

研究報告書 95-15

交通監視 및 統制를 위한 畫像感知시스템 적용에 관한 研究

연구 : 박창호(서울대학교수)

본 연구보고서는 치안정책용역연구에 참여한 연구자의 최종보고서로서, 게재된 내용은 저자 개인의 의견이며 치안연구소의 공식 견해가 아님을 밝혀 둡니다.

목 차

I . 서 론	11
1. 연구의 배경 및 목적	11
2. 연구내용 및 수행방법	12
II . 차량검지기의 이론적 고찰	14
1. 검지기의 정의 및 기능	14
2. 검지기의 종류	15
III . 화상감지 시스템 연구 현황	20
1. 개 요	20
2. 국내 연구현황	21
3. 외국 연구현황	25
IV . 화상감지시스템의 구성 및 특성	37
1. 개 요	37
2. 화상감지시스템의 구성	39
3. 화상감지시스템의 특성	41
4. 화상감지시스템의 적용성	44
V . 화상감지시스템(AUTOSCOPE)의 계측 신뢰성 분석	49
1. AUTOSCOPE 시스템	50
2. AUTOSCOPE 시스템의 신뢰성 분석-외국사례	53
3. AUTOSCOPE 시스템의 신뢰성 분석-국내사례	59

Ⅵ. 화상감지시스템 평가 및 국내 적용시 고려사항	63
1. 화상감지시스템 평가	63
2. 국내적용시의 고려사항	71
Ⅶ. 결 론	79
참고문헌	84

표 목 차

〈표 2-1〉	루프검지기의 측정항목과 특성	16
〈표 2-2〉	초음파검지기의 측정항목과 특성	17
〈표 2-3〉	초단파검지기의 측정항목과 특성	18
〈표 2-4〉	화상감지시스템의 측정항목과 특성	19
〈표 3-1〉	루프검지기를 대신하는 기능의 화상감지시스템 시험결과 비교	30
〈표 3-2〉	개발중이거나 기개발된 화상감지시스템의 현황	35
〈표 5-1〉	AUTOSCOPE 시스템의 교통량 계측 정확도(1988, 1989)	55
〈표 5-2〉	전체 구역에서의 AUTOSCOPE 시스템의 평가	56
〈표 5-3〉	AUTOSCOPE 시스템과 초음파검지기와의 계측정확도 비교	56
〈표 5-4〉	AUTOSCOPE 시스템과 루프검지기의 계측정확도 비교	56
〈표 5-5〉	여러 기상조건하에서 AUTOSCOPE 시스템의 검지 정확도	58
〈표 5-6〉	AUTOSCOPE 시스템의 사고감지 시험결과	59
〈표 5-7〉	관교—구리간 고속도로 교통량 비교 (AUTOSCOPE와 성남 TG 측정자료)	61
〈표 6-1〉	화상감지시스템의 초기설치비용	66
〈표 6-2〉	루프검지기의 초기설치비용	67
〈표 6-3〉	화상감지시스템과 루프검지기의 총비용 분석	69

그림 목 차

〈그림 4-1〉 화상감지기의 기능수행과정	38
〈그림 4-2〉 통합교통제어 및 관리시스템 개념도	47
〈그림 5-1〉 AUTOSCOPE 시스템 본체	51
〈그림 5-2〉 판교방향(하행선)의 시험결과	62
〈그림 5-3〉 구리방향(상행선)의 시험결과	62

요 약

최근 격증하는 도시교통문제와 이로인해 발생하는 사회 경제적 외부 불경제에 대처하기 위한 방안으로 교통수요관리 측면에서 다양한 기법들이 개발되고 있다. 이러한 교통수요관리를 효율적으로 수행하기 위해서는 기본교통자료들이 동적, 실시간으로 입수되어 처리되어야 하기 때문에 보다 정확하고 신속한 교통정보의 획득방법이 요구되고 있다. 따라서 최근에는 보다 다양하고 정확한 교통특성계측이 가능하고 효율성이 우수한 것으로 판단되는 화상감지시스템에 관한 연구가 진행되고 있다. 이에따라 본 연구는 기개발된 국내외 화상감지시스템의 기법들을 검토하고 그 적용성에 관해 연구하는 것을 목적으로 하였다.

화상감지시스템은 도로면에 직접 설치되는 시설이 없어 시스템의 설치 및 유지관리가 용이하며, 현재의 검지상황을 영상과 함께 즉시 확인할 수 있다. 뿐만 아니라 기본적인 교통변수 외에도 대기행렬의 존재 및 길이, 사고감지 등 다양한 교통정보의 입수가 가능하다. 또한 계측정확도 면에 있어서도 국내 및 외국의 자료분석결과 95%이상의 정확도를 보이고 있어 신뢰할 만한 수준인 것으로 분석되었다. 다만 이 시스템이 최근에 개발되어 상용화되고 있기 때문에 현장운영을 통한 신뢰성 등에 대한 검증이 아직 미흡한 상태이어서 현재까지의 결과를 100% 신뢰하기는 어려운 상태이다. 그리고 경제적인 측면에서 초기설치비용이 루프검지기보다 높다는 단점이 있으나 유지보수비용을 고려할 때, 루프검지기에 비해 경제성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

화상감지시스템은 아직 현장에서의 이용실적이 많지 않은 새로운 시스템이므로 국내에 이러한 시스템을 적용할 경우 현장설치 이전에 충분한 시험운영을 거쳐야 하며, 이를 통해 화상감지기의 기능과 성능 및 정확도를 점검하고 설치, 운영상의 고려사항도 정립해야 할 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한 이 시스템의 계측 정확도는 카메라의 설치와 가상감지기의 설치에 의해 좌우되므로 교통 및 주위 환경여건에 따라 최적의 설치를 위한 기준 등의 정립과 설치자 및 운영자

에 대한 교육도 요망된다. 그리고 화상감지시스템을 기본적인 교통특성변수의 계측 이외에 다른 분야에 적용할 수 있도록하는 응용기법의 개발이 필요하다. 구체적으로 정체현상 및 사고의 감지, 신호제어기와 연계한 교통감응신호의 운영, 주정차 위반이나 버스전용차선의 위반차량과 같은 교통위반차량의 단속에의 연계 이용 그 외에 고속도로 위험지점에서의 정지차량 존재유무 확인을 통한 사전경고체계, Ramp Metering Program 등에의 응용이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 궁극적으로는 이러한 모든 기능을 구현하고 중앙관제소와의 연결을 통해 종합적인 교통관리 및 제어를 할 수 있도록 하는 방향으로 발전시켜 나가야 할 것이다.

ABSTRACT

To cope with urban traffic congestion new technologies and equipments are necessary. Among them, Image Detection System is one of the most promising new technologies for wireless data collection, implementation of advanced traffic control and management schemes such as route guidance and navigation. The characteristics and availabilities of Image Detection System are investigated together with problems which must be considered before the field deployment.

Image Detection System can detect traffic in multiple locations within the field of view of camera and can process video from several cameras simultaneously. These detection regions are specified by the user in a matter of minutes using interactive graphics and can be changed as often as desired. This system offers automatic vehicle detection without the costly imbedding of loops in the roadway and the disruption of normal traffic flow for both installation and maintenance. The previous performance testing shows accuracy levels in excess of 95% for volume, speed and occupancy. Thus this system can save the time and money, solve many of the traffic engineer's routine problems and lead the way toward integration into the Intelligent Vehicle Highway System.

Image Detection System is a recently developed equipment, so the reliability and performance evaluation in actual traffic environment is not fully verified. Therefore field test is essential to examine the performance of this system and to extract the possible installation and operation problems. And the development of various application techniques — application in traffic monitoring & control, real-time signal system, automatic incident detection, queue detection and license plate recognition—are required.

I . 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 자동차 수요의 급격한 증가로 인한 도로 혼잡은 시민생활 뿐만 아니라 국가 산업경쟁력 상실에 까지 영향을 미치고 있으며 이로 인한 파급효과로 사회, 경제적 외부 불경제가 날로 증가되고 있는 실정이다. 이에 따라 최근 교통소통의 효율성 제고를 위한 여러 방법들이 연구되고 있으며, 그 중 교통관리 및 통제에 관한 관심이 증대되고 있다. 교통관리 및 통제기법은 교통시설 확충을 통한 교통공급의 증가보다는 교통수요의 조절과 시설 운영능력의 향상을 통해 기존 시설의 효율성을 증대시키는 방법으로, 이는 현재의 교통상태를 실시간으로 파악하여 이를 기초로 관리 및 통제를 수행할 때 효과가 극대화 될 수 있다. 따라서 현재의 교통상태를 나타내는 기본자료들을 동적, 실시간으로 정확하게 입수하여 처리하기 위한 방법의 개발이 요구되고 있다.

현재 국내 및 외국에서는 기초적인 교통특성자료들의 입수를 위해 여러 분야에서 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 이러한 교통특성자료 입수시스템으로는 검지기를 통한 자료입수가 대표적이라고 할 수 있다. 지금까지 개발되어 이용 가능한 검지기 시스템은 여러 가지가 있으며 현재는 루프검지기가 가장 보편적으로 이용되고 있다. 루프검지기는 비교적 계측의 정확도가 높고 장치가격이 상대적으로 저렴하여 초기 설치시에는 경제성이 있으나, 도로의 파손 및 재포장 등 여러 원인으로 인해 고장률이 높으며 설치나 유지 보수도 용이하지 않은 단점을 가지고 있다. 이에 따라 최근에는 보다 정확하고 다양한 교통특성 자료입수를 위해 간편성 및 효율성이 우수한 것으로 판단되고 있는 화상감지시스템(Image Detector System)에 대한 연구가 진행되고 있으며 이를 통한 교통감시 및 통제 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

화상감지시스템은 1970년부터 연구가 시작되어 최근에 들어서 실용화 단계에

있는 것으로, 기존의 검지기로 수집 가능한 다양한 교통특성자료는 물론 주행중인 차량의 추적(tracking)과 사고발생(incident)까지도 자동 감지할 수 있는 시스템으로 현재까지 개발된 검지기들 중 가장 많은 기능을 수행할 수 있는 시스템으로 알려져 있다. 화상감지시스템은 기존에 설치되어 있는 교통정보시설을 이용하여 컴퓨터를 통해 직접 교통소통 상황을 점검할 수 있을 뿐만 아니라 교통류의 제 특성을 일목요연하게 파악할 수 있으며 주어진 상황에 탄력적으로 대처하면서 교통통제 감시를 할 수 있는 등 여러 가지 기능을 내포하고 있다. 이러한 화상감지시스템을 통한 교통특성자료의 입수는 도로구간 또는 교차로에서의 교통신호제어 시스템의 기초자료로 활용될 뿐만 아니라 향후 첨단도로교통시스템(IVHS) 및 고속도로 교통관리체계(FTMS)에 매우 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 교통수요의 조절을 위한 관리 및 통제에 관한 기본전략 수립에 매우 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

본 연구는 이러한 화상감지시스템의 국내 도입시에 기존 루프검지기와 비교하여 그 기능의 대체여부와 효율성 및 정확성을 검증하며 설치 및 유지·관리의 경제성 등을 분석하고 그 결과를 토대로 우리의 교통특성에 맞는 시스템의 구축을 위해 필요한 과제를 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 수행방법

본 연구는 국내외의 화상감지시스템에 관한 연구의 고찰과 기개발된 시스템의 구성 및 기능에 대한 검토를 통해 화상감지시스템의 효율성 및 정확성과 교통계획 및 관리에의 적용성을 검토하기 위한 것으로 다음의 내용을 포함한다.

먼저 루프검지기와 화상감지기를 포함하여 현재까지 개발되어 이용되고 있는 차량검지기에 대한 고찰을 통해 개략적인 특성과 한계점 등을 파악한다.

다음으로 지금까지 국내 및 국외에서 행해진 연구에 대한 검토를 통해 이 분야 연구의 현황을 점검하고 현재까지의 연구결과를 토대로 화상감지시스템의 특성과 가능성 등을 점검하고, 이미 상업용 또는 시험용 제품이 개발되어 설치된 장치에 대한 현장적용 결과의 분석을 통해 이 시스템의 효율성 및 정확성을 검

있는 것으로, 기존의 검지기로 수집 가능한 다양한 교통특성자료는 물론 주행 중인 차량의 추적(tracking)과 사고발생(incident)까지도 자동 감지할 수 있는 시스템으로 현재까지 개발된 검지기들 중 가장 많은 기능을 수행할 수 있는 시스템으로 알려져 있다. 화상감지시스템은 기존에 설치되어 있는 교통정보시설을 이용하여 컴퓨터를 통해 직접 교통소통 상황을 점검할 수 있을 뿐만 아니라 교통류의 제 특성을 일목요연하게 파악할 수 있으며 주어진 상황에 탄력적으로 대처하면서 교통통제 감시를 할 수 있는 등 여러 가지 기능을 내포하고 있다. 이러한 화상감지시스템을 통한 교통특성자료의 입수는 도로구간 또는 교차로에서의 교통신호제어 시스템의 기초자료로 활용될 뿐만 아니라 향후 첨단도로교통시스템(IVHS) 및 고속도로 교통관리체계(FTMS)에 매우 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 교통수요의 조절을 위한 관리 및 통제에 관한 기본전략 수립에 매우 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

본 연구는 이러한 화상감지시스템의 국내 도입시에 기존 루프검지기와 비교하여 그 기능의 대체여부와 효율성 및 정확성을 검증하며 설치 및 유지·관리의 경제성 등을 분석하고 그 결과를 토대로 우리의 교통특성에 맞는 시스템의 구축을 위해 필요한 과제를 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 수행방법

본 연구는 국내외의 화상감지시스템에 관한 연구의 고찰과 기개발된 시스템의 구성 및 기능에 대한 검토를 통해 화상감지시스템의 효율성 및 정확성과 교통계획 및 관리에의 적용성을 검토하기 위한 것으로 다음의 내용을 포함한다.

먼저 루프검지기와 화상감지기를 포함하여 현재까지 개발되어 이용되고 있는 차량검지기에 대한 고찰을 통해 개략적인 특성과 한계점 등을 파악한다.

다음으로 지금까지 국내 및 국외에서 행해진 연구에 대한 검토를 통해 이 분야 연구의 현황을 점검하고 현재까지의 연구결과를 토대로 화상감지시스템의 특성과 가능성 등을 점검하고, 이미 상업용 또는 시험용 제품이 개발되어 설치된 장치에 대한 현장적용 결과의 분석을 통해 이 시스템의 효율성 및 정확성을 검

증한다.

4장에서는 실질적으로 화상감지시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 구성과 그 동작원리를 살펴보고, 화상감지기의 감지능력과 루프등 기존 차량검지기와 비교했을 때의 장점 및 단점에 관해 검토한다. 그리고 이러한 화상감지기를 이용할 수 있는 응용분야에 대한 고찰을 통해 이 시스템의 적용성을 검토한다.

5장에서는 화상검지기의 계측 정확도 및 신뢰성을 알아보기 위해 상용화된 화상감지기 중 하나인 AUTOSCOPE 시스템에 대해, 이 시스템의 개발과정 또는 개발후 현장에서 실시한 여러 가지 시험 사례의 결과를 분석한다. 그리고 국내의 고속도로상에 설치하여 교통량을 측정한 결과를 통해 정확도를 검증한다.

마지막으로 화상감지시스템을 국내에 도입할 경우 기존 루프검지기의 기능 대체여부, 설치 및 유지관리의 경제성 문제 등을 분석하고 우리의 교통특성에 맞는 화상감지시스템의 구축을 위해 필요한 과제를 제시한다.

Ⅱ. 차량검지기의 이론적 고찰

효율적인 교통관제 및 교통신호제어를 위해서는 현장의 교통상태를 시시각각으로 파악할 수 있는 교통정보를 제공하여 줄 수 있는 검지기 체계의 수립이 필요하다. 여기서는 현재 사용되고 있는 검지기의 검지원리와 그에 따른 운영이론을 고찰하고자 한다.

1. 검지기의 정의 및 기능

차량검지기는 교통관제 및 교통신호제어 시스템의 단말장치로 교통현장에 설치되어 실제적인 교통상태를 검지하여 교통관제 및 교통신호제어에 이용할 수 있는 교통정보로 처리하여 출력하는 장치이다. 교통류 제어 목적에 따라 시스템에서 계측이 요구되는 교통정보의 내용이나 변수가 다르다.

교통관제 시스템의 주 기능은 가로망 내에 교통류의 흐름을 파악하여 문제 발생시 적절한 제어를 수행하므로 교통의 흐름을 원활히 하는 것을 목적으로 한다. 따라서 교통관제 시스템에서 요구되는 것은 교통류의 흐름상태를 검지하는 것 과 이상상태의 원인을 파악하는 것이다. 따라서 중요한 교통변수는 포화교통량, 특정영역에 차량의 존재유무, 대기행렬길이, 교통밀도, 속도, 주행시간 및 차량의 분류이고, 이 중에서 교통 흐름의 질을 평가하는 중요한 교통변수는 속도이다. 또 사고나 정체에 의한 대기행렬의 길이나 시계가 확보되지 않는 구간에서 고장 등의 원인으로 차량의 정체상태는 이차적인 교통사고를 야기할 수 있으므로 이들 교통변수도 파악될 수 있어야 한다. 제공되는 교통정보 중 여행 목적지에 도달하기까지의 소요시간과 적절한 여행경로 선택의 정보제공을 위한 여행시간의 산출을 위해서는 구간별 속도와 지체시간에 대한 정보수집이 요구된다.

효율적인 교통신호제어를 위해서는 보다 실시간적이고 동적이며 계량적인 교통정보 수집이 가능한 검지기 체계가 요구된다. 따라서 교통신호제어 시스템에서

요구되는 교통정보는 특정 방향의 차량에 신호현시 부여를 결정하기 위한 점유 시간과 신호시간의 연장여부 결정에 사용되는 차두간격 등의 교통변수가 요구된다. 정지차량에 대한 차량의 존재유무는 교차로 신호제어를 위해 측정되어야 한다. 따라서 이와 같은 교통변수의 측정이 가능한 루프검지기, 초단파검지기, 레이저검지기, 도플러효과를 이용하는 초음파검지기 등이 신호제어 시스템의 정보수집장치로 사용된다.

2. 검지기의 종류

교통계측을 위해 이용 가능한 검지기는 일반적으로 사용되는 검지센서에 따라 다음과 같은 몇 가지로 분류할 수 있다.

- 인덕티브 루프검지기 (Inductive Loop Detector)
- 자기 검지기 (Magnetic Detector)
- 초음파 검지기 (Ultra-sonic Detector)
- 압력식 검지기 (Pressure Detector)
- 초단파 검지기 (Microwave Detector)
- 화상감지시스템 (Image Detector)

가. 루프검지기

루프검지기는 도로 위에 매설된 루프에 의하여 형성된 검지영역을 차량이 통과하거나 정지해 있는 경우 차량으로 인한 루프의 인덕턴스의 변화를 검지하여 통과 또는 존재의 결과를 판별하여 교통신호제어에 필요한 교통변수를 얻을 수 있는 차량검지기의 하나이다. 루프검지기는 루프센서, 도입케이블, 검지기장치로 구성되어 있다. 차량을 직접 검지하는 부분인 루프센서는 루프코일로 구성되어 있으며 도로 위에 설치된다. 이 루프코일에서 교차로의 교통제어기 내의 검지기까지의 연결선인 루프케이블까지의 연결선을 루프도입선이라고 한다. 대부분의 경우는 루프케이블을 통하여 검지기에 연결하나 루프와 검지기 간의 거리가 짧

요구되는 교통정보는 특정 방향의 차량에 신호현시 부여를 결정하기 위한 점유 시간과 신호시간의 연장여부 결정에 사용되는 차두간격 등의 교통변수가 요구된다. 정지차량에 대한 차량의 존재유무는 교차로 신호제어를 위해 측정되어야 한다. 따라서 이와 같은 교통변수의 측정이 가능한 루프검지기, 초단파검지기, 레이저검지기, 도플러효과를 이용하는 초음파검지기 등이 신호제어 시스템의 정보수집장치로 사용된다.

2. 검지기의 종류

교통계측을 위해 이용 가능한 검지기는 일반적으로 사용되는 검지센서에 따라 다음과 같은 몇 가지로 분류할 수 있다.

- 인덕티브 루프검지기 (Inductive Loop Detector)
- 자기 검지기 (Magnetic Detector)
- 초음파 검지기 (Ultra-sonic Detector)
- 압력식 검지기 (Pressure Detector)
- 초단파 검지기 (Microwave Detector)
- 화상감지시스템 (Image Detector)

가. 루프검지기

루프검지기는 도로 위에 매설된 루프에 의하여 형성된 검지영역을 차량이 통과하거나 정지해 있는 경우 차량으로 인한 루프의 인덕턴스의 변화를 검지하여 통과 또는 존재의 결과를 판별하여 교통신호제어에 필요한 교통변수를 얻을 수 있는 차량검지기의 하나이다. 루프검지기는 루프센서, 도입케이블, 검지기장치로 구성되어 있다. 차량을 직접 검지하는 부분인 루프센서는 루프코일로 구성되어 있으며 도로 위에 설치된다. 이 루프코일에서 교차로의 교통제어기 내의 검지기까지의 연결선인 루프케이블까지의 연결선을 루프도입선이라고 한다. 대부분의 경우는 루프케이블을 통하여 검지기에 연결하나 루프와 검지기 간의 거리가 짧

은 경우에는 직접 루프도입선을 검지기에 연결하는 경우도 있다.

일반적으로 루프검지기의 특성은 시스템을 구성하는 소재들의 전자기적 특성에 의하여 결정된다. 이러한 루프검지기는 루프 위를 차량이 통과하면 주파수의 변화가 일어나고 이 변화를 감지하여 차량의 유무를 판별, 출력하게 된다. 루프검지기는 검지원리에 따라 아날로그 방식과 디지털 방식으로 크게 나뉘며 루프검지기를 이용하여 측정할 수 있는 교통정보와 특성은 다음과 같다.

〈표 2-1〉 루프검지기의 측정항목과 특성

측정항목	교통량 (Traffic Volume) 존재시간 (Presence Time) 속도 (Speed) 점유율 (Occupancy) 대기행렬길이 (Queue length)
장 점	검지영역의 크기와 형태는 루프크기에 따라 설치용이. 현장검지 기능 우수 기본적인 교통계수의 측정가능 설치비가 기타 검지기에 비해 저렴 검지정보의 신뢰성 양호
단 점	설치시 교통흐름의 통제가 필요 도로파손등에 의한 보수, 유지관리 비용 과다소요. 정확한 매설위치 파악을 체계화하는 별도의 시스템 필요

나. 초음파검지기

초음파는 매질 속을 전파하는 탄성진동파로 사람이 듣는 것을 목적으로 하지 않는 음파로 정의되고 있다. 초음파 검지기는 이러한 초음파를 검지센서 매체로 이용하여 도로 위의 차량에 주사하여 차량에서 반사되는 반사파를 검지하여 차량의 유무를 검지한다.

검지영역 내에 물체의 유무를 측정할 수 있는 초음파센서를 이용한 검지기의 작동원리는 다음과 같다. 우선 초음파 센서에서 고정반사물 또는 구조반사체에 초음파 펄스를 정기적으로 준다. 그리고 반사물에서 반사 펄스 신호가 초음파 센서로 들어오고 있는 동안은 회로를 사용하여 차량이 없다는 신호를 보내고, 고체 반사물 혹은 구조반사체와 초음파 센서 사이에 차단물체가 통과하면 차량이 있다는 전기신호를 보내어 차량의 유무를 검출할 수 있도록 하는 것이다.

