

# 항공기반 차량검지기(ADS: Aerial-based Vehicle Detection System)를 이용한 교통상황 판단

백남철, 최대순

## 1. 개요

Carlos F. Daganzo(1997)<sup>1)</sup>는 3가지 관점-도로변(point-based) 관점, 교통류내 이동기반(mobile-based), 항공에서 내려다보는 관점(aerial-based)-의 교통류분석 방법을 제시한 바 있다. 이 중에서 지점기반, 이동기반 검지기는 이미 개발되어 활용되고 있으나 항공기반 검지기는 개발되지 못하였다.

첫째, 도로변 관점의 지점기반(point-based) 차량검지기(VDS)는 2개 인접 VDS사이의 갑작스런 구간 정체상황을 감지하기는 어렵다. 둘째, 교통류내 이동기반(mobile-based)의 자동차량번호인식장치(ANPR<sup>2)</sup>)와 probe car정보는 시간차짐(time lag)<sup>3)</sup>이 발생하며 샘플의 대표성이 의문시된다. 셋째, 항공기반 검지시스템(ADS: Aerial-based Vehicle Detection System)은 기존의

백남철 : 한국건설기술연구원 도로연구부 첨단도로시스템연구센터, nc100@kict.re.kr, 직장전화:031-9100-194, 직장팩스:031-919-5694  
 최대순 : 한국건설기술연구원 도로연구부 첨단도로시스템연구센터, dschoi@kict.re.kr, 직장전화:031-9100-166, 직장팩스:031-922-3155

- 1) Department of Civil Engineering and Institute of transportation Studies, University of California, Berkley CA 94720, U.S.A.
- 2) Automatic Number Plate Recognition의 약자. 2개의 ANPR은 선형차량궤적을 나타내며 GPS장착 probe car는 보다 현실적인 비선형 차량궤적을 나타낸다. ANPR은 교통상황이 급변하는 기하구조적 특성을 가지거나 local OD가 달라지는 경우 반드시 설치해야 교통특성을 추출할 수 있다. 즉, 단속류에서는 연속류보다 조밀하게 설치하지 않으면 매칭 차량을 찾기 어렵다.
- 3) 타임래그 time-lag. 인간은 두뇌에서 어떤행동을 결심해도 그 지령에 따라 손과 발이 작용해서 동작하기 까지는 시간을 요한다. 즉 판단에 의해 지령한 것은 지령과 동시에 동작으로 나타나는 것이 아니고 나타나기까지는 어떤 시간적인 어긋남이 있다. 이것을 타임래그라고 한다. 이와같은 타임래그는 생산과정에서의 설비기계, 장치의 움직임에 있어서도 마찬가지로 그것이 인간과 차량이 짝을 도로교통계에 있어서는 보다 복잡한 형태의 타임래그가 나타나 교통정보 오차의 원인이 된다.

본 연구는 국가R&D연구사업"교통정보혁신을 위한 제공·관리·평가 기술개발"의 2세부과제의 일환으로 수행되었습니다. 국토해양부와 건설교통기술평가원의 관계자 여러분에게 감사드립니다.

VDS나 prove-car정보에서 추출하지 못하는 돌발상황 검지 및 대응(Incident detection and response)이 가능하다. 특히, 기존의 지점기반검지기나 이동기반검지방식에서 생산할 수 없었던 구간밀도와 local-based OD를 생성하므로 지능형교통체계에서 반드시 필요한 자료를 생성할 수 있다. 이미 미국이나 독일, 일본의 경우, 무인비행기(UAV: Unmanned Aerial Vehicle), 헬리콥터 등을 활용하여 항공기반 교통정보수집에 관한 연구개발을 진행하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 지점기반, 이동기반검지의 단점을 보완하기 위하여 항공기반 차량검지기의 교통상황 판단의 활용성을 점검하므로써 ADS의 기본 아키텍처를 제시하고자 한다.

## II. 항공사진자료를 이용한 교통상황판단에 관한 기존연구

### 1. 교통류 이론에서 바라본 항공기반 차량검지기(ADS)개발의 필요성<sup>4)</sup>

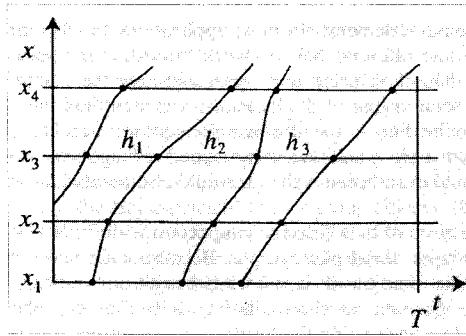
CARLOS F. DAGANZO(1997)가 제시 했던 도로변(point-based) 관찰자 관점, 교통류내 이동기반(mobile-based), 항공에서 내려다보는 관점(aerial-based)의 3가지 교통류분석 방법과 그에 따른 각 검지기 특성에 관하여 살펴 보았다.

먼저, 도로변 관찰자 관점에서 교통류를 바라보는 과점을 살펴보자.

