

차로 제한 조건을 이용한 차로 구분 성능 분석

Performance Analysis of Road Lane Recognition using Road Condition Constraint

강우용*, 이은성*, 박재익*, 한지애*, 홍운기*, 김현수*, 허문범*, 남기욱*

Woo-Yong Kang*, Eun-Sung Lee*, Jae-Ik Park*, Ji-Ae Han*, Woon-ki Hong*,
Hyun-Soo Kim*, Moon-Beom Heo and Gi-Wook Nam*

요 약

본 논문에서는 위성항법 기반 교통인프라에서 제공되는 정보를 이용하여 차로 구분에 적용할 때 차로 구분 성능을 향상시키기 위한 차로 제한 조건을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 검증하였다. 차로 제한 조건은 차량의 진행 방향과 차량이 위치하고 있는 차로의 관계를 이용하여 1차로와 마지막 차로의 차로 구분 임계치를 크게 설정하여 차로 구분 성공률을 향상시키는 기법이다. 시뮬레이션 결과 차로 제한 조건을 사용할 경우 4차로에서는 40%, 6차로에서는 25%, 8차로에서는 15%의 성능차로 구분 성능이 향상됨을 확인하였다.

Abstract

This paper focus on lane recognition performance test using a road lane constraint with transport infrastructure information. The constraint is determined through the relation of the drive direction and vehicle position. The road lane constraint sets large limit for first and last lane. To analyze the performance of the proposed method, simulations are carried out. The results show that the lane recognition performance using a constraint is improved 40% at four-lane, 25% at six-lane, 15% at eight-lane.

Key words : GNSS, lane recognition, road lane constraint

I. 서 론

GPS(Global Positioning System)로 대표되는 위성항법시스템(GNSS: Global Navigation Satellite System)은 우주공간의 위성을 이용하여 사용자에게 위치와 함께 시각 정보를 제공해 준다. 위성항법시스템은 항법 분야뿐만 아니라 측량, 측지를 비롯하여 정밀 시각동기 및 지각변동의 측정까지 다양한 분야에서 활용되고 있다[1,2]. 항법분야에 있어서 위성항법시스템의 오

차를 제거한 위치 정보를 이용하여 항공 및 해양 교통 분야 시스템을 구축하여 현재 사용되고 있다[3,4]. 육상 교통 분야에 있어서도 정확하고 신뢰성 있는 오차 정보를 제공하기 위한 시스템이 현재 개발 중이다. 본 시스템이 개발되는 경우 차로별 위치 정보 수집, 운행 거리에 따른 주행세 부과, 위험물 운반 차량의 차로 준수 모니터링, 차로별 차등 요금 부과 등의 다양한 분야에 활용이 가능하다. 이러한 다양한 응용을 위해서는 운행하는 도로에 따른 구분이 아닌 주행

* 한국항공우주연구원(Korea Aerospace Research Institute)

· 제1저자 (First Author) : 강우용

· 투고일자 : 2011년 5월 31일

· 심사(수정)일자 : 2011년 5월 31일 (수정일자 : 2011년 6월 24일)

· 게재일자 : 2011년 6월 30일

하는 차로 구분이 필수적이다. 주행차로 구분과 관련해서 많은 연구가 수행되어 왔다. 그러나 기존의 연구들은 주로 위성항법 이외에 영상, 관성항법 장치와 같은 부가적인 장치를 사용하여 주행 차량의 위치를 계산하며 주행차로 구분이 아닌 주행 차선 인식을 통하여 차선을 유지(lane keeping)하는 것을 목적으로 연구가 진행되었다[5,6,7]. 차로 구분을 위해서 미국에서 코드 기반의 DGPS(Differential GPS) 위치정보와 차로 구분이 가능한 전자지도를 이용하여 주행차로로 판단하는 연구가 수행되었다. 그러나 이 경우에는 차량 위치 정보와 주행궤적을 기반으로 주행 차로를 판단 할 뿐 주행하는 차로 특성을 반영하여 차로 구분은 수행하고 있지 않다[8,9].

그러므로 본 논문에서는 주행 차로에 대한 조건을 반영한 차로 제한 기법을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 위성항법 기반 교통 인프라 기술에 대해서 설명하고 3장에서는 주행 차로를 구분하기 위한 기술 구성 및 차로 제한 조건을 이용한 차로 구분 기법을 제시하며 4장에서는 시뮬레이션을 통한 차로 구분 시험 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺도록 하겠다.