〈표 2-2〉 초음파검지기의 측정항목과 특성

측정항목	교통량, 속도, 대기행렬길이, 존재시간, 점유율 (기본적으로 루프검지기와 동일특성)
장 점	설치공사시 교통류의 흐름에 직접적인 장애가 없음 루프검지기와 일체로 사용하여 차종의 분류가능(차종자동분류) 노면파손 및 도로공사에 관계치 않음
단 점	상대적으로 시설 구매 설치비가 많이 소요. 검지영역이 원추형이고 다양한 차량구조와 높이에 부정확성 내포 방향성을 갖지 못하며 주변환경조건에 민감.

다. 초단파검지기

하나의 루프검지거나 초음파검지기로는 교통정보 중 점유시간이나 교통량과 같은 정보를 얻는데는 문제가 없지만 차량의 속도를 얻기 위해서는 어려운 점이 많다. 단일의 루프나 초음파 검지기에서 나오는 점유시간은 검지영역의 크기와 차량의 길이 그리고 차량의 속도에 관계하여 나오는 출력이다. 검지영역이 고정된 경우 차량의 속도에 비례하여 나오는 점유시간의 함수로 속도를 산출하는 경우 실제속도를 충실히 반영할 수는 없다, 점유시간은 통과차량의 길이의 함수이기 때문에 단일루프나 초음파 검지기를 이용하여 속도를 산출하는 방식에는 문제가 있으며 이에 따라 속도를 얻기 위해서는 연속한 두 개의 검지기를 조합하여 속도를 산출할 수 있다. 그러나 초단파검지기는 단일 검지기로 루프검지거나

초음파검지기로는 얻기 어려운 차량의 속도를 검지할 수 있다. 즉, 초음파 검지기는 도플러 센서를 응용하여 고정된 검지기와 차량의 상대속도를 검지 하여 속도를 얻을 수 있는 검지기이다.

이러한 초단파검지기를 이용하기 위해서는 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

- 초단파는 인접주변환경의 통신장애를 일으킬 우려가 있으므로 이를 고려하여 영향을 최소화할 수 있는 동작주파수 대역을 설정한다.
- 검지기 자체 내에 통신모듈을 탑재하여야 하며 이를 운영할 수 있는 S/W가 내장되어야 한다.
- 검지기 운영시 오동작이 있는 경우 이것이 정상출력 되는 것을 방지할 수 있는 오동작 방지 프로그램이 내장되어야 한다.

〈표 2-3〉 초단파검지기의 측정항목과 특성

측정항목	교통량, 차량속도
장 점	설치공사시 교통류의 흐름에 직접적인 영향 없음 도로유지 보수시의 손상의 문제가 없음 설치가 용이함
단 점	시설 구매 설치비가 많이 소요. 설치, 유지보수시 전문인력이 필요함.

라. 화상감지시스템

최근 급속도로 발전하고 있는 VLSI (초대규모 집적회로)와 고속 화상처리 전용 CPU 및 초소형 대용량 메모리 소자의 발전에 힘입어 개발된 자동시각 장치를 이용한 검지기는 1970년대부터 선진국에서 연구되기 시작하여 현재 실용화 단계에 있는 방법으로 앞서 설명된 다양한 교통자료는 물론 주행중인 차량의 추적과 사고발생까지도 검지 할 수 있는 시스템으로 현재까지 개발된 검지기들 중 가장 많은 기능을 수행할 수 있는 방법이다. 이러한 자동 시각장치식 검지기의 개발은 미국, 유럽, 일본을 중심으로 개발되었으며 특히 유럽에서는 스웨덴, 벨지

음, 영국, 프랑스 등 11개국이 연합하여, 각 국가별로 분담하여 개발하고 있다. 자동 시각장치식 감지기는 그 우수성이 입증되어 그 활용범위가 확대되고 있으며 점점 더 고성능의 저렴한 장비가 계속 개발될 전망이다. 이미 포화상태에 이른 국내의 교통상황을 감안하여 기존도로의 효율적인 운영, 최대의 효과를 얻을 수 있는 도로교통 정책수립과 실시간 교통신호제어를 위한 정확하고 다양한 교통자료의 필요성은 점점 증가되고 있다.

〈표 2-4〉 화상감지시스템의 측정항목과 특성

측정항목	제반 교통인자 (교통량, 차량속도, 점유율 등) 교통류 자료 (대기행렬, 밀도, 차량군의 속도 등)
장 점	수집자료의 다양성 카메라 투영영역 전역에 대한 정보의 수집 가능 검지기 지점의 변경이 자유롭고 1개의 카메라에 다수의 검지기 수용
단 점	기상 및 인접차량의 그림자, 빛의 반사에 민감. 응용, 조작의 어려움과 실용화하기에는 비경제적

마. 적외선검지기

교통제어기술이 점점 정교해짐에 따라 검지기는 교통량뿐만 아니라 차량속도, 차종형태를 측정하는 것이 바람직하다. 적외선 검지기는 레이저 원과 도로 위에 탑재한 포토다이오드 검지기(Photodiode detector)를 사용하여 통과차량을 검지한다. 이 시스템은 주사된 레이저 광선의 도로 표면으로부터 반사와 차량이 통과함으로 인한 반사의 차단 및 변화를 감지한다. 게다가 도로의 연속지점에 여러 개의 레이저 빔을 주사하여 각 차선에 대해 통과차량, 속도, 차량길이를 얻을 수 있다.

이 시스템은 기본적으로 두 개의 적외선 레이저 송수신기로 구성되어 있다. 각 송수신기에는 레이저 원과 광학 검지기를 하나씩 갖고 있다. 레이저 빔을 주사했을 때, 타원형의 영역이 좁게 형성되는데 차량이 이 영역을 통과하면 레이저 빔이 차단된다.

Ⅲ. 화상감지 시스템 연구 현황

1. 개요

Video를 이용한 차량검지나 교통분석에 관한 연구는 1970년도부터 미국, 영국, 호주 등에서 연구가 진행되었다. 1980년대 들어 벨기에, 일본 등의 많은 대학과 연구소에서 이 분야에 대한 테스트와 그 평가, 개선 등에 관해 연구하기 시작했다. 그리고 이러한 연구는 많은 나라에서 정부의 지원을 받아 이루어졌다. 최근 들어 이러한 연구를 바탕으로 많은 응용분야에서 연구용 또는 상품화된 제품이 발표되었으며 도시교통과 터널 등에 적용되고 있다.

1970년도부터 시작된 연구가 1980년대 중반이 지나서야 활성화되고 시제품의 시험 등이 본격화 된 이유는 이러한 실시간 화상처리를 뒷받침 할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 발전이 충분치 못했기 때문이다. 실시간 화상처리를 바탕으로 한 차량감지 시스템을 구축하기 위해서는 고성능 비디오 카메라, 비디오 영상의 실시간 처리를 위한 고속의 화상처리 하드웨어, 고속·대용량의 컴퓨터 그리고 이들 화상감지 체계를 관리하고 정보를 추출할 수 있는 소프트웨어 등이 필요한데, 화상감지체계에 대한 연구가 시작된 1970년도에는 이러한 관련분야의 기술 발달이 충분하지 못했다. 1980년대 중·후반들어 컴퓨터 분야, 특히 개인용 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어의 급속한 발달이 이루어졌으며, 이들 개인용 컴퓨터와 함께 이용 가능한 화상처리 하드웨어 분야의 발전도 이루어졌다. 이에 따라 실현가능성이 높아진 이 분야에 대한 관심이 증대되어 많은 연구가 뒤따르게 되었다.

이와 같은 화상감지시스템의 개발을 위한 연구는 다음과 같은 몇 가지 형태로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 화상검지기에 기존에 사용 중인 루프검지기의 역할을 대신할 수 있는 기능을 부여하는 방향으로의 연구이다. 이는 단독으로 또는 연속적으로 배치된 루프검지기에 의해 측정되는 교통량, 평균속도, 차두간격, 점유시

간 및 차량길이 등을 계측할 수 있도록 하는 것이다. 둘째는 공간적인 교통정보인 차량군의 존재 및 상태를 파악할 수 있도록 하는 연구이다. 이것은 교통류 이론의 추종모형(car following model)에서와 같이 차선 변경을 고려하지 않고 하나의 차선을 분석 대상으로 하여 그 차선 내의 차량군의 존재 유무와 그 속도 그리고 대기행렬의 끝 등을 파악하고자 하는 연구이다. 셋째는 교통상황 내에서 개별 차량의 위치와 움직임을 추적하고자 하는 연구이다.¹⁾ 그 외 화상감지를 이용하여 자동차의 번호판을 인식할 수 있는 시스템도 연구·개발되어 있으며 이들 화상감지 시스템을 통해 얻을 수 있는 정보를 교차로 제어나 사고감지 등에 이용하기 위한 연구도 진행되고 있다. 또 첨단도로교통시스템(IVHS)의 일부로 개발중인 ATMS (Advanced Traffic Management System)와 ATIS (Advanced Traveller Information System)에 화상감지 시스템을 응용하는 방안도 연구, 테스트되고 있다.²⁾

2. 국내 연구현황

우리 나라에서는 1990년대 이전에는 이 분야에서 발표된 연구결과나 논문이 거의 없었으며 그 이후에도 화상처리를 이용해 교통량을 추정하는 방법을 제시한 예³⁾는 있었으나 활발한 연구가 진행되지는 않았다. 그러나 최근 들어 우리나라에서도 이 분야에 대한 관심이 높아가면서 몇몇 연구소에서 연구 중에 있으며 실험적인 연구 논문과 보고서가 발표되고 있다. 여기서는 그 중 몇 가지 결과를 통해 우리 나라의 연구 현황을 살펴보고자 한다.

1) Neil Hoose, Computer Image Processing in Traffic Engineering, RSP, JOHN WILEY & SONS, 1991.

2) 〈예〉 미국 Michigan의 Oakland County에서 ATMS와 ATIS를 위한 FAST-TRAC 프로그램에서 화상감지시스템 중의 하나인 AUTOSCOPE를 이용하고 있다.

3) 이정도, Image Processing에 의한 交通量 測定 方法考察, 한국건설기술연구원 도로기술 자료집(상권), 1992.

간 및 차량길이 등을 계측할 수 있도록 하는 것이다. 둘째는 공간적인 교통정보인 차량군의 존재 및 상태를 파악할 수 있도록 하는 연구이다. 이것은 교통류 이론의 추종모형(car following model)에서와 같이 차선 변경을 고려하지 않고 하나의 차선을 분석 대상으로 하여 그 차선 내의 차량군의 존재 유무와 그 속도 그리고 대기행렬의 끝 등을 파악하고자 하는 연구이다. 셋째는 교통상황 내에서 개별 차량의 위치와 움직임을 추적하고자 하는 연구이다.¹⁾ 그 외 화상감지를 이용하여 자동차의 번호판을 인식할 수 있는 시스템도 연구·개발되어 있으며 이들 화상감지 시스템을 통해 얻을 수 있는 정보를 교차로 제어나 사고감지 등에 이용하기 위한 연구도 진행되고 있다. 또 첨단도로교통시스템(IVHS)의 일부로 개발중인 ATMS (Advanced Traffic Management System)와 ATIS (Advanced Traveller Information System)에 화상감지 시스템을 응용하는 방안도 연구, 테스트되고 있다.²⁾

2. 국내 연구현황

우리 나라에서는 1990년대 이전에는 이 분야에서 발표된 연구결과나 논문이 거의 없었으며 그 이후에도 화상처리를 이용해 교통량을 추정하는 방법을 제시한 예³⁾는 있었으나 활발한 연구가 진행되지는 않았다. 그러나 최근 들어 우리나라에서도 이 분야에 대한 관심이 높아가면서 몇몇 연구소에서 연구 중에 있으며 실험적인 연구 논문과 보고서가 발표되고 있다. 여기서는 그 중 몇 가지 결과를 통해 우리 나라의 연구 현황을 살펴보고자 한다.

1) Neil Hoose, Computer Image Processing in Traffic Engineering, RSP, JOHN WILEY & SONS, 1991.

2) <예> 미국 Michigan의 Oakland County에서 ATMS와 ATIS를 위한 FAST-TRAC 프로그램에서 화상감지시스템 중의 하나인 AUTOSCOPE를 이용하고 있다.

3) 이정도, Image Processing에 의한 交通量 測定 方法考察, 한국건설기술연구원 도로기술 자료집(상권), 1992.

가. 화상처리에 의한 교통류 해석 방법에 관한 연구⁴⁾

이 연구에서는 등급이 낮은 저가의 화상처리보드와 486PC를 기반으로 화상처리시스템을 구축하고 차량 감지를 위한 알고리즘과 소프트웨어를 구축하였다. 그리고 실측 교통류의 통계적 분석에 의해 감지차량의 기준을 설정하고 실시간적인 속도, 차두시간, 교통량, 점유시간을 분석할 수 있도록 하였다. 그리고 대구직할시 삼덕네거리와 경북대학병원 구간의 간선도로와 경부고속도로 경산-대구 구간에 대해 교통량 분석을 시행해 실측자료와 비교 분석하였다. 분석결과를 살펴보면 교통량 측정의 정확도가 95.9-97.5 %로 비교적 높은 정확도를 보이고 있다. 속도의 경우는 고속도로에서는 7-11km/hr, 시내에서는 1-1.8 km/hr 내외의 차이를 보이고 있으며 차두시간은 실측값과의 상관관계수(R)가 0.99로 높은 정도를 보이고 있다. 반면 점유시간과 차량길이 분석은 분석결과 낮은 정도를 나타내고 있다. 그리고 교통량 및 속도 분석에서 차량 앞부분 기준에 의한 분석이 차량 뒷부분 기준에 의한 분석보다 정확도가 높음을 제시하고 있다.

나. 영상처리에 의한 교통류 계측에 관한 연구⁵⁾

이 논문에서는 VISC(Video Information Sampler and Converter)를 이용해 입력 영상을 처리하고 처리된 영상을 미니컴퓨터를 이용해 분석하여 교통량을 측정할 수 있도록 하였다. 교통량의 측정은 차량의 대략적인 윤곽을 그린 후 그 윤곽의 선두부분을 인식하는 기법을 사용하였다. 그리고 통과차량대수의 계측 결과를 보면 1-2 %의 오차를 보인 것으로 나타나고 있다.

다. 영상처리 차량검지기 개발 및 효율성 평가에 관한 연구⁶⁾

이 연구는 화상감지시스템의 국내개발을 유도하기 위한 목적으로 수행된 것으로

4) 이종달, 이영욱, 대한교통학회지 12권 1호, 1994.

5) 황병윤, 교통학회지 12권 4호, 1994.

6) 장덕명 외, 도로교통안전협회, 1994.

로 현재 운영되고 있는 전자교통신호제어 시스템의 루프검지기를 대신하여 화상감지시스템을 설치하여 사용하는 방안에 관한 연구로 2차년 계획으로 되어있다. 상기 보고서는 본 연구의 1차년도 보고서로 계측 알고리즘 및 시제품 개발과 효율성 평가가 그 목적이다.

이 연구에서는 검지 지점 내의 화소들에 대한 분석을 기초로 차량을 검지·계측하는 알고리즘을 개발하였는데, 주간과 야간, 햇빛에 의한 반사와 그림자, 전조 등 불빛이 노면 반사에 의한 번짐 현상(bluming) 등 환경적인 영향을 제거하고 광학적, 전기적 잡음 등에서도 안정적 계측이 가능하도록 하였다.

이 연구에서 시제품으로 개발된 화상감지시스템은 시스템의 보완이나 확장성과 보수의 용이성을 높이기 위해 모듈별로 설계되었으며, 최대 8대의 카메라를 장착할 수 있고 최대 32(확장시 64)개의 검지기 출력이 가능하다. 또한 단독으로 교차로나 여타 도로상에 설치되어 중앙컴퓨터와 연결되어 작동이 가능하고 교통신호제어기와 함께 작동할 수도 있다.

시스템의 신뢰성 분석결과를 보면, 교통량의 경우 주간 및 야간 모두 약 10%의 오차를 보였으며 속도의 경우, 실측 속도가 13-14km일 때 속도오차가 주간과 야간에 각각 1km/hr와 0.3km/hr로 나타났다. 점유시간의 경우는 주간에는 실측값과 통계적으로 유의한 차를 보이지 않으나 야간에는 유의한 차를 보이는 것으로 나타났다. 그러나 두 값을 상관분석한 결과에 따르면 상관계수가 0.98로 높은 상관관계를 보이고 있어 보정계수에 의한 보정의 가능성을 나타내고 있다. 이 보고서에서는 이러한 결과를 토대로 화상감지시스템이 교통상황에 적용되어 루프검지기의 교통변수 계측기능을 대체할 수 있는 가능성을 보이고 있다고 평가하고 있다.

마지막으로 경제성 분석의 결과도 제시되어 있는데, 루프검지기와 화상감지시스템을 초기설치비용과 유지보수비용 측면에서 비교하였다. 루프검지기의 경우 증폭장치 2개, 휘더선의 길이 200m, 헤드의 수 8개로 가정했을 경우의 비용을 그리고, 화상감지시스템의 경우는 4대의 카메라가 9m의 지주에 설치되고 1대의 화상감지시스템이 설치될 경우의 비용과 화상감지시스템에 대한 고장률 및 유지보수 단가에 관한 통계자료가 없으므로 비슷한 장비로 볼 수 있는 CCTV와 지역

제어기의 고장률을 적용하여 유지보수비용을 산출하였다. 그 결과 10년간의 총 투입비용이 루프의 경우 70,308,000원으로, 화상감지시스템이 56,900,000원으로 각각 산출되어 화상감지시스템이 루프검지기에 비해 경제성이 있는 것으로 분석하고 있다.

앞의 세 가지 연구 결과는 모두 화상감지시스템의 시제품을 제작하고 교통량이나 속도 등 몇 가지 기본적인 측정이 가능한 알고리즘을 적용하여 실제 교통류에 대해 적용한 결과를 제시하고 있다. 그러나 이들 연구에서 개발된 하드웨어나 알고리즘은 아직 실용화와는 많은 거리가 있는 것으로 판단된다. 처음의 두 논문은 학문적인 연구로 컴퓨터에 영상보드를 추가하는 정도의 간단한 하드웨어 구성으로 차량검지 알고리즘을 개발·테스트 하였는데, 이 과정에서 차량검지에 중대한 영향을 미치는 일조조건이나 기상상태에 대한 고려가 전혀 없고 테스트 자체도 충분치 못하여 그 결과의 신뢰성이 떨어진다. 마지막 세 번째 연구 결과의 경우는 화상감지시스템 자체적으로 자료를 처리·저장하고 외부와의 통신이 가능하도록 설계하고 설치시 환경사양까지 고려하여 현실적으로 이용 가능한 형태의 하드웨어가 구축되었다. 또한 교통변수 계측을 위한 알고리즘의 개발에 있어서도 주간과 야간의 서로 다른 상황을 고려하고 전조등이나 그림자의 영향 등을 고려하여 좀 더 발전된 알고리즘을 구현하였다. 그러나 이 연구에 있어서도 일조조건에 대한 좀 더 세분된 연구가 필요하며, 기상상태에 대한 고려는 되어있지 않다.

종합해 보면, 화상감지시스템에 대한 우리 나라의 연구는 아직은 실용화와는 거리가 있는 상태로 실험적인 연구가 수행되고 있는 단계로 보여진다. 따라서 효율적인 영상처리 하드웨어의 구축과 검지의 정확도를 높일 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 보인다. 그리고 화상감지시스템은 루프검지기의 대체기능 뿐 아니라 대기행렬의 파악, 혼잡상태 및 사고의 감지, 개별 차량의 추적 등 다양하게 응용될 수 있으므로 이에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.⁷⁾

7) 화상감지기의 개발 및 이용을 위해 필요한 연구 과제에 관해서는 뒤에서 좀더 구체적으로 다룬다.

3. 외국 연구현황

화상감지시스템에 관한 제 외국의 연구추이를 살펴보면 1970년대에 시작되어 컴퓨터의 급속한 발전과 더불어 1980년대 중반을 지나면서 활성화되었는데 미국, 영국, 벨기에, 일본 등에서 관련 연구 논문이 다수 발표되고 있으며 이들 시스템 중에는 시제품 단계를 지나 몇몇 상용화된 제품도 발표되었고 ATMS의 일부로 채택되어 설치·실용화되고 있는 제품도 있다.

제 외국의 연구분야는 크게 세 가지 방향으로 이루어져 왔다. 첫 번째는 화상감지시스템을 통해 교통량측정, 평균속도, 차두간격, 점유율, 차량길이에 관한 자료를 수집·처리함으로써 기존의 루프검지기의 역할을 대신할 수 있는 기능을 부여하는 방향으로의 연구, 두 번째는 공간적인 교통정보인 차량군의 유무 및 상태를 파악할 수 있도록 기능을 부여하는 방향으로의 연구, 마지막으로 어떠한 교통상황 하에서 개별 차량의 위치와 이동행태를 추적할 수 있는 기능을 수행하는 방향으로의 연구 등을 들 수 있다. 이와 같이 대별된 세 가지 분야별로 제 외국의 연구현황을 살펴보면 아래와 같다.

가. 화상감지시스템에 루프검지기를 대신할 수 있는 기능을 부여하기 위한 연구

먼저 화상감지시스템에 기존 루프검지기의 역할을 대신할 수 있는 기능을 부여하는 방향으로의 연구는 영국의 Dickinson과 Waterfall에 의한 TRIP system(1984), 오스트레일리아의 Dods에 의한 VADAS system(1984), 미국 Michalopoulos에 의한 SCAN(1986), Rourke와 Bell의 TULIP system(1988), Versavel 등에 의한 CCATS system(1989) 등이 있는데, 이들의 개발현황을 나라별 또는 주요 시스템별로 살펴보면 다음과 같다.

1) 벨기에의 연구

Catholic Univ. of Leuven의 Theuwissen 연구팀은 1980년에 차량의 속도와 차두간격을 계측할 수 있는 장치를 개발하였다. 카메라는 도로 위에 수직으로 설치

하도록 고안되었고, 차량이 화면을 지나면 마이크로프로세서는 연속적인 프레임의 변위를 계측하여 차량속도를 계산한다. 차량길이는 화면경계를 통과하는 경과 시간과 속도를 통해 산정하는데, 이 결과는 전화선을 통해서나 혹은 직접적으로 소형컴퓨터에 전해진다.

시스템의 정확도는 모형자동차(비율 1:32)를 통해 시험하였는데, 속도는 실제 속도와 비교하여 1.4%—4.0%의 오차를 보였으나, 차량속도가 느려질수록 오차는 더욱 커지는 것으로 분석되었다.

이 시스템은 교통량 계측을 루프검지기와 비교하여 시험했으며, 또 측정속도별 차이에 따른 평균과 표준편차도 함께 산정할 수 있는 기능을 내포하고 있다. 그리고 맑은 날, 바람부는 날, 비오는 날 등 여러 환경조건에서도 시험한 결과, 좋은 날씨의 경우 그 정확도에 있어서 주목할만한 효과가 있음을 보여 주었다. 10,000lux 이상의 좋은 조건에서는 과소계측되는 경우가 10% 이하이고, 루프검지기와 비교하였을 때도 95% 이상의 결과가 도출되었는데, 평균속도의 차이는 2km/h 이하이나, 표준편차는 종종 7.5km/h를 상회하였으며, 기상조건이 나쁜 경우에는 결과가 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

2) Trip Research using Image Processing (TRIP) 시스템

TRIP 시스템은 영국 맨체스터의 UMIST와 서필드 대학의 공동 연구팀을 이끌고 있는 Dickson과 Waterfall에 의해 1984년에 개발되었다.

