

항공영상을 이용한 차량속도 추출 방법

A Method for Extracting Vehicle Speed Using Aerial Images

황정래¹⁾ · 강혜영²⁾ · 최현상³⁾

Hwang, Jung Rae · Kang, Hye Young · Choi, Hyun Sang

Abstract

Due to existing infrastructure to collect traffic information was constructed to expressway and national highway, we cannot precisely know traffic situation for their surrounding area. Therefore, it is difficult to provide reliable traffic information to users using navigation and smartphone. In this research, we collected aerial images by using unmanned airship capable of wide-area monitoring and proposed a method extracting vehicle speed from the collected data. And, we performed experiments to verify the accuracy of extracted vehicle speed. Our method proposed in this research can be used to extract a new approach of traffic information according to increased demand of traffic monitoring. We expect that our method will become a new research trend in traffic information application.

Keywords : Aerial Images, Vehicle Speed, Traffic Information

초 록

기존의 교통정보 수집 인프라는 고속도로와 국도 위주로 구축되어 있어 그 주변지역의 좁은 도로에 대한 교통상황을 정확하게 알 수 없어 교통정보의 신뢰성이 떨어짐으로써 내비게이션 등의 교통정보를 이용하는 사용자들에게 신뢰도 높은 교통정보를 제공하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 광역의 모니터링이 가능한 비행선을 이용하여 항공영상을 수집하고, 그 수집된 데이터로부터 차량속도를 추출하는 방법을 제시하였으며, 추출된 차량속도의 정확도를 검증하기 위한 실험도 수행하였다. 본 연구에서 제시한 차량속도 추출 방법은 교통 모니터링의 수요 증대에 따른 새로운 접근의 교통정보를 추출하는데 이용이 가능하며, 항공영상을 이용한 차량 및 교통정보 추출 기술에 있어 새로운 연구 트렌드로 자리매김할 것으로 예상된다.

핵심어 : 항공영상, 차량속도, 교통정보

1. 서 론

기존의 교통정보 인프라를 통한 교통자료 수집은 지점 및 일부 구간에 의존할 뿐만 아니라 수집인프라가 구축되지 않은 주변 지역의 교통상황을 알 수 없기 때문에 교통정보의 신뢰성이 떨어지고 다양한 교통상황에 효과적으로 대응하기 어렵다. 특히, 실제 교통환경에서는 돌발상황, 교통사고 그리고 주차차 등으로 인하여 정확한 교통정보의 추출에 한계가 있으며, 일방통행 등 협소한 지역

의 검지 시 추가 비용이 발생한다. 기존의 교통정보 수집 인프라로 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 많은 시간과 비용이 요구된다. 따라서 광역의 모니터링이 가능한 비행선 등을 이용하여 항공영상을 수집함으로써 수집된 데이터를 기반으로 교통정보를 추출 및 제공에 대한 필요성이 대두되었다. 그리고 도시지역의 교통 모니터링에 대한 수요 증대와 지점 및 구간 기반의 교통 검지기의 한계로 인하여 항공영상 및 인공위성을 이용한 교통정보 및 차량 추출 기술은 새로운 연구로 자리매김하고 있다. 따

1) 정희원 · 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 수석연구원(E-mail:jrhwang@kict.re.kr)
2) 정희원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 연구원 공학박사(E-mail:hyezero@gmail.com)
3) 교신저자 · 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구위원(E-mail:hyunsang@kict.re.kr)

라서 본 연구에서는 항공영상을 이용하여 수집된 자료로부터 광역의 교통정보를 활용하기 위한 차량속도를 추출하는 방법을 제시한다.

2. 교통 검지체계

본 장에서는 항공영상을 이용한 차량속도를 추출하는 방법에 있어, 기존의 교통 검지체계와 항공기반의 검지체에 대한 비교를 살펴본다.

기존의 교통 검지체계는 지점기반의 검지체계와 구간기반의 검지체계로 나뉜다. 지점 검지체계는 도로의 일정 지점에서 차량의 존재나 통과상황에 대한 정보를 수집하기 위한 검지체계이다. 표 1은 지점기반의 교통 검지체계를 분류하여 보여주고 있다. 표에서 나타나듯이, 기존의 교통 검지체계에서 비매설이면서 능동적으로 동작 가능하고 다차로가 검지 가능한 검지방식은 극히 드물게 존재한다.