II. 위성항법 기반 교통인프라 기술

현재 항공 및 해양교통 분야에서는 위치 정확도(Accuracy) 향상과 함께 안전성 확보를 위한 무결성(Integrity) 감시에 중점을 두고 시스템을 구축하였으며 성능 향상을 위한 기술 개발이 진행 중에 있다. 또한 국제기구를 중심으로 위성항법 사용에 따른 성능 요구사항이 도출 되었으며 표준이 마련되었다 [10,11]. 그러나 육상 교통 분야에 있어서는 항공 및 해양 교통 분야와는 다른 수신 환경으로 인하여 기술 개발이 진행되고 있는 단계에 머물고 있다.

위성항법 기반 교통인프라 기술 개발은 육상 교통 사용자에게 위성항법 오차 정보와 무결성 정보를 제공하여 육상 교통의 안전성 및 효율성 증대를 목표로 한다[12]. 현재 이와 관련하여 그림 1과 같은



그림 1. 위성항법 기반 교통인프라 개요

Fig. 1. Introduction of GNSS based Transportation Infrastructure.

기술 개발이 진행되고 있으므로 본 장에서는 위성항법 기반 교통인프라 기술을 개발되는 인프라 기술과 사용자 기술에 대해서 소개한다.

2-1 오차 정보 생성을 위한 인프라 기술

항공 및 해양 교통에서 위성항법을 사용하는 경우 공항 및 항구의 접근 절차 및 서비스 지역에 따라 성능이 달라진다. 그러나 육상 교통 분야의 위성항법을 사용하는 경우 서비스 지역 내에서 차로 구분이 가능한 동일한 성능을 나타내야 한다. 이를 위해서는 1m(2D RMS) 이내의 위치 정확도가 필요하며 성능을 만족시키기 위해서는 표 1에서와 같이 위성항법 코드 정보가 아닌 반송파 기반의 위치 정보를 사용해야 한다.

반송파 기반의 위치 정보를 활용하기 위해서는 기준국을 이용하여 사용자에게 위성항법 오차 정보를 전송해야 한다. 일반적으로 위성항법 오차요인은 공간적인 유사성을 가지므로 기준국과 사용자와의 거리가 가까울수록 오차를 많이 제거할 수 있다. 그러므로 기준국을 조밀하게 배치한다면 더욱 높은 성능을 가지는 오차 정보를 생성할 수 있다. 또한 다수의 기준국에서 수신한 측정치를 이용하여 신뢰성도 향상시킬 수 있다. 그러나 다수의 기준국을 사용하기

위해서는 설치 및 유지 보수에 많은 비용이 들어가므로 기준국 수를 최소화하여 요구 성능을 만족시킬 수 있는 기술 개발이 필요하다.

그러므로 그림 2에서 보는 바와 같이 사용자와 기준국 사이의 거리가 멀어져도 일정한 성능을 유지할 수 있도록 다중기준국을 활용하여 정확도를 향상시킬수 있는 오차 정보 및 신호의 신뢰성을 보장할 수 있는 무결성 정보를 생성하여 전송한다. 이를 위해 인프라 부분에서 기준국 원시신호 이상감시, 기준국 미지정수 결정, 오차정보 생성, 무결성 정보 생성 기술 및 이를 통합 설계하고 시험 평가 할 수 있는 기술을 개발한다.

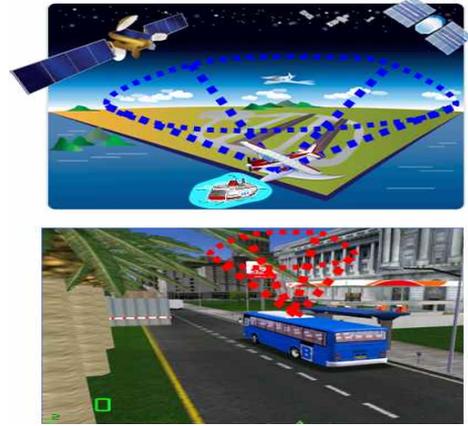


그림 3. 육상교통 환경
Fig. 3. The environment of land transportation.

