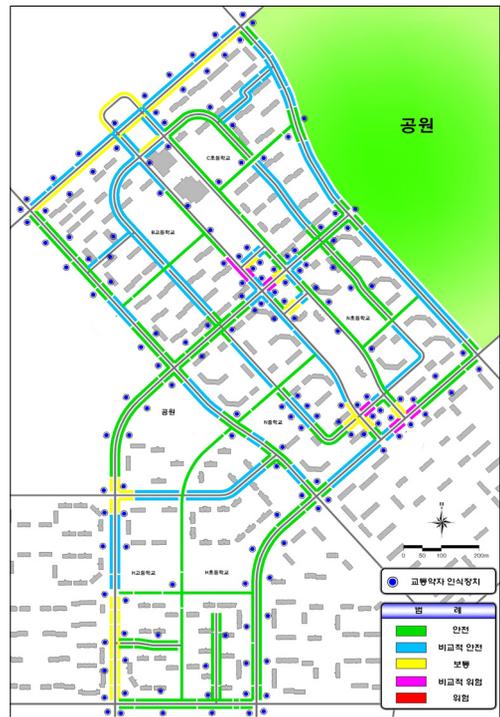
예산제약하에 따라 시범설치시보다도 21.9%나 적은 예산으로 논문의 교통약자 인식장치 구축 및 평가기준에 따라 인식장치를 설치한 경우 보행위험도를 평가한 결과 <표 14>에서와 같이 154구간(76.2%)에서 안전한 지역으로 나타났으며, 비교적 위험한 구간이 19.8%에서 7.4%로 감소하는 것으로 나타났다. 또한 안전한 구간(A~B등급)은 49.1%에서 76.2%로 증가하였으며, 위험한 구간(D~E등급)은 29.3%에서 7.4%로 감소하여 전체적으로 위험도가 33.1% 낮아져 상향등급으로 전환된 것으로 나타났다.

<표 14> 예산제약하에 인식장치 설치 전·후 종합위험도 평가결과 비교

(Table 14) Assessment result comparison on comprehensive risk before and after installing recognition devices under budget constraints

(단위 : 구간, %)

구 분	등 급					합계
	A (안전)	B (비교적 안전)	C (보통)	D (비교적 위험)	E (위험)	
시범사업전	7 (6.0)	50 (43.1)	25 (21.6)	23 (19.8)	11 (9.5)	116 (100)
예산제약 설치 시	79 (39.1)	75 (37.1)	33 (16.3)	15 (7.4)	0 (0)	202 (100)
증 감	△33.1	▽6.0	▽5.2	▽12.4	▽9.5	-



<그림 6> 예산제약하에 인식장치 설치시 사례지역 종합위험도 평가결과

(Fig. 6) Assessment result on comprehensive risk in the case area when installing recognition devices under budget constraints

VI. 결론 및 향후과제

본 연구를 제시된 인식장치 배치기준 및 평가기준으로 사례지역에 적용 종합위험도를 평가한 결과는 <표 15>와 같이 종합위험도가 시범사업후에 35.2% 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 예산제약하에서 인식장치를 배치기준에 의해 설치할 경우 전체적으로 위험도가 33.1% 낮아져 예산규모는 당초 시범사업보다 21.9% 적게 투입하고도 종합위험도는 당초 시범사업의 94% 수준까지 유사하게 위험도를 낮출 수 있어 본 연구에서 정립한 위험도에 따른 인식장치 배치 방법이 종합위험도 감소와 예산절감에 향후 효과적으로 적용될 수 있음을 알 수 있다. 단, 평가지역에 따라 평가항목 및 세부중요도는 상황에 맞게 달라질 수 있다.

앞으로, 학생들의 보행행태적 특성에 대한 보다 많은 연구가 이뤄져 행태적인 측면과 보행시 종합위험 간의 연계가 이뤄질 때 보다 교통약자들에 대한 고려가 이뤄진 시스템으로 향상될 것으로 사료된다.