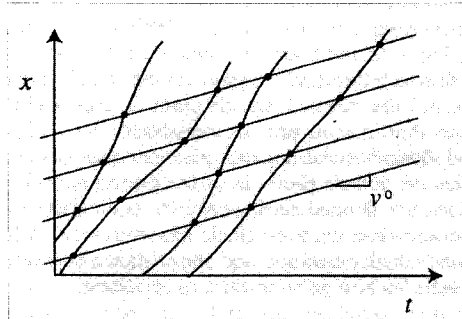
〈그림 1-a〉는  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ 지점에서 도로변에서 있는 조사자가 지나가는 차량의 time headway를 조사하고 있다고 가정한 것이다. 이는 지점기반(point-based)의 차량검지기를 말한다. 우리나라에서는 VDS라고 부르는 것이 여기에 해당한다. 도로변 관점의 지점기반 차량검지기(VDS)는 특정지점의 교통류 상태가 인접검지기까지 지속될 것이라고 가정하고 있다. 그런데, 이 방식은 구간내에 발생하는 갑작스런 정체상황 등을 감지하기는 어렵다.

〈그림 1-b〉는 교통류 속에서 이동하는 관찰자 관점이다. GPS장착 prove car, ANPR등이 여기에 해당된다. 기존 VDS를 보완하는 구간기반 검지기로

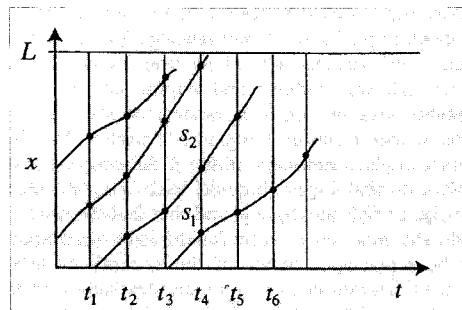
4) 본 절은 CARLOS F. DAGANZO(1997)의 Fundamentals of Transportation and Traffic Operations에서 3가지 교통류 분석관점을 제시한 내용을 기본으로 참조하여 재구성하였다. 그는 최근에도 (2005), 밀도기반의 보다 개선된 교통상황판단 모형을 제시하고 있다.



〈그림 1-a〉 도로변에서 관측하는 경우( $x_1, x_2, \dots$ )



〈그림 1-b〉 교통류 속에서 이동하며 관측하는 경우



〈그림 1-c〉 하늘에서 내려다보며 관측하는 경우

자동차량번호인식(ANPR: Automatic Number Plate Recognition)을 이용하기도 하지만 시간차짐(time lag)이 발생한다. GPS장착 probe car가 ANPR의 시간 차짐을 최소화시켜 주지만 현재 prove car나 버스위치정보

등으로는 모든 차량의 움직임을 대표하는 샘플로는 다소 부족하다. 국내에서는 SK entrac이나 로티스(ROTIS) 등 민간교통정보 서비스업체들은 prove car 정보가 부족한 경우 과거 자료를 이용하여 일정한 교통패턴을 생성하여 제공하나, 도시부에서 수시로 발생하는 정체나 돌발상황을 충분히 나타내지 못한다<sup>5)</sup>.

〈그림 1-C〉는 특정시점(t1, t2, t3...)에 하늘에서 내려다본 공간 관측자 관점이다. 본 연구에서 개발되는 항공기반 검지기(ADS: Aerial-based Vehicle Detection System)가 여기에 해당된다. ADS는 기존의 VDS나 prove-car정보에서 추출하지 못하는 돌발상황 검지 및 대응(Incident detection and response)이 가능하다. 즉, 대형 이벤트가 발생하거나 긴급재해 발생시에 교통상황을 아날로그적으로 판단하고 방송하던 상황을 개선하여 실시간 교통정보감시, 정보가공 및 제공에도 활용할 수 있다.

〈표 1〉은 교통정보 신뢰성 평가기준으로 기존의 지점검지기인 VDS와 항공기반의 검지기인 ADS에 대해 engineering judgement로 비교한 것이다. 다음 연구에서는 이 7가지 평가기준을 중심으로 보다 현실적인 ADS의 사양에 대해서 제시해야 할 것이다.

〈표 1〉 지점기반검지기인 VDS와 공간기반검지기인 ADS의 비교

평가 기준 <sup>6)</sup>	평가 내용 (주)	장소	VDS	ADS
정확성 (Accuracy)	• 실제 현장에서 조사된 자료와의 부합성 • 검지 자료의 신뢰도: %오차	현장	양호	양호
안정성 (Stability)	• 적정 신뢰수준의 자료가 지속적으로 수집가능한가 여부를 말함	현장	보통	양호
완전성 (completeness)	• 타당한 데이터와 그렇지 않은 데이터의 비율 • 이용가능한 자료를 나타내는 비율	센터	보통	양호
유효성 (Validity)	• 각 항목별 허용 요구 수준을 만족하는 정도 • 유효수집율: 필터링을 거쳐 남은 자료의 비율	센터	보통	양호
적시성 (Timeliness)	• 현장장비와의 통신주기 일치성 • 센터간 시간지체	센터	양호	의문 시됨
접근성 (Accessibility)	• 자료사용자가 자료에 접근할 때까지 걸리는 시간	센터	양호	의문 시됨
포괄성 (Coverage)	• 시스템 설치 범위 중 자료수집 범위의 비율 • 자료가 커버할 수 있는 구간의 비율	센터	나쁨	매우 양호

