

특집  
05

# 자동 감응식 보행자 신호기 동향 및 과제

목 차

1. 서 론
2. 외국의 보행자 자동감응식 시스템 설치 사례
3. 보행자 자동감응식 시스템의 감지 기법 현황
4. 적외선 방식 기법의 적용 가능성 검토
5. 결 론

김대근 · 이원영

((주)씨유시스템 · 도로교통안전관리공단)

## 1. 서 론

보행자신호기는 보행자교통을 제어하는 특별한 형태의 교통제어장치이다(MUTCD, 1988). 일반적인 보행자신호기는 녹색보행신호, 녹색점멸신호, 적색신호로 운영된다. 흔히 차량중심 교통신호체계에서 보행자는 보행신호를 받고, 도로를 횡단할 수 있는 충분한 시간을 갖기 위해 보행자 누름버튼을 눌러야 할 때가 있다. 그러나 보행자 누름버튼식 신호에서의 문제는 보행자 모두가 누름버튼을 누르고 횡단하기를 바라지는 않는다는 점이다. 한 연구 결과에서는 모든 보행자의 절반 정도만 누름버튼을 누른다는 점이 시사되었다(Zegeer et al., 1985). 보행자가 누름버튼을 누르지 않는 여러 가지 이유가 있을 수 있다. 우선 누름버튼이 없는 신호기가 많으며, 그런 신호기들은 자동적으로 보행신호주기를 주기 때문에 보행자들이 버튼을 눌러야 보행신호가 나온다는 것을 인식하지 못할 경우이다. 또 보행자가 그 요구조건을 알고 있다 하더라도 누름버튼을 누른 시간과 보행신호가 켜지는 시간간의 지연시간이 너무 길다고 생각되는 경우 일부 보

행자들은 시스템이 고장이 났다고 생각할 수도 있다. 그리고 시각손상이 있는 보행자들은 누름버튼이 있는지를 모를 수도 있으며, 발견하지 못할 수도 있다(Bentzen and Tabor, 1998). 또 운동능력에 손상을 입은 보행자들은 일반적인 누름버튼을 누를 수 없을 수도 있다. 이런 모든 경우에서 보행자들은 신호를 무시하고 횡단하려 할 수도 있다.

최근 이와 관련하여 보행자의 존재를 탐지하는 수단으로서 수많은 종류의 자동화된 보행자 감지기법이 제안됨으로써, 보행자가 버튼을 누르지 않아도 되는 보행자 신호 환경이 검토되고 있다. 이러한 기법으로서는 적외선, 초음파 및 비디오이미지 처리기법 등을 포함 한다(예컨데, Zegeer et al., 1994; UK Department of Transport, 1993). 그러나 한국의 경우는 대부분은 표준형 보행자 신호시스템을 적용하는 것을 제외하고는 극히 일부에 보행자 누름버튼식 시스템 적용을 검토하는 시작 단계에 불과하다. 이와 관련하여 본 논문에서는 최근 외국에서 주목을 받는 보행자 자동감응식 신호시스템을 소개하는 한편, 보행자 자동감지 기법으로서의 적외선 감

지 방식의 적용 가능성에 대해 논하고자 한다.

## 2. 외국의 보행자 자동감응식 시스템 설치 사례

### 2.1 영국 및 호주 등의 Puffin 시스템

영국 및 호주 등에서는 Puffin(Pedestrian User-Friendly Intelligent)crossings 즉, 보행자 친화용 지능형 횡단 시스템이 개발되어 설치되고 있는데(이하 Puffin 횡단시스템), 보행자 수요에 부응하고, 보행자가 없을 때 불필요하게 차량을 지연시키지 않도록 하는 시스템이다(UK Department of Transport, 1993). 보행자의 존재는 압력감지매트를 사용하거나 횡단대기 장소 위에 적외선 탐지기를 설치하여 감지한다.

매트상의 압력은 보행자의 최초 탐지나 보행 신호가 켜지기 전에 보행자가 횡단 영역을 벗어나지 않고 있음을 확인하는 수단 양자로 쓰여진다. 보행자가 보행신호가 켜지기 전에 횡단대기 영역을 벗어나면 신호는 취소된다.