<표 15> 사례지역에 대한 종합 위험도 비교평가
(Table 15) Comparative assessment of comprehensive risk for the case area

(단위: 대, %)

구 분	시범사업 후 ⁽¹⁾	제약조건하 인식장치설치 ⁽²⁾	개선효과 [(1)-(2)]
인식장치 수	205	160	21.9(▽45)
위험도 증감률	▽35.2	▽33.1	94.0(▽2.1)

참 고 문 헌

- [1] 한응구의 4인, “첨단교통약자보호시스템에 대한 연구”, *한국ITS학회논문지* 제9권 제5호 pp.25-27, 2010. 10.
- [2] 김동현, 박구락, “도시공간정보 기반의 범죄발생 확률 모형 및 위험도 확률지도 생성”, *한국컴퓨터정보학회논문집*, 2009. 10.
- [3] 김태호, “지속가능한 보행환경을 위한 보행자 네트워크 서비스 질 평가지표 개발,” *한양대학교 도시대학원 박사학위논문*, 김태호, 2008. 8.
- [4] 하오근, “주거지역 가로망 평가를 위한 통합지표 개발에 관한 연구,” *한양대학교 도시대학원 박사학위논문*, 2009. 2.
- [5] 김동현외 1인, “도시공간정보 기반의 범죄발생 확률모형 및 위험도 확률지도 생성”, *한국컴퓨터정보학회 논문집*, 제14권 제10호, 2009. 10.
- [6] 국토해양부, “도로의 구조시설 기준에 관한 규칙”, 2009. 2.
- [7] 임용택외 2인, “목표기반 교통계획모형 연구,” *대한교통학회지* 제27권 제5호, pp.195-208, 2009. 10.

저자소개



한 옹 구 (Han, Woong-Gu)

2001년 7월 ~ 현 재 : 성남시 교통안전국 교통전문위원
 2005년 9월 ~ 2012년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과(공학박사)
 1997년 9월 ~ 2001년 2월 : 아주대학교 건설교통공학과(공학석사)
 2001년 1월 ~ 2001년 7월 : (주)건일ENG 교통시스템사업부 과장
 2001년 2월 ~ 2000년 10월 : (주)한남ENG 교통계획부
 1996년 10월 ~ 1997년 2월 : (주)기산ENG 교통계획부



김 현 명 (Kim, Hyun-Myung)

2010년 3월 ~ 현 재 : 명지대학교 교통공학과 조교수
 2008년 7월 ~ 2010년 2월 : Asian Institute of Technology 조교수
 2003년 9월 ~ 2008년 3월 : University of California at Irvine(교통공학 박사)
 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 서울대환경대학원 공학석사(교통관리전공 박사)
 1991년 3월 ~ 1995년 2월 : 서울대학교 농공학과 공학사(토목공학전공)



최 기 주 (Choi, Kee-Choo)

1994년 8월 ~ 현 재 : 아주대학교 환경건설교통공학부, 교통공학전공 교수
 2002년 1월 ~ 2008년 12월 : University of Wisconsin(교통계획 박사)
 1989년 1월 ~ 1992년 12월 : University of Illinois(교통공학 박사)
 1984년 3월 ~ 1986년 2월 : 서울대학교 대학원 공학석사(교통공학전공)
 1980년 3월 ~ 1984년 2월 : 서울대학교 공과대학 공학사(도시공학전공)



손 상 현 (Sohn, Sang-Hyun)

2011년 10월 ~ 2011년 12월 : 불곡고등학교 정보컴퓨터 교사
 2011년 3월 ~ 2011년 9월 : (주)에스씨앤에스 팀장(스마트 번호표 발급시스템 제품 기획)
 2008년 1월 ~ 2010년 12월 : (주)유비즈코아 과장(성범죄 전자발찌 제품 기획)
 2005년 9월 ~ 2007년 12월 : (주)온니테크 근무(서울시 요일제 태그 제품 기획)
 2003년 9월 ~ 2004년 8월 : 서인천중학교 컴퓨터 교사
 2001년 3월 ~ 2003년 6월 : 육군 장교 근무(육군 C4I 개발장교)
 1997년 3월 ~ 2001년 2월 : 한림대학교 학사(컴퓨터공학, 정보통신공학 전공)