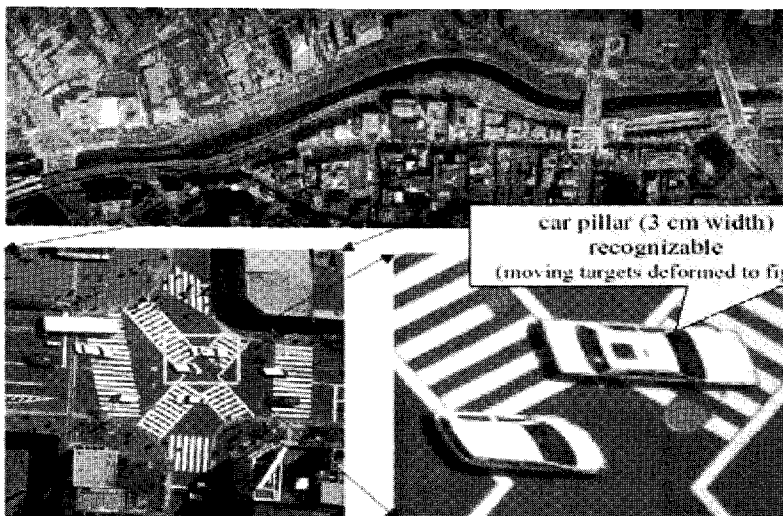
5) 프루브 차량의 수, 도로망별 프루브의 고른 분포, 도로상에서 대표성의 확보 유무, LBS 기반 위치의 정확한 인식여부 등에 따라 프루브가 기반의 교통정보의 정확성은 많은 영향을 받을 수 있다. 또, 정보가 아무리 정확하게 가공되어진단 해도 정보의 수집가공과정에서 시간차집현상(time-lag: 정보의 가공 때마다 시간이 뒤로 밀리는 현상)으로 실시간 정보가 아니라 과거 정보로 전락할 수도 있다

6) Defining and Measuring Traffic Data Quality, Texas Transportation Institute, 2002

## 2. 개발 사례

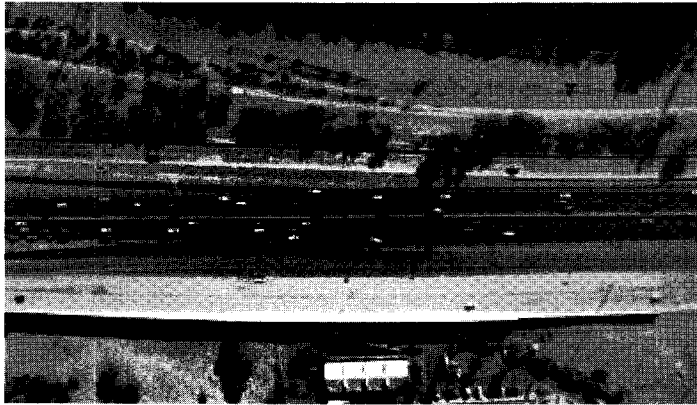
미국, 독일, 일본의 경우, 무인비행기(UAV:Unmanned Aerial Vehicle)<sup>7)</sup> 등을 이용한 광역 영상검지 기술을 교통정보를 수집하는데 활용하는 기술이 개발되어지고 있다. UAV는 기상 및 환경관측, 도로 및 교통감시, 해양 및 산림감시 등에 일반적으로 사용된다. 특히, 수해지역의 감시와 수해지역의 교통 탈출로 분석, 재해등이 발생할 경우 기상악화 지역의 도로 교통 운전자들의 우회도로 제공 등에 사용되는 것이 적극적으로 검토되고 있다.

일본의 도쿄에서는 GPS를 장착한 헬리콥터에 비디오 카메라를 탑재하여 도심부 교통관리 및 각종 교통 분석을 수행하며, 미국의 플로리다 주에서는 <그림 2>와 같이 여행자 교통정보 및 각종 교통관리를 위하여 무인 비행기를 이용하고 있다. UAV 핵심 기술은 실시간 영상의 전송 기술, 무인 조정 기술 및 실시간 영상을 이용한 처리 기술 등이다.



<그림 2> 항공 영상을 이용한 교통관리

7) UAV(Unmanned Aerial Vehicle)는 적외선 감지기, 비디오 카메라, 기상레이더 등을 갖추고 적진을 정찰하고, 미사일을 장착하면 공격도 가능한 비행체를 말한다. UAV시스템은 지상통제소(Ground Control Station, GCS)내에 있는 내부조종사(Internal Pilot, IP)의 조력을 받는 외부조종사(External Pilot, EP)가 무선조종기(Flight Control Box, FBX)로 무인항공기를 이륙시키고 조종한다.