표 1. 지점 검지체계 분류

검지 방식	세부 분류	설치방식		동작방식		검지차로	
		매설	비매설	능동	수동	단일	다차로
유도 루프 검지기	일반형	○		○		○	
	차종 분류형	○		○		○	
자기 검지기	유도식	○			○	○	
	지자기	○			○	○	
초음파 검지기	초음파		○	○		○	
	CW 도플러 FMCW 레이더		○	○		○	
적외선 검지기	수동		○		○	○	
영상 검지기	영상 검지기		○		○		○

구간 검지체계는 일정 구간의 자료를 수집할 수 있는 검지체계이다. 구간 검지체계는 AVI(Automatic Vehicle Identification), GPS(Global Positioning System), Beacon, DSRC(Dedicated Short Range Communication) 등의 방식을 이용하여 구현되며, 지점 검지체계와 비교하면 표 2와 같다. 구간 검지체계는 지점 검지체계보다 다양한 면에서 장점을 가진다는 것을 표에서 알 수 있다.

표 2. 지점 검지체계와 구간 검지체계와의 비교

특 성	지점검지체계	구간검지체계
목적	신호제어 및 운영	AVL 및 운행상태 파악
부가목적	소통상태 파악 및 통행시간 산출	통행시간 산출
초기비용	높음	낮음
구현방식	루프/영상/초음파/초단파	AVI, GPS등
교통정보 정확도	낮음	높음

위성 및 항공 기반의 검지체계는 GIS, 재해/재난 예방, 교통 등의 다양한 분야에 활용되고 있다. 본 연구에서는 기존의 검지체계와 항공 기반의 검지체계의 차별성을 출력정보, 성능 그리고 유지보수 측면에서 비교하여 정리하였다.

표 3은 기존의 교통 검지체계 방식별 출력정보 측면에서의 차별성을 비교하여 보여주고 있다. 표에서 알 수 있듯이, 항공기반의 검지방식은 다른 검지방식과 비교하여 대체적으로 다양한 출력정보를 나타낼 수 있는 것을 알 수 있다.

표 3. 출력정보 측면에서의 검지체계 비교

검지 방식	상세 구분	출력정보					검지기 비용
		교통량	점유 정보	속도	차종 분류	다차로 검지	
유도 루프 검지기	일반형	○	○	○	X	X	낮음
	차종 분류형	○	○	○	△	X	보통
영상 검지기	영상 검지기	○	○	○	△	○	높음
AVI	AVI	○	△	○	○	△	높음
GPS	GPS	○	△	○	○	X	높음
항공기반	항공기반	○	○	○	△	○	높음

표 4와 5는 각각의 검지방식에 대하여 성능 측면과 설치 및 유지보수 측면에서 기존 검지체계들 간의 차별성을 보여주고 있다. 특히, US Department of Transportation(2006)에서는 검지방식에 따른 구매비용에 자료를 제시하고 있다.

표 4. 성능 측면에서의 검지체계 비교

검지방식	상세구분	성능										
		광역 정확도	환경 영향	정체 지역 정확도	도로 주차 차량 검지	이면 도로	다차로 검지	단속류 예측성	반대 차로 검지	Time-lag	광역 교통 정보	돌발 상황
유도루프 검지기	일반형	낮음	X	낮음	X	X	X	X	X	X	X	X
	차종 분류형	낮음	X	낮음	X	X	X	X	X	X	X	X
영상 검지기	영상 검지기	낮음	O	낮음	X	X	O	X	X	X	X	X
AVI	AVI	중간	X	△	X	X	△	X	X	O	X	X
GPS	GPS	중간	△	△	△	O	△	△	△	X	△	△
항공기반	항공기반	높음	O	높음	O	O	O	O	O	X	O	O

표 5. 설치/유지보수 측면에서의 검지체계 비교

검지방식	상세구분	설치/유지보수				기타			
		구매 비용	설치시 교통통제	유지 보수성	노면 훼손	설치시설	방송/모니터링 연동	개인정보 누출	프로브 차량
유도루프 검지기	일반형	저가	O	낮음	O	필요	Text	X	X
	차종분류형	저가	O	낮음	O	필요	Text	X	X
영상검지기	영상검지기	고가	X	△	X	필요	△(지점)	X	X
AVI	AVI	고가	△	△	X	필요	Text	O	O
GPS	GPS	고가	X	△	X	필요	Text	O	O
항공기반	항공기반	고가	X	△	X	불요	다양	X	X

3. 항공영상 활용 사례

본 장에서는 교통 분야 및 타 분야에서 항공영상을 활용한 사례에 대하여 살펴본다.