초기에는 시스템 개발을 위한 여러 가지 주요한 문제점들을 해결하기 위해 현장에서 직접 화상자료를 얻는 것이 아니라 비디오테이프를 촬영하여 실험실에서 분석하는 방법으로 이에 따른 시스템의 설계 및 개발에 초점이 맞추어졌는데 이는 기존 이용 가능한 기술의 제한조건으로 실시간 온라인 분석방법이 비경제적이었기 때문이다. 따라서 이러한 제한적인 요인에 대처할 수 있고, 그에 알맞은 교통자료 수집을 위한 알고리즘의 개발과 시스템의 설계에 초점이 맞추어졌다.

그 결과 1초당 8 프레임의 속도로 처리를 할 수 있는 시스템의 개발로 현장시험을 시행하였는데, 여기에 사용한 시스템의 구성은 두 차선의 차량을 검지할 수 있도록 설정되었다. 30분간의 시험을 통해 차량검지의 정확도를 계산해 본 결

과, 89% 정도로 분석되었는데. 정확도가 이렇게 떨어지는 가장 큰 이유는 차량의 그림자가 인접차선에 영향을 미쳐 그 그림자를 차량으로 오인한 결과에 기인한 것이었다.

이후 이 시스템은 개선과 더불어 영상을 1초당 60 프레임의 속도로 처리할 수 있게 되었다. 이 시스템을 가지고 비디오테이프를 통한 실험실에서의 시험으로 보다 정밀한 정확도를 분석할 수 있게 되면서 기존 이 시스템의 주기능인 교통량 측정 이외에도 속도, 차량길이 등의 자료를 추가로 획득할 수 있게 되었다. 시험장소로는 주로 도시지역의 T형 교차로와 고속도로를 선정하여 이루어졌는데, 그 결과 두 장소에서 모두 1% 이하의 오차를 보였으며, 속도측정의 평균오차는 0.1% 이나 임의오차는 도시지역과 고속도로에서 각각 13%와 22%로 분석되었다.

초기의 TRIP 시스템은 그 당시 기술의 제한성에 기인하였으나 현재는 화상분석 하드웨어의 개선으로 더욱 나아지고 있다. Dickinson과 Wan은 1989년에 MATROX NVP-AT 고속 화상처리보드를 결합하여 INTEL 80386에서 운용되는 TRIP II 시스템을 개발하여 현재에 이르고 있다.

3) VADAS 시스템

VADAS 시스템은 오스트레일리아의 Australian Road Research Board에 근무하는 Dods에 의하여 개발되었다. 이 시스템은 운영자가 화면상의 특정한 지점들을 지정하고 이 지점을 어떤 차량이 통과할 때 출력을 내도록 고안되었으며, VTR을 이용하여 실제현장이 아닌 실험실에서도 작동하도록 설계되어있다.

분석자료는 일련의 루프검지기에서 생성되는 것과 동일하게 생성되도록 되어 있으며, Australian Road Research Board는 the Vehicle Detection Data Acquisition System (VDDAS)으로 화상감지시스템 내에 소장된 소프트웨어를 이용해 자료를 분석했는데 시험결과, 맑은 날씨에 일상적인 교통조건 하에서 VTR을 이용해 분석했을 때, 차량검지에 있어서 97%의 정확도를 보였으며, 이 시스템에서 VTR을 빼고 직접 카메라와 이 시스템을 연결해 신호대잡음을 줄임으로써 온라인 분석이 가능하다. 이 시스템의 장점은 교통류 상에서 차량간의

작은 간섭에 상관이 없으며, 또 운전자의 행동과 무관하게 자료를 수집할 수 있다는 점이나 차량접침, 그림자, 반사 등의 문제는 여전히 차량분류와 차량추적에 가장 큰 장애요인이 되었다.

이 시스템의 정확도 분석은 Bohnke와 Pfannerstill에 의해 1986년에 수행되었는데, 이 보고서에 따르면 이 시스템은 루프센서로부터 나오는 자료와 거의 유사한 결과가 도출된 것으로 보고되었다.

그리고 Wigan과 Cullinan은 1987년에 화상감지시스템의 사용범위 확대에 관한 논문을 발표하였는데, 이에 따르면 실험실 내의 시험에서 이 시스템은 상용화가 가능한 것으로 판명되었으나 실제로 현장에서 사용할 수 있는 시스템은 만들어지지 않았다.

4) TULIP 시스템

TULIP(Traffic Analysis Using Low-cost Image Processing) 시스템은 1988년에 Newcastle-upon-Tyne 대학의 Rourke와 Bell에 의해 개발되었다.

이 시스템의 하드웨어로는 화상처리보드를 AT 확장버스에 연결한 IBM PC AT 마이크로컴퓨터를 사용한다. 그리고 이 시스템의 운영은 화면상에 나타난 도로의 일정구간에 두 개의 측정지점을 위치시키고 그 구간을 통과하는 차량을 계측하도록 하였다. 또한 두 측정지점에서 차량간 차두가 지나가는 시간차이를 가지고 차량속도와 차두간격 등을 구할 수 있도록 하였다. 분석자는 분석에 용이하도록 적절한 측정지점의 위치를 결정해야 하고, 이들 측정지점 사이의 실제거리를 입력시켜야 한다. 특히, 이 시스템은 기존 정해진 측정지점을 다시 조정하지 않고도 운영할 수 있도록 하여 측정시간대를 연장시켰다는 점에서 주목할 만하다.

5) CCATS

Camera and Computer-Aided Traffic Sensor (CCATS)는 Catholic Univ. of Leuven의 Versavel 연구팀이 1989년에 그간에 연구된 시스템을 근간으로 상용화할 목적으로 개발하였다.

측정대상 자료는 CCTV를 통해 입력된 한 차선에 대해 분당 차량수, 평균속도, 평균차량길이, 평균 차두간격 등을 생성하고, 이를 이용해 점유율을 계산하도록 하였으며 여기서 도출된 자료는 주기적으로 전화선을 이용하여 통제소 및 자료 수집 센터로 보내지도록 고안되었다. 이 시스템의 운영자는 그 자료를 몇 초 후에 전체 스크린 화면으로 볼 수 있도록 설계되어 있다.

이 시스템을 이용한 자료분석은 벨기에의 주요도로 중 하나인 Antwerp 순환도로를 따라 1965년부터 설치하기 시작하여 1994년까지 209대의 CCTV를 설치하였는데, 이를 이용하여 차량혼잡을 감지하기 위해 1988년에 4대의 CCATS를 설치하여 시험적으로 운영하였다. 이 프로젝트는 화상감지시스템을 이용하여 일반적인 교통 자료수집 이외에도 차량의 혼잡 등을 감지하여, 이 시스템을 특정지역에 가변정보를 줄 수 있는 정보판에 VMS(Variable Message Sign)가 가능하도록 하는 데 주목적이 있었으며, 이후 추가로 Antwerp 순환도로상에 30대의 CCATS가 설치되었다. Antwerp 순환도로 상의 Kennedy 터널과 Creybeckx 터널에도 모두 40대의 CCATS를 설치, 터널입구에서 운전자에게 사전 교통정보를 제공할 수 있도록 하였다.

위의 시험 결과를 살펴보면, 먼저 교통량 측정에 있어서는 5%이하의 오차를 보여 아주 신뢰할만한 결과를 얻었으나, 점유율의 경우는 저밀도 교통량을 갖는 경우에는 낮게 측정되는 단점이 있는 것으로 분석되었다. 터널 안에서의 시험도 터널 측벽에 카메라를 설치하여 자료를 취득하였는데 분석결과 카메라 설치높이가 낮은 기인하는 오류가 발생하는 것으로 분석되었다.

1992-1993년에 시행한 보다 자세한 시험의 결과가 European Advanced Traffic Telematics 프로그램의 EURO-TRIANGLE 프로젝트에 보고되었는데, 내용은 다음과 같다. 첫째, 교통량 검지에 있어서 차선간의 자료는 카메라에 가까울수록 정확하다는 점. 둘째, 차량의 겹침현상이 오차의 주요한 원인인데 이는 속도 측정정보는 교통량 측정에 더 큰 영향을 끼친다는 점. 마지막으로 3차선까지는 혼잡감지에 있어 신뢰할 만하다는 점이었다.

이상에서 설명한 시스템들에 대해 정리해보면, 유럽에서 개발된 CCATS만이 유일하게 온라인으로 실제 현장자료를 수집하도록 되어있고 그 밖의 시스템들은

모두 VTR을 통해 녹화한 자료를 실험실 내에서 처리하도록 설계되어 있다.

분석자료별 정확도면에서 살펴보면 TRIP 시스템이나 CCATS 시스템이 우수한 것으로 평가되었는데, 이들 시스템별, 자료항목별로 시험자료의 정확도를 비교해보면 다음 표와 같다.

〈표 3-1〉 루프검지기를 대신하는 기능의 화상감지시스템 시험결과 비교

		정 확 도 (%)		
		교 통 량	속 도	점 유 율
VADAS 시스템		97	-	-
TRIP 시스템	도 시 부	99.2	92.1	86.8
	고속도로	99.0	83.1	74.4
일본의 연구		>94	97	90-95
TULIP 시스템		91-99	-	-
CCATS 시스템		96	94-92	96

이들 시스템을 구성체계별로 살펴보면, 화면 안에 반사가 많거나 조도의 변화가 빠른 경우를 제외하고는 교통량측정에 있어서 정확도가 높았으며, 속도측정에서는 대체적으로 평균속도는 정확하게 도출되지만 여러 조건들 하에서 개별차량의 속도측정은 시스템별로 그 특성에 따라 다소간의 차이를 보였다.

이상의 시스템들이 여타 검지기와 비교하여 나타난 공통된 장점은 설치와 유지, 사용에 융통성이 있다는 점이다. 그리고 루프검지기의 경우는 동작의 오류여부를 검사하기 어려운 반면에, 화상감지시스템은 수작업에 의한 분석이나 VTR을 이용한 화면의 재생방법을 이용하여 작동의 오류여부를 감지할 수 있다는 점이다. 다만, 이 부분에 있어 적외선검지기나 초음파검지기도 화상감지시스템과 경쟁이 될만하나, 두 검지기 모두 자료취득의 범위는 화상감지시스템에 못 미친다. 따라서 화상감지시스템은 다양하고 광범위하며 보다 더 중요한 정보를 얻는데 사용될 수 있다는 가능성을 내포하고 있다고 판단된다.

나. 공간적인 교통정보인 차량군의 존재 및 상태를 파악할 수 있도록 기능을 부여하는 방향으로의 연구

화상감지시스템을 통한 차량군의 존재 및 상태를 파악할 수 있도록 하는 연구에는 스웨덴의 Abramczuk에 의해 개발된 SYDAT 시스템인 사고감지 알고리즘(1984)과 일본의 Kudo 등에 의한 TMS-II(1983), 미국 Michalopoulos 등에 의해 개발된 사고감지시스템 연구 등이 있다.

여기서는 고속도로에서 동적인 교통류를 감지하기 위해 개발된 스웨덴과 일본의 두 가지 알고리즘에 대해 설명한다. 먼저, 스웨덴에서 개발된 시스템(Abramczuk, 1984)은 주로 사고의 감지를 위한 센서에 초점이 맞추어져 있고, 일본에서 개발된 시스템(Kudo 외, 1983)은 전산화된 교통통제시스템에서 사용 가능한 자료들로 개선시키기 위해 고안되었다.

두 시스템 모두 한 차선을 대상으로 고안되었고 차선변경은 없는 것으로 가정하였다. 알고리즘의 목표는 한 차선을 따라 동적인 교통류를 감지할 수 있는 방법을 제공하는 것이며, 다차선의 경우는 같은 방법으로 여러 차례 반복하며 수행하도록 설계되어있다.

1) SYDAT 시스템

고속도로에서의 동적인 교통류분석을 위한 비디오시스템에 관한 연구는 1984년에 Instrumentation Laboratory of the Sweden Royal Institute of Technology에서 수행되었다. 카메라는 23-230m 까지 접안할 수 있도록 도로 위에 설치되었으며, 교통류의 주방향과 상위하여 방향인지가 불투명한 차량까지도 조사가 가능하도록 설계되어있다.

여기서 개발된 알고리즘은 차량이 검지영역을 벗어나는 경우와 차량이 차선을 바꾸는 경우, 그리고 차량이 다른 차량에 의해 화면상에 출현여부가 모호한 경우에는 그 적용이 불가능하다.

그러나 동적인 교통류 분석을 위한 프로그램은 이러한 상황도 인식하여 충분한 정보를 제공할 수 있어야 하며, 다만 예상하지 못한 결과를 보이더라도, 예를

들면 차량의 속도가 급격히 변하는 경우도 시스템 자체의 오류를 인지하고 시스템을 다시 초기화하여 재구성할 수 있어야 한다. 따라서 이러한 문제의 해결을 위해 개선된 알고리즘은 대기행렬이나 심각한 정체가 발생하는 경우, 대기행렬은 동일한 하나의 차량(예를 들어 아주 긴 차량)으로 간주하고 이들을 추적하여 실제 현장의 동적인 교통류 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

이 개선된 알고리즘은 네덜란드의 A13 고속도로에서 촬영한 화상자료를 실험실에서 시험하기 위하여 13.8 m 높이에 카메라를 설치하고 카메라로부터 75-500m 까지의 도로를 접안하여 감지하도록 하고, 컴퓨터 감지영역은 카메라로부터 150-350m 까지의 구간으로 설정하였다. 비록 1초당 4프레임의 상대적으로 낮은 처리속도로 인해 실제적인 추적이 어렵기는 하지만—특히 카메라로부터 멀리 떨어진 차량의 경우—실험실에서의 분석결과는 아주 좋아서 100%의 감지율을 보였다.

이후의 계속된 연구를 통해 Abramczuk과 Bielik은 1989년에 SYDAT 감지 시스템을 보다 실제상황에 대처할 수 있도록 개선하였으며, 운영자에 의해 카메라가 회전할 수 있도록 하였고, 도로의 구배로 인한 오차를 보정할 수 있도록 하였다.

영국의 Rourke, Hoose와 Bell과 같은 연구자들은 1990년에 Fast Fourier Transform (FFT)을 사용하여 차량과 모호한 불빛을 차별화하고 그를 통해 대기행렬상의 차량을 감지할 수 있도록 하였다.

12m 높이에 카메라를 설치하여 낮은 혹은 중간 정도의 밀도로 동적 상태에 있는 교통류를 대상으로 시험하였을 때, 주간에는 97%의 정확도를 보였으나 일단 감지 한 차량을 추적하는데 발생한 오차는 9%로 비교적 큰 오차를 보였다. 연구자들은 차량검지와 추적에 있어서의 오차가 주로 인접차량에 의한 겹침현상에 의해 생기는 것으로 결론을 내렸으나 속도측정에 관해서는 특별히 연구하지 않았다.

2) 일본의 연구

일본의 연구는 Kudo 외의 연구진들이 1983년에 개발한 TMS-II 시스템이 대표

적이며 이는 알고리즘에 필요한 파라메타의 수가 너무 많다는 단점이 있다. 그리고 이 파라메타 값들을 결정하는 방법론상의 문제가 내재되어 있으며, 개개 값들의 수치적 해석에 관한 부분도 불명확하며, 또 차선을 벗어나는 대형차량을 어떻게 처리할 것인가도 불명확하다.

위의 두 시스템은 모두 동적인 상태에 있는 교통류의 정확한 자료의 수집보다는 교통통제를 위한 관측에 초점이 맞추어져 있다는 점에서 의의를 찾을 수 있으나 자료수집측면에서는 다소 정확도가 떨어진다. SYDAT 시스템의 시험 결과를 보면, 중간 혹은 낮은 교통량에서는 아주 고무적인 결과를 보이거나 높은 교통량에서는 알고리즘 상의 기능에 다소 의심의 여지가 없지 않다고 볼 수 있다. 이들 시스템 상에서 오류의 가장 큰 원인은 인접차량과의 겹침현상 때문인 것으로 분석되었다.

또한 두 시스템 모두 혼잡상태나 대기행렬상태에서의 차량의 행태를 묘사하는 적절한 방법을 제공하고 있지 못하는 단점이 있다. 이는 대기행렬의 끝점을 추적할 때, 교통류 진행방향의 상류로 추적해야하는데, 이 경우 화면을 벗어나게 되므로 그 추적의 한계성의 문제점이 내재되어 있다. 대기행렬의 관측에 있어서 개개의 차량은 차량이 출발하기 전에 일정한 간격을 두고 그로 인해 차량군이 분리되는 것으로 인식하게 하도록 하고 있으며 동일한 차량군으로 인식하게 하는 것은 알고리즘상 복잡한 일로 아직 미결의 과제이다.

다. 개별 차량의 위치와 움직임을 추적할 수 있는 기능을 부여하는 방향으로의 연구

교통상황 내에서 개별 차량의 위치와 동적인 상태를 감지하고자 하는 연구는 미국의 Hilbert 등에 의해 시작되었으며(1979), 영국에서는 Hoose와 Willumsen 등이 CLIP이라는 병렬처리장치를 이용하여 연구하였으며(1987), 프랑스에서도 Beucher(1987), Blossville(1989) 등에 의해 연구가 시작되었으며 최근에 들어와 이 분야의 연구가 각국에서 활발히 진행되고 있는 실정이다.

교통류의 각종 정보를 현장에서 조사하는 여러 방법 대신에 최근에 경제적이고 정확도 측면에서도 신뢰성이 높은 화상감지시스템을 이용하여 실제상황을 모

사할 수 있는 다양한 기법이 개발되고 있는데 이제까지의 연구를 토대로 현재 상용화된 제품들이 속출하고 있다. 미국 Image Sensing System인 Autoscope, Golden River Traffic Ltd.의 IMPACTS, 프랑스 VELEC(Titan Inrets)의 Tristar, TRAFICON의 CCATS와 CCIDS, 일본 Sumitomo Electric Ltd.의 IP system 등이 있으며, 이외에도 10가지 이상이 현재 개발중이거나 시험중에 있는 것으로 알려져 있다. 이들 상용화된 제품들을 보면 교통량이나 속도측정 등 루프검지기의 역할을 대신하기 위한 기능을 갖추고 있으며 3종 정도의 차종구분 능력이 있고 제품에 따라 대기행렬의 길이, 혼잡이나 사고감지, 차량추적(Vehicle Tracking)기능도 보유하고 있다. 또한 이들 제품에 대한 신뢰도와 관련하여 많은 테스트 자료가 발표되고 있는데, 다양한 조건하에서 루프검지기와 대등한 신뢰도를 보이고 있어 교통 현장에서의 이용가능성과 유용성이 있음을 나타내고 있다.

이상에서 언급한 시스템들을 포함해서, 현재 전세계적으로 개발중이거나 기개발된 화상감지시스템의 현황을 시스템 개발에 참여한 조직이나 기관별로, 그리고 제품별로 모두 살펴보면 <표 3-2>에서 보는 바와 같다.

이 중에서 특별히 많은 연구결과가 나와있는 AUTOSCOPE 시스템에 대해서 살펴보면, AUTOSCOPE 시스템은 Image Sensing System(ISS)이 미네소타 대학과 공동으로 1984년에 개발하였다. 이 시스템은 최대 4대의 카메라나 videotape를 통해 입력되는 영상을 분석하여 교통량, 속도, 점유율, 차두간격, 차종구분 등의 교통변수를 측정하게 된다. 이렇게 측정된 자료는 교차로의 신호제어기와의 통신을 통해서 신호주기 설정에 이용될 수도 있다. 그 밖에도 고속도로 램프구간에서의 진입차량 통제(ramp metering)나 터널이나 교량에서의 교통변수 수집, 갓길에 있는 차량이나 정지된 차량의 인식을 통한 사고감지의 기능 등을 수행할 수 있다.

이 시스템의 교통변수 계측의 정확성과 신뢰성 등을 검증하기 위한 현장시험을 미국의 Interstate 394 고속도로에서 시행한 결과, 교통량 계측에 있어서는 주간 98%, 야간 94%의 정확도를 보였다. 1988년 이후에는 미네소타 교통관제센터(Mn/DOT Traffic Management Center)의 카메라를 통한 온라인 분석도 시험하였고, 또한 1992년부터는 Michign의 Oakland County에서 시작된 ATMS와 ATIS

를 위한 FAST-TRAC 프로그램의 일부로 설치되어 운영되고 있다. 그 외에도 화상감지시스템을 이용한 자동사고감지알고리즘(AIDA, Automated Incident Detection Algorithm)에 관한 시험도 이루어졌다. 사고감지의 경우는 두 번의 시험을 걸쳐 98.5%의 정확도를 보였다.

〈표 3-2〉 개발중이거나 기개발된 화상감지시스템의 현황

기관/조직명	제 품 명	현 황
Image Sensing Systems	Autoscope 스페인 - SICE 영 국 - McCue 미 국 - Econolite	상용가능
SIEMENS-PLESSEY	Artenis	1992년 착수
PEEK Traffic Ltd.	VistaScan	1992년 착수
Golden River Traffic Ltd.	IMPACTS	상용가능
VELEC(Titan Inret)	Tristar	상용가능
ELIOP	EVA/ARGOS	시 제 품
SIAT	Neurone	개 발
Univ. of Kaiserslautern	DIVA system	개 발
Univ. of Reading	Prof Keith D Baker	-
New Castle Upon Tine	Divers Image Proc	-
Hughe Aircrafts	Hughes	-
SIEMENS Munchen	Classification using Imaging Processing	-
	Traffic Analysis	
Image Recognition Systems	-	번호판인식
SILEC France	Silec	-
Traffic Tracker	-	-

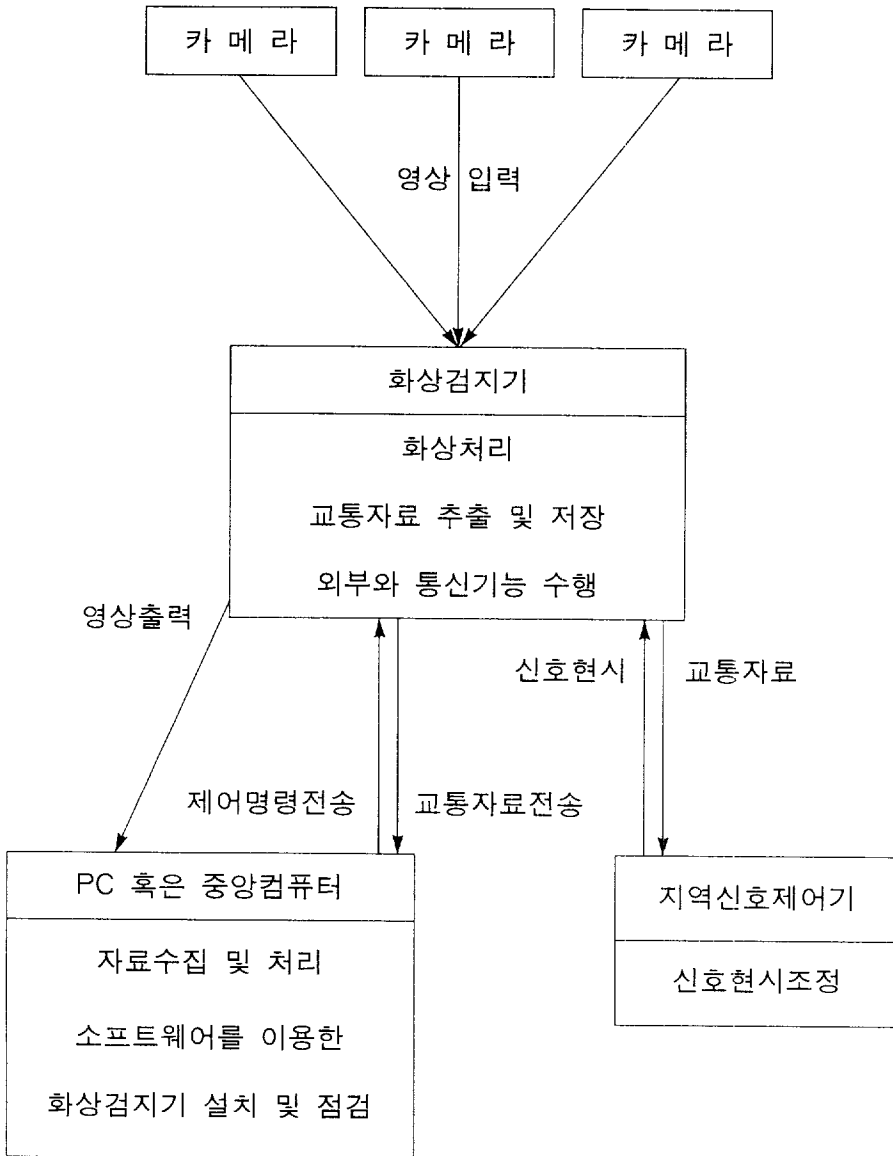
기관/조직명	제 품 명	현 황
Institute Robert BOSCH	IRB	개 발
Simulation Systems Ltd.	Stopped Traffic Monitor	-
TRAFICON	CCATS	상용가능
	CCIDS	
	VIC	
Sumitomo Electric Ltd.	IP system in Tunnels JAPAN	상용가능
Philips Automation S.p.A.	SBIP-II	번호판 인식

IV. 화상감지시스템의 구성 및 특성

1. 개 요

화상감지시스템은 화상처리 기술을 이용하여 교차로 및 도로상을 통행하는 교통류의 특성변수인 교통량, 속도, 점유시간, 차두시간, 차종 등을 계측하는 검지장치이다. 이것은 기존에 교통정보의 계측장치로 많이 이용되고 있는 루프검지기 와 대등한 기능을 갖고 있으며 그 외에 추가적인 기능을 수행할 수 있는 장치이다. 현재 제작되어 연구목적 또는 실제로 이용되고 있는 화상감지시스템을 통해 이러한 화상감지시스템의 일반적인 기능 수행과정을 살펴보면 다음과 같다.