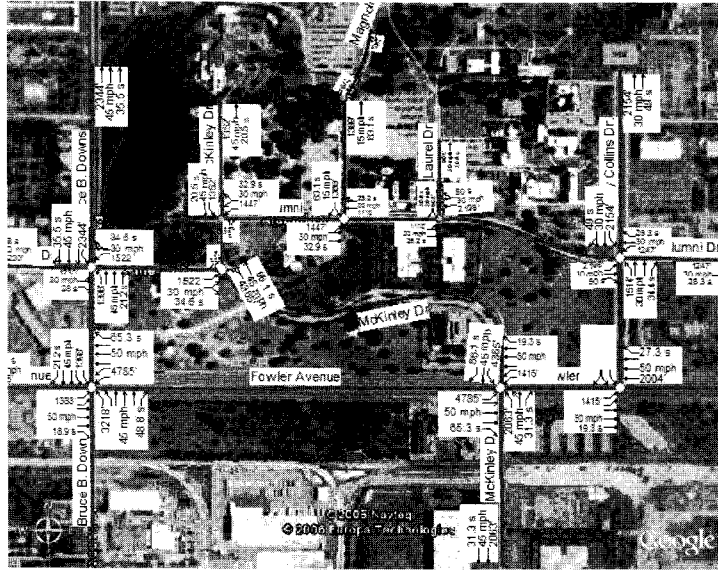


〈그림 3〉 ADS기반의 교통사고 차량 검지

미국 오하이오주에서 〈그림 3〉과 같이 항공영상 기반으로 실시간 교통정보를 추출하여 기존의 지점검지기술의 한계를 보완하는 것을 연구하고 있다. 미국의 오하이오 주에서는 동영상 카메라를 장착한 무인 비행기 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 이용하여 교통량, 속도, 밀도, 엇갈림 교통량, 교차로 회전 교통량, 대기 행렬, 주차장 이용율 등을 조하여 각종 교통관리를 광역적으로 수행하는 것을 연구하고 있다. 이러한 정보는 재해 발생 시에 출동하는 헬리콥터에 장착하여 긴급 교통관리 등에도 활용 되어질 수 있다.

미국의 South Florida 대학에서는 〈그림 4〉와 같이 교통모니터링을 위한 교통 통계 프로파일을 생성하기 위해 UAV 영상을 분석하여 local Origin-Destination, 교통밀도, 지체도 등을 추출하는 것을 연구하고 있다. 〈그림 4〉는 교차로상에서 광역 영상검지 기술을 이용하여 방향별 교통량과 속도 등을 추출하여 실시간 교차로 제어의 활용가능성을 제시한 것이다.

독일에서도 Stuttgart, Cologne, Berlin 3개 도시의 실시간 교통소통 상황 측정과 시뮬레이션을 통한 단기미래(약 30분) 교통상황을 예측하기 위하여 비행체의 촬영영상을 실시간으로 이미지 처리하여 개별차량 검지, 차량 밀도, 차량속도 등 소통상황을 측정하고 있다.



〈그림 4〉 항공기반의 방향별 교통량, 속도 추출

### Ⅲ. 자료 수집 방법 및 교통상황판단 프레임워크

#### 1. 자료수집 방법

항공사진을 분석하기 위해서는 자동화된 이미지 처리과정이 개발되어야 한다. 많은 연구자들은 이러한 문제를 해결하기 위해서 주로 고정된 지점에서의 영상검지기로부터 이미지 처리방법을 연구해 왔다.

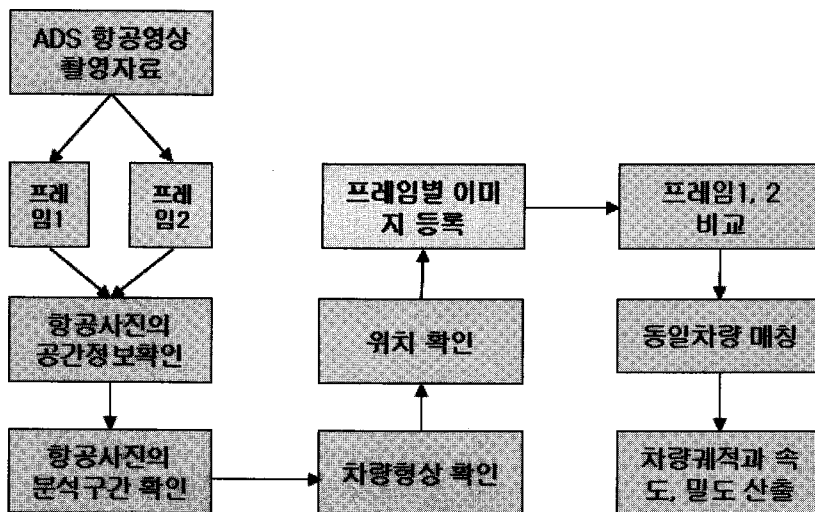
본 연구에서는 고정된 카메라가 아닌 이동하는 카메라로부터 생성되는 자료를 분석해야만 한다. 따라서, 차량의 움직임뿐만 아니라 카메라 장비 자체의 움직임도 함께 고려되어야 한다. 더구나, 실시간 교통정보서비스이므로 교통류의 속도와 항공 촬영하는 항공기의 속도를 고려하여, 이미지 처리 및 교통정보 산출과정을 개발할 필요가 있다. 또한, 항공기에서 지상으로의 통신속도, 지상 교통정보센터에서 교통정보의 적시성(timeliness) 등을 고려하여 촬영높이와 카메라 화소수 등을 산출하여야 한다.(이에 대해서는 본 연구이후에 후속작업으로 진행할 것이다.)