3.1 국내 활용 사례

먼저, 국내에서는 항공영상을 활용하여 교통 분야에 적용한 사례를 거의 찾아볼 수가 없다. 이러한 이유는 비행선 개발에 대한 비용적인 문제와 비행선을 이용한 촬영지역 및 촬영고도 등 많은 법·제도적 문제가 존재하기 때문이다. 하지만, 항공영상을 활용하여 교통 분야에 적용하고자 하는 기초적인 연구는 이루어져 왔다. 임인섭(2002)에서는 항공영상을 이용하여 도로정보를 추출하는 방법을 제시하였다. 이렇게 추출된 도로정보는 도로설계 또는 지리정보시스템 구축 등에 활용되었다.

교통 분야 외에도 항공영상을 활용한 사례에 대해서도

살펴보면 다음과 같다. 조용현(2004)에서는 서울시에서 위성영상을 이용하여 도시녹지의 환경보전효과 측정과 수요예측 및 합리적 배치방안에 대하여 연구하였다. 김양수(2001)에서는 비행선을 이용하여 재해지역의 상황을 탐사하는 연구를 수행하였다. 지광훈(2002)에서는 산불로 인한 막대한 경제적 및 사회적 손실을 방지하기 위하여 GIS를 이용하여 산불 예측 및 감시하는 시스템을 개발하였다. 이 외에도 신동빈(2008)에서는 효율적 국토관리를 위하여 비행선을 활용한 공중모니터링 체계를 구축하는 방향을 제시하였다.

3.2 국외 활용 사례

국외를 살펴보면, 미국의 오하이오 주에서는 동영상 카메라를 장착한 무인 비행기(UAV)를 이용하여 교통관리를 광역적으로 수행하고 있다. 이 시스템에서는 교통량, 속도, 밀도, 대기행렬, 주차장 이용 등에 대한 정보를 추출

하는 것이 가능하다.



그림 1. 미국 오하이오 주의 UAV를 이용한 교통관리

독일의 Stuttgart, Cologne, Berlin 3개 도시의 실시간 교통 소통상황 측정과 시뮬레이션을 통한 단기미래 교통상황을 예측하여 교통관리를 하고 있다. ‘Airborne Traffic Analyzer’ 라는 하드웨어와 ‘Traffic Finder’ 라는 소프트웨어로 구성되며, 헬리콥터, 비행기 등 비행체의 촬영영상을 실시간으로 이미지 처리하고 있다. 이 시스템은 개별 차량 검지, 차량 밀도, 차량 속도 등의 소통 상황을 측정하는 것이 가능하다.



그림 2. 독일의 비행플랫폼을 이용한 교통관리

일본의 동경에서는 GPS를 장착한 헬리콥터에 비디오 카메라를 탑재하여 도심부의 교통관리 및 각종 교통 분석을 수행하고 있다.



그림 3. 일본의 교통관리를 위한 비행선

국의 사례에서 살펴보았듯이, 미국을 비롯한 선진국에서는 일부 지역을 대상으로 비행선을 활용한 교통관리가 수행되고 있음을 알 수 있다. 아직 완전한 관리체계가 수행되지 않고는 있지만, 향후 연구 및 개발을 통하여 효율적인 관리체계가 이루어 질 것으로 예상된다.

4. 항공영상 기반의 차량속도 추출

본 장에서는 본 연구에서 제시한 항공영상을 이용하여 차량속도를 추출하는 방법에 대하여 살펴본다.

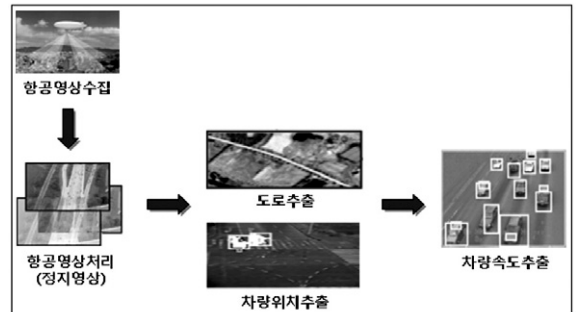


그림 4. 본 연구개발 흐름도

그림 4는 항공영상을 이용하여 차량속도를 추출하는 과정을 보여주고 있다. 본 연구에서는 국가연구개발사업의 일환으로 수행한 기관에서 수집한 항공영상을 활용하며, 이 수집된 항공영상을 처리하여 도로 및 차량위치를 추출한다. 그리고 추출된 차량으로부터 속도를 추출한다.