화상감지시스템은 비디오 카메라에 의해 입력되는 영상을 이용하여 계측 및 분석을 수행하게 되는데, 화상감지시스템에 입력된 영상은 감지기 내의 화상처리 장치에 의해 계측을 위해 필요한 처리를 거쳐 필요한 교통자료를 계측하게 된다. 이때, 비디오 영상을 이용하는 화상감지시스템의 특성상 교통계측의 신뢰도는 시간대별 조도의 변화 (주간, 일몰시, 일출시 및 야간), 기상상태의 변화 (날씨, 먼지, 흐린 날, 반사, 비, 눈, 안개), 교통상황 (혼잡, 정체) 및 잡음 (반사, 그림자, 진동) 등을 포함하는 모든 조건의 영향을 받게 되므로 각각의 상황에 맞는 알고리즘에 따라 영상을 처리하게 된다. 계측된 교통자료는 화상감지시스템 자체의 기억장치에 저장될 수도 있으며 감지기과 연결된 외부장치(신호제어기나 중앙 컴퓨터 등)로 자료를 전송하게 된다. 또한 연결된 컴퓨터에 현재의 영상과 설치된 가상검지기 등의 자료를 전송하여 중앙에서 현재의 검지 상황을 점검하고 검지기를 추가로 설치하거나 수정하는 등의 작업을 할 수 있도록 한다. 컴퓨터로 전송된 계측자료의 처리나 영상을 통한 가상검지기의 설치 및 점검 등 화상감지시스템에 대한 제어는 컴퓨터의 프로그램을 이용하여 수행하게 되며, 이러한 제어명령은 화상감지시스템으로 전송되어 감지기내의 처리장치에 의해서 수행된다.



〈그림 4-1〉 화상감지기의 기능수행과정

2. 화상감지시스템의 구성

화상감지시스템은 교통현장을 입력하는 카메라장치, 입력된 교통현장을 포착하는 화상처리장치, 포착된 영상을 전처리하는 디지털 신호처리장치, 마이크로프로세서를 이용하여 전체 시스템을 제어하고 알고리즘을 수행하는 프로세싱장치, 그리고 알고리즘을 처리하기 위한 소프트웨어 부분으로 구성된다. 그리고 교통계측 및 시스템 제어 프로그램이 내장된 ROM과 이 프로그램이 수행되기 위하여 데이터를 보관하는 RAM을 가지고 있으며, 사용자가 손쉽게 시스템 제어변수 및 검지영역을 설정하고 계측데이터를 확인할 수 있도록 하는 주변장치(키보드, 마우스, 모니터 또는 컴퓨터)와 교통신호제어 시스템과의 통신을 위한 인터페이스장치로 구성된다.

카메라는 교통현장에서 인입되는 빛신호를 영상처리를 위한 전기적 신호로 변환하여 화상처리장치로 입력해 주는 역할을 하는 장치이다. 화상감지시스템은 교통자료의 계측 및 분석에 있어서 카메라를 통해 입력된 영상을 이용하게 되므로 이 영상의 질적 저하는 계측 결과의 신뢰도에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 카메라의 선택은 매우 중요한 문제이다. 최소한의 카메라 사양은 중급 해상도 이상의 흑백 또는 칼라 카메라로 자동이득, 자동 조리개, 자동감도, 절대흑레벨 기준 조절기능을 가져야 한다. 이득, 조리개, 그리고 감도는 야간에 물체의 상이 흐려지는 것을 방지하기 위해 필요하다. 고체촬상소자(CCD, Charged Coupled Device) 카메라를 사용하는 것이 권장되고 있는데 이는 CCD 카메라가 수명이나 소비전력, 햇빛의 영향, 온도의 영향 등에서 유리하고 sensor의 성능도 우수하기 때문이다.

카메라 자체의 성능과 함께 영상의 질에 영향을 미치는 것이 카메라의 설치 위치이다. 잘못 설치된 카메라의 위치는 영상에서 차량들의 맞물림 현상을 발생시켜 계측의 정확도를 떨어뜨리게 된다. 또한 영상의 변형에 의해 속도와 차량길이(차종)도 부정확한 값을 구하게 된다. 카메라의 위치 결정에서 중요한 것은 카메라의 높이와 경사 그리고 도로와의 상대적인 위치이다. 일반적으로 교통계측에 좋은 영상을 얻기 위해서는 카메라의 높이는 높을수록 좋고 경사도 큰 것이 좋

다. 그리고 도로에서의 설치위치는 분석대상 도로의 바로 위에 설치하는 것이 가장 좋으나 이렇게 설치할 수 있는 경우는 도로의 고속차선 쪽에 설치하는 것이 저속차선 쪽에 설치하는 것보다 좋은 영상을 얻을 수 있다. 그 외에 카메라의 방향은 햇빛의 영향을 직접 받지 않도록 설치해야 하며 진동이 발생하지 않도록 해야한다. 따라서 카메라의 설치는 이러한 사항을 고려하면서 분석대상구간의 차선수와 길이 등에 맞게 설치되어야 한다.

화상처리장치는 카메라로부터 영상을 입력받아 처리하는 장치이다. 화상처리장치는 모니터와 접속되어 모니터에 교통현장을 디스플레이 하기 위하여 사용되거나 검지영역 설정 및 차량 영상 포착을 위하여 사용된다. 디지털 신호처리(DSP) 장치는 포착된 영상을 교통 계측 및 분석에 이용하기 위해 전처리를 하는 장치로, 영상잡음제거, 필터링 작업 등을 수행한다. 즉, 입력된 영상으로부터 날씨나 일조 조건의 영향, 그림자영상 등 불필요한 요소들을 제거시킨다. 신호처리보드에서 전처리된 결과는 프로세싱보드로 전송된다.

프로세싱장치는 전체 시스템을 제어하여 영상을 처리하고 교통 계측 및 분석을 수행한다. 이를 위해 각 화상처리보드로 들어오는 영상을 스위칭 제어하고 처리 각각의 영상 및 수행 작업에 맞는 알고리즘을 수행하게 되는데, 이 과정에서 데이터량이 방대한 영상을 실시간으로 처리해야 하기 때문에 고속 중앙처리장치 칩을 사용한다. 이러한 시스템 제어 프로그램은 내장된 ROM에 저장되며 계측된 자료는 RAM에 저장되거나 통신장치에 의해 외부에 전달된다.

화상감지시스템은 환경의 변화가 심한 도로변에 설치되므로 온도 및 습도의 변화에 강하고 내구성을 갖는 반영구적 반도체소자를 주로 이용하여 회로가 구성되며, 또 과전압, 낙뢰 등에 의한 손상을 최소화하도록 보호회로를 포함시켜 모든 환경 조건에서 높은 신뢰도를 갖도록 설계 되어야한다.

화상감지시스템은 교통신호제어기와 함께 동작될 수도 있고 또 단독으로 교차로나 여타 도로상에 설치되어 중앙컴퓨터와 연결되어 동작이 가능하다. 통신인터페이스는 이러한 외부와의 자료 및 제어명령의 전송과 수신을 위한 연결장치로 RS232C PORT등이 사용된다. 화상감지시스템은 검지영역별, 시간대별로 계측 교통정보를 자료화하여 기억할 수 있으며, 중앙컴퓨터의 요청에 의해 누적된 교통

정보의 모든 자료를 업로드(Up-Load)할 수 있는데, 외부 제어 컴퓨터와 연결되어 동작될 때는 모뎀을 통하여 컴퓨터를 통해 사용자가 요청하는 시간간격(1분, 5분, 15분, 60분 등)에 따라 계측 자료를 전송하게 된다.

화상감지시스템과 연결된 중앙컴퓨터에서는 사용자가 화상감지시스템으로부터 전송되는 영상과 가상검지기가 중첩된 화면을 통해 현재의 검지상황을 점검할 수 있으며, 교통상황을 육안으로 확인할 수도 있다. 또한 컴퓨터 프로그램을 통해 가상검지기를 추가로 설치하거나 설치된 검지기에 수정을 가하는 등의 작업을 할 수 있다. 사용자의 이러한 제어명령은 연결된 통신선을 통해 화상감지장치에 전달되어 수행되게 된다. 그리고 컴퓨터에서는 별도의 프로그램을 통해 화상감지장치로부터 전달되는 자료를 원하는 형태로 처리하여 저장할 수 있으므로 이러한 자료를 다른 분석에 사용할 수도 있게 된다.

3. 화상감지시스템의 특성

가. 장 점

1) 설치의 용이성

화상감지시스템은 분석을 위한 정보를 카메라에 의해 얻게 되는데 이는 주로 도로 측면에 지주를 이용하게 되므로 설치시 도로의 교통을 직접 차단하게 되는 노면 공사가 필요하지 않다. 이에 따라 도로를 파손하게 되는 경우도 발생하지 않으며, 노면의 상태나 종류에 구애받지 않고 설치가 가능하다. 또한 주변에 카메라 설치에 적당한 장소가 있을 경우는 새로운 시설물을 설치할 필요성도 없으므로 비용 및 설치상의 이점을 가지게 된다. 또 기본적인 하드웨어 장치가 현장에 설치된 후 검지영역은 제어목적의 변화에 따라 컴퓨터에서 가상검지기의 설정을 조정함으로써 소프트웨어적으로 변화시킬 수 있으며 자료의 수집조건도 프로그램에 의해 변화시킬 수 있다.

2) 유지 관리상의 장점

정보의 모든 자료를 업로드(Up-Load)할 수 있는데, 외부 제어 컴퓨터와 연결되어 동작될 때는 모뎀을 통하여 컴퓨터를 통해 사용자가 요청하는 시간간격(1분, 5분, 15분, 60분 등)에 따라 계측 자료를 전송하게 된다.

화상감지시스템과 연결된 중앙컴퓨터에서는 사용자가 화상감지시스템으로부터 전송되는 영상과 가상검지기가 중첩된 화면을 통해 현재의 검지상황을 점검할 수 있으며, 교통상황을 육안으로 확인할 수도 있다. 또한 컴퓨터 프로그램을 통해 가상검지기를 추가로 설치하거나 설치된 검지기에 수정을 가하는 등의 작업을 할 수 있다. 사용자의 이러한 제어명령은 연결된 통신선을 통해 화상감지장치에 전달되어 수행되게 된다. 그리고 컴퓨터에서는 별도의 프로그램을 통해 화상감지장치로부터 전달되는 자료를 원하는 형태로 처리하여 저장할 수 있으므로 이러한 자료를 다른 분석에 사용할 수도 있게 된다.

3. 화상감지시스템의 특성

가. 장 점

1) 설치의 용이성

화상감지시스템은 분석을 위한 정보를 카메라에 의해 얻게 되는데 이는 주로 도로 측면에 지주를 이용하게 되므로 설치시 도로의 교통을 직접 차단하게 되는 노면 공사가 필요하지 않다. 이에 따라 도로를 파손하게 되는 경우도 발생하지 않으며, 노면의 상태나 종류에 구애받지 않고 설치가 가능하다. 또한 주변에 카메라 설치에 적당한 장소가 있을 경우는 새로운 시설물을 설치할 필요성도 없으므로 비용 및 설치상의 이점을 가지게 된다. 또 기본적인 하드웨어 장치가 현장에 설치된 후 검지영역은 제어목적의 변화에 따라 컴퓨터에서 가상검지기의 설정을 조정함으로써 소프트웨어적으로 변화시킬 수 있으며 자료의 수집조건도 프로그램에 의해 변화시킬 수 있다.

2) 유지 관리상의 장점

화상감지시스템은 기존 교통제어시스템 중 루프검지기의 단점인 과다 유지보수비용을 절감시킨다. 카메라와 제어기로 구성된 화상감지시스템은 고장률 면에서 루프검지기에 비해 낮으며 고장시에도 그 수리작업이 도로의 교통상황에 미치는 영향이 크지 않으므로 작업이 용이하며 이로 인한 혼잡유발도 감소된다. 또한 영상을 통해 감지시스템의 작동상황을 항상 점검하여 고장을 확인할 수 있으며, 교통상황등 여건이 변하거나 감지 목적이 변하게 되는 경우에도 직접 현장에서 필요한 조치는 카메라의 방향 조정 정도이며 컴퓨터 모니터를 통해 가상검지기의 설치를 바꾸어 이에 대처할 수 있다.

3) 검지영역의 모니터링

화상감지시스템에서는 교통영상과 검지영역 및 계측상태를 동시에 한 개의 모니터 상에 중첩하여 나타내줄 수 있다. 따라서 관제자 및 운영자의 요청에 의해 교통상황이나 검지기의 동작상태를 영상으로 확인 가능하다. 따라서 고장이나 오동작을 즉시 확인하여 조치를 취할 수 있다.

4) 검지영역 설정의 융통성

루프검지기의 설치는 헤드가 위치하는 교통현장 여건의 제약을 받는다. 그러나 화상감지시스템은 하드웨어적인 구성없이 카메라에 잡힌 영상 위에서 검지영역을 설정하므로 고속도로, 다리, 터널, 다리가 있는 교차로, 기차길 등에 제한 없이 설치가 가능하다.

5) 계측정보의 다양성

화상감지시스템은 교통량, 차선별 교통량, 속도, 점유시간, 차두시간, 차종구분 등 기존의 루프검지기와 같은 정보수집이 가능하며, 대기행렬의 존재와 길이 감지, 사고감지 등 기존 장비로 얻기 어려운 다양한 정보수집이 가능하다.

6) 경제성

화상감지시스템은 기본적인 장비의 가격이 루프검지기보다 높으나, 하나의 카

메라 영상에 여러 개의 가상검지기 설치가 가능하므로 여러 개의 루프검지기를 대신할 수 있다. 또한 시스템 구성 하드웨어 가격의 하락과 유지관리부담의 감소로 경제성이 있는 것으로 평가되고 있다.

7) 시스템 기능 향상의 용이성

화상감지시스템은 주어진 영상을 기초로 화면의 원하는 곳에 가상검지기를 설치하여 얻은 자료를 기초로 분석을 수행하므로 이를 이용하여 새로운 분석에 맞는 검지기를 설치하고 그에 맞는 분석 프로그램을 개발해 기능을 추가해 나갈 수 있으므로 쉽게 기능을 향상시킬 수 있다.

나. 단 점

1) 검지 시간대 및 날씨, 햇빛의 영향에 민감

비디오 영상을 이용하는 화상감지시스템의 특성상 교통계측의 신뢰도는 시간대별 조도의 변화 (주간, 일몰시, 일출시 및 야간), 기상상태의 변화(흐린날, 반사, 비, 눈, 안개, 먼지), 교통상황 (혼잡, 정체) 및 잡음 (반사, 그림자, 진동) 등을 포함하는 모든 조건의 영향을 받게 된다.

화상감지시스템은 화상정보 분석에 의한 교통정보의 계측으로 화상자료의 수집과 질에 영향을 줄 수 있는 시간대와 환경 등의 명도에 차이에 큰 영향을 받는다. 비, 눈, 안개 등의 기후조건이 가시파장을 사용하는 화상감지시스템의 작동에 결정적인 요소가 된다. 그림자도 화상감지시스템에 영향을 줄 수 있는데 흐린 날씨의 낮에 작동 중 그림자와 햇빛에 있는 부분간의 명암은 클 수 있으며 그림자를 차량으로 오인할 수 있다. 그리고 낮은 각도, 직사광선은 도로 노면이나 카메라 렌즈에 많은 번쩍임을 가져올 수 있다.⁸⁾

8) 이들 요소들은 향상된 신호처리나 화상처리기의 카메라에 대한 적절한 위치선정을 통해 방지하거나 줄일 수 있다.

2) 진동 및 전자기 간섭의 영향

진동은 센서가 지상에 설치되는 타검지기와 마찬가지로 화상감지시스템에서도 문제가 될 수 있다. 이것은 높은 지주 위에 설치된 카메라나 혹은 긴 망원렌즈를 가진 비디오 화상에서 일어날 수 있다. 카메라가 도로 위의 지상에 설치되므로 바람은 카메라를 움직이는 원인이 된다. 구조물에 설치된 카메라에서의 진동은 구조물 하부의 진동이나 대형차량이 지나갈 경우 발생한다. 또 전자기 간섭도 모든 검지기에서와 같이 화상감지시스템에도 영향을 줄 수 있다.

3) 고가의 장비

화상감지시스템을 구성하는 고성능 카메라와 화상처리장치는 기존의 루프검지기에 비해 고가의 장비이므로 초기비용이 많이 들어가게 된다. 특히, 교통량만 측정하는 경우와 같이 루프검지기 몇대로 가능한 간단한 측정지점의 경우는 경제성이 떨어지게 된다.

4. 화상감지시스템의 적용성

1) 루프검지기를 대신하는 역할-통계 자료 수집

이것은 가장 일반적인 응용분야로 루프검지기의 역할을 대신하는 기능이다. 화상감지시스템은 기존의 검지기에서 얻을 수 있는 교통량, 속도, 점유율, 차두시간, 차종분류 등의 교통자료를 얻을 수 있으며 루프검지기와 같은 signal output을 얻을 수도 있다, 따라서 자료는 이미 설치되어 있는 중앙컴퓨터와 프로그램을 통해서 수집 정리될 수 있으며, 화상감지시스템의 새로운 프로그램을 통해 자료를 처리할 수도 있다. 이때 화상감지시스템은 카메라를 설치할 수 있는 곳이면 어느 곳이든 간에 교통자료를 얻을 수 있으며 대기행렬에 관한 자료 등 기존 검지기로 얻기 어려운 정보의 수집도 가능하다.

2) 이동식 교통자료 계측장비로의 사용

2) 진동 및 전자기 간섭의 영향

진동은 센서가 지상에 설치되는 타검지기와 마찬가지로 화상감지시스템에서도 문제가 될 수 있다. 이것은 높은 지주 위에 설치된 카메라나 혹은 긴 망원렌즈를 가진 비디오 화상에서 일어날 수 있다. 카메라가 도로 위의 지상에 설치되므로 바람은 카메라를 움직이는 원인이 된다. 구조물에 설치된 카메라에서의 진동은 구조물 하부의 진동이나 대형차량이 지나갈 경우 발생한다. 또 전자기 간섭도 모든 검지기에서와 같이 화상감지시스템에도 영향을 줄 수 있다.

3) 고가의 장비

화상감지시스템을 구성하는 고성능 카메라와 화상처리장치는 기존의 루프검지기에 비해 고가의 장비이므로 초기비용이 많이 들어가게 된다. 특히, 교통량만 측정하는 경우와 같이 루프검지기 몇대로 가능한 간단한 측정지점의 경우는 경제성이 떨어지게 된다.

4. 화상감지시스템의 적용성

1) 루프검지기를 대신하는 역할-통계 자료 수집

이것은 가장 일반적인 응용분야로 루프검지기의 역할을 대신하는 기능이다. 화상감지시스템은 기존의 검지기에서 얻을 수 있는 교통량, 속도, 점유율, 차두시간, 차종분류 등의 교통자료를 얻을 수 있으며 루프검지기와 같은 signal output을 얻을 수도 있다, 따라서 자료는 이미 설치되어 있는 중앙컴퓨터와 프로그램을 통해서 수집 정리될 수 있으며, 화상감지시스템의 새로운 프로그램을 통해 자료를 처리할 수도 있다. 이때 화상감지시스템은 카메라를 설치할 수 있는 곳이면 어느 곳이든 간에 교통자료를 얻을 수 있으며 대기행렬에 관한 자료 등 기존 검지기로 얻기 어려운 정보의 수집도 가능하다.

2) 이동식 교통자료 계측장비로의 사용

화상감지시스템은 일시적으로 사용할 수 있고 이동 가능한 감지시스템이다. 즉, 화상감지시스템은 도로에 직접 매설되는 장비가 없이 교통의 흐름에 영향을 주지 않고 설치기 가능하므로, 적절한 위치에 카메라의 설치가 가능하다면(카메라는 이미 세워진 가로등에 설치할 수도 있을 것이다) 그 도로를 쉽게 조사할 수 있다. 이때 감지기의 제어나 가상검지기의 설치 및 자료수집은 노트북 컴퓨터 등 휴대용 컴퓨터를 이용할 수 있다. 따라서 일시적으로 교통자료의 수집 및 분석이 필요한 지점에 유용하게 사용할 수 있을 것이다.

또한 화상감지시스템은 카메라를 통해 입력되는 영상뿐만 아니라 VTR에 의해 재생되는 영상에 대해서도 같은 방식으로 자료수집 및 분석이 가능하다. 따라서 조사가 필요한 지점에서는 비디오 카메라를 통해 교통상황을 녹화한 후 별도의 장소에서 녹화된 테이프의 재생을 통해 교통자료를 계측할 수도 있다.

3) 정체 및 사고, 정지차량 감지와 정보제공

중앙관제소와 연결된 카메라를 도로를 따라 설치하는 경우 화상감지시스템의 대기행렬 감지 기능을 이용해 일정 수준 이상의 대기행렬이 발생할 때 이를 관제자에게 알리도록 할 수 있으며, 관제자는 이를 영상을 통해 즉시 확인한 후 외부 교통정보 판넬이나 방송을 통해 정체정보 등을 제공할 수 있다. 또는 대기행렬 감지 기능의 신뢰성이 충분히 높을 경우 이 과정을 자동화시키는 것도 가능할 것이다.

고속도로의 유출입구에서 정체가 발생하거나 시거가 좋지 않은 지점에 정지한 차량이 존재하는 경우는 사고의 위험이 커지게 되는데, 이때에도 이러한 기능의 응용이 가능하다. 즉, 대기행렬 감지가 필요한 고속도로 유출입구에 화상감지시스템을 설치하여 대기행렬의 형성을 알릴 수 있으며, 급경사지역이나 곡선구간 뒤에 정지해 있는 차량의 존재여부를 알림으로써 위험지역으로 진입하는 차량에 경고를 할 수 있다.