Puffin 횡단시스템은 횡단보도에서의 지속적인 보행자의 존재를 탐지하고, 횡단에 추가적인 시간을 요하는 사람(예컨대 보행시간이 긴 노인 등)에 대해 신호현시를 늘려주는 것을 허용하기 위하여 추가적인 감지기를 설치할 수도 있는 새로운 유형의 신호제어시설이다. 이 시설은 대부분의 보행자 횡단보도에 설치될 수 있으며, 기존의 횡단신호 시스템을 대체하거나 또는 새로운 보행자 횡단보도에 설치될 수 있고, 보행자 누름버튼, 신호기, 감지기와 같이 설치할 수 있다. 보행자감지기를 이용하여 보행신호현시의 길이를 자동적으로 바꿔 보행자가 횡단에 필요로 하는 시간을 늘여 줄 수도 있고, 보행자가 없을 때 불필요하게 횡단보도 앞에서 멈출 때 느끼는 운전자들의 불편감도 줄여 줄 수 있다.

Puffin 시스템은 차량교통에 대해 황색점멸시간을 적색신호로 바꾸어 줌으로써 보행자에게 펠리칸 횡단방식과 비교하여 보호되고 있다는

느낌을 더 크게 줄 수 있다.

누름버튼 제어기로부터 보행자 요청을 받는 순간 연석의 보행자감지기 출력을 체크하게 된다. 만일 보행자가 감지되는 경우 보행자 현시가 요청되고, 요청확인 불빛이 반짝인다.

연석의 감지기 출력이 사라지고(예컨대, 보행자가 보행현시 외에 도로를 횡단하는 경우), 그것이 사전 설정된 시간 내에 재설정되지 않는 경우 보행현시 단계의 요청은 취소된다. 연석의 감지기출력이 유지되면 차량 녹색신호의 종료에 이어 보행신호가 켜진다.

호주 빅토리아 주에서는 보행자 표준 신호기를 Puffin 횡단시스템으로 바꾼 결과, 보행신호가 켜지기 전에 횡단을 시작하는 사람 수가 10% 정도 감소되었다는 보고도 있었다(Catchpole, 1996). 스웨덴의 Växjö에서도 유사한 결과가 보고되었다(Ekman and Draskoczy, 1992). 즉 차량-보행자 conflicts(근접사고)의 수가 초음파 탐지기가 적용된 이후 감소되었음을 보고하고 있다.

### 2.2 네덜란드의 PUSSYCATS 시스템

네덜란드의 PUSSYCATS(Pedestrian Urban Safety System and Comfort At Traffic Signals) 시스템 즉, 도시 보행자 안전 및 편의 교통신호 시스템(이하 PUSSYCATS 시스템)은 횡단대기 보행자를 탐지하는 압력감지매트, 횡단보도 내의 보행자와 보행신호기 주변에 있는 보행자를 감지하는 적외선 감지기로 이루어져 있다(Tan and Zegeer, 1995). PUSSYCATS 시스템은 보행자 자동감응시스템을 통합하는 지능형 횡단 시스템이다.

이 시스템은 보행자의 존재를 탐지하기 위한 시스템으로 일반적인 누름버튼식을 대신하여 연석의 매트감지기를 사용하며, 횡단 중인 보행자를 탐지하기 위해 적외선 감지기를 사용한다.

횡단대기 및 횡단 중 보행자 양자를 감지함으로써 PUSSYCATS 시스템은 누름버튼을 누르

는 데 어려움이 있는 보행자에 도움을 줄 뿐 아니라, 보행자 행동에 따른 신호시간을 적용함으로써 시스템 효율을 개선시키는 한편, 연석과 횡단보도에서의 보행자의 존재를 보다 적절히 탐지함으로써 안전을 증진시킨다. PUSSYCATS 시스템은 보행자의 요구에 대한 적응에 있어 효율적이고, 안전하며, 편리한 시스템으로 입증되었다. 보행자들은 PUSSYCATS 시스템을 적어도 옛날 시스템보다 안전한 것으로 인식하고는 있지만, 많은 보행자들은 매트 기능을 이해하지 못한다고 응답하고 있다. 전체 보행자의 절반 정도가 이 시스템을 이용하기를 거절하고 있다. 유사한 시스템이 영국과 프랑스에서도 사용되고 있다(Levelt, 1992).

### 2.3 미국의 보행자 자동감응식 시스템

보행자 자동감지 시스템은 유럽이나 호주에서는 최근 수년에 걸쳐서 그 사용이 정착되고 있지만, 미국에서는 그 적용과 검증에 있어서 초기 단계이다.