표 1. 위성항법 위치 정확도

Table 1. The accuracy of GNSS positioning.

사용 신호	방법	정확도(m, 2D RMS)
코드(Code)	단일 사용	15
	차분 사용	5
반송파(Carrier)	단일 사용	-
	차분 사용	0.3

2-2 오차 정보 활용을 위한 사용자 기술

육상교통 환경은 그림 3에서와 같이 주위 환경의 영향으로 위성항법신호를 획득하는데 있어서 신호의 왜곡 및 단절이 자주 발생한다. 이러한 신호의 왜곡은 육상교통 사용자가 차로구분의 위치정확도를 안정적으로 유지하기는 매우 어려우며, 사용자부분에서도 육상교통 사용자에게 필요한 기술이 개발되어야 한다[14,15].

사용자 기술은 사용자 원시신호 이상감시, 사용자 신호 이상 완화 위치결정 안정화, 인프라 정보 활용 및 이를 통합 설계하고 시험 평가 할 수 있는 기술로 구성된다. 먼저 사용자 원시 신호 감시에서는 위성항법 신호 및 인프라에서 받은 정보의 이상 유무를 검사한다. 위성항법 신호의 이상 유무는 기준국과 동일하게 수행하며 기준국 전송 신호의 단락 및 급격한 오차와 같은 이상 요인을 검사한다.

사용자 원시신호의 감시를 수행한 후 사용자 신호의 이상의 완화를 수행한다. 기준국과 달리 사용자 신호의 경우 도로 주변의 건물, 차량, 나무 등의 장애물의 영향을 받으므로 신호의 단절이나 일시적인 끊김과 같은 이상 현상이 자주 발생한다. 그러므로 신호 이상이 발생하였을 때 완화시키는 기술을 활용하여 사용자가 안정적으로 항법신호를 사용할 수 있도록 해야 한다.

사용자 단에서 신호 이상이 완화된 반송파 측정치와 기준국에서 전송된 오차 정보를 이용하여 사용자는 위치 결정을 수행한다. 위치 결정을 안정적으로

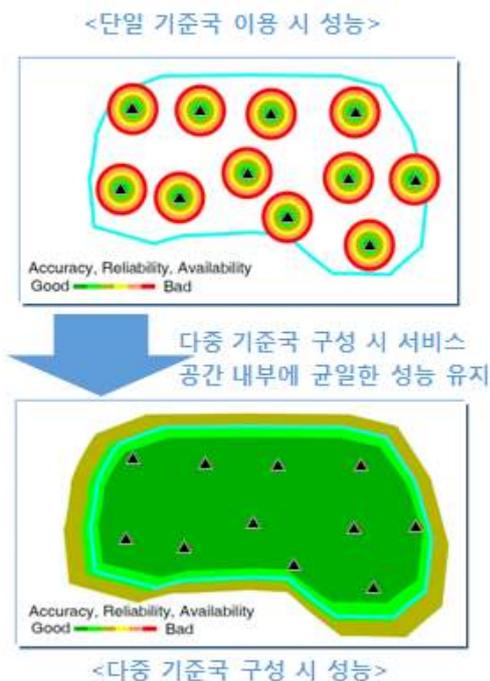


그림 2. 다중기준국 활용시 성능[13]
Fig. 2. The performance of multiple reference station[13].

수행하기 위해서 위성항법 이외의 차량 속도 정보, 관성 센서 등의 정보를 부가적으로 활용하여 안정적인 위치를 계산한다. 정확하고 신뢰성 있는 위치를 계산 한 후 육상 교통 서비스에 적합하도록 활용한다.

III. 주행 차로 구분 기술

현재 차량용 네비게이션에서는 위성항법 코드 측정치를 이용하여 계산된 위치 정보와 도로 정보를 활용한 맵 매칭(Map matching) 기술을 이용하여 차량의 위치를 표시하고 있다. 맵 매칭은 차량이 도로상으로만 주행한다는 제한 조건을 이용하여 계산된 차량의 위치에서 가장 근접한 도로를 주행 중인 도로로 판별하는 기법이다. 이를 통해 목적지까지의 주행 경로 정보 제공이 가능하다. 그러나 주행 차로를 판단하기 위해서는 위성항법 반송파를 이용한 위치정보와 차로가 표시되는 정밀 전자지도를 이용해야 한다. 주행 차로 구분 기법은 이러한 정보를 이용하여 정확하게 주행 차로를 판단하는 것을 의미한다. 본 장에서는 이러한 주행 차로 구분 기법과 차로 구분 성능을 향상시키기 위한 차로 제한 조건에 대해서 기술한다.