4) 교차로 제어에의 이용

교차로에 화상감지시스템을 설치할 경우, 이를 통해 교차로의 교통상황에 대한

각종의 정보를 수집하여 분석한 후 교통신호제어기와 상호 작용하도록 하여 신호주기나 녹색신호시간 등을 실시간으로 조정하도록 할 수 있다. 이러한 기능의 구현은 교차로에서의 원활한 소통에 도움이 된다. 또한 버스 우선신호제 등을 실시할 경우 화상감지시스템을 통해 버스를 감지한 후 이를 신호제어기에 알려 신호를 조절하도록 할 수 있다.

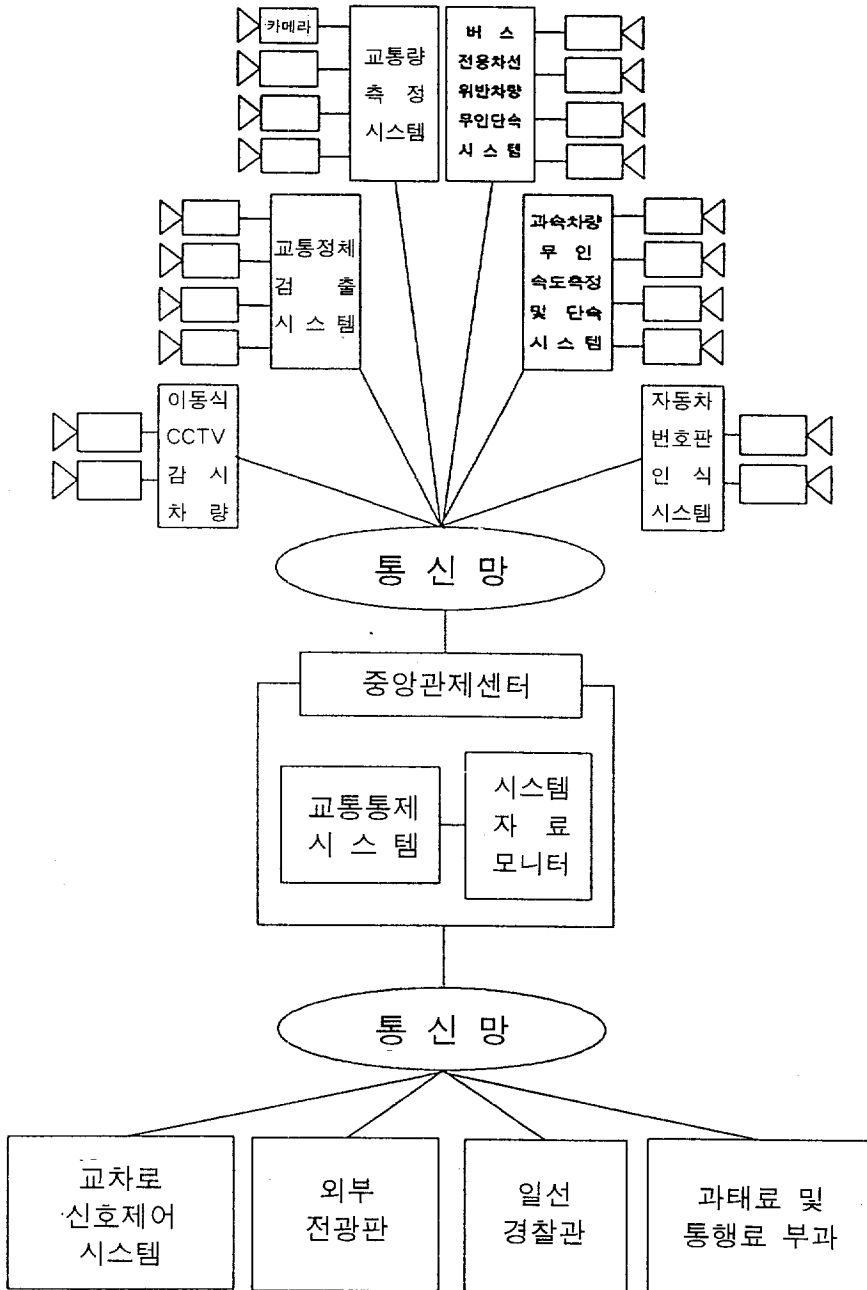
5) 통합교통제어 및 관리시스템의 구축

기본적인 화상감지시스템에 VIDEO 화면 디지털 전송 시스템 및 자동차 번호판 자동 판독 시스템 등을 연계하여 현장여건에 맞게 설치하여 사용할 수 있으며, 이들을 관제 센터에서 통합하여 종합제어 및 관리를 수행할 수 있다.

이러한 통합교통시스템이 구축될 경우, 고정식 혹은 이동식 CCTV를 통해 얻어진 화상정보가 각각의 교통량 측정 시스템이나 교통정체 검출 시스템을 통해 통신망을 거쳐 중앙관제센터로 전해지고, 자동차 번호판 인식시스템과 카메라를 통한 과속차량 무인속도 측정 및 단속시스템, 버스전용차선 위반차량 무인단속 시스템에 전해진 정보도 마찬가지로 중앙관제센터에 전해진다. 교통량 정보나 정체구간에 대한 정보 또는 사고에 대한 정보를 중앙관제센터에서 처리하여 교차로 신호제어기로 보내 신호주기 재설정을 한다던가, 현장의 일선 관리자(경찰)에게 전하여 정체 해소에 기여케 하고, 무인 단속시스템을 통해 들어온 정보를 처리하여 과태료 부과나 Toll-gate에서의 자동요금부과 등이 가능하도록 할 수 있을 것이다. 이때 교차로 신호주기제어 등은 중앙관제센터에 수집된 모든 정보를 통합하여 하나의 교차로가 아니라 가로망 전체 또는 주요 가로망의 소통을 고려하여 수행할 수 있다.

실제로 상용화된 화상감지시스템 중의 하나인 미국의 Autoscope의 경우, ATMS와 ATIS 구축을 위한 계획 중 하나인 FAST-TRAC program의 일부로 채택, 설치되어 시험운영되고 있다.⁹⁾

9) Michalopoulos P.G., Jacobson R.D., Anderson C.A., Barbaresso J.C., Field deployment of AUTOSCOPE in the FAST-TRAC ATMS/ATIS program, Traffic Engineering and Control, Sept. 1992, pp. 475-483.



〈그림 4-2〉 통합교통제어 및 관리시스템 개념도

6) 기타

- * 기상측정센서를 카메라에 같이 부착함으로써 차량 배기가스로 인한 대기오염의 상태 등도 함께 정보화 할 수 있다.
- * Ramp Metering System과 결합하여 고속도로의 진입구간에서 진입하는 차량을 적절히 조정할 수 있다.
- * 화상감지장치, PC, VTR을 이용해 교통분석을 위한 연구기자재로의 사용도 가능하다. 즉, 연구 대상지역의 영상을 VTR을 이용하여 재생하고 화상감지장치를 이용해 교통자료를 계측하여 PC에 저장을 하고, 그 자료를 분석에 이용할 수 있다.

V. 화상감지시스템(AUTOSCOPE)의 계측 신뢰성 분석

이 장에서는 기개발된 화상감지시스템 중 미국의 Minnesota대학에서 개발되어 수년간의 현장 검증을 거쳐 현재 상용화 되어 있는 AUTOSCOPE 시스템에 대해 국내에 설치하여 교통변수를 계측한 자료를 분석하여 그 정확성을 검증하고자 한다.

여기서는 현장자료의 분석에 앞서 AUTOSCOPE 시스템의 구성이나 특성 등 전반적인 사항을 살펴보고, 이 시스템의 개발자 또는 그 외의 연구자들이 테스트를 통해 발표한 시스템의 신뢰성 및 정확도 등을 고찰한다. 이는 아직 국내에서는 화상감지시스템이 설치되어 오랜 기간에 걸쳐 시험운영 된 사례가 없기 때문에 10여년전부터 개발되어 많은 테스트와 개선을 거쳐온 사례를 통해 화상감지시스템의 성능을 고찰하고 테스트 과정에서 나타난 문제점과 이의 해결 과정을 살펴봄으로써 국내에서의 화상감지시스템 설치 및 테스트에서 고려할 사항을 알아보고자 하는 목적을 가지고 있다.

본 장에서 분석 대상으로 하는 AUTOSCOPE 시스템의 경우, 국내에는 시험운영을 위한 설치가 최근에 완료되어 테스트가 시작된 단계에 있기 때문에 분석을 위한 자료수집이 충분하지 못한 상태이다. 또한 이 보고서 자체도 어떤 한 시스템의 신뢰도나 정확도 분석을 주목적으로 하는 것이 아니라 화상감지시스템 전반에 관한 사항에 관한 고찰을 목적으로 하기 때문에 간단한 교통량 분석만을 수행하였다. 분석은 고속도로 관교-구리 구간의 성남 톨게이트 부근에서의 교통량 측정을 대상으로 하였다. 그리고 서울시내 강남의 경복아파트 사거리에 설치된 화상감지시스템과 루프 등 다른 검지기가 설치되어 시험을 할 예정이어서 좀 더 자세한 분석자료가 곧 발표될 것으로 생각된다.

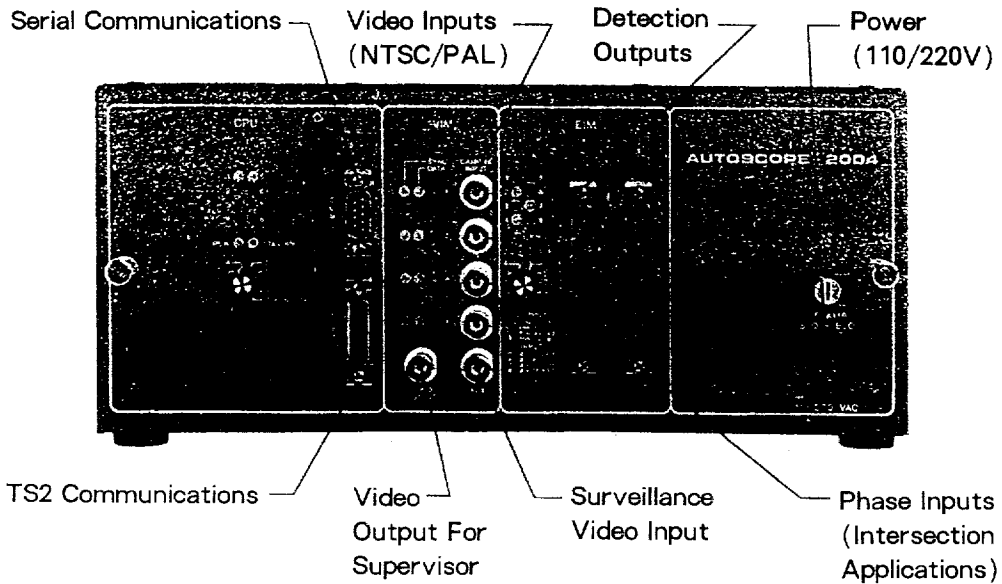
1. AUTOSCOPE 시스템

가. 개 요

AUTOSCOPE 시스템은 미국의 FHWA(Federal Highway Administration)와 미네소타 교통국(Mn/DOT) 등의 지원으로 Image Sensing System(ISS)과 미네소타 대학이 공동으로 개발한 화상감지시스템이다. 이 시스템은 1984년에 처음 개발된 이래 실험실에서의 오랜 개발과 모든 날씨나 일조상태의 비디오영상을 이용한 시험과정을 거친 후 1989년 교통 현장에 설치되었다. 현장에 설치된 시스템은 약 2년간에 걸쳐 여러 가지 테스트와 loop 검지기 검지결과와의 비교 등을 통해 개선되었으며, 그 이후 상용화 되어 교차로 제어나 사고감지를 위한 시스템으로 설치되고 있다. 특히, Michign의 Oakland County에서 ATMS와 ATIS를 위한 FAST-TRAC 프로그램에서 AUTOSCOPE를 이용하고 있다.

나. 구 성

AUTOSCOPE 시스템은 기본적으로 영상처리 및 교통량 계측을 수행하는 본체 외에 영상입력을 위한 카메라나 videotape recorder, 제어컴퓨터(IBM PC 호환기종) 및 모니터로 구성될 수 있다. 실제적인 화상감지 계측을 수행하는 본체의 외부구조는 그림#과 같이 영상의 입출력 및 통신을 위한 단자(또는 포트)와 기능을 조절하기 위한 스위치 그리고 전원장치 등으로 구성되어 있다. 먼저 영상 입력부분은 교통량 계측을 위해 4개의 비동기 영상입력단자를 가지고 있으며 감지시스템의 감독 및 통제를 할 수 있도록 영상을 출력해 주는 단자를 가지고 있다. 그리고 계측결과의 출력을 위한 포트와 교차로에 이용시 신호현시를 입력할 수 있는 포트가 각각 하나씩 있으며, 통제컴퓨터와의 통신등에 이용되는 직렬포트와 TS2 포트를 가지고 있다.



〈그림 5-1〉 AUTOSCOPE 시스템 본체

다. 특 성

AUTOSCOPE 시스템은 화상감지시스템의 일종이므로 앞에서 설명했던 화상감지시스템의 특성을 대부분 가지고 있는데 간략히 정리해 보면 다음과 같다.

- * AUTOSCOPE 시스템은 도로의 노면에 설치되는 시설이 없으므로 도로 포장의 파손이 없으며, 노면의 상태나 종류에 관계없이 설치할 수 있다.
- * 장치의 설치 및 관리시 차선을 폐쇄할 필요가 거의 없으며, 필요할 경우에도 한 차선 정도의 폐쇄로 가능하다.
- * 카메라의 가시영역(FOV)내에서는 여러 위치의 동시 검지가 가능하므로 여러 대의 loop를 대신할 수 있으며, 이를 이용해 대기행렬의 존재 여부 및 길이 파악, 사고감지 등의 기능을 수행할 수 있다. 또한 AUTOSCOPE 본체 1

대에는 4개의 카메라 입력이 가능하다.

- * 필요에 따라 언제나 설치가 가능하다.
- * 정확도의 차이는 있으나 카메라의 가시영역을 가리지 않는 한 모든 날씨나 일조조건하에서 차량 검지가 가능하다.
- * AUTOSCOPE 시스템은 반드시 카메라가 위치한 현장에 설치해야 하는 것은 아니며, 영상의 입력이 가능한 어디에 설치해도 검지가 가능하다.
- * 검지기는 컴퓨터 화면에 나타나는 영상 위에서 마우스를 이용해 손쉽게 설치 및 제거, 조정이 가능하다.

라. 기 능

AUTOSCOPE 시스템을 이용하여 측정할 수 있는 일반적인 측정항목은 다음과 같다.

- * 교통량 (flow rate, volume)
- * 속도
- * 차량의 존재여부 (vehicle presence)
- * 차량의 통과여부 (vehicle passage)
- * 점유시간 (occupancy)
- * 차두시간 (time headway)
- * 혼잡도 (congestion level)
- * 밀도
- * 차종구분-3종(Automobiles, Single unit trucks, Tractor-trailers)
- * 대기행렬길이

AUTOSCOPE 시스템은 최대 4대의 카메라나 videotape을 통해 입력되는 영상을 분석하여 상기와 같은 자료를 측정하게 된다. 이렇게 측정된 자료는 AUTOSCOPE와 연결된 PC나 그 외의 컴퓨터를 이용하여 목적에 따라 다양한 분석을 수행할 수 있다. 또한 이 시스템은 교차로의 신호제어기와의 통신이 가능

하므로 신호제어기의 신호현시를 입력받을 수 있으며, 신호제어기에서 필요한 교통자료를 제공해줄 수 있다. 이러한 AUTOSCOPE 시스템은 다음과 같은 분야에 적용할 수 있다.

- * 루프 에뮬레이션(loop emulation)
- * 고속도로에서의 계측 및 이를 바탕으로한 유입연결로 신호제어에의 이용
- * 터널이나 교량에서의 계측
- * 차종 구분 및 교통량 계측 (실시간 또는 녹화 tape 이용)
- * 자동 사고감지-갓길에 있는 차량이나 정지된 차량의 인식이 가능하며 충격과 또는 국지적인 통행속도 저하 등을 알 수 있으므로 이를 이용해 운영자의 판단 없이 자동으로 사고를 감지하도록 할 수 있다.

2. AUTOSCOPE 시스템의 신뢰성 분석-외국사례

앞에서 언급된 바와 같이 AUTOSCOPE 시스템은 처음 개발된 이후 모든 날씨나 일조상태의 비디오영상을 이용한 시험과 문제점의 개선과정을 거친 후 1989년 교통 현장에서의 시험을 위해 설치되었다. 현장에 설치된 시스템은 약 2년간에 걸쳐 여러 가지 테스트와 loop 검지기 검지결과와의 비교 등을 통해 개선되었으며, 그 이후 상용화 되어 교차로 제어나 사고감지를 위한 시스템으로 설치되고 있다. 그리고 현재까지도 Michign의 Oakland County에서 ATMS와 ATIS를 위한 FAST-TRAC 프로그램의 일부로 설치되어 계속 시험 운영되고 있는 상태이다. 다음은 현재까지 몇 가지 자료¹⁰⁾를 토대로 AUTOSCOPE 시스템의 테스트 내용과 정확성 및 신뢰성에 관한 사항을 정리한 것이다.

10) *Panos Michalopoulos, Blake Wolf, Robert Benke, "Testing and Field Implementation of the Minnesota Video Detection System(AUTOSCOPE)", Transportation Research Record 1287.

*Panos G. Michalopoulos, Richard D. Jacobson, Craig A. Anderson and Thomas B. DeBruycker, "Automatic Incident Detection through video image processing", Traffic Engineering+Control, Feb. 1993, pp. 66-74.

하므로 신호제어기의 신호현시를 입력받을 수 있으며, 신호제어기에서 필요한 교통자료를 제공해줄 수 있다. 이러한 AUTOSCOPE 시스템은 다음과 같은 분야에 적용할 수 있다.

- * 루프 에뮬레이션(loop emulation)
- * 고속도로에서의 계측 및 이를 바탕으로한 유입연결로 신호제어에의 이용
- * 터널이나 교량에서의 계측
- * 차종 구분 및 교통량 계측 (실시간 또는 녹화 tape 이용)
- * 자동 사고감지-갓길에 있는 차량이나 정지된 차량의 인식이 가능하며 충격과 또는 국지적인 통행속도 저하 등을 알 수 있으므로 이를 이용해 운영자의 판단 없이 자동으로 사고를 감지하도록 할 수 있다.

2. AUTOSCOPE 시스템의 신뢰성 분석-외국사례

앞에서 언급된 바와 같이 AUTOSCOPE 시스템은 처음 개발된 이후 모든 날씨나 일조상태의 비디오영상을 이용한 시험과 문제점의 개선과정을 거친 후 1989년 교통 현장에서의 시험을 위해 설치되었다. 현장에 설치된 시스템은 약 2년간에 걸쳐 여러 가지 테스트와 loop 검지기 검지결과와의 비교 등을 통해 개선되었으며, 그 이후 상용화 되어 교차로 제어나 사고감지를 위한 시스템으로 설치되고 있다. 그리고 현재까지도 Michign의 Oakland County에서 ATMS와 ATIS를 위한 FAST-TRAC 프로그램의 일부로 설치되어 계속 시험 운영되고 있는 상태이다. 다음은 현재까지 몇 가지 자료¹⁰⁾를 토대로 AUTOSCOPE 시스템의 테스트 내용과 정확성 및 신뢰성에 관한 사항을 정리한 것이다.

10) *Panos Michalopoulos, Blake Wolf, Robert Benke, "Testing and Field Implementation of the Minnesota Video Detection System(AUTOSCOPE)", Transportation Research Record 1287.

*Panos G. Michalopoulos, Richard D. Jacobson, Craig A. Anderson and Thomas B. DeBruycker, "Automatic Incident Detection through video image processing", Traffic Engineering+Control, Feb. 1993, pp. 66-74.

개발된 AUTOSCOPE 시스템의 성능 시험 및 기능의 향상을 위해 여러 가지 테스트가 이루어 졌는데 이 계획은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 하나는 교통변수 계측의 정확성과 AUTOSCOPE 시스템의 신뢰성 등을 검증하기 위한 것으로 다양한 날씨와 일조상태 등을 고려한 비디오 영상에 의한 시험과 두 군데의 고속도로에서 6-9 개월 동안 시험하여 루프검지기와 비교하는 것을 포함한다. 또 하나는 미네아폴리스와 세인트폴을 잇는 394번 고속도로에서의 시험을 통하여 사고감지를 위한 알고리즘과 소프트웨어를 개발하는 것이다.

가. 계측 정확성 및 신뢰성 향상을 위한 연구 및 테스트

이에 대한 1차적인 연구는 1984년에 시작해서 다음해인 1985년에 완성되었다. 미네아폴리스와 세인트폴 사이의 9개 지역에서 화상감지시스템과 적외선검지기를 같이 설치하여 시험하였으며 주간 및 야간, 기상조건의 변화 등을 통해서 시험이 이루어졌다.

이 연구 결과를 보면 교통량 계측에 있어서 높은 정확도를 보이고 있어 화상감지시스템의 유망성이 입증하고 있다. 구체적으로 차량통과검지의 경우, 주간에는 98%의 정확도를 보였고, 야간에는 94%의 정확도를 보이고 있다. 속도검지에 있어서는, 60mph에서는 15% 정도, 30mph에서는 7% 정도의 오차를 보였다. 화상감지시스템이 적외선검지기 보다는 기능면에서나 경제성면에서 우수함이 밝혀졌다. 적외선검지기는 주간에 경우 70%의 정확도를, 야간의 경우에는 92%의 정확도를 보였다.

이 시험은 우천시나 눈이 오는 경우는 감안하지 않았는데 이후의 시험 결과를 살펴보면, 야간이나 강우시, 또는 강설시의 경우도 화상처리를 통한 감지에 있어서 별 문제가 되지 않았다. 다만 안개가 심한 경우에 있어서는 문제가 발생한다. 그러나 화상감지에 문제가 생길만큼 안개가 심한 경우에는 운전자 시야의 한계로 인해 운전을 기피하여 교통량이 많지 않기 때문에 교통 검지의 필요성도 많지 않을 것이다.

1986년에 시작해서 1988년 12월에 끝난 두번째 연구는 강설시나 차량 전조등

의 반사, 겹침현상, 카메라 이동 등 따른 특별한 경우 고려하지 않고 맑은 날씨의 조건에서 실시간으로 운영 가능한 화상감지시스템의 개발을 목표로 하였다.

AUTOSCOPE 시스템은 실험실과 현장시험을 통해 더욱 개선되었다. 1988년 여름에 실시한 시험은 36시간 동안의 비디오테이프에 의한 방법과 두 대의 현장 카메라를 통해 얻은 자료를 가지고 이루어졌다. 두 대의 카메라 중 하나는 고속도로 상에, 또 하나는 교차로에 설치되어 하루종일 시험되었다. 비디오테이프의 영상은 그림자, 비, 눈, 야간, 반사, 안개, 혼잡의 경우 등 거의 모든 조건을 포함한 것이었다.

미네소타 교통관제센터(Mn/DOT Traffic Management Center)의 카메라를 통한 온라인 분석은 1988년 7월과, 1989년 1월에 시행되었다. 이 시험을 위해서 미네아폴리스와 세인트폴을 잇는 고속도로 상에 38대의 카메라가 설치되었다. 자료는 일출(오전 6:30)전에 시작해서 일몰(오후 6:00)후까지 매 30분 마다 10분 동안의 것을 추출하였다. 1989년 1월의 시험은 고속도로상에서만 이루어졌고 1988년 7월의 시험과 같은 방법으로 실시되었다.