그러나, 본 연구에서는 현재 주어진 조건인 항공기의 최소 속도 200km/h로 약 1500m상공에서 3900만화소의 카메라를 이용하여 서울시 올림픽대로, 경부고속도로, 서울시 외곽순환도로 등을 촬영하였다. 이 중에서 서울시 올림픽대로의 마곡대교(가칭)와 가양대교구간에 대해서 차량계적 분석방법에 의해 속도, 밀도를 산출하였다.

## 2. 차량계적 분석에 의한 속도, 밀도 산출 방법

차량의 검지와 동일 차량의 추적(vehicle tracking)을 위한 알고리즘을 본 연구에서는 개발하는 것을 가정하고 그 추출된 자료를 이용하여 속도, 밀도, 서비스 수준, 교통상황(원활, 지체, 정체 등), 통행시간 등 보다 고급 교통정보의 가공처리과정을 제안한다. 이러한 비디오 이미지 프로세싱은 고정된 지점에서의 영상검지 처리기법으로 많이 개발되었다.

그러나, 이러한 이미지 프로세싱 자료가 항공사진으로 촬영되어 교통정보센터로 수집되어졌을 때에는 본 항공사진이 어느 구간에서 촬영된 것인지 먼저 확인되어야 한다. 즉 항공사진은 카메라 플랫폼이 움직이기 때문에 교통정보센터에서 구간 확인 작업이 필요한 것이다. 이를 위해서 본 연구에



〈그림 5〉 본 연구의 분석과정

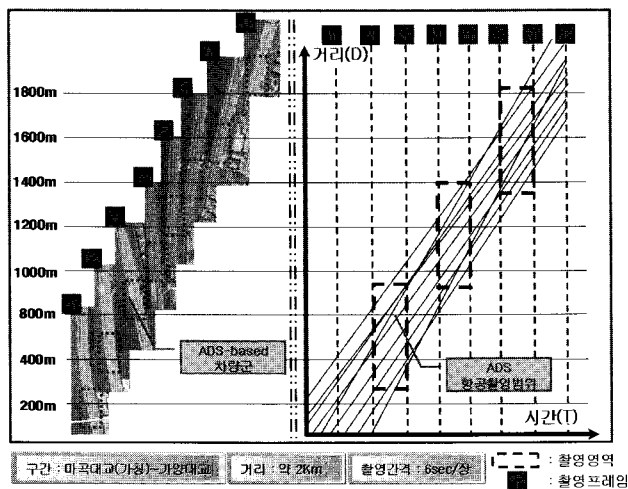


서는 먼저 GIS Map에서 항공사진 자료의 구간의 시종점을 일치시키는 작업을 시행한다. 다음으로는 각 프레임 별로 개별차량을 검지하여 개별차량의 위치정보를 등록한다. 이를 위해서 항공사진으로부터 개별차량의 이미지를 추출하고, 그 개별차량을 GIS Map의 차로위치까지 보다 미시적인 일치 작업을 시행한다. 다음 항공사진 프레임에서 동일 차량을 추적하는 트래킹 작업을 수행하여 차량흐름 궤적을 만들어 낸다.

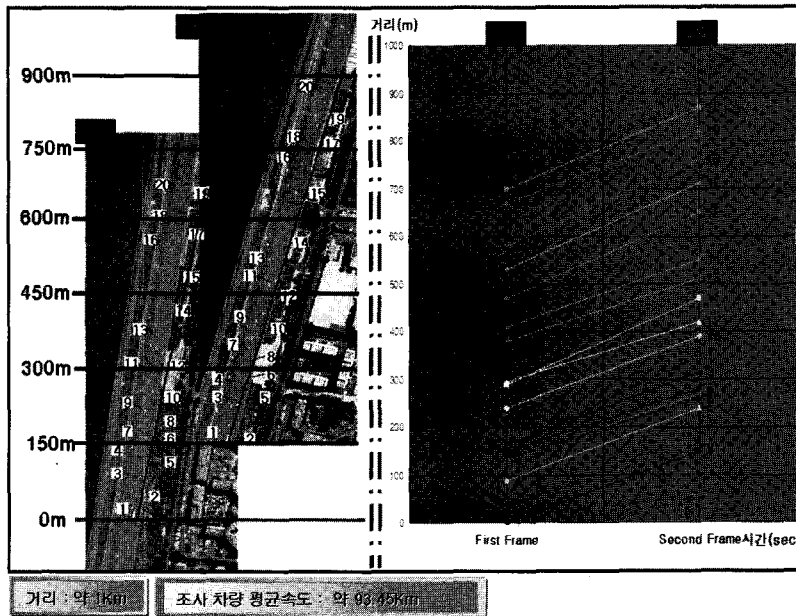
#### IV. 분석결과 및 ADS기반 교통관리 아키텍처

##### 1. 차량궤적 및 교통정보로의 활용성을 분석한 결과

2008년 5월에 촬영된 비디오 이미지중 연속된 2개의 프레임을 분석하였다. 각 프레임은 6초 간격으로 촬영되었다. 차량edge 검지와 차량형상의 인식을 수행 기존의 이미지 처리방식을 통하여 수행하였다는 가정하에 각 차량은 <그림 6>과 같이 동일차량에 대해 번호를 부여하여 네모 박스로 표현하고, 각 차량에 대해서 고유번호를 부여하였다.