3-1 차로 구분 기법

차로 구분을 위해서는 주행 차로를 판단하는 기준과 차량 판단의 기준이 되는 차로 구분 임계치(Threshold) 설정이 필요하다. 차로 판단 기준은 각 차로를 판단해야 하므로 각 차로마다 설정하며 본 논문에서는 각 차로의 중심선으로 그림 4와 같이 설정한다. 차로 구분 임계치는 차로를 구분할 수 있는 범위를 의미하며 차량이 차로의 중앙으로 주행한다고 가정했을 경우 그림 5와 같이 해당 차로의 양끝 차선으로 설정한다. 그러므로 차로 구분 임계치는 차로 폭에 비례하여 식 (1)과 같은 방식으로 결정한다[16]. 차로 폭이 넓어질수록 차로 구분 임계치가 커지므로 차로 구분 확률이 증가한다.

$$-\frac{W_{lane} + P_{ant}}{2} < Threshold_n \leq \frac{W_{lane} + P_{ant}}{2} \quad (1)$$

여기서, $Threshold_n$: n 차로의 차로 구분 임계치(m), W_{lane} : 차로 폭(m), P_{ant} : 차량 중앙에서의 위성항법 안테나의 편이량(오른쪽이 양수)을 의미한다.

차로 구분 성공은 차량이 실제로 주행하는 차로와 전자지도에 표시되는 차로가 일치하게 되는 경우를 의미하며 본 논문에서는 주행하는 동안 차량위치 오차가 차로 구분 임계치 이내로 들어오는 경우로 정의한다. 차로 구분 성공률은 주행하는 동안 차로 구분이 성공한 비율이며 차량의 위치 오차를 가우시안 분포로 가정할 경우 식 (2)와 같이 계산한다. 식에서 알 수 있듯이 제안된 차로 구분 기법을 사용하는 경우 차로 수에 상관없이 차로와 수직방향의 위성항법 위치 오차와 차로 구분 임계치에 따라 성공률이 계산됨을 알 수 있다.

$$P_n = \int_{T_{min}}^{T_{max}} \frac{e^{-x^2/2\sigma^2}}{\sqrt{2\pi}\sigma} dx \quad (2)$$

여기서, T_{min} : 차로 구분 임계치의 최소값, T_{max} : 차로 구분 임계치의 최대값, σ : 차로의 수직 방향 위성항법 위치오차의 표준편차를 의미한다.