아래 표는 두 번의 시험에서의 정확도를 보여주고 있는데 두번째 시험에서 시스템이 개선되었음을 알 수 있다. 즉, 오차율은 0.5%, 검지율은 1.4% 개선되었다.

〈표 5-1〉 AUTOSCOPE 시스템의 교통량 계측 정확도(1988, 1989)

	% Detection	% Errors
1989년 1월	93.2	1.8
1988년 7월	91.8	2.3

그러나 93.2%가 적절하다고 볼 수는 없다. 자료에서는 정확도 저하의 주요한 원인을 두 가지로 분석하고 있는데, 첫째는 검지위치의 문제이다. 30분 동안 대개 1-10대 정도의 오차가 발생을 하는데 이는 위치선정을 조정함으로써 해결할 수 있을 것으로 제시하고 있다. 두번째는 오후 3:30 근처에서 검지율이 90% 이하로 떨어지는 것이 가로수 그림자에 의한 것이라고 분석하고 있다.

다음 표들은 이들 시험의 전체적인 결과와 초음파 검지기 및 루프검지기와의 비교를 나타낸다.

〈표 5-2〉 전체 구역에서의 AUTOSCOPE 시스템의 평가

Traffic Measure	정확도(%)
교통량	92.19-98.32
속도 (40-60mph범위)	94.57-97.66
Total Travel	90.76-96.06
Total Travel Time	92.08-97.21

이는 8시간 동안 비디오테이프를 분석하여 나온 결과로서, 교통량의 적음, 중간, 많음에 따라 모두 분석한 결과이다.

〈표 5-3〉 AUTOSCOPE 시스템과 초음파검지기와의 계측정확도 비교

Traffic Measure		정 확 도 (%)	
		5-min. Interval	Overall
교 통 량	검지기 #1	93.24-99.92	95.73
	검지기 #2	94.59-99.06	96.77
	검지기 #3	89.38-98.20	94.87
	검지기 #4	88.87-97.14	93.72
속 도 (40-60mph범위)	Trap #1	93.47-99.87	96.90
	Trap #2	92.83-99.93	97.14
Total Travel		92.42-99.27	95.39
Total Travel Time		88.21-98.65	95.02

〈표 5-4〉 AUTOSCOPE 시스템과 루프검지기의 계측정확도 비교

		정 확 도 (%)	
		VIDS	Loops
I (7:45-8:55)	검지기 #1	97.12	97.72
	검지기 #2	98.38	97.16
II (15:25-16:55)	검지기 #1	98.57	97.16
	검지기 #2	96.99	95.45

이것은 하루 중에 두 개의 시간대를 나누어 시험한 결과인데 AUTOSCOPE 시스템이 루프검지기보다 우수함을 보여준다.

1990년 3월에서 1991년 9월까지 행해진 on-line 테스트는 실제적인 교통상황과 기후조건 하에서 지속적인 운영이 가능함을 입증하고 신뢰성을 확인하는 것을 목적으로 하였다. 테스트는 Minneapolis의 I-35W 고속도로의 두 지점에서 이 기간동안 계속 진행되었으며, 루프자료와의 자동 비교를 통해 교통량, 점유시간, 속도 등에 관한 분석이 행해졌다. 또한 이 분석에서는 개별차량에 대한 자료와 30초 간격으로 수집된 자료를 각각 이용하였다.

이 테스트 과정에서 AUTOSCOPE 시스템에 다음과 같은 몇 가지 문제점이 발견되어 수정되었다. 첫째는 야간에 전조등 불빛의 반사광이 직접 카메라로 들어오게 되는 경우가 문제가 되었다. 이 문제의 해결을 위해 filter를 사용해 반사광을 줄여보았으나 거의 효과가 없었고, 결국 야간에 사용되는 검지계수를 수정하여 해결하였다. 두번째 문제는 차량에 의해 발생하는 그림자와 영상에 어둡게 나타나는 차량을 구별하는 것이다. 이 사항에 대한 개선으로 차량을 잘못 인식하는(false alarm) 비율이 줄어들게 되었다. 세번째는 속도측정값이 루프와 다른 결과를 보이는 점이었다. 이것은 속도측정을 위한 검지기의 크기가 잘못 조정되어 발생한 것으로 이에 대한 수정이 이루어졌으며, 검지영역(FOV)의 정확한 calibration을 위한 과정이 도입되었다. 수정 결과 기상조건이나 혼잡도와 관계없이 루프의 결과와 2.5 mph 이내의 차이를 보였으며, 실제 속도와도 5% 이내의 차이를 기록한 것으로 나타났다.

AUTOSCOPE 시스템은 이후 1992년부터 Michign의 Oakland County에서 시작된 ATMS와 ATIS를 위한 FAST-TRAC 프로그램의 일부로 설치되어 운영되고 있다. FAST-TRAC 프로그램은 4단계로 나누어져 있는데, AUTOSCOPE는 1단계인 1992년에 23개의 교차로에 설치되었으며, 2단계인 1993년에는 Oakland County 남부 전체를 포함하는 95개의 교차로에 설치되었다. FAST-TRAC 프로그램에서는 3단계에서는 200개 교차로, 1996년까지인 마지막 4단계에서는 800개의 교차로에 필요한 장치를 설치하는 것으로 되어 있다. 1단계로 설치된 교차로에서의 시험결과는 다음 표와 같다.

〈표 5-5〉 여러 기상조건하에서 AUTOSCOPE 시스템의 검지 정확도

시 험 조 건	검지율 (%)	검지오류 (%)	교통량 오차(%)	점유시간 오차(%)	실 제 교통량
1. 강한 바람과 그림자	98.1	3.0	1.1	-2.5	264
2. 흐림, 눈, 바람	99.6	4.2	3.8	-2.7	262
3. 흐림, 젖은 노면, 바람	96.1	2.0	-2.0	-6.1	51
4. 낮→밤 (전이시간)	97.1	7.4	3.5	4.0	312
5. 밤	98.1	6.1	4.2	7.5	407
6. 구름 약간, 약한 바람	96.2	4.1	0.3	-3.7	290

나. 사고감지를 위한 연구 및 테스트

화상감지기를 이용한 자동사고감지알고리즘 (AIDA, Automated Incident Detection Algorithm)에서는 평균속도, 점유시간, 교통량 자료 등의 계측 정보를 일정 시간 간격으로 평균하여 용량감소가 나타나는지를 감시한다. AUTOSCOPE 시스템을 이용한 사고감지알고리즘의 현장에서의 실시간 테스트는 1991년 12월에서 1992년 3월까지 I-35W의 26번 교차로에서 이루어졌으며 이를 토대로 알고리즘에 대한 보완이 이루어졌고, 1993년 1월에서 8월까지 역시 I-35W에서 얻은 30초 간격의 자료를 이용한 분석이 수행되었다.

그리고 이들 결과는 분석대상지역의 2마일 하류지역에서 직접 기록된 자료와 비교되었는데 그 결과가 다음의 표에 나타나 있다. 그 결과를 보면 첫번째 시험에서는 실제 사고의 약 78%를 검지하였으며 두번째 시험에서는 98.5%(64/65)의 검지율을 나타내고 있다.

표에서 (가)는 실제 사고는 발생하지 않았으나, AIDA 알고리즘에서 사고가 발생한 상태로 설정된 상태와 비슷한 특성이 나타난 경우이다. (나)는 주로 침투 시간에 짧은 시간동안 나타난 불확실한 검지건수이다.

이와 별도로 I-394 도로의 양방향 3.5마일 구간에 1991년에 15개 1993년에 24개의 카메라가 설치되어 교통 시뮬레이션과 제어를 위한 교통계측 등의 목적으

로 사용되고 있으며, 이 카메라를 이용해 AIDA 알고리즘과 정지차량 검지기를 이용하여 실시간 사고감지가 테스트되고 있다. 그리고 사고감지를 알려주는 기능과 함께 사고가 감지될 경우 그 지점의 화면을 즉시 표시해 주어 관리자가 그 지점과 상류 및 하류 지점을 점검하여 사고 발생을 직접 확인할 수 있도록 하고 있다.

〈표 5-6〉 AUTOSCOPE 시스템의 사고감지 시험결과

기 간	AIDA 감지건수	실제사고 기록건수	감지실패 사고건수	불확실한 원인에 의한 감지건수	
				(가)	(나)
1993.1	37	8	0	17	12
1993.2	13	3	0	6	4
1993.3	37	11	0	04	12
1993.4	79	18	0	29	32
1993.5	4	3	0	1	0
1993.6	36	10	0	13	13
1993.7	13	7	0	2	4
1993.8	13	5	1	5	3
계	232	65	1	87	80

3. AUTOSCOPE 시스템의 신뢰성 분석 - 국내 사례

이 시험에 쓰인 화상감지시스템은 AUTOSCOPE 이고, 시험장소는 관교-구리간 고속도로 5.6 km 지점이며, 기간은 1994년 9월 23일부터 9월 30일까지 7일에 걸쳐 이루어졌다.

고속도로의 전차선을 검지하고 그 검지효율을 높이기 위해, 기존에 설치된 CCTV 카메라용 pole 위에 부가적 부착물을 설치하여 CCD 카메라를 위치시켰다. 그리고 실제결과와의 비교를 위해 시험장소의 차량통행을 5개의 비디오테이프에 캠코더를 이용, 녹화하였다.

로 사용되고 있으며, 이 카메라를 이용해 AIDA 알고리즘과 정지차량 검지기를 이용하여 실시간 사고감지가 테스트되고 있다. 그리고 사고감지를 알려주는 기능과 함께 사고가 감지될 경우 그 지점의 화면을 즉시 표시해 주어 관리자가 그 지점과 상류 및 하류 지점을 점검하여 사고 발생을 직접 확인할 수 있도록 하고 있다.

〈표 5-6〉 AUTOSCOPE 시스템의 사고감지 시험결과

기 간	AIDA 감지건수	실제사고 기록건수	감지실패 사고건수	불확실한 원인에 의한 감지건수	
				(가)	(나)
1993.1	37	8	0	17	12
1993.2	13	3	0	6	4
1993.3	37	11	0	04	12
1993.4	79	18	0	29	32
1993.5	4	3	0	1	0
1993.6	36	10	0	13	13
1993.7	13	7	0	2	4
1993.8	13	5	1	5	3
계	232	65	1	87	80

3. AUTOSCOPE 시스템의 신뢰성 분석 - 국내 사례

이 시험에 쓰인 화상감지시스템은 AUTOSCOPE 이고, 시험장소는 관교-구리간 고속도로 5.6 km 지점이며, 기간은 1994년 9월 23일부터 9월 30일까지 7일에 걸쳐 이루어졌다.

고속도로의 전차선을 검지하고 그 검지효율을 높이기 위해, 기존에 설치된 CCTV 카메라용 pole 위에 부가적 부착물을 설치하여 CCD 카메라를 위치시켰다. 그리고 실제결과와의 비교를 위해 시험장소의 차량통행을 5개의 비디오테이프에 캠코더를 이용, 녹화하였다.

교통량의 기준 자료는 한국도로공사의 시간당 톨게이트를 지난 차량의 수로 삼았다. 그리고 이 값을 화상감지시스템에서 나온 출력의 결과와 비교를 하였다. 속도, 점유율과 같은 교통 파라메타들도 화상감지시스템을 통해 구할 수 있었으나, 비교할 기준 자료가 없어 분석대상에서는 제외되었다.

가. 시험현장

이 시험은 판교-구리간 고속도로 5.6km 지점으로 성남 톨게이트에서 구리방향으로 1km 떨어진 곳에서 시행되었다. CCTV 카메라용 pole에 일반 CCD 카메라를 설치함으로써 구리방향 2차선과 판교방향 2차선을 모두 검지할 수 있도록 하였다. 또한 판교방향 우측에 설치하여 판교방향 차량은 차량의 후미를 검지하고, 구리방향 차량은 차량의 전면을 검지하도록 하였다.

나. 검지내용

4개의 차선에 교통량 검지기, 속도 검지기를 설치하여 각 차선당 교통량, 점유율, 평균교통량, 차두간격, 속도, 차종구분 등의 자료를 얻었다.

다. 검지결과 비교 및 분석

화상감지시스템을 통하여 얻어진 결과를 실제 한국도로공사의 톨게이트 통과 차량 자료와 비교한 결과가 다음의 표와 같다. 다른 교통 파라메타들은 비교할 자료가 없어 생략하고, 교통량 자료만을 비교하였다. 여기서는 1994년 9월 29일 12시부터 22시까지 10시간 동안의 자료를 비교하였다.

시험결과를 보면, 평균적으로 판교방향이 95.28%, 구리방향이 97.37%의 정확도를 보이고 있다. 자료를 자세히 살펴보면, 시험의 마지막 시간대인 21시부터 22시까지의 정확도가 90%를 밑돈다. 이는 화상감지시스템과 톨게이트 자료수집이 같은 시간에 똑같이 이루어지지 않아, 그 시간적 차이로 인해 발생한 오차가

가장 큰 원인이라 분석된다.

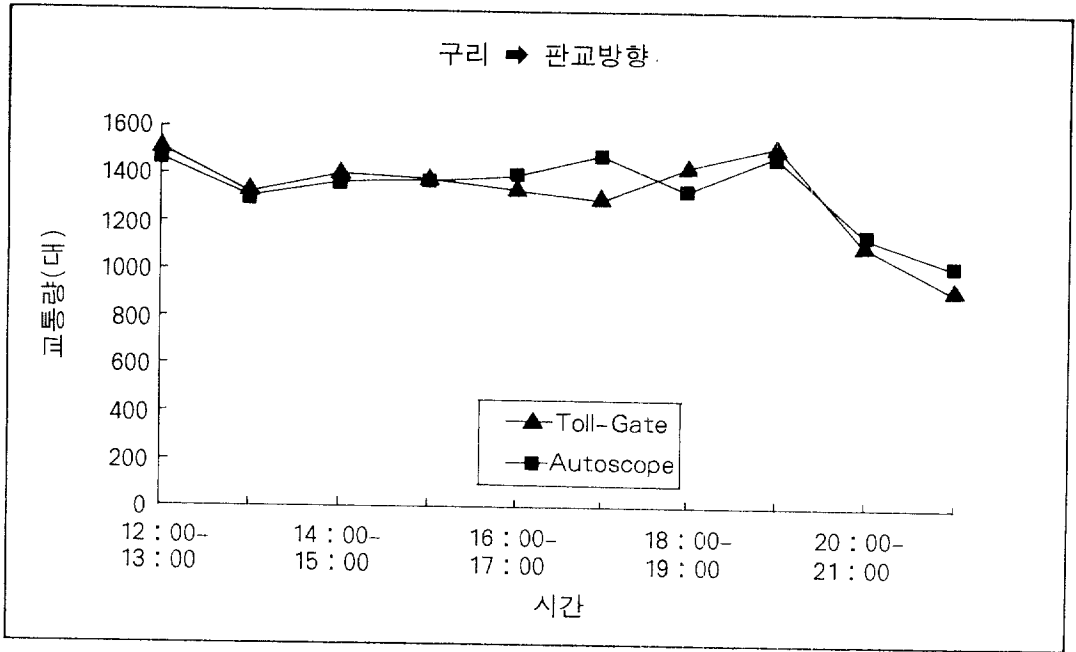
그 외에도 하행선(관교방향)의 17시부터 18시까지의 정확도가 87.26%로 크게 떨어지는데 이는 그 시간이 일몰을 전후로 한 시간이라 명암의 변화가 있어 화상감지에 어려움이 있는 시간인데 카메라 방향과 위치선정에 문제가 있어 검지율이 다소 낮아지는 결과를 보인 것으로 분석된다.

〈표 5-7〉 관교-구리간 고속도로 교통량 비교(AUTOSCOPE와 성남 TG 측정자료)

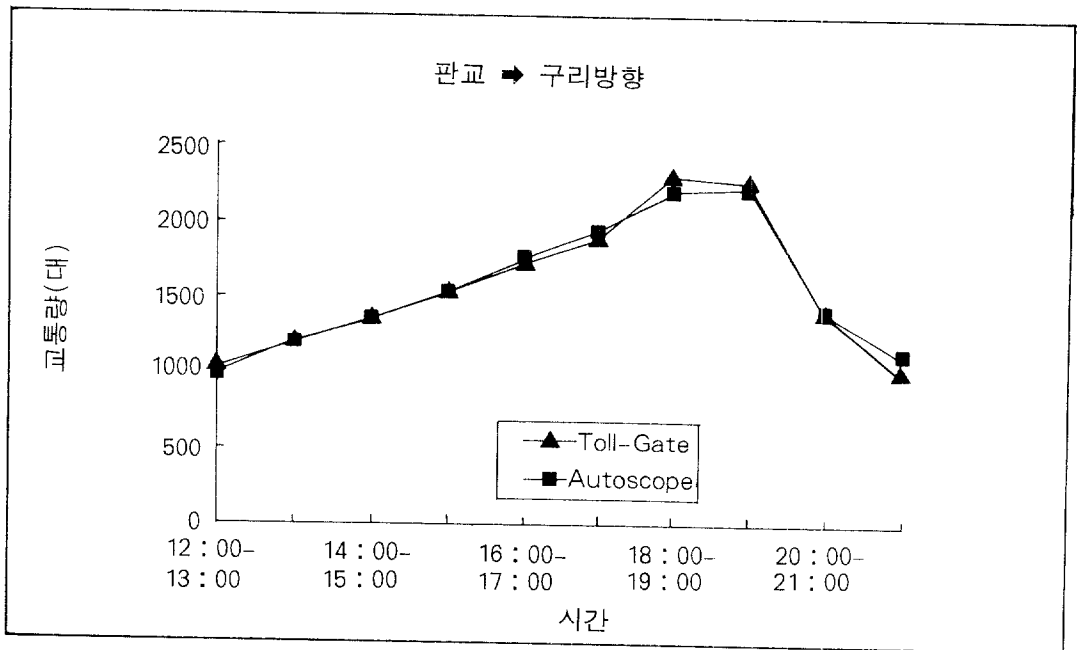
시간	Toll-Gate	Autoscope	검지율(%)	Toll-Gate	Autoscope	검지율(%)
12 : 00-13 : 00	1029	988	96.02	1515	1468	96.90
13 : 00-14 : 00	1205	1196	99.25	1321	1299	98.33
14 : 00-15 : 00	1355	1352	99.78	1400	1365	97.50
15 : 00-16 : 00	1526	1530	99.74	1380	1371	99.35
16 : 00-17 : 00	1722	1756	98.06	1333	1399	95.28
17 : 00-18 : 00	1892	1934	97.83	1295	1484	87.26
18 : 00-19 : 00	2308	2226	96.45	1435	1333	92.89
19 : 00-20 : 00	2271	2217	97.62	1520	1487	97.83
20 : 00-21 : 00	1400	1412	99.15	1102	1130	97.52
21 : 00-22 : 00	1008	1123	89.76	916	1018	89.98
계	15716	15734	99.89	13217	13354	98.97

이상의 결과를 그림으로 표시하면 다음과 같다.

첫번째 그림은 하행선(관교방향)의 결과를 보여주고, 두번째 그림은 상행선(구리방향)의 결과를 보여준다.



〈그림 5-2〉 판교방향(하행선)의 시험결과



〈그림 5-3〉 구리방향(상행선)의 시험결과

VI. 화상감지시스템 평가 및 국내 적용시 고려사항

본 장에서는 앞에서 살펴본 바와 같이 조사 및 도출된 결과를 근거로, 화상감지시스템이 기존의 보편적으로 설치, 운영되고 있는 루프검지기를 대신할 수 있는 기능과 정확도, 그리고 경제적인 편익유무에 대해 분석, 평가한다. 또한, 이러한 화상감지시스템을 교통현장에 사용하기 위해 개발 또는 도입할 경우 고려해야 할 사항 즉, 화상감지시스템이 수행해야할 기본적인 기능측면과 화상감지시스템의 정확도 검증, 현장에의 설치시 고려해야 할 사항 등을 제시하고, 이 시스템의 기능을 국내 여건에 부합될 수 있도록 하기 위해 필요한 사항을 검토한다.

1. 화상감지시스템 평가

가. 화상감지시스템의 기능 및 계측 정확도

루프검지기가 초음파검지기, 초단파검지기, 적외선 검지기 등 지금까지 개발되어 있는 검지기들 중에서 가장 보편적으로 사용되고 있는 이유는 이 검지기가 교통신호나 관제에 필요한 대부분의 교통변수를 계측할 수 있으며, 무엇보다 초기설치비가 저렴하고 계측정보의 정확도가 다소 높기 때문이다. 이에 비해 타 검지기는 루프검지기의 최대 단점이라고 할 수 있는, 도로상에 직접 설치되는 장치가 없는 장점을 가지고 있음에도 불구하고 계측 가능한 교통정보의 제한, 낮은 계측 정확도, 제한된 검지 영역, 설치 및 유지 보수시의 높은 비용과 전문인력 필요 등의 원인으로 인해 루프검지기에 비해 경쟁력이 다소 떨어지고 있는 실정이다.

먼저 화상감지시스템의 계측기능을 살펴보면, 교통정보의 기본적인 항목이라 할 수 있는 교통량, 차선 점유율, 차량 속도, 차두간격, 대기행렬길이 등의 직접 및 간접계측과 차량길이 계측에 의한 차종구분(3종)등 기존의 루프검지기를 이용하여 계측할 수 있는 항목 외에도 다양한 교통특성자료를 실시간, 또는 어떤

정해진 단위시간에 따라 측정할 수 있다. 또한 임의로 조정 가능한 여러 개의 가상검지기를 상황에 대처할 수 있도록 화면상에 설치할 수 있는 장점 외에도 이러한 검지기에서 도출할 수 있는 계측정보를 종합적으로 직,간접적인 분석을 통해 주행중인 차량의 추적(tracking)과 사고발생(incident)등 다양한 현장상황을 파악할 수 있는 시스템으로의 응용이 가능해 현재까지 개발된 검지기들 중 가장 많은 기능을 수행할 수 있는 시스템 평가된다. 또한 검지 영역면에 있어서도 카메라의 가시영역(Field of View)안의 어떤 위치나 방향으로도 검지가 가능하며, 이 영역은 또한 필요에 따라 카메라의 방향과 가변적인 가상검지기의 설정을 상황에 따라 쉽게 조정하여 교통정보를 획득할 수 있다.

다음으로 계측정보의 정확도 면에서 화상감지시스템은, 몇몇 상용화된 시스템의 경우 도로 및 교통상황에 적절한 지점에서 카메라 설치와 가상검지기 설정이 이루어질 경우 루프검지기과 대등하거나 더 나은 정확도를 보이는 것으로 시험 결과가 발표되고 있다. 그리고 일조조건이나 기상의 영향이 카메라의 가시영역에 장애를 일으키지 않는다면 교통정보 취득면에서 정확도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 평가되고 있다.

화상감지시스템은 기존의 루프검지기가 취득하는 이상의 자료출력이 가능하므로(loop emulation 기능) 수집대상 교통자료는 새로운 물리적 시설의 확충을 최소화하며 기존 컴퓨터 모뎀과 전화선, 사선, 광케이블 혹은 동축케이블 등을 이용하여 일련의 컴퓨터와 연계함으로써 주어진 여건, 상황에 대처하면서 교통환경의 물리적 제약조건 없이 교통소통의 증진을 도모할 수 있을 것으로 사료된다.