<그림 6> 항공사진자료를 이용한 차량궤적 산출 결과



〈그림 7〉 항공사진자료를 이용한 속도 산출결과

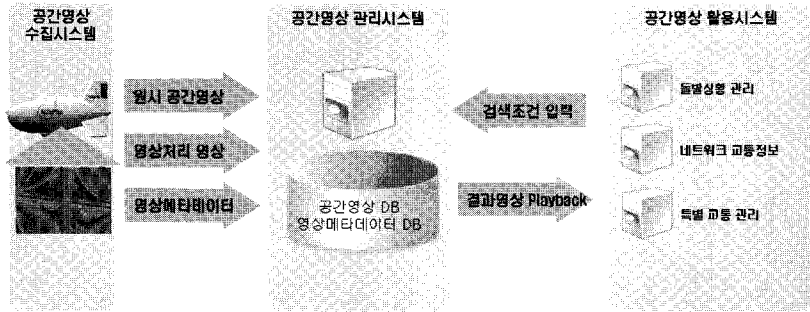
위와 같은 분석을 통하여 프레임의 이미지프로세싱을 통해 차량계측을 생성하고 동일차량을 판단하므로써 개별차량의 속도를 산출하였다. 약 1km의 범위내에서 동일방향으로 약 30여대의 차량 중에서 약 20여대의 차량에 대해서 동일차량매칭을 통해 속도를 산출할 수 있었다. 이러한 분석을 통해서 밀도, 속도 등의 산출이 가능하므로 교통정체의 충격과분석등이 가능할 것으로 판단된다.

## 2. ADS 아키텍처 구성

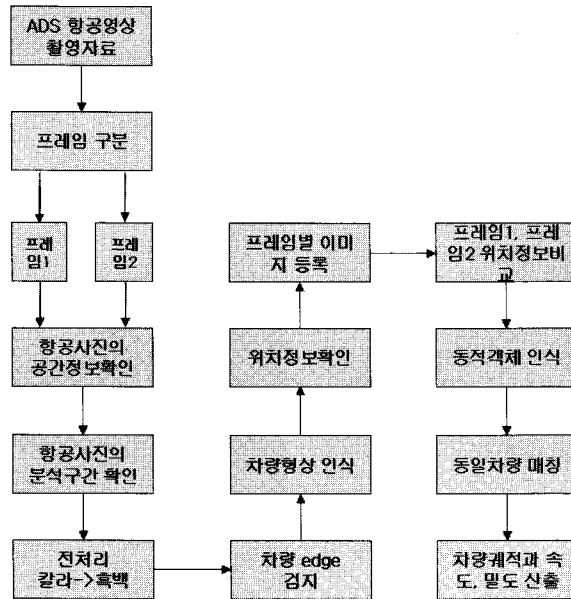
본 연구결과 ADS자료를 이용할 경우 하늘에서 운전자의 실제 운행의 어려움을 잘 나타내는 밀도, 속도등을 실시간으로 확인할 수 있으므로 운전자가 실제로 느끼는 도로의 서비스수준(Level of Service)을 정확하게 산출할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나, 6초에 1장을 찍을 수 있는 3900만화소의 카메라로는 교통정보

센터에서의 실시간처리가 다소 어렵다고 판단되므로 보다 프레임수를 줄이고 화소수를 줄여야 한다. 본 연구에서 제시하는 platoon matching기법을 이용한다면 이 항공사진자료를 이용한 교통상황판단은 다음과 같은 과정을 거쳐서 돌발상황관리 및 특별한 이벤트시 교통관리 등에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.



〈그림 8〉 ADS를 이용한 교통관리 시스템 구성도



〈그림 9〉 ADS의 기본 아키텍처

① 항공사진 시간간격 프레임은 1초를 기본단위로 한다. 이미지프로세싱의 오차를 줄이기 위해서는 알고리즘에서 보다 많은 프레임을 학습시킬 필요가 있기 때문이다. 또한, 항공사진을 수집하는 촬영주기 즉 샘플링 간격(sampling interval)은 두개 프레임의 중첩율과 관련이 있다.

본 연구에서 제시한 차량궤적분석방법으로는 두 개의 프레임을 서로 오버랩(overlap)시켜야 하는데, 두 개 프레임의 오버랩은 최대한 중첩을 유지하도록 해야 한다. 즉, 2개 프레임이 더 많이 중첩될수록 교통사고 차량등을 보다 정확하게 빠른시간에 검출할 수 있을 것이다. 샘플링 간격은 비행선의 이동속도와 항공사진의 이미지 스케일과 관련있다. 적정 중첩율은 향후 개발되어지는 ADS이미지프로세싱의 처리능력에 따라 다르게 제시될 수 있을 것이다.