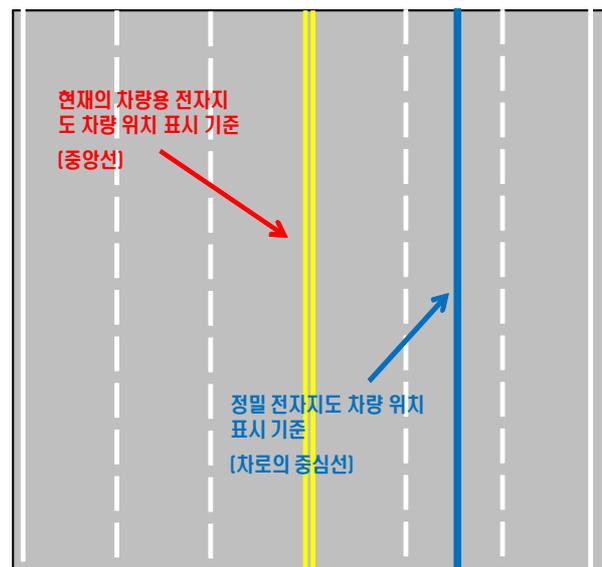


그림 4. 차로 구분 기준

Fig. 4. The criteria of lane recognition

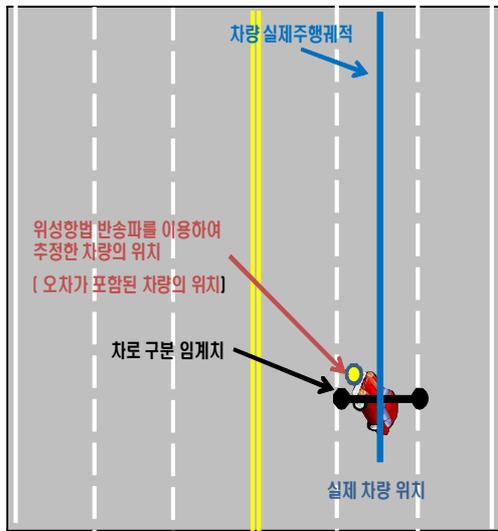


그림 5. 차로 구분 임계치
Fig. 5. The threshold of lane recognition.

3-2 차로 제한 조건을 이용한 차로 구분 기법

차로 구분을 위해서 차량의 위치 정보와 함께 주행 방향에 대한 제한 조건을 추가하여 성능을 향상시킬 수 있다. 그림 6에서와 같이 주행 방향에 대한 제한 조건은 1차로의 경우 차량의 진행 방향을 이용하여 중앙선을 넘어 반대 차로로 계산된 차량의 위치 정보를 1차로로 포함시킨다. 이와 마찬가지로 마지막 차로의 경우 도로를 벗어나 인도로 계산되는 차량의 위치도 마지막 차로로 주행하는 것으로 가정한다. 차로 구분 임계치는 식 (3)~(5)와 같다[16].

$$-\infty < Threshold_1 \leq \frac{W_{lane} + P_{ant}}{2} \quad (3)$$

$$-\frac{W_{lane} + P_{ant}}{2} < Threshold_{2 \sim n-1} \leq \frac{W_{lane} + P_{ant}}{2} \quad (4)$$

$$-\frac{W_{lane} + P_{ant}}{2} < Threshold_n \leq \infty \quad (5)$$

여기서, $Threshold_1$ 은 1차로의 차로 구분 임계치(m), $Threshold_{2 \sim n-1}$ 는 2~n-1th 차로의 차로 구분 임계치(m), $Threshold_n$ 은 n 차로의 차로 구분 임계치(m)를 의미한다.

차로 제한 조건을 사용하더라도 1차로와 마지막 차로에만 사용하므로 차로수가 증가할수록 성능 향상 폭(P_{A_N})이 식 (6)과 같이 감소되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 표 2의 차로별 도로 현황에서 차로 구분이 필요한 4차로 이상의 도로에서 4차로가 차지하는 비율이 75% 이상이므로 이 기법을 사용하는 것이 효과적임을 확인할 수 있다.

$$P_{A_N} = \left(1 - \frac{N-4}{4}\right) P_A \quad (6)$$

여기서, N은 왕복 차로수를 의미하며 P_A 는 1차로와 끝차로에서의 차로 구분 성능 향상폭 $P_A = \int_{-\infty}^{T_{min}} \frac{e^{-x^2/2\sigma^2}}{\sqrt{2\pi}\sigma} dx + \int_{T_{max}}^{\infty} \frac{e^{-x^2/2\sigma^2}}{\sqrt{2\pi}\sigma} dx$ 을 의미한다.

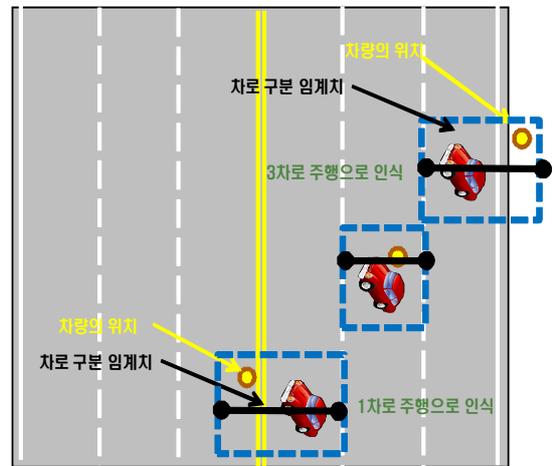


그림 6. 차로 구분 제한 조건
Fig. 6. The constraint of lane recognition.

표 2. 차로 수에 따른 비율[17]

Table 2. The percentage of lane number[17].