보행자 자동감응식신호기의 한 예가 1997년에 미네소타 메이플 그로브의 Weaver Lake 초등학교 앞에 설치된 보행자 횡단 경보시스템이다. 이 시스템은 연석에서 대기하는 보행자 감지를 위해 초음파 감지기를 이용하였다.

보행자가 감지되면 점멸 비콘이 신호제어기에서 활성화되어 접근 차량에 경고를 준다. 이 시스템은 표준형 누름버튼식을 보완한 것으로 보행자 누름버튼을 항상 누르지는 않는 어린이의 안전을 증진시키기 위해 자동감지기가 추가된 것이다.

미국에서는 보행자 자동감지시스템과 관련한 대표적 연구로, Ronald Hughes와 Herman Huang의 기존 보행자 누름버튼식 신호시스템을 보완하는 보행자 자동감지시스템 평가 연구가 있다. 이 연구에서는 초음파기반 감지기와 적외선 기반 감지기를 비교 대상으로 하여, 캘리포니

아 로스엔젤레스(적외선과 초음파), 아리조나 피닉스(초음파), 뉴욕 로체스터(초음파)의 세 장소에 설치한 결과를 비교하였다. 감지기 설치 전후 비디오 관찰 결과를 비교한 결과, 보행자 누름버튼식 신호기와 함께 보행자 자동감응식 신호기를 설치하였을 때, 차량보행자 근접사고(conflicts)와 부적절한 보행자 횡단 확률 양자에 있어서 유의미한 감소가 있었고, 동시에 보행자의 횡단행동을 개선시켰다. 따라서 안전상의 효과가 탁월함을 확인하였으며, 초음파 기반 감지기와 적외선 기반 감지기 간에는 유의미한 차이는 없었다.

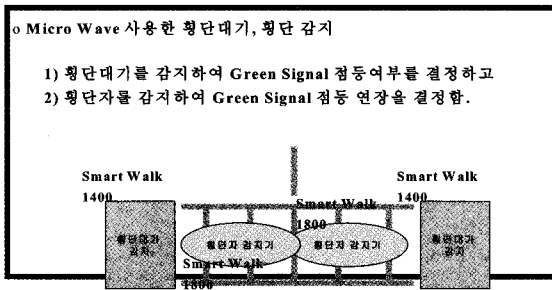
## 3. 보행자 자동감응식 시스템의 감지 기법 현황

### 3.1 초음파 방식

초음파감지기는 특정주파수로 에너지빔을 생성한다. 감지원리는 발사되는 빔과 되돌아오는 빔의 주파수에서의 차이(도플러 효과)를 감지하는 것이다. 빔은 특별히 감지대상의 크기가 다른 움직이는 물체(예를 들면 차량)의 크기보다 상당히 적을 때, 정확히 목표를 겨냥할 수 있다.

초음파센서는 압전소자(전자유도현상, 자왜현상)를 사용한 송파기로부터 발진된 초음파의 에코가 수파기에 도달할 때까지의 소요시간으로 거리를 검출하고, 그 시간차를 분석하여 물체의 유·무 및 거리를 환산하는 방식으로 이용 면에서 보면 반사형과 대향형(송파기와 수파기를 마주 보게 하여 송파기로부터 방출된 초음파가 물체에 의해 차단될 때 수파기의 신호변화를 검출하는 방식)이 있다. 송파기에서 방출된 초음파(30~40Khz)는 공기보다 고밀도 물체에서 반사되기 때문에 수파기로 검출한다. 초음파 감지기는 초음파의 절대값 보다는 초음파의 존재의 유·무와 초음파 펄스파면의 상대적 크기를 이용하는 경우가 많아 영역의 감지보다는 물체의 유·무와 거리 측정 등 산업기기와 의료기기 등에 사용된다.

초음파의 반사특성을 이용하기 때문에 물체에 따라 반사 각도의 특성이 변화되며, 잡음(차량엔진, 네온, 히터 등)에 따라 주파수 특성이 변화되므로 필터 설계시 이를 충분히 고려하여야 한다. 다음은 초음파시스템을 이용한 보행자 자동감응식 시스템의 예이다.



(그림 1) 초음파 감지기를 이용한 횡단보도 시스템

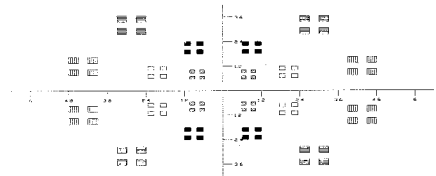
### 3.2 적외선 방식

적외선 방식은 차량과 도로 외 보행자 감지 양자에서 잘 정립된 기법이다. 슈퍼마켓, 은행, 공공빌딩이나 아파트의 출입구 등에서 적외선 감지기를 이용하여 보행자의 존재를 감지하는 예를 쉽게 볼 수 있다.