4.1 항공영상 기반의 도로 추출

본 연구에서는 항공영상 기반으로 차량속도 등의 교통정보를 추출하기 위하여 실제 도로 정보를 추출하였다. 본 절에서는 항공영상을 이용하여 도로정보를 추출하는 과정에 대하여 살펴본다. 이 과정은 크게 3단계로 수행된다.

- [단계1] 대상하는 지역의 지형 및 도로정보를 데이터베이스에 저장한다. 그림 5는 항공영상에 데이터베이스의 지형정보를 투영한 모습을 보여주고 있다.
- [단계2] 항공영상과 데이터베이스 정보를 비교하여 정확한 위치를 확인한다. 이 때 입력받은 영상이 항상 데이터베이스의 영상과 각도와 크기가 일치할 수 없으므로 수정정보를 확인하여 영상의 각도와 크기를 수정한다. 그림 6은



그림 5. 항공영상에 데이터베이스의 지형 정보를 투영한 그림

입력 영상을 지형 데이터와 비교하여 정확한 위치를 확인하는 모습을 보여주고 있다.

- [단계3] 입력받은 항공영상에서 데이터베이스 정보와 비교하여 도로정보를 추출한다. 실제 도로의 추출은 입력 영상의 정확한 위치와 각도를 알게 되면 마스크를 이용하여서 도로만을 따로 추출할 수 있다. 다시 말해서, 위치 정보를 기반으로 맵 데이터베이스에서 마스킹에 필요한 이미지를 얻을 수 있으며, 이 정보를 기반으로 입력영상에서 도로정보를 추출할 수 있다. 그림 7은 실제 도로정보를 추출하는 과정을 보여주고 있다.

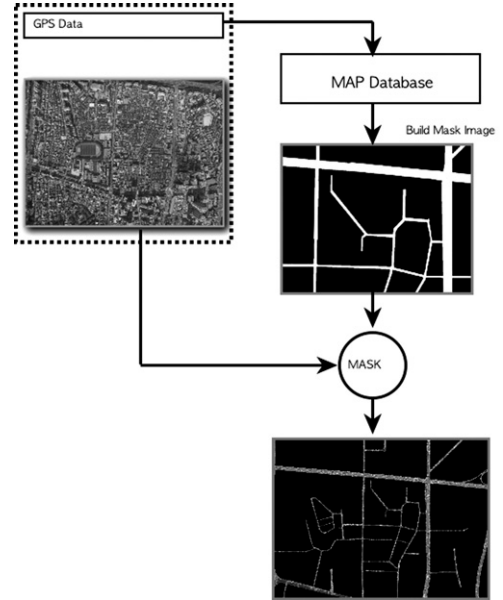


그림 7. 실제 도로정보 추출 과정

그림 8은 입력영상으로부터 추출된 도로 이미지를 보여주고 있다. 네트워크 연결이 되어 있지 않은 경우는 임의로 위치를 정하고 마스킹 과정을 수행하였지만, 네트워크



그림 6. 입력 영상과 지형 데이터의 비교 및 위치 확인



그림 8(a). 입력영상에서 추출된 도로



그림 8(b). 추출된 도로 중 일부

크상에서 위치정보가 들어오면 이를 기반으로 맵 정보에서 추출할 수 있도록 하였다.

4.2 항공영상 기반의 차량 및 속도 추출

본 연구에서는 항공영상으로부터 추출한 차량들로부터 속도를 추출하였다. 속도 추출을 위한 방법은 다음의 6 단계로 이루어진다.