나. 경제적 여건 분석

본 연구에서의 경제적 여건 분석은 화상감지시스템 설치에 따른 제반비용과 기존 도시교차로의 전자교통신호제어시스템에서 사용되고 있는 루프검지기를 비교한 상대적인 분석으로 평가하였다. 이는 도로교통안전협회에서 1994년 12월에 수행한 “영상처리 차량검지기 개발 및 효율성 평가에 관한 연구”를 근간으로 하여 본 연구의 목적에 부합하도록 보정하는 차원에서 수행하였다. 물론 두 시스템

을 통해 얻어지는 자료의 활용범위에 따라 각종 직·간접적인 편익을 산정하고 이들 시스템이 교통상황에 대처할 수 있는 정량, 정성적인 차원에서 객관적인 평가기준이 제시되어야 하나, 본 연구에서는 이들 자료습득의 한계성으로 초기 투자비와 유지관리비용만을 감안하여 제한적인 경제적 분석을 수행하였다. 또한 국내의 자료 이외에 외국의 분석자료를 함께 고려하였다.

1) 분석의 기준

기준에 설치된 루프검지기는 설치하는 루프의 수나 도로의 여건에 따라 설치비용에 큰 차이를 보이는데 반해, 교차로에 화상감지시스템을 설치하는 경우는 교차로마다 비교적 일정한 설치비용을 보인다. 따라서 루프검지기와 비교를 위해 다음과 같은 기준을 세웠다. 기준으로 삼은 설치장소는 4지 교차로로, 각 접근로는 3차선인 것으로 하였다.

2) 외국의 분석

① 초기설치비용

RCOC(Road Commission for Oakland County)의 분석에 따르면, 화상감지시스템(AUTOSCOPE)을 설치하는데 소요되는 비용은 위의 조건에 따라 대략 \$ 90,960 이 소요된다. 따라서 차선당 비용은 \$ 7,580 가 된다. 루프검지기의 경우, 한 루프당 \$ 1,500 정도의 비용이 소요되는 것을 감안하면, 화상감지시스템을 설치하는 경우가 \$ 6,080 이 더 소요된다. 여기서 한 가지 고려하여야 할 사항은 루프검지기의 설치시 발생하는 도로복구비이다. RCOC의 분석에 따르면 12 ft 폭에 30 ft 길이의 도로를 포장하는 경우 \$ 2,000 이 소요되고, 따라서 기준으로 삼은 교차로의 경우, \$ 18,000 이 소요된다. 그 뿐만 아니라 교통통제 때문에 추가로 \$ 2,000-6,000 가 소요된다.

② 유지보수비용

앞에서 살펴본 바와 같이 루프검지기 하나의 설치비용은 \$ 1,500 이 소요된다고 하였으므로, 일년동안 교차로마다 검지기 중 하나가 고장을 일으킨다고 가정하면, \$ 6,080/\$ 1,500=약 4년이 손익분기점이 된다. 이는 물론 도로복구비

등은 감안하지 않은 것일 뿐만 아니라, 루프검지기의 고장률이 실제로 그 이상이므로 손익분기점은 그보다 빨라질 것이다.

그 밖에도 일반적으로 화상감지시스템에 이상이 생겨 카메라 한 대를 교체하는데는 약 30분이 소요되는데 반해, 루프검지기의 경우는 루프의 크기나 유도선의 길이에 따라 다르지만 대략 4-12시간이 소요됨으로 해서 교통장애로 인한 손실비용을 감안한다면 유지보수비용면에서는 화상감지시스템이 루프검지기에 비해 경제적으로 훨씬 더 유리하다고 하겠다.

3) 국내의 분석

① 초기설치비용

루프검지기 시스템의 설치 및 관리비용은 기존 설치, 운영되고 있는 시스템의 설치와 유지관리시 요구되는 비용을 근거로 산출하고, 화상감지시스템은 CCTV 시스템을 중심으로 설치시 예상되는 설치비용의 단가를 기준으로 하고, 유지관리비용은 이에 대한 국내여건상 구체적인 사례가 없으므로 시험운영 중인 시스템에서 예상되는 장비와 유지관리비용 자료를 토대로 산출하였다.

〈표 6-1〉 화상감지시스템의 초기설치비용

구 분		금액(원)	소계(원)	구 성
화상감지시스템 제어기		15,000,000	15,000,000	
카메라부분	재 료 비	7,280,000	8,380,000	카메라, 렌즈, 브라켓, 하우징 : 각 4조 동축케이블 : 294m
	노 무 비	1,100,000		
	경 비			
토 목 부 분	재 료 비	5,271,000	9,535,000	철주, 철주기초 : 4조 ASP 굴착 : 72m 보도굴착 : 117m
	노 무 비	3,377,000		
	경 비	887,000		
복 구 비		8,582,000	8,582,000	
계			41,497,000	

자료 : 도로교통안전협회, 영상처리 차량검지기 개발 및 효율성 평가에 관한 연구, 1994.12.

화상감지시스템 설치비용은 교차로의 위치, 크기, 특성과 관계없이 거의 일정한데, 설치에 필요한 CCTV 카메라 수는 접근로당 1개씩 모두 4개가 소요된다. 교차로당 화상감지시스템 설치에 소요되는 비용은 아래 표에서 제시되는 바와 같이 화상감지시스템 제어기, 카메라 제어 및 구동장치, 배선 비용 및 토목공사 비용, 인건비 등을 포함하여 약 41,500,000 원 정도가 소요되는 것으로 추정된다.

루프검지기 설치비용은 노면상태, 교차로의 형태 등 설치장소와 여건과 루프의 형태에 따라 차이가 있다. 본 연구에서는 우리 나라에서 가장 보편적으로 사용하고 있는 1.8m×1.8m 크기의 8각형 검지기를 정지선 후방 100m에 설치시를 기준으로 산출하였다. 아래 표에서 보는 바와 같이 루프검지기 설치에 소요되는 총 비용은 31,060,000원에 이르는 것으로 추정된다. 이 비용은 4현시 체계의 4지교차로의 경우 각 방향의 접근로에 직진과 좌회전차선에 각 1조씩 매설하여 총 8개의 루프검지기를 설치하고 도로를 원상으로 복구하는데 투입되는 비용이다.

〈표 6-2〉 루프검지기의 초기설치비용

구 분		금액(원)	소계(원)	구 성
차 량 검 지 기		1,240,000	1,240,000	
카메라부분	재 료 비	730,000	1,790,000	카메라, 렌즈, 브라켓, 하우징 : 각 4조 동축케이블 : 294m
	노 무 비	958,000		
	경 비	102,000		
토 목 부 분	재 료 비	1,965,000	8,371,000	철주, 철주기초 : 4조 ASP 굴착 : 72m 보도굴착 : 117m
	노 무 비	5,658,000		
	경 비	748,000		
복 구 비		19,659,000	19,659,000	
계			31,060,000	

자료 : 도로교통안전협회, 영상처리 차량검지기 개발 및 효율성 평가에 관한 연구, 1994.12

② 유지관리비용

유지관리비용은 시스템의 점검 및 고장발생시 수리 및 보수에 소요되는 비용

으로 루프검지기는 기설치된 루프검지기의 운영에서 발생하는 고장률과 고장수리비의 자료를 근간으로 하고, 화상감지시스템은 기존 교통관제용 CCTV 시스템의 유지관리비용 및 교통신호제어기의 고장발생율과 수리비용을 기초로 하여 유지관리비용을 산출하여 활용하였다. 다만, 유지관리 인건비는 기존 루프검지거나 화상감지시스템의 유지보수업무가 동일하다는 가정하에 비용분석에서 제외하였다.

화상감지시스템은 제어부분의 경우는 교통신호제어기의 고장률과 같은 비율로 가정하여 연 5.4회의 고장발생율을 적용하였고, 카메라 및 케이블의 고장률은 연 3.2, 1.06회를 적용하였다. 이에 근거하여 보수단가를 산출하면, 제어장비의 경우는 635,000원, 카메라 220,800원, 케이블 5,700원이 산출되므로 교차로 1개소에 제어장비 1대, 카메라 4대, 케이블 4식이 투입한다고 가정했을 때, 화상감지시스템의 연간 총 유지보수비용은 1,541,000원이 투입되는 것으로 분석되었다.

한편 루프검지기는 연간 개소당 고장횟수를 1.06회로 가정했을 때, 유지보수비용은 462,000원으로 교차로 1개소에 8개의 루프가 설치되므로 교차로 1개소당 연간 유지보수비용은 총 3,924,000원으로 분석되었다.

4) 분석 결과

화상감지시스템의 비용분석에서는 총 1,541,000원 정도가 유지보수비용으로 소요되는 것으로 분석되어, 이 시스템의 내구연한인 10년간 화상감지시스템의 총 소요비용은 초기설치비용을 합하여 56,900,000원에 이르는 것으로 추정되었다. 또한 루프검지기의 경우는 1개소 당 유지보수비용이 3,824,000원으로 내구연한 10년간의 비용이 31,060,000원이 되고 따라서 초기설치비용과 합하여 모두 70,308,000원이 된다.

이상과 같은 분석결과를 볼 때, 초기설치비용은 화상감지시스템이 루프검지기보다 많이 소요되나 유지보수 측면에서는 루프검지기가 10배 이상 많이 소요되는 것으로 분석되었다. 여기서 화상감지시스템의 하드웨어적인 설치비용은 루프검지기보다 많이 산출되었으나 기술의 발달에 따라 루프검지기와 비교하여 볼 때 상대적으로 저렴해지고 있는 추세이다. 특히 루프검지기의 경우 도로복구비용의

〈표 6-3〉 화상감지시스템과 루프검지기의 총비용 분석

구 분 (단위 : 원)		화상감지시스템		루 프 검 지 기	
		연간투입비용	10년간투입비용	연간투입비용	10년간투입비용
초기설치7비용		41,497,000		31,060,000	
유지 보수 비용	제어장비	635,040	6,350,400	3,924,800	39,248,000
	카메라	883,200	8,832,000		
	케이블	22,800	228,000		
	소 계	1,541,040	15,140,400	3,824,000	39,248,000
계		56,907,400		70,308,000	

자료 : 도로교통안전협회, 영상처리 차량검지기 개발 및 효율성 평가에 관한 연구, 1994.12.

비중이 60%이상 차지하는데서 그 원인이 있는 것으로 분석된다. 그 밖에도 루프검지기는 도로 굴착 및 복구시 교통을 통제해야 하므로 이로 인한 지체 등에 따른 사회경제적 비용이 고려될 수 있으나 본 연구에서는 이의 일관된 계량화가 불가하므로 제외하였다.

한편 유지보수비용은 지속적인 전자공학의 발달로 고장률이 상대적으로 낮아지기 때문에 도로상의 매설하는 루프검지기보다는 훨씬 경제적인 것으로 분석된다. 루프검지기의 경우 과중한 교통량 부하에 따른 고장, 잦은 도로공사나 포장의 기온변화로 인한 신축, 이완의 반복으로 케이블의 절단이 자주 발생하여 유지보수비용이 크게 증가하는 것으로 분석된다.

이외에도 화상감지시스템의 정확한 정보전달기능은 루프검지기보다 효율성 측면에서 우수하며, 검지자료의 신뢰성 역시 루프검지기보다 높기 때문에 총괄적으로 화상감지시스템이 루프검지기보다 경제성이 높은 것으로 분석된다.

다. 화상감지시스템의 안정성

차량검지장치가 종합적인 교통관제의 일부분으로 포함되어 운영될 경우나, 또

는 개개 독립된 교차로에서도 신호와 연계되어 운영될 경우, 일관성 있고 지속적인 교통제어를 위해 검지장치의 안정성은 중요한 의미를 갖는다. 검지장치의 고장은 직접적으로는 고장이 발생한 장치의 수리 또는 교체를 위한 비용을 유발하게 되지만, 그러나 이보다 더 큰 문제는 고장으로 인한 교통관제의 기능저하, 교차로 신호제어의 문제 발생, 고장 수리를 위한 도로차단 등으로 도로상의 지체와 혼잡을 발생시키게 된다는 점이다. 이러한 요인으로 간접적으로 파생되는 지체비용이나 연료소모증가, 환경오염 등의 사회경제적 비용은 앞에서의 직접적인 보수 비용보다 훨씬 큰 것으로 보고되고 있다.

화상감지시스템은 기본적으로 카메라와 화상처리장치 본체로 구성되는데, 현재 카메라의 평균고장시간(MTBF, Mean Time Between Failure)은 427,380시간(48.8년)이며 90% 신뢰도에서도 180,354 MTBF이다. 실제로 미국의 FAST-TRAC 프로그램에서의 운영결과를 보면, 초기 1년 반동안 22개의 화상감지시스템과 연결된 67대의 카메라 중 1대가 고장이 발생하여 808,000시간(92년)의 MTBF를 보이고 있다. 그리고 화상감지장치 본체는 22대 중 2대에서 고장이 발생하여 약 72,300 시간(8.2년)의 MTBF를 나타내고 있다. 이는 현재의 루프검지기의 고장률과 비교해 보면, 상당히 향상된 안정성을 나타내고 있다.

또한 화상감지장치는 도로면에 직접 설치되는 시설이 없어 외부의 충격이나 과중한 부하에 따른 루프검지기보다는 고장 유발의 원인이 적다고 할 수 있으며, 고장 발생시에도 우선 고장난 카메라나 본체를 교체한 후 수리를 하면 되므로 빠른 시간 내에 기능을 정상회복시킬 수 있다. 그리고 이때에도 교통류를 직접 차단할 필요는 거의 없으며, 필요할 경우 대개 1개 차선 정도의 차단으로 작업을 수행할 수 있다.

이러한 면에서 화상감지시스템은 기존 루프검지기에 비해 시스템의 고장으로 인한 문제를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 기술의 발달로 고장률을 훨씬 저감시킬 수 있을 것으로 평가된다.

라. 종합평가

화상감지시스템은 기존의 루프검지기가 수행하고 있는 복합적인 여러 기능들을 간편하게 수용함과 동시에 루프검지기가 가지고 있는 설치의 어려움, 과도한 유지보수비용 등과 같은 여러 단점을 보완하고, 일단 화상감지시스템이 현장에 설치된 후에는 감시영역의 재조정 및 교통제어를 변화시키는 것이 실내에서 비디오 스크린 상에서 자유자재로 조정이 가능하여 자료수집의 번거로움 해소, 인건비 절약 등이 예상된다. 또한 기존 도로상에 설치되어 있는 CCTV, 신호제어기 등과 같은 시설물과의 연계성을 이룰 수 있고 새로 설치되는 카메라는 화상감지 외의 목적으로도 이용 가능하므로 실제상황에서 적용성과 활용성이 높으며 시간, 경제적측면에서 볼 때 매우 유용한 시스템이다.

다만, 아직 화상감지시스템은 최근에 상용화되고 있는 시스템이기 때문에 오랜 기간 현장에서의 운영을 통한 시스템의 신뢰성 등에 대한 검증이 아직 부족한 상태이어서 현재까지의 결과를 100% 신뢰하기는 어려운 상태이다. 그리고 검지의 정확도나 사고감지에의 응용 등에는 아직 연구 개선의 여지가 있는 것으로 보인다. 따라서 이러한 시스템의 현장도입 이전에 충분한 시험운영 단계를 거쳐 문제점을 개선 보완하여야 할 것으로 판단된다.

2. 국내적용시의 고려사항

가. 화상감지시스템의 수행기능

화상감지시스템은 교통관리 및 제어를 위한 시스템에서 교통현장의 정보를 전달하는 역할을 하게 되며 이러한 역할을 효율적으로 수행하기 위해서는 다음과 같은 기능을 가지고 있어야 한다.

1) 카메라에서 입력되는 교통정보의 계측기능

차량검지장치는 현재의 교통상황을 파악할 수 있는 정보의 획득 및 전달을 목

라. 종합평가

화상감지시스템은 기존의 루프검지기가 수행하고 있는 복합적인 여러 기능들을 간편하게 수용함과 동시에 루프검지기가 가지고 있는 설치의 어려움, 과도한 유지보수비용 등과 같은 여러 단점을 보완하고, 일단 화상감지시스템이 현장에 설치된 후에는 감시영역의 재조정 및 교통제어를 변화시키는 것이 실내에서 비디오 스크린 상에서 자유자재로 조정이 가능하여 자료수집의 번거로움 해소, 인건비 절약 등이 예상된다. 또한 기존 도로상에 설치되어 있는 CCTV, 신호제어기 등과 같은 시설물과의 연계성을 이룰 수 있고 새로 설치되는 카메라는 화상감지 외의 목적으로도 이용 가능하므로 실제상황에서 적용성과 활용성이 높으며 시간, 경제적측면에서 볼 때 매우 유용한 시스템이다.

다만, 아직 화상감지시스템은 최근에 상용화되고 있는 시스템이기 때문에 오랜 기간 현장에서의 운영을 통한 시스템의 신뢰성 등에 대한 검증이 아직 부족한 상태이어서 현재까지의 결과를 100% 신뢰하기는 어려운 상태이다. 그리고 검지의 정확도나 사고감지에의 응용 등에는 아직 연구 개선의 여지가 있는 것으로 보인다. 따라서 이러한 시스템의 현장도입 이전에 충분한 시험운영 단계를 거쳐 문제점을 개선 보완하여야 할 것으로 판단된다.

2. 국내적용시의 고려사항

가. 화상감지시스템의 수행기능

화상감지시스템은 교통관리 및 제어를 위한 시스템에서 교통현장의 정보를 전달하는 역할을 하게 되며 이러한 역할을 효율적으로 수행하기 위해서는 다음과 같은 기능을 가지고 있어야 한다.

1) 카메라에서 입력되는 교통정보의 계측기능

차량검지장치는 현재의 교통상황을 파악할 수 있는 정보의 획득 및 전달을 목

표로 하므로 기본적으로 다음과 같은 교통변수들을 계측할 수 있어야 한다.

- * 차량의 존재여부 (vehicle presence)
- * 차량의 통과여부 (vehicle passage)
- * 교통량 (flow rate, volume)
- * 차량속도
- * 차종구분 및 차종별 교통량, 속도 등의 자료
- * 점유시간 및 점유율
- * 차두시간 (time headway)
- * 대기행렬길이

그리고 이러한 교통변수는 최소한 현재 루프검지기를 이용해 얻을 수 있는 정도의 정확도를 가질 수 있도록 계측되어야 한다. 특히, 화상감지시스템은 카메라의 영상을 이용하는 특성상 기후나 일조조건 등의 영향을 많이 받으므로 어떠한 악조건 하에서도 최소한도의 계측 정확도를 유지할 수 있어야 한다.

2) 계측자료의 저장 및 통계처리기능

차량검지기에 의해 계측되는 교통변수는 기본적으로 실시간으로 계측되게 된다. 그러나 현재의 교통관제시스템에서는 이렇게 개별 차량의 실시간 자료가 항상 필요한 것은 아니며, 오히려 1분, 5분, 15분, 1시간 등 일정한 시간동안의 통계자료가 더 유용하게 쓰일 수 있다. 또한 실시간으로 관측된 자료를 모두 저장하기 위해서는 많은 자료저장공간을 필요로 하게 되므로 목적에 따라 일정한 시간간격을 정해 통계처리를 하는 것이 유리할 것이다. 이에 따라 교통량이나 점유시간 등은 시간에 따라 누적하면 되며, 차량속도나 차두시간, 대기행렬 길이 등은 정해진 시간동안의 평균값을 구하면 된다. 차량검지기는 이와 같이 사용자가 지정해주는 시간간격 내에서의 통계량을 구해줄 수 있어야 한다.

이와 함께 차량검지기는 계측되거나 통계 처리된 자료를, 중앙컴퓨터나 기타의 외부장치로 전달하기 전에 저장할 수 있는 일정한 양의 자료저장공간(memory)을 가지고 있어야 한다. 그리고 저장할 자료의 항목이나 저장시간간격, 저장시간

등은 필요에 따라 사용자가 임의로 설정할 수 있도록 하여야 한다. 이는 외부와의 통신상에 일시적인 장애가 발생하였을 경우에 자료를 유실을 방지하기 위해서 필수적인 기능이며, 항상 자료를 받아볼 필요가 없는 경우(예를 들어 1일 통계치만 필요한 경우 등)에도 유용할 것이다.

3) 계측자료의 집계 및 종합적인 분석기능

화상감지시스템이 타 차량검지시스템에 비해 갖고 있는 계측기능상의 장점은 검지영역내에서 많은 가상검지기를 임의로 설치하여 자료를 얻을 수 있고, 이들 여러 검지기를 연계하여 새로운 정보를 얻어낼 수 있다는 점이다. 이를 위해서는 화상감지시스템에서 목적에 따라 검지기의 설정을 자유롭게 바꿀 수 있어야 하며 이렇게 수집된 자료를 연계하여 교차로의 혼잡도 산정이나 사고감지, 종합적인 교통관제 등에 이용할 수 있는 기능을 가지고 있는 소프트웨어가 필요하게 된다. 물론 이 부분은 화상감지시스템에서 주어지는 계측자료를 이용해 별도로 개발하는 것도 가능할 것이다.

4) 중앙컴퓨터와의 양방향 통신기능

종합적인 교통관제를 위해 각 교차로나 그 외 필요한 장소에 화상감지기가 설치될 경우, 사용자는 화상감지기로 각종 제어명령과 검지영역 및 가상검지기 설치에 대한 자료 등을 전달할 수 있어야 한다. 또한 계측자료의 수집과 화상감지기의 작동상태 점검 등을 위해 화상감지기에서 계측되는 교통자료 및 영상자료 전송받을 수 있어야 한다. 이를 위해 화상감지시스템은 모뎀등을 통해 중앙컴퓨터와 ON-Line 시스템이나 혹은 OFF-Line 시스템으로 통신할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

5) 교통신호제어기와의 연결기능

현재 차량검지기에 의해 수집된 자료가 가장 효율적으로 이루어질 수 있는 부분중의 하나가 바로 교통신호제어기와의 연계를 통해 현장상황에 맞게 실시간으로 신호제어를 할 수 있도록 하는 측면이다. 물론 서울도심 같은 경우는 하나의

교차로 신호의 독자적인 운영보다는 일정한 구역 전체의 교통상황을 토대로 종합적인 신호제어 및 교통관제가 필요하지만, 그 외의 지역이나 비첨두시의 경우 차량검지기와 신호제어기의 상호작용을 통해 신호를 제어할 수 있을 것이다. 이를 위해 화상감지시스템은 전자교통신호제어기와 호환될 수 있는 자료를 출력할 수 있어야 하며, 하드웨어적으로도 연결 가능하도록 해야 한다.

6) 작동상태의 자체 진단 및 표시와 계측상황의 표시기능

화상감지시스템은 여러 장치가 연결되어 주로 전자적인 기능을 통해 자료처리 과정을 거치므로 이러한 작동상태의 이상유무를 자체적으로 진단하여 표시하는 기능을 가질 수 있어야 한다. 또한 개개의 장비 작동상태를 외부에서 모니터링할 수 있도록 표시해 주는 기능도 제공되어야 한다. 즉, 화상감지기에 연결된 각각의 카메라의 작동상태와 화상처리장치 자체의 작동상태, 중앙컴퓨터 및 신호제어기와의 연결상태, 검지기의 작동상태 등을 외부에 표시해 줄 수 있어야 한다.

기기 자체의 작동표시 기능과 함께, 화상감지시스템이 설치되어 있는 현장이 아닌 중앙관제소에서도 화상감지시스템의 정상작동 여부를 쉽게 확인 할 수 있도록 해야한다. 이를 위해서 중앙관제소로의 자료전송을 통해, 현재 계측중인 도로의 영상 위에 현재 설치되어 있는 검지기를 표시해 주고 그 검지기의 작동상태 및 계측자료를 실시간으로 표시해 줄 수 있는 기능을 가지고 있어야 한다.