구분	2차로 이하	4차로	6차로	8차로	10차로 이상
도로길이 (1,000km)	59,312	14,123	3,838	1,596	319
도로비율 (%)	75.0	17.8	4.8	2.0	0.4

IV. 시험 결과

제한 조건을 사용한 차로 구분 성능의 향상도를 알아보기 위해서 표 3과 같은 조건을 설정하고 시험을 수행하였다. 위성항법 수평오차의 경우 반송파를 이용한 경우 0.3m 이하의 위치 정확도를 얻을 수 있다. 그러나 육상 교통 환경에서는 주위의 건물 또는 가로수 등으로 인하여 다중경로(multipath) 오차 및 가시성 등이 떨어지므로 위치 정확도가 감소한다. 이러한 위치 오차의 증가를 고려하여 위성항법 위치 수평 오차(1 δ)를 0.5m에서 2m까지 고려하였다. 각 조건에 따라 차로 구분 식 (3)~(5)를 이용하여 계산한 차로 구분 임계치를 이용하여 시험을 수행하였다.

시험결과 그림 7~9와 같이 제한 조건을 사용한 차로구분이 성능이 좋음을 확인 할 수 있다. 그림 7의 4차로 시험 결과 위성항법만 가지고 차로 구분을 하는 경우 1.2m 이상의 수평 위치 오차가 발생할 경우 차로 구분 성능이 90% 이하로 저하된다. 그러나 제한 조건을 사용하는 경우 위성항법 오차가 증가하더라도 성능 저하의 폭이 크지 않음을 확인 할 수 있으며 1.7m의 위성항법 수평 오차에서도 90%의 차로 구분 성공률을 가진다. 즉, 차로 제한 조건을 이용하면 위성항법 위치 오차가 40%(0.5m) 증가하더라도 동일한 성능을 유지함을 확인 할 수 있다. 이는 1차로와 끝차로의 차로 제한 조건을 이용하여 임계치가 커졌기 때문이다.

또한, 그림 8의 6차로 시험 결과 앞의 4차로와 동일하게 차로 제한 조건을 이용하는 경우 성능이 향상됨을 확인 할 수 있다. 그러나 가운데 차로에 있어서는 차로 제한조건을 적용할 수 없으므로 4차로에 비해서 성능 향상 폭은 작다. 90%의 차로 구분 성공률을 가지기 위해서 기존 차로 구분 기법보다 위성항법 위치 오차가 25%(0.3m) 증가하더라도 동일한 성능을 가짐을 알 수 있다. 그리고 그림 9의 8차로의 경우에도 제한 조건을 사용한 경우 차로 구분 성공률이 좋아지나 가운데 2개 차로에서 제한 조건을 사용하지 못하므로 15%(0.2m)의 성능 향상도를 가진다.

표 3. 시뮬레이션 조건

Table 3. The condition of simulation.

항목	값(단위)
차로 폭	3m
왕복 차로수	4/6/8
위성항법 수평 오차	0.5/1/1.5/2m (1 δ)

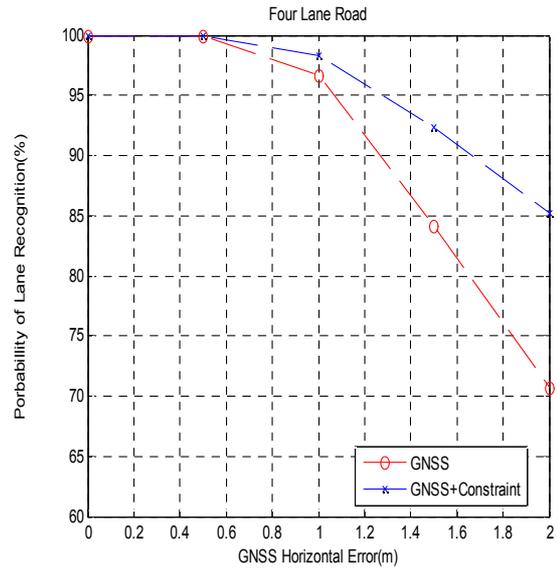


그림 7. 4차로 분석 결과

Fig. 7. The analysis result of four-lane road.