② 본 연구에서 제시된 차량궤적분석방법을 적용하기 위해서는 각 프레임은 전처리 과정이 필요하다. 첫째, 칼라 사진을 그레이 스케일로 전환하는 것이 요구되며, 도로의 포함되지 아니하는 영역을 삭제하여야 한다. 무조건 삭제하는 것이 아니라, 구간의 시종점을 구분하는 경우 시종점 도로 부근의 Land Mark를 활용한다. 차로와 3D로 표현가능한 주변 지형지물 구분이 가능한 GIS Map과 항공사진을 일치시킨후 도로이외의 자료를 삭제시켜야 한다.

③ 각 프레임에서 동적객체(moving object)와 정적객체(stationary object)를 구분하는 과정에서는 먼저 GIS Map과 항공사진의 edge를 일치시켜야 한다. 따라서 ADS는 차량edge 뿐만 아니라 도로edge와 차로edge도 검지해야한다. 이는 교통사고, 주정차차량 등을 판단하는데 매우 중요한 요소가 된다.

동적객체는 차량인지 아닌지를 구분하는 과정을 거쳐야 한다. 또한, 정적객체 중에서 차량인지 아닌지 이외에 어떤 차량인지를 판단하는 별도의 알고리즘이 있어야 한다. 왜냐 하면, 최외곽 차로에서는 사고차량과 주정차된 차량을 구분하기 곤란할 수 있기 때문이다. 특히, 단속류에서는 불법주정차된 차량, 버스정류장의 버스, 택시승객을 기다리는 택시 등은 형상과 위치로 ADS가 촬영되는 짧은 시간내에 검지해야 한다. 본 연구에서 적용된 200km/h속도의 항공기가 6초마다 촬영하는 사진으로는 몇 개의 프레임으

로 이를 확인해야 하므로 신뢰성있는 검지가 곤란할 것으로 판단된다. 이러한 요건이 만족되지 않으면, ADS를 실시간교통정보제공용으로 단속류에서 사용하기는 다소 곤란할 것으로 보인다.

④ 각 프레임의 동적객체 이미지의 중심(차량의 앞부분, 중간부분, 뒷부분 어디든지 가능함)을 GPS좌표로 확인하여 교통정보센터의 GIS Map자료와 매칭(matching)시킬 수 있어야 한다. 따라서, ADS와 교통정보센터의 GIS Map은 동일한 것을 사용하고 연동할 수 있어야 한다.

⑤ 두 개의 프레임을 오버랩하여 정적객체를 제외하고 동적객체를 추출한다. 그러나 많은 경우에 있어 정적객체가 동적객체처럼 보여질 수도 있다. (현재 GPS의 경우 최상의 조건일 때 1-2cm정도 내에서 오차를 보이는 수신기도 존재하며, GIS Map과 항공촬영사진이 차선이 구분되는 정도의 정확도이고 ADS와 교통정보센터의 GIS Map을 서로 연동한다면, GIS MAP의 GPS오차는 무시될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 매칭의 정확도가 높아야 하므로, 항공사진을 촬영하는 비행선과 교통정보센터의 GIS Map의 좌표체계 등이 일치하는지를 일정간격마다 점검하는 알고리즘을 장착해야 한다.

⑥ 두개의 프레임 간에 차량의 매칭은 최소 1초 이내에 처리될 수 있도록 알고리즘을 개발하여야 한다. 차량매칭이후에 차량의 궤적은 시공도상에서 산출되어지며, 차량의 궤적으로부터 교통상황정보를 판단하기 위한 속도, 밀도, 차두거리(space headway), 차두시간(time headway) 등을 산출한다.

⑦ 교통정보센터에서는 ADS자료를 VDS자료와 결합하여 대상도로의 특성(연속류, 단속류)에 따라서 서비스수준(LOS), 교통상황 판단(기존 교통정보제공 서비스의 기준에 따른 판단), 통행시간 등을 산출한다.

## V. 결론 및 향후 연구과제

결론적으로 ADS를 보다 현실적으로 이용할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다고 본다. 특히, ADS는 본 연구에서 확인해 본 platoon matching기법을 이용한다면 localized origin-destination flows를 산출할 수 있으므로, 기존의 검지기로는 다소 어려운 고속도로 램프부 주변의 위빙으로 인한 지체

등을 확인하고 보다 정확한 교통대책도 세울 수 있을 것으로 판단된다.

그러나, 본 연구를 통해서 ADS를 교통정보제공을 위해 도입하기 위해서 극복해야 할 여러 가지 장애를 확인할 수 있었고 다음과 같이 향후 연구 과제를 도출할 수 있었다.