적외선 방식은 적외선을 쏘아 감지영역 내에서 발생하는 열의 흔들림을 감지함으로써, 사람 또는 사물의 움직임을 인지할 수 있는 Motion Sensor로 모듈을 구현하는 방식으로 열의 흔들림은 물체의 움직임이 있을 경우에만 감지할 수 있고, 센서의 특성상 움직임을 감지할 수 있는 여러 개의 감지구역으로 구성되며, 감지구역과 감지구역을 이동할 경우에만 발생하는 열의 흔들림을 감지하여 센서의 출력으로 TTL 신호로 전환 발생하게 된다.

아래의 그림은 모션센서의 감지 영역 내에 존재하는 감지구역을 보여준다. 감지구역은 4개의 감지구역을 하나의 단위로 하여 산재하게 되며,

4개의 감지영역 단위는 연속적으로 존재하지 않으므로 영역 내를 움직이는 물체를 감지할 경우 센서의 감지 결과는 불연속적인 펄스신호의 형태를 보이게 된다. 이런 이유로 센서의 출력이 없는 경우는, 감지구역내의 보행 이동자가 불연속적인 지점을 통과하는 이유로, 발생된 센서출력 없음과 횡단 대기를 위하여 감지영역 내에 진입한 후 움직임이 없어, 발생된 센서의 출력 없음을 서로 구별하기 어려운 점이 있다.



(그림 2) 모션 센서 영역 내에 존재하는 감지영역

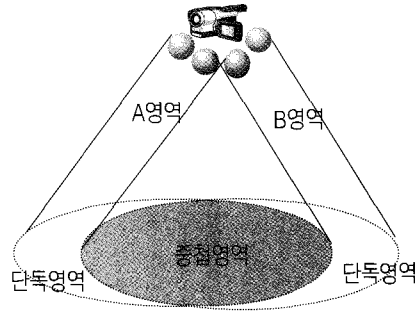
의미: 감지영역은 감지구역이 합쳐져 생성된 센서의 감지구간을 말함.

### 3.3 양 감지 방식의 비교

초음파와 적외선 감지기 양자는 사람이 연석의 탐지 영역 안에 들어왔을 때 보행신호를 요청하는 방식으로 작용한다. 감지 영역의 크기와 모양은 사용되는 감지기의 유형과 설치되는 위치에 따라 좌우된다. 최소한의 시간 이상 감지영역 내에 머물 때에만 사람이 감지되는 방식으로 약간의 지연시간이 설정될 수 있다. 이러한 지연시간은 단지 감지영역을 통과하며, 도로횡단 의사가 없는 사람으로 인한 잘못된 신호요청을 막는데 도움이 된다. 초음파 센서는 주파수 이용 면에서 복잡한 알고리즘과 가격이 비싸 경제성 면에서 떨어진다는 단점이 있다. 한편 일반적 감지 방식으로도 많이 사용되고 있는 적외선(IR) 센서는 보행자 감지 알고리즘 개발에 어려움이 있기 때문에 보행자 감지 영역에서는 초음파 센서가 많이 사용되고 있다. 양 시스템을 보행자 누름 버튼식 신호시스템과 비교하여 그 특징을 요약하면 다음과 같다.

<표 1> 보행자 누름버튼식신호기 및 초음파, 적외선 감지기의 비교 분석

구 분	누름 버튼식	초음파 감지기	적외선 감지기	비 고
편리성	나쁨	양호	양호	이용면
안전성	나쁨	좋음	양호	기구면
경제성	양호	나쁨	좋음	가격면
신뢰성	나쁨	좋음	양호	성능면
관리성	나쁨	양호	양호	유지보수면
호환성	나쁨	좋음	양호	인터페이스