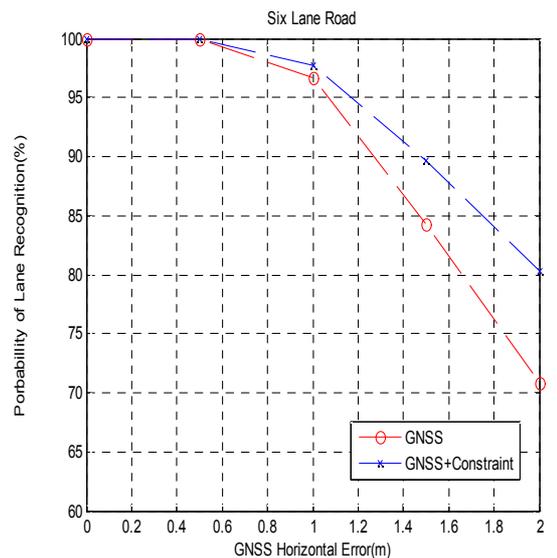


그림 8. 6차로 분석 결과

Fig. 8. The analysis result of six-lane road.

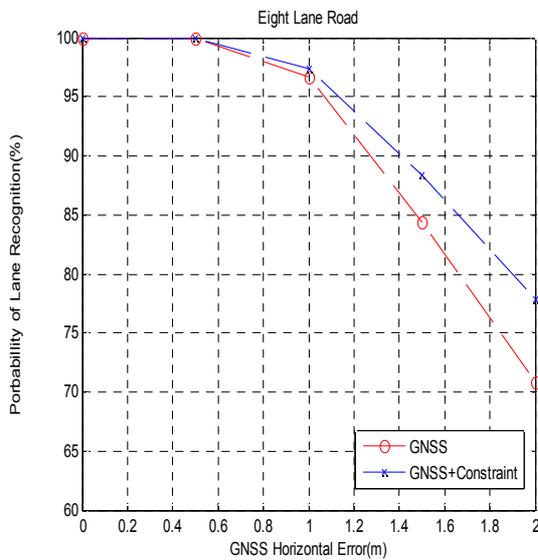


그림 9. 8차로 분석 결과

Fig. 9. The analysis result of eight-lane road.

V. 결 론

본 논문에서는 차로 구분 성능을 향상시키기 위한 차로 제한 조건을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 검증하였다. 차로 제한 조건은 차량의 진행 방향과 차량이 위치하고 있는 차로의 관계를 이용하여 1차로와 마지막 차로의 차로 구분 임계치를 크게 설정하여 차로 구분 성공률을 향상시키는 기법이다. 성능시험 결과 차로 제한 조건을 사용할 경우 4차로에서는 40%, 6차로에서는 25%, 8차로에서는 15%의 성능차로 구분 성능이 향상됨을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 위성항법기반 교통인프라 기술개발의 연구비지원(06교통핵심A03)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] Bradford W. Parkinson, James J. Spiker Jr., *Global Positioning System : Theory and Applications*, AI AA 1996.

- [2] B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins., *Global Positioning System: Theory and Practice*, Springer-Verlag, Wien, 1997.
- [3] 2008 Federal Radionavigation Plan, Department of Defense and Department of Homeland Security and Department of Transportation, 2008
- [4] "Wide-Area Augmentation System performance analysis report," October 2007, FAA
- [5] Gengsheng Zhang, Christopher Wilson, "An Integrated DGPS/DR/Map System for Vehicle Safety Applications" *Proc. ION NTM 2000*, pp. 253-257, January 2000.
- [6] Jin Wanf, Stefan Schroedl, Klaus Mezger, Roland Ortloff, Armin Joos, Thomas Passegger, "Lane Keeping Based on Location Technology" *IEEE Transaction on the intelligent transportation system*, Vol.6, No.3, pp.351~356, September 2005
- [7] Joshul M. Clanton, David M. Bevly, A. Scottedwart Hodel, "A Low-Cost Solution for and Integrated Multisensor Lane Departure Warning System" *IEEE Transaction on the intelligent transportation system*, Vol.10, No.1, pp.47~59, March 2009
- [8] Wenbing Zhang, Vikas Taliwal, "Using Lane Tracker Data to Improve Lane-level Digital Maps Created With Probe Vehicle Data", *Proc. Intelligent Transportation System*, pp. 585-589, October 2003.
- [9] Jie Du, Matthew J. Barth, "Next-Generation Automated Vehicle Location Systems: Positioning at the Lane Level" *IEEE Transaction on the intelligent transportation system*, Vol.9, No.1, pp.48~57, March 2007
- [10] ICAO Standard and Recommended Practices (SARPS), *International Civil Aviation Organization (ICAO)*, 2000.
- [11] Internal Maritime Organization Resolution A.953(23), *International Maritime Organization (IMO)*, 2004.
- [12] M. B. Heo, J. I. Park, E. S. Lee, W. Y. Kang, J. H. Cho, "Transport planning in Korea," *Coordinates*
- [13] 박병운, 보정 정보의 국제 표준을 고려한 위성항법 보강시스템의 시공간 오차 감소 방안 연구, *공학박사학위논문 서울대학교*, 2008.
- [14] 김희성, 이형근, "차선별 교통 모니터링을 위한 위성항법 수신기망 설계 및 성능 평가," *한국항공학회 논문지*, 제14권 제2호, pp. 151-160, 2010.
- [15] 박재익, 이은성, 허문범, 남기욱, 심은섭, "이동체의 속도와 안테나 기저선을 활용한 반송파측정값