나. 화상감지시스템의 시험운동을 통한 계측정확도 및 기타 기능 점검

화상감지시스템은 최근에 들어서야 몇몇 상용화 된 제품이 나오고 있는 만큼, 현장 적용에 있어서는 초기단계라고 할 수 있다. 이에 따라 이 장치의 계측정확도 및 그 외의 기능에 대해 오랜 기간에 걸친 현장운영 경험을 통해 얻어진 충분한 자료는 없는 상태이며 상당부분이 시스템의 개발자들에 의해 이루어진 테스트 결과이다. 이에 따라 실제 설치 이전에, 충분한 시험운동을 통해 화상감지시스템의 성능 및 정확도를 점검하고 설치 및 운영상의 고려사항도 정립해야 할 필요가 있다.

차량계측에 화상감지시스템을 이용하기 위해서는 계측정보의 정확도가 이용 가능한 범위 내에 있어야 한다. 또한 계측정보가 어느 정도의 정확도를 갖는지를 파악하고 있는 것도 중요하다. 특히, 화상감지시스템은 날씨나 일조조건에 따라 정확도가 크게 좌우될 수 있으므로 이러한 모든 상황을 고려한 충분한 테스트가 이루어져야 할 것이다. 테스트가 이루어져야 할 환경조건은 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) 기상상태

- | | |
|---------------------|---------------------|
| * 맑음 | * 흐림 |
| * 맑은 상태와 흐린 상태의 교차시 | * 눈 또는 비-강할 때/약할 때) |
| * 안개 | |

2) 시간대

- | | |
|-------------------|--------|
| * 새벽 | * 해뜰 때 |
| * 낮 | * 해질 때 |
| * 밤-가로등 있을 때/없을 때 | |

3) 노면종류

- | | |
|-----------|-----------|
| * 아스팔트 포장 | * 콘크리트 포장 |
|-----------|-----------|

4) 교통상황-교통량이 많을 때, 중간, 적을 때 등

5) 계측대상

- | | |
|---------|--------|
| * 고속도로 | * 시내가로 |
| * 교차로부근 | * 터널안 |

계측정확도에 대한 테스트와 함께 그 외의 기능 즉, 신호제어기와의 연계운영이나 중앙컴퓨터와의 통신에 의한 자료전송 및 제어기능 등도 실제 운영을 통해 점검되어야 할 것이며, 이러한 테스트 결과를 토대로 카메라의 위치나 가상검지

기의 설치위치 등에 의한 영향을 정리하여 시스템 구성을 위한 기기의 적절한 설치를 위한 기준을 확립해야 할 것이다.

다. 설치시 고려사항

화상감지시스템의 설치시 가장 중요한 것은 화상감지장치 자체보다도 카메라의 설치인데, 이는 카메라의 설치위치와 방법에 따라서 검지영역(FOV)이 결정되며 계측정보의 정확도도 크게 영향을 받게되기 때문이다. 구체적으로 잘못 선정된 카메라의 위치는 화면상의 영상에서 차량들의 맞물림 현상을 발생시켜 계측의 정확도를 떨어뜨리게 되며, 영상의 변형에 의해 속도와 차량길이(차종)도 부정확한 값을 얻을 수도 있다.

카메라의 위치 결정에서 중요한 것은 카메라의 높이와 경사 그리고 도로와의 상대적인 위치이다. 일반적으로 교통계측에 좋은 영상을 얻기 위해서는 카메라의 높이는 높을수록 좋고 경사도 큰 것이 좋다. 계측의 정확도만을 고려할 경우는 분석대상 도로의 바로 위에 수직으로 설치하는 것이 가장 좋으나 이 경우 검지영역이 좁아지게 되며, 검지영역이 충분하더라도 주위 시설 등의 문제로 이렇게 설치할 수 없는 경우도 있을 수 있다. 따라서 검지영역 확보나 기타의 문제로 이렇게 설치할 수 없는 경우는 도로의 가장자리에 설치를 하게 되는데, 이때는 도로의 고속차선 쪽에 설치하는 것이 저속차선 쪽에 설치하는 것보다 좋은 영상을 얻을 수 있다. 그 외에 카메라의 방향은 햇빛과 차량전조등의 영향을 직접 받지 않도록 설치해야 하며 진동이 발생하지 않도록 해야한다. 따라서 카메라의 설치에 이러한 사항을 고려하면서 분석대상구간의 차선수와 길이 등에 적절하도록 설치되어야 한다. 구체적인 카메라의 높이와 경사는 카메라의 렌즈규격과 검지영역의 크기, 화상감지장치의 성능 등에 따라 결정될 수 있을 것이다.

그리고 화상검지장치를 외부에 설치할 경우는 현재의 교통신호제어기와 같이 방수 및 환풍기능과 같은 보호기능과 전원, 자료전송선의 연결기능을 갖는 합체 안에 설치되어야 한다. 다음으로 카메라와 신호제어기, 중앙컴퓨터와의 연결을 위한 케이블도 적절히 설치되어야 한다. 이에 대해서는 화상감지장치를 신호제어

기와 함께 설치하여 전원 및 연결선로를 공유하도록 하는 것이 경제적인 면이나 관리면에서 좋은 방안이 될 것이다. 또한 화상감지시스템이 신호제어기와 연계되어 작동할 필요가 없는 경우는 화상감지장치 자체가 꼭 현장에 설치될 필요는 없다. 따라서 이러한 경우는 현장에는 카메라만 설치하고 중앙관제소로 영상을 전송할 수 있도록 하면 화상감지장치를 관제소 내에 설치하여 관리할 수도 있을 것이다.

라. 화상감지시스템의 응용 기법 개발

화상감지시스템은 기본적으로 루프검지기의 교통변수 계측기능을 수행하게 된다. 그러나 이 시스템은 카메라에 입력되는 영상 전체를 이용할 수 있고, 여러 개의 가상검지기를 통해 정보를 얻어낼 수 있으므로 기본적인 계측기능 이외의 다른 방식으로의 이용도 가능하다.

그 중 대표적인 것이, 현재 외국에서도 연구 및 시험이 진행중이 사고감지에의 응용이다. 이는 여러 개의 가상검지기 또는 여러 카메라의 자료를 이용하여 현재의 교통상황을 파악하고 사고상황의 기준으로 설정된 자료와 비교하여 자동으로 사고상황을 감지해 내는 기술이다. 이는 기존의 검지기 체계를 이용할 수도 있으나, 화상감지시스템은 기존의 장치에 비해 유리한 점을 가지고 있다. 화상감지시스템은 하나의 카메라 영상에 여러 개의 가상검지기를 추가비용 없이 설치할 수 있으며, 필요에 따라 쉽게 검지기의 추가, 제거, 변경이 가능하다. 또한 현장 상황을 카메라 영상을 통해 확인할 수 있으므로 사고가 감지될 경우 관리자에게 그 부근의 화면을 볼 수 있도록 표시해 주어 직접 사고 유무와 상황을 파악하도록 할 수 있을 것이다. 따라서 이러한 기능의 수행을 위한 사고감지 알고리즘의 개발이 필요하다.

다음으로 교차로에서의 이용이다. 역시 다른 검지기와 마찬가지로 계측자료를 이용해 교차로의 대기행렬을 파악할 수 있다. 그리고 교차로의 상황을 파악해 신호제어기와 연계하여 상황에 탄력적으로 대처할 수 있는 동적인 신호제어를 할 수 있을 것이다. 또한 버스 우선신호제 등을 실시할 경우도 버스의 존재 유무를

파악하여 신호제어기에 전달하도록 할 수도 있다.

화상감지시스템은 주정차 위반이나 최근에 실시되고 있는 버스전용차선의 위반차량과 같은 각종 교통위반차량의 단속에도 연계되어 이용될 수 있다. 즉, 화상감지시스템을 통해 위반차량의 존재를 감지한 후 별도의 번호판 인식시스템을 통해 자동으로 과태료 등을 부과하도록 할 수 있을 것이다.

그 외에 고속도로 위험지점에서의 정지차량 존재유무 확인을 통한 사전경고체계, Ramp Metering Program에의 이용 등 다양한 분야에의 응용이 가능하므로 이에 대한 연구가 필요하다. 그리고 궁극적으로는 이러한 모든 기능을 구현하고 중앙관제소와의 연결을 통해 종합적인 교통관리 및 제어를 할 수 있도록 해야할 것이다.

마. 기 타

화상감지시스템의 계측 정확도는 카메라의 설치와 가상감지기의 설치에 이해 좌우된다. 따라서 교통 및 주위 환경여건에 따라 최적의 카메라 설치를 위한 기준 등을 정립하여 운영자 및 관련요원들에 대한 교육을 실시하여야 한다. 또한 시스템의 운영자에게는 운영 프로그램을 충분히 익히도록 해야하며 특히, 계측 목적에 따라 정확한 검지가 이루어질 수 있도록 효율적으로 가상검지기를 설치하는 방법을 익힐 수 있도록 해야한다.

VII. 결 론

최근 격증하는 도시교통문제와 이로인해 파급되는 부적요인에 적극적이고 능동적으로 대처하기 위한 방안으로 교통수요관리 측면에서 다양한 기법들이 개발되고 있으며, 이를 위해서는 교통특성을 나타내는 기본자료들이 동적, 실시간으로 입수되어 처리되어야 하기 때문에 보다 정확하고 신속한 교통정보의 획득방법이 요구되고 있다.

현재 국내 및 외국에서 기초적 교통특성자료의 입수를 위해 사용하는 기기 중 대표적인 것이 루프검지기를 이용하는 것이다. 여러 종류의 검지기 중 루프검지기가 가장 보편적으로 사용되고 있는 이유는 이 검지기가 교통신호나 관제에 필요한 대부분의 교통변수를 계측할 수 있으며, 무엇보다 초기설치비가 저렴하고 계측정보의 정확도가 비교적 높기 때문이다. 그러나 루프검지기는 도로면에 직접 설치되는 시설이 존재하기때문에 차량하중과 도로의 파손, 재포장 등 여러 원인에 의한 고장률이 높으며 설치나 유지보수도 용이하지 않은 단점을 가지고 있다.

따라서 최근에는 보다 다양하고 정확한 교통계측이 가능하고 간편성 및 효율성이 우수한 것으로 판단되는 화상감지시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이며, 이러한 화상감지시스템을 이용한 교통관리 및 통제 방법에 관한 연구도 다양하게 진행되고 있다. 본 과업은 기개발된 국내외 화상감지시스템의 기법들을 검토하고 그 적용성에 관해 연구하는 것을 목적으로 하였다.

본 과업에서는 우선 기존에 많이 사용된 루프검지기와 화상검지기를 포함하여 현재까지 개발되어 이용되고 있는 차량검지기에 대한 고찰을 통해 차량검지기의 개략적인 특성과 한계점을 파악하였다. 그 결과는 루프검지기가 교통신호나 관제에 필요한 대부분의 교통특성변수를 계측할 수 있으며, 무엇보다 초기설치비가 저렴하고 계측정보의 정확도가 높아 가장 적절한 장치로 판단되었다. 이에 비해 타 검지기는 루프검지기의 최대 단점이라고 할 수 있는, 도로상에 직접 설치되는

장치가 없는 장점을 가지고 있음에도 불구하고 계측가능한 정보의 제한, 낮은 계측정확도, 제한된 검지 영역, 설치 및 유지 보수시의 높은 비용과 전문인력 필요 등의 원인으로 인해 루프에 비해 경쟁력이 떨어지고 있는 것으로 분석되었다.

다음으로 화상감지시스템의 연구현황 파악과 이 시스템의 구성 및 특성에 관한 고찰을 수행하였다. 이를 위해 지금까지 국내외의 연구에 대한 검토를 통해 이분야 연구의 현황을 검토하고 화상감지시스템의 특성과 교통현장적용 가능성을 검증하였다. 1970년대부터 시작된 이 분야의 연구는 화상감지시스템에 필요한 실시간 화상처리를 뒷받침할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 발전이 이루어진 1980년대 중반을 거치면서 활성화 되었다. 화상감지시스템에 대한 이러한 연구는 기존 루프검지기의 기능을 대체할 수 있는 기능을 부여하는 단계를 지나 대기행렬파악이나 사고감지에의 이용 개별차량의 움직임 추적 등과 같은 다양한 분야로의 응용이 연구되고 있다. 그리고 1990년대 들어서는 연구개발의 단계를 지나 시제품의 개발 및 시험을 거쳐 상용화되어 교통현장에 설치 운영되고 있는 제품도 등장하고 있다. 그러나 이 분야에 대한 국내에서의 연구는 1990년대 이전에는 거의 전무한 실정이며, 최근 발표된 몇몇 연구결과도 아직 실용화와는 거리가 있는 것으로 판단된다.

연구결과에 대한 검토를 토대로 볼 때 화상감지시스템은 화상처리 기술을 이용하여 교차로 및 도로상을 통행하는 교통류의 특성변수인 교통량, 속도, 점유시간, 차두시간, 차종 등을 계측할 수 있는 검지장치로, 기존에 교통정보의 계측장치로 보편적으로 이용되고 있는 루프검지기와 대등한 기능을 갖고 있을뿐만아니라 그 외에도 추가적인 기능을 수행할 수 있는 장치라고 판단된다.

화상감지시스템의 특성을 살펴보면, 도로 표면에 직접 설치되는 시설이 없어 시스템의 설치 및 유지관리가 용이하며, 현재의 검지상황을 현장의 영상과 함께 즉시 확인 및 수정이 가능하다. 또한, 검지기 자체는 실제적인 하드웨어 없이 카메라에 잡힌 영상위에 마우스를 통해 설치 조정이 가능한 가상검지기이므로 상황에 따른 검지영역의 설정이 용이하며 기본적인 교통특성변수외에도 대기행렬의 존재 및 길이, 사고감지 등 다양한 교통정보의 입수가 가능하다. 그리고 경제적인 면에서 기본적인 장비 가격으로 인해 초기설치비용은 루프검지기에 비해

다소 높으나 모든 차량진입방향과 차선의 교통특성계측이 필요한 신호교차로 같은 경우, 여러개의 루프를 4대의 카메라와 1대의 화상감지장치로 대신할 수 있으며 고장률이나 유지보수 방법 및 비용을 고려할 때, 루프에 비해 초기투자비와 유지관리비 측면에서 경제성을 확보할 수 있을것으로 판단된다. 반면에 이 시스템은 카메라에서 입력되는 영상에 의존하여 계측을 수행하기 때문에 기후의 변화나 조도의 변화의 영향을 받을 수 있다. 이러한 점의 대부분은 영상처리 알고리즘을 통해 극복할 수 있는 것으로 알려져 있으나 직접적으로 카메라의 시야를 가릴 정도가 되면 문제가 될 수 있다. 또한 바람이나 진동에 의해 설치된 카메라가 움직일 경우에도 영상이 영향을 받아 계측정확도가 떨어지게 된다. 그 외에 장비가 아직 고가이며, 현재 대부분의 시스템에서 차종 구분이 3종 정도밖에 되지 않는 단점을 가지고 있으나, 이는 향후 기술개발 및 발전을 감안할 경우 극복이 가능할 것으로 예견된다.

화상감지시스템은 교통관리 및 통제를 위한 다양한 기능을 내포하고 있으며, 그 적용성 또한 광범위한 것으로 분석되었다. 먼저 가장 기본적으로 루프검지기의 교통계측기능을 대신하는 기능으로의 이용이 가능하며, 도로에 직접 매설되는 장비가 없이 교통의 흐름에 영향을 주지 않고 설치가 가능하므로 계측대상 도로에 대해 일시적인 계측을 수행하는 이동식 장비로의 이용도 가능하다. 그리고 특별한 검지기 설정과 알고리즘을 사용하여 정체현상 및 사고의 감지를 자동으로 감지하도록 할 수 있다. 신호교차로에서는 신호제어기와 연계하여 교통감응신호의 운영이 가능하며, 기본적인 화상감지시스템에 VIDEO 화면 디지털 전송 시스템 및 자동차 번호판 자동 판독 시스템 등을 연계하여 현장여건에 맞게 설치하고, 이들을 중앙 관제 센터에서 통합하여 종합 교통제어 및 관리를 수행할 수 있다.

본 연구에서는 화상감지시스템의 계측 신뢰성을 검증하기 위하여, 현재 상용화되어 있는 화상감지시스템 중 하나인 AUTOSCOPE 시스템을 대상으로 고속도로 관교-구리 구간의 성남 톨게이트 부근에서의 교통량을 측정한 자료를 분석하였다. 성남 tollgate 자료와의 비교결과를 보면, 대부분의 시간대에서 97%가 넘는 계측정확도를 보이고 있으며, 평균적으로도 95% 이상의 정확도를 보이고 있다.

그리고 국내에서는 화상감지시스템이 최근에야 시험을 위해 설치되고 있는 관계로 신뢰성을 검증할 만한 자료를 얻기 어려워 외국의 시험자료를 통해 분석을 수행하였다. 외국의 최근 시험결과를 보면, 교통량이나 속도계측에서 루프검지기나 그 외의 검지기의 정확도보다 높은 정확도를 보이고 있으며, 그 외 사고감지의 정확도도 신뢰할 만한 것으로 발표되고 있다.

이상의 분석결과를 종합해 볼 때, 화상감지시스템은 현재 루프 검지기가 수행하고 있는 여러 교통계측 기능들을 수용함과 동시에, 루프 검지기가 가지고 있는 설치의 어려움, 과다 유지보수비용 등과 같은 여러 단점을 보완할 수 있을 것으로 평가된다. 화상감지시스템은 일단 현장에 설치된 후에는 감시영역의 재조정 및 교통제어를 변화시키는 것이 컴퓨터 모니터상에서 쉽게 이루어질 수 있어, 자료수집의 번거로움 해소 및 인건비 절약 등이 예상된다. 또한 기존 도로상에 설치되어 있는 CCTV, 신호제어기 등과 같은 시설물과의 연계성을 이룰 수 있고 새로 설치되는 카메라는 화상감지 외의 목적으로도 이용가능하므로 실제상황에서 적용성과 활용성이 높으며 시간, 경제적으로 매우 유용한 시스템이라 할 수 있다. 경제성적 측면에 있어서도 초기설치비용은 루프검지기보다 높으나 고장률과 고장시 수리비용을 감안할 경우에는 루프보다 경제적인 시스템이 될 수 있을 것으로 판단된다. 다만, 아직 화상감지시스템은 최근에 상용화되고 있는 시스템이기때문에 오랜기간 현장에서의 운영을 통한 시스템의 신뢰성 등에 대한 검증이 아직 미흡한 상태이어서 현재까지의 결과를 100% 신뢰하기는 어려운 상태이다. 그리고 검지의 정확도나 사고감지에의 응용 등에는 아직 연구 개선의 여지가 있는 것으로 보인다. 따라서 이러한 시스템의 국내교통 현장도입 이전에 충분한 시험운영 단계를 거쳐 문제점을 개선 보완하여야 할 것이다.

화상감지시스템은 교통현장의 정보를 전달하는 역할을 하게 되며 이러한 역할을 효율적으로 수행하기 위해서는 카메라에서 입력되는 교통정보의 계측기능과 계측자료의 저장 및 통계처리기능, 계측자료의 집계 및 종합적인 분석기능, 중앙컴퓨터와의 다중 통신기능, 교통신호제어기와의 연결기능, 작동상태의 자체 진단 및 표출 기능과 계측상황의 표출기능 등을 가지고 있어야 한다.

그리고 화상감지시스템은 아직은 현실적인 이용실적이 많지 않은 새로운 시스템이므로, 실제 교통현장에서의 설치 이전에, 충분한 시험운행을 통해 화상감지시스템의 성능 및 정확도를 점검하고 설치 및 운영상의 고려사항도 정립해야 할 필요가 있을 것으로 사료된다. 즉, 이러한 시험을 통해, 계측정확도에 대한 점검과 함께 그 외의 기능 즉, 신호제어기와 연계운영이나 중앙컴퓨터와의 on-line 및 off-line 통신에 의한 자료전송 및 제어기능 등도 점검되어야 할 것이다. 또한 테스트 결과를 토대로 카메라의 위치나 가상검지기의 설치위치 등에 의한 영향을 종합적으로 정리하여 이러한 기기의 적절한 설치를 위한 기준 작성이 요망된다.

화상감지시스템은 기본적인 교통특성변수의 계측 이외에 다른 분야에 적용할 수 있도록 하는 응용기법 개발의 가능성을 내재하고 있는데, 대표적인 예가 도주 차량 및 범죄이용차량의 추적, 자동사고감지에의 응용, 교차로에서의 이용 등이며 다른 검지기와 마찬가지로 계측자료를 이용해 교차로의 대기행렬을 파악할 수 있다. 그리고 교차로의 상황을 파악해 신호제어기와 연계하여 실시간 신호제어를 할 수 있을것이다. 또한 버스 우선신호제 등을 실시할 경우도 버스의 존재 유무를 파악하여 신호제어기에 전달하도록 할 수도 있다.

화상감지시스템은 주정차 위반이나 최근에 실시되고 있는 버스전용차선의 위반차량과 같은 각종 교통위반차량의 단속에도 연계되어 이용될 수 있다. 그 외에 고속도로 위험지점에서의 정지차량 존재유무 확인을 통한 사전경고체계, Ramp Metering Program에의 이용 등 다양한 분야에의 응용이 가능하므로 이에대한 연구가 요망된다. 그리고 궁극적으로는 이러한 모든 기능을 구현하고 중앙관제소와의 연결을 통해 종합적인 교통관리 및 제어를 할 수 있도록 해야할 것이다.

화상감지시스템의 계측 정확도는 카메라의 설치와 가상검지기의 설치에 의해 좌우되므로, 따라서 교통 및 주위 환경여건에 따라 최적의 카메라 설치를 위한 기준 등을 정립과 시스템의 효율적인 이용을 위해 하여 설치 및 운영자들에게 대한 교육실시가 요망된다. 또한 시스템의 운영자에게는 운영 프로그램을 충분히 익히도록 해야하며 특히, 계측 목적에 따라 정확한 검지가 이루어질 수 있도록 효율적으로 가상 검지기를 설치하는 방법을 익힐 수 있도록 배려하여야한다.

참고문헌

1. 이정도, Image Processing에 의한 交通量 測定 方法考察, 한국건설기술연구원 도로기술 자료집(상권), 1992.
2. 이종달, 이영욱, 화상처리에 의한 교통류 해석 방법에 관한 연구, 대한교통학회지 12권 1호, 1994.
3. 황병윤, 영상처리에 의한 교통류 계측에 관한 연구, 교통학회지 12권 4호, 1994.
4. 장덕명 외, 영상처리 차량검지기 개발 및 효율성 평가에 관한 연구, 도로교통안전협회, 1994.
5. Neil Hoose, Computer Image Processing in Traffic Engineering, RSP, JOHN WILEY & SONS, 1991.
6. Michalopoulos P.G., Jacobson R.D., Anderson C.A., Barbaresso J.C., Field deployment of AUTOSCOPE in the FAST-TRAC ATMS/ATIS program, Traffic Engineering and Control, Sept. 1992, pp. 475-483.
7. Panos Michalopoulos, Blake Wolf, Robert Benke, "Testing and Field Implementation of the Minnesota Video Detection System(AUTOSCOPE)", Transportation Research Record 1287.
8. Panos G. Michalopoulos, Richard D. Jacobson, Craig A. Anderson and Thomas B. DeBruycker, "Automatic Incident Detection through video image processing", Traffic Engineering+Control, Feb. 1993, pp. 66-74.
9. Panos G. Michalopoulos, Robert Fitch, Blake Wolf, "Development and Evaluation of a Breadboard Video Imaging System for Wide Area Vehicle Detection", Transportation Research Record 1225.

연구보고서 95-15

交通監視 및 統制를 위한
畫像感知 시스템 적용에 관한 研究

1995年 12月 日 印刷
1995年 12月 日 發行

發 行 金 本 植
編 輯 治 安 研 究 所
印 刷 大 韓 文 化 社