첫째, 제한적인 항공경로와 항공허가는 ADS가 공식화되지 않고는 본격적으로 사용하기 어렵다고 판단된다. 특히, 주요 공공기관, 대사관, 시설 등이 있는 도심의 교통정보제공만을 위해서 ADS를 도입한다면 여러 가지 제한이 많을 것으로 보인다. 특히, 비행선을 서울시 상공에 365일 올려서 사용한다면 그 정보는 매우 유용하면서도 위험한 정보가 된다. 직접적으로 방송국이나 교통정보센터로 송신되어질 수 있는 성격이 아닐 수도 있을 것이다. 현재의 항공허가규정에서도 청와대, 대사관, 주요관공서가 보이는 한강 이북의 경우에는 국가적으로 비밀업무를 처리하는 것을 공인받은 사람이 비행선에 탑승해야 하는 것으로 되어 있다. 그런데 이 정보를 지상의 교통정보센터로 보내서 처리하겠다고 한다면 당연히 교통정보센터에도 국가적으로 비밀업무를 공인받은 사람이 근무해야 할 것이다. 따라서, 연구결과를 토대로 국정원, 방송국, 청와대, 서울시 등 관련정부기관 및 공공기관과의 활용범위에 대한 논의를 반드시 거쳐야 할 것으로 보인다.

둘째, ADS를 비행선에 장착할 것인지 무인항공기에 장착할 것인지 헬리콥터에 장착할 것인지에 대한 연구가 필요하다. 각각의 항공물체의 H/W적 특성에 따라 ADS의 H/W, 정보처리방법이 달라질 것이다. 기존에도 재해 발생시에 사용되고 있는 방송용헬리콥터나 경찰헬리콥터 등에서 탑재되는 일반적인 ADS시스템은 개발되어질 필요가 있다고 본다. 무인항공기(UAV)에서 ADS를 사용할 때는 교통정보를 위해서 항로를 정하되 기존의 건물, 다른 유인항공기 경로 등을 고려하여 항로를 선정하고, 제한된 연료로 인한 정보수집의 한계와 제한적인 효용성에 관한 연구도 필요하다. ADS를 무인항공기(UAV)와 비행선에서 사용되어질 때 관리되어질 격납고 까지 고려하여 비용, 인력등 경제성, 효율성, 활용성을 종합적으로 비교하는 연구가 필요하다. 또한, UAV나 비행선 모두 갑작스런 사고발생 등을 고려한 안정적인 설계가 필요하며, 항공사진을 자료수집을 안정성으로 하기

위한 통신시스템에 대한 연구도 필요하다.

셋째, ADS자료와 기존 VDS자료, prove-car의 결합 또는 보완을 통해서 보다 신뢰성있는 교통정보제공방안이 연구되어야 한다. 방대한 ADS 자료를 기존의 VDS자료 등과 결합하여 가공하여 실시간 교통정보를 제공할 수 있을지 점검해야 한다. 특히, ADS자료를 가공할 때 기존 센터시스템 용량으로는 감당할 수 있을지 의문이다. 보다 다양한 형태의 ADS자료를 분석하여 센터시스템을 어떻게 구성해야 하는지 시뮬레이션하여 용량을 점검해야 할 것이다.

넷째, ADS자료의 센터에서 사용하게 되는 것을 가정한 모의실험을 통해서 보다 자세한 ADS의 아키텍처를 제시하게 될 것이다. 이를 위해서는 ADS의 정확성 등에 대해 점검해 볼 것이다. 특히, ADS자료는 적시성과 user의 접근성측면이 의문시될 수 있으므로 이에 대해서 보다 세부적으로 평가하여야 ADS의 시스템 요구사항이 정확하게 도출될 수 있을 것이라고 판단된다. 예를 들어, 현재 ADS시스템개발자들간(항공사진촬영부문과 항공사진이미지프로세싱부문)에 ADS의 카메라를 1300만화소를 사용할 것인지 3900만화소를 사용할 것인지에 대한 격론이 벌어지고 있다. 이에 대해 보다 현실적인 ADS의 사양을 제시하기 위한 센터시스템 가공처리과정에 따른 적시성(timeliness) 등에 대해 연구해야 할 것이다.

다섯째, 재해발생시에 보다 현실적인 ADS의 활용방법이 연구되어야 할 것이다. 재해 발생 시에 출동하는 방송용 헬리콥터나 경찰용 헬리콥터에 장착하여 긴급 교통관리, 재해 탈출경로 선정, 정책결정자가 교통상황을 체계적으로 판단할 수 있도록 하는 의사결정지원시스템 등에도 활용되어질 수 있다. 이를 위해서는 통신시스템이 마비되어질 수 있는 재해 발생된 구간에 들어가는 ADS장착 헬리콥터 등의 자료 수집을 지원하기 위한 이동형 ADS기 지국센터가 필요할 것인지에 대해서도 종합적으로 연구되어질 필요가 있다.

## 참고문헌

1. CARLOS F. DAGANZO(1997), Fundamentals of Transportation and Traffic Operations, p.14.

2. Anuj Puri, 『A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance』, University of South Florida.
3. Sivakumar Rathinam, 『Cooperative Path Planning and Vision Based Monitoring using Unmanned Aerial Vehicles』, University of California, Berkeley.
4. Sompoch Puntavungkour, Ryosuke Shibasaki(2003), 『Novel Algorithm of Vehicle Detection by Using New Ultra Resolution Aerial Image, Three Line Scanner』, IEEE.
5. Benjamin Coifman(2004), 『Surface Transportation Surveillance from Unmanned Aerial Vehicles』, TRB Annual Meeting.



백남철



최대순