의 고장검출”, *한국항공학회 논문지*, 제14 권 제5 호, pp. 640-647, 2010.

[16] W.Y Kang, "A study on the performance of Precise Digital Map for Road Lane Recognition", *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol.17 No.1, pp.47~53, 2011.1

[17] 국토해양부, “도로현황조사,” 2009.

강 우 용 (姜佑勇)



2004년 2월 : 부산대학교 전자공학과 (공학사)
2006년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학석사)
2006년~2007.7 : 현대자동차 연구원
2007년 7월 ~ 현재 : 한국항공우주연구

구원 연구원

관심분야 : 관성항법, 위성항법 시스템 고장검출, 위성항법 보강항법시스템

이 은 성 (李銀成)



1996년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과(공학사)
1998년 2월 : 건국대학교 기계공학과 (공학석사)
2005년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과 (공학박사)

2007년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 선임연구원

관심분야 : 위성항법 정밀위치결정, 위성항법 시스템 고장검출, 위성항법 보강항법시스템

박 재 익 (朴栽熒)



2002년 2월 : 한양대학교 물리학과 (이학사)
2004년 2월 : 연세대학교 천문우주학과 (이학석사)
2010년 2월 : 연세대학교 천문우주학과 (이학박사)
2010년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원

선임연구원

관심분야 : 우주동력학, 인공위성 항법 및 유도제어, 실시간 고정밀 위치결정

한 지 애 (韓志愛)



2004년 2월 : 충북대학교 천문우주학과 (이학사)
2006년 2월 : 충북대학교 천문우주학과 (이학석사)
2010년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 연구원

관심분야 : 위성항법 정밀위치결정

홍 운 기 (洪雲基)



2009년 2월 : 대전대학교 전자공학과 (공학사)
2011년 2월 : 광운대학교 제어계측공학부 (공학석사)
2011년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 연구원

관심분야 : 항위성항법 정밀위치결정

김 현 수 (金賢壽)



1994년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학사)
1996년 2월 : 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
2004년 2월 : 건국대학교 전자정보통신공학 (공학박사)
1996년 ~ 2000년 : 고등기술연구원

2011년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 선임연구원

관심분야 : 위성항법 정밀위치결정, 위성항법 시스템 고장검출, 위성항법 보강항법시스템

허 문 범 (許文範)



1992년 2월 : 경희대학교 기계공학과 (공학사)
1997년 2월 : Illinois Institute of Technology (공학석사)
2004년 2월 : Illinois Institute of Technology (공학박사)

2005년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 선임연구원

관심분야 : 위성항법 정밀위치결정, 위성항법 시스템 고장검출, 위성항법 보강항법시스템

남 기 옥 (南基旭)



1983년 2월 : 항공대학교 항공운항학과
(공학사)

1988년 2월 : 항공대학교 항공운항학과
(공학석사)

1996년 2월 : 영국 Cranfield University
(공학박사)

1996년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 책임연구원
관심분야 : 항공공학 신뢰성, 위성항법 보강시스템