- [단계1] 입력정보에서 지형의 기준점을 찾는다.
 입력정보는 영상뿐만 아니라 촬영 위치 등도 함께 입력된다. 따라서 영상 외에 들어오는 위치정보와 고도정보 등을 종합하여 현재 비행체의 위치에 대한 정보를 확인한다. 이후 지형 데이터베이스에서 기준점에 대한 정보 등의 필요한 정보를 얻는다. 촬영정보와 입력정보에 대해서는 오차를 포함하고 있으므로, 보다 정확한 보정을 위해서 데이터베이스에서 찾아낸 정보를 입력 영상에서 기준점을 찾게 한다. 다음 코드는 데이터베이스에서 얻어낸 정보를 전체 이미지에서 다시 정확한 위치를 찾는 과정을 보여주고 있다. 이렇게 얻어낸 정보는 실제 기준 위치에 대한 보정으로 사용되며, 찾아낸 기준점은 이전 프레임에서 찾아낸 기준점과 비교하여 카메라 혹은 항공체가 이동한 벡터를 구한다.

```

.....
//Read Basis from Data base
ReadBasisImage( i - BASE_INDEX );

// Search Image 0
SearchImageSIFT( BasisImage[0], SearchImage[0] );

AvrMatchCvPointArray[0] = MatchCvpointAvarage;
AvrEuclidDistanceArray[0] = AvrEuclidDistance;

//Adjust Search Location Pointer
SearchLocationPointer[0].x += AvrMatchCvPointArray[0].x - ( SEARCH_IMG_WIDTH / 2 );
SearchLocationPointer[0].y += AvrMatchCvPointArray[0].y - ( SEARCH_IMG_HEIGHT / 2 );
.....
    
```

- [단계2] 도로를 기준으로 차량영상을 추출한다.
 정확한 기준 위치가 얻어지면 이를 기반으로 차량의 영상을 얻는다.
- [단계3] 추출된 차량영상으로부터 특징점과 이동점을 찾는다.

그림 9(a)와 (b)는 추출된 차량영상과 특징점을 추출한 영상을 보여주고 있다.



그림 9(a). 추출된 차량영상



그림 9(b). 차량 영상에서 특징점 추출

- [단계4] 추출된 영상을 기준으로 차량이 이전 프레임과 비교하여 어느 정도 이동하였는지 이동점을 찾는다.

실제로 이러한 특징점들을 다음 입력 영상에서 매핑하여 추출한다. 이러한 경우 차량 한대에 대한 속도가 얻어지는 것이 아니라 영상에서 나타난 차량들의 평균속도가



그림 9(c). 이동점을 찾는 영상

얻어지게 된다. 그림 9(c)는 이동점을 찾는 영상을 보여주고 있다.

- [단계5] 이동점에 비행선 이동벡터를 보상하여 실제 자동차가 이동한 거리를 확인한다.

Basis Image Point를 기반으로 상대적으로 이동한 거리를 측정하여 시간을 측정한다.

- [단계6] 거리와 촬영 단위 시간을 이용하여 이동체의 속도를 계산한다.

그림 9(d)는 차량속도를 추출하는 과정의 모습을 보여주고 있다.

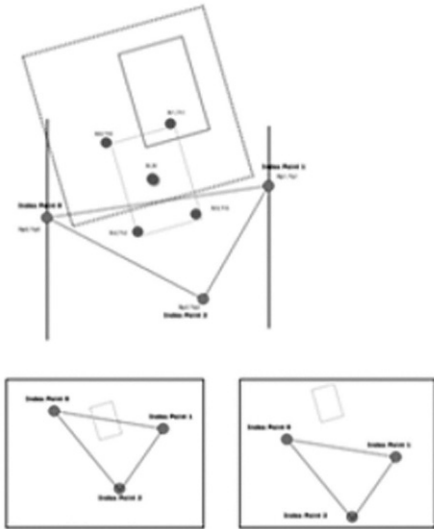


그림 9(d). 차량속도 추출 과정

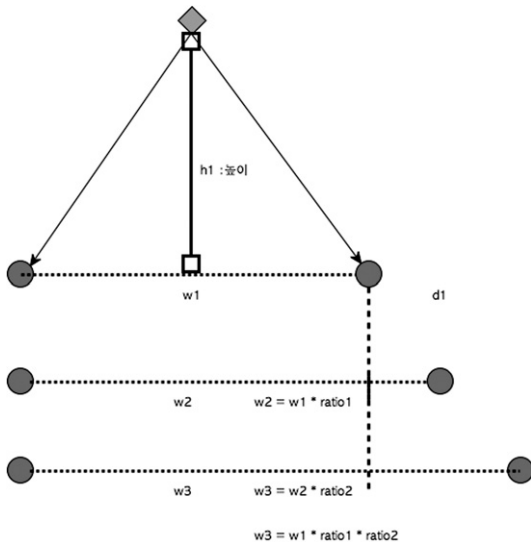


그림 9(e). 프레임마다 기준점 사이의 거리 산출

차량 추출 및 속도 추출 방법에서 항공 촬영은 지형의 높이와 항공체의 고도가 항상 가변이므로 일정하지 않다. 따라서 고도를 기준으로 보정이 필요하여 그림 9(e)와 같은 과정을 수행하였다. 기준점 사이의 거리를 프레임마다 산출하여 프레임마다 실제 보정치가 어느 정도인지 확인할 수 있도록 하였다.