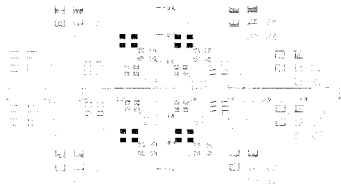
(그림 3) 적외선 센서 복수 이용 감지 개념

#### 4. 적외선 방식 기법의 적용 가능성 검토

초음파 센서는 거리측정 면에서는 유리하나 센서를 독립된 하나의 영역으로 감지하는 방식으로 이용하여 통과하는 사람까지 감지하므로 그 신뢰성이 많이 저하된다. 또한 적외선 (Infrared Rays: 750 $\mu$ m ~1mm인 파장을 가진 주파수로 가시광선에서 적색 옆에 있는 빛으로, Infra Red 전자기파 스펙트럼 중 가시광선의 전력광보다 길고 마이크로파보다 짧은 파) 센서의 경우 주로 움직임을 중심으로 감지하기 때문에 한 자리에 멈추어 있는 경우는 감지되지 않고 통과여부 및 거리조차도 알 수 없는 단점이 있다. 그러나 적외선 센서의 경우 초음파 센서에 비해 가격이 저렴하기 때문에 이러한 문제점을 보완할 수 만 있다면 충분히 초음파 센서에 비해서도 뒤지지 않는 감지능력을 확보할 수 있다. 그러한 방법으로 제기될 수 있는 해결 방안으로는 2개 이상의 센서를 사용한 복수 영역 감지 및 비교 알고리즘을 적용하는 방안이 있다.

(그림 3)과 같이 2개 정도의 센서를 사용하여 동일 감시영역을 중첩시키되, 두 센서의 감시구역이 하나로 포개지지 않도록 두 센서를 X축 10°, Y축 10°로 각도 어긋나게 배치한다.(센서의 특성에 따라 변경가능)그 결과 한 개의 센서를 사용했을 경우보다 불연속적인 감지 구간이 줄어들게 되어, 센서의 출력 파형이 보다 조밀한 형태로 출력될 수 있다(그림 4 참조). 그 조밀한 형

태를 근거로 두 센서가 갖는 영역에서의 움직임 변화를 비교하여 보행자 등 물체의 정지 상태 유무의 파악이 가능하다.



(그림 4) 2개의 센서로 영역을 감지한 회로

영역비교의 기본 개념은 <표 2>와 같다.

<표 2> 센서 영역별 감지에 따른 물체 인식패턴

영역A 센서출력	영역B 센서출력	Pattern
0	0	a
1	0	b
1	1	c
0	1	d

(그림 3)과 (그림 4)에서와 같이 센서별로는 단독 영역과 중첩 영역이 발생하는 데, 이 영역에서의 센서 출력 유무를 기초로 하여 단순 패턴화한 것이 <표 2>이다. 이것은 각 영역에서 출력 패턴이 있는지를 확인하는 알고리즘을 단순화 한 것이다. 이것을 각 영역에서의 시차 출력 즉 지연시간

이 있는 경우와 어느 한 영역에만 출력이 있는 경우 등 다양한 경우에 대하여 비교함으로써 센서 출력의 일정한 패턴화가 가능하다. 다양한 상황을 상정하여 이와 같은 패턴화 알고리즘을 최적화하면 적외선 센서의 단점을 극복한 보행자 정지 유무 및 움직임 감지 유무도 충분히 가능하다. 따라서 이 부분에 대해 좀 더 검토하고, 신뢰성 있는 적외선 세서 소자만 적용한다면 충분히 낮은 가격으로도 초음파 방식에 필적할 수 있는 보행자감응식 시스템 개발이 가능할 것으로 보인다.

## 5. 결론

자동 감응식 보행자 신호기의 설치 운용 사례는 유럽을 제외하면 미국 등에서 조차 아직 초기 단계로, 국내에서는 보행자 누름버튼식 신호기의 보급과 더불어 적극적 개발을 검토할 단계에 와 있다. 보행자 감응식 횡단보도 시스템은 센서 기술과 신호제어시스템을 결합한 기술로, 보행자의 안전성 도모와 자동차 운전자에 대한 정확한 보행자 횡단 정보 제공 및 불필요한 정지의 방지 측면에서 매우 도움이 되는 기술이다. 한편 우리나라의 첨단교통체계(ITS: Intelligent Transport System 지능형 교통시스템) 구축 및 선도 기술 개발이란 측면에 있어서도 외국에서도 기술 개발의 초기 단계에 있기 때문에 센서 기술 부문과 IT 부문의 적합한 알고리즘 개발 능력을 결합하여 신뢰성이 높고, 실용성 있는 시스템만 개발한다면 그 파급 효과는 여러 방면으로 차별화가 될 수 있을 것이다.