그림 9(f)은 실제 테스트 화면에서 얻어낸 모습으로, 0.43%의 보정이 필요함을 알 수 있다. 이것은 실제로 1km의 항공 촬영을 하였을 경우, 약 4.3m의 오차 범위를 보정하여야 함을 의미한다.

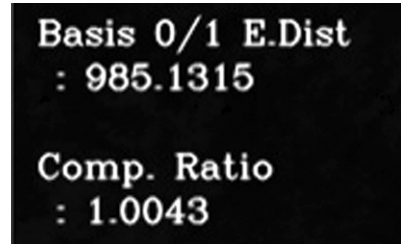


그림 9(f). 테스트 보정의 실제 화면

그림 10은 차량 추출을 위한 방법을 실제 지도에 대응한 모습을 보여주고 있다.

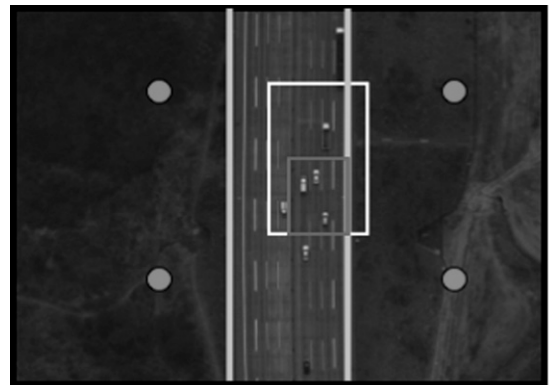


그림 10. 차량 추출 알고리즘을 실제 지도에 대응한 모습

정확한 위치정보를 추출하기 위해서는 정확한 GPS 데이터를 기반으로 위치를 계산하여야 하지만, 본 논문에서는 GPS를 실시간으로 받을 수 없어 임의의 위치를 기준으로 설정하고 차량을 추적하였다.

5. 평가 실험

본 연구에서 개발한 항공영상 기반의 차량속도 추출방

법의 실용가능성을 검증하기 위한 실험을 수행하였다. 차량속도는 단일 차량이 아니라 군집 차량으로 처리하여 각 차량의 속도 평균치를 가지고 정확도를 측정하였다. 본 실험에서는 항공영상으로부터 추출된 차량속도를 가지고 그림 11과 같이 정확도를 분석하였다. 그래프에서 x 축은 각 입력 프레임의 번호를 의미하며, y 축은 정확도를 의미한다. 그림에서 알 수 있듯이, 최고 높은 정확도는 98.5%이며, 가장 낮은 정확도는 44.6%이다. 정확도가 낮아지는 이유는 항공체가 직선 이동과 회전 이동으로 이루어지는데, 항공체가 회전 이동시에 촬영지역 및 차량을 찾는 문제로 인하여 정확도가 낮게 나타나기 때문이다. 이러한 문제는 회전 이동에 따른 기준점을 몇 개 이상의 복수개로 잡아서 처리하면 해결이 가능하다. 또한, 실제 속도는 단일 프레임에서의 속도를 표시하지 않고 이전 4개 프레임과 현재 프레임의 평균치를 가지고 표시하므로 오차율이 높아진다 하여도 급격하게 오차를 가지지는 않게 된다.

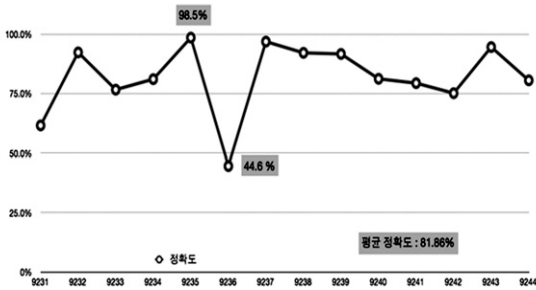


그림 11. 차량속도 추출 결과의 정확도

그림 12는 차량속도 추출 결과에 대한 평균치에 대한 정확도를 보여주고 있다. 최고 높은 평균치 정확도는 98.5%이며 가장 낮은 정확도는 61.6%로 나타났다.