자동감응식 보행자 감지 시스템은 교통운영 측면에서는 보행자가 없을 때도 보행자 현시를 주는 등의 신호체계 관리의 비효율을 감소시켜 주며, 그로 인해 교통소통 증진의 효과가 있다. 교통질서 및 안전 측면에서는 운전자 및 보행자에게 정확한 정보를 제공함으로써 운전자 및 보행자의 불필요한 법규 위반 행위를 감소시키는 한편, 양자간의 근접사고 위험을 감소시키는 장

점이 있다. 또한 경제적으로는 불필요한 차량의 정지 및 발진으로 인한 에너지 소모를 감소시키는 동시에, 그로 인한 이산화탄소 등의 대기오염원 배출과 교통소음을 감소시키는 효과도 있다.

적외선 방식의 자동감응식 보행자 감지 시스템을 개발하는 것은 기술 개발 가능성 및 경제성 양자의 측면에서 충분히 의미가 있다. 현재 국내 기술로는 기존제어기와 호환성을 갖는 시스템 개발에 전혀 문제가 없으며, 더욱이 복수 영역 감지 등의 알고리즘을 잘 활용만 한다면 외국의 기술보다 더 나은 감지 기술 개발도 가능하다고 본다. 이러한 기술 개발은 국내 ITS 분야는 물론 기본으로 전자, 통신, 소프트웨어 등을 결합한 국내 IT산업 발전에도 기여할 수 있다. 따라서 보다 많은 연구자와 기술 개발자들이 보행자 자동 감응식 신호 시스템 개발 필요성 등에 관심을 갖고, 관련 센서 소자 및 알고리즘 개발 등에도 나서 주길 바란다.

## 참고문헌

- [1] 설재훈, 조한선. 보행자 작동신호기의 효과분석 및 도입 확대방안. 한국교통연구원, 정책연구 2005-11, 2005.
- [2] Bentzen, B.L., and Tabor, L.S. Accessible Pedestrian Signals. Report presented to the U.S. Access Board, August 1998.
- [3] Catchpole, John. Further Development of the Puffin Pedestrian Crossing. VicRoads, Victoria, Australia, November 1996.
- [4] Ekman, L., and Draskocsky, M. Trials with Microwave Detection of Vulnerable Road Users and Preliminary Empirical Model Test. University of Leeds, Institute for Transport Studies Working Paper No 336,

- Leeds England, 1992.
- [5] Levelt, P.B.M. Improvement of Pedestrian Safety and Comfort at Traffic Lights: Results from French, British, and Dutch Field Tests. Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Netherlands, 1992.
- [6] Ronald Hughes, Herman Huang. Evaluation of Automated Pedestrian Detection at Signalized Intersections. FHWA-RD-00-097, August 2001.
- [7] SRF Consulting Group, Inc. Bicycle and Pedestrian Detection. Mn. DOT. Research report, 2003.
- [8] Tan, C., and Zegeer, C.V. European Practices and Innovations for Pedestrian Crossings. ITE Journal, Vol. 65, No. 11, pp. 24-31, November 1995.
- [9] UK Department of Transport. Network Management Advisory Leaflet: The Use of Puffin Pedestrian Crossings. Network Management and Driver Information Division, 1993.
- [10] Zegeer, C., Opiela, K., and Cynecki, M. Pedestrian Signalization Alternatives (Final Report), Federal Highway Administration, Washington, DC, July 1985.
- [11] Zegeer, C.V., Cynecki, M., Fegan, J., Gilleran, B., Lagerwey, P., Tan, C., Works, B., and Transportation Technology Evaluation Center. FHWA Study Tour for Pedestrian and Bicyclist Safety in England, Germany, and The Netherlands. Report FHWA-PL-95-006. Federal Highway Administration, Washington, DC, 1994.

### 저자약력



**김 대 근**

1996년 서울산업대학교 전자공학과학사  
 1998년 한국항공대학원 전자공학과석사  
 1997년 주)에어로정보통신 부사장  
 2005년~현재 주)씨유시스템 대표이사  
 2005년~현재 인하전문대학 정보통신과 겸임교수  
 관심분야 : 정보통신, ITS, 적외선 센서 등  
 이 메 일 : rootnet@korea.com



**이 원 영**

1983년 중앙대학교 심리학과(학사)  
 1988년 중앙대학교 심리학과(석사)  
 2006년 동국대학교 안전공학과 박사과정 수료  
 1984년~현재 도로교통안전관리공단 수석연구원  
 관심분야 : 운전직성, 운전행동, 첨단 교통시스템(ITS)  
 이 메 일 : wylee@rtsa.or.kr