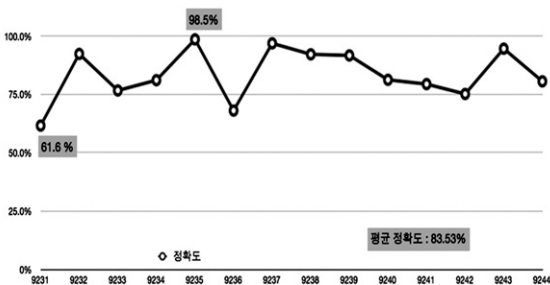


그림 12. 차량속도 추출 결과의 평균치에 대한 정확도

그림 13은 실제 차량을 카운트한 결과를 보여주고 있다.

그림 13에서 초기에 에러가 높은 이유는 항공체가 회전하면서 촬영지역 및 차량을 찾기 때문에 오류가 높게 나타난 것이다. 하지만, 그 이후에는 근사치에 가까운 결과 나타났다. 항공체가 회전할 때 오류가 8% 정도로 나타났으나, 이는 회전에 대해서 영상을 복원하는 부분을 추가하면 해결이 가능하다.

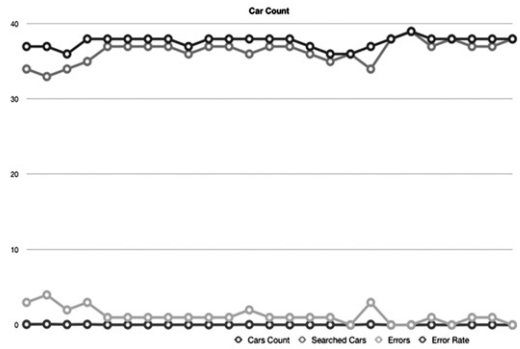


그림 13. 실제 차량 카운트 결과

6. 결론

본 연구에서는 기존의 지점 및 구간 검지 방식의 교통정보 수집 인프라를 극복하기 위한 방법으로, 비행선 등을 이용하여 교통정보를 수집하고 이를 활용하여 교통정보를 추출하는 방법을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 방법은 기존의 검지체계가 구축되지 않은 지역이나 도로 상에서 발생하는 돌발상황 등에 의한 교통상황에 대하여 효과적으로 교통정보 수집 및 추출이 가능하다. 따라서 본 연구는 교통 모니터링의 수요 증대에 따른 새로운 교통정보 추출방법을 개발하였으며, 항공영상을 이용한 차량 및 교통정보 추출 기술은 새로운 연구 트렌드로 자리매김할 것으로 예상된다. 하지만, 비행선을 이용하여 교통정보를 수집하는 데 있어서의 법·제도적인 문제와 구축 및 유지비용 문제가 있어 이러한 문제점을 해결 및 개선하는 것이 향후 연구가 될 것이다.

감사의 글

본 논문은 한국건설기술연구원 2011년 기획 및 정책연구사업 3차원 국토 건설정보인프라 고도화 기술 개발 지원으로 수행된 연구임

참고문헌

- 임인섭 (2002), 수차항공영상을 이용한 도로 자동 인식 및 추출 기법, 박사학위논문, 충북대학교.
- 조용현 (2004), 위성영상을 이용한 서울시 도시녹지 환경보전효과 계획, 연구보고서, 서울시정개발연구원.
- 김양수 (2001), 홍수재해지도 작성 제도화 및 침수예상 지역 추정방법 개발, 국립방재교육연구원, 방재연구 제3권 제3호, pp. 136-138.
- 지광훈 (2002), GIS를 이용한 산불위험정보관리시스템 개발, 연구보고서, 한국지질자원연구원.
- 신동빈 (2008), 국토관리를 위한 공중모니터링 방안수립에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제26권, 제4호, pp. 367-378.
- US Department of Transportation (2006), Traffic Detector Handbook 3rd Edition.
http://reason.cs.uiuc.edu/jaesik/projects/Vehicle_Detection/Vehicle_Detection.htm.
- http://www.ee.washington.edu/research/isl/IAPR/ICPR00/vehicle_detection/vehicle_detection.html.

(접수일 2011. 12. 02, 심사일 2011. 12. 09, 심사완료일 2012. 01. 03)