

차로 구분이 가능한 정밀전자지도의 성능 요구사항에 관한 연구

A Study on the Performane Requirement of Precise Digital Map for Road Lane Recognition

강우용*, 이은성, 이건우, 박재익, 최광식, 허문범
(Wooyong Kang¹, Eunsung Lee¹, Geonwoo Lee¹, Jae-Ik Park¹, Kwangsik Choi¹, and Moonbeom Heo¹)

¹Korea Aerospace Research Institute

Abstract: To enable the efficient operation of ITS, it is necessary to collect location data for vehicles on the road. In the case of futuristic transportation systems like ubiquitous transportation and smart highway, a method of data collection that is advanced enough to incorporate road lane recognition is required. To meet this requirement, technology based on radio frequency identification (RFID) has been researched. However, RFID may fail to yield accurate location information during high-speed driving because of the time required for communication between the tag and the reader. Moreover, installing tags across all roads necessarily incurs an enormous cost. One cost-saving alternative currently being researched is to utilize GNSS (global navigation satellite system) carrier-based location information where available. For lane recognition using GNSS, a precise digital map for determining vehicle position by lane is needed in addition to the carrier-based GNSS location data. A "precise digital map" is a map containing the location information of each road lane to enable lane recognition. At present, precise digital maps are being created for lane recognition experiments by measuring the lanes in the test area. However, such work is being carried out through comparison with vehicle driving information, without definitions being established for detailed performance specifications. Therefore, this study analyzes the performance requirements of a precise digital map capable of lane recognition based on the accuracy of GNSS location information and the accuracy of the precise digital map. To analyze the performance of the precise digital map, simulations are carried out. The results show that to have high performance of this system, we need under 0.5m accuracy of the precise digital map.

Keywords: precis digital map, GNSS, carrier, code, requirement

I. 서론

전 세계적으로 지난 반세기 동안의 비약적인 경제 발전은 다양한 분야의 생활 방식을 바꾸었다. 특히, 교통 분야에 있어서는 개인의 이동의 편리를 증대시킬 수 있는 자가용 차량이 큰 폭으로 증가하였다[1]. 그러나 이러한 자가용 차량의 증가는 만성적인 교통 혼잡, 환경오염, 교통사고 등의 문제를 발생시키고 있으며 이로 인한 인적, 물적 손실과 아울러 경제적, 사회적 비용이 증대되고 있다. 미국, EU, 일본 등의 교통 선진국들은 교통시설의 증설과 함께 전자, 통신 등의 정보기술(IT: Information Technology)을 활용한 지능형교통시스템(ITS: Intelligent Transport Systems)을 통하여 증가하는 교통 수요에 대응해 나가고 있다.

지능형교통시스템의 효율적인 운영을 위해서는 현재 주행하고 있는 차량의 위치 정보 수집이 필요하다[2]. 특히, Ubiquitous Transportation, 스마트 하이웨이 등과 같은 미래형 교통시스템에서는 차로 구분이 가능한 수준의 차량 위치 정보 수집을 요구하고 있다[3-6]. 이를 위해 RFID (Radio Frequency Identification)를 활용하는 기술이 연구되었다[7]. 그

러나 RFID는 태그(tag)와 리더(reader)의 통신 시간으로 인하여 고속 주행 시 위치 정보를 획득하지 못할수도 있으며 전 도로에 걸쳐 태그를 설치할 경우 막대한 비용이 발생하는 문제점이 있다[8].

이러한 비용상의 문제점을 해결하기 위하여 위성항법(GNSS: Global navigation Satellite System) 반송파(carrier) 기반의 위치 정보가 제공되는 구간에 대해서 이를 활용하는 방안이 현재 연구되고 있다[9]. 위성항법을 이용한 차로 구분을 위해서는 반송파 기반의 위성항법 위치 정보와 함께 차로 별로 차량의 위치를 구분하기 위한 정밀전자지도(precise digital map)가 필요하다. 정밀전자지도는 차로 구분을 위하여 도로상의 각 차로에 대한 위치 정보를 가진 지도를 의미한다. 현재 차로 구분 실험용으로 시험 지역을 대상으로 차로에 대한 측량을 통해 정밀전자지도를 제작하고 있으나 구체적인 성능 사양에 대한 정의 없이 차량 주행 정보와 비교를 통하여 제작되고 있다. 그러므로 본 논문에서는 위성항법 위치 정보의 정확도에 따른 정밀전자지도의 성능요구 사항을 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II 장에서는 정밀전자지도의 특징에 대해서 기술하고 III 장에서 정밀전자지도성능 분석 조건에 대해서 설명한다. 그리고 IV 장에서 각 조건에 따른 성능 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 V 장에서 결론을 맺도록 하겠다.

II. 정밀전자지도의 특징

1. 차량 위치 표시 기준

현재 사용되는 있는 차량 항법시스템은 목적지까지의 경

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2010. 7. 14., 수정: 2010. 9. 13., 채택확정: 2010. 12. 2.

강우용, 이은성, 이건우, 박재익, 최광식, 허문범: 한국항공우주연구원 위성항법팀

(kang79@kari.re.kr/koreagnss@kari.re.kr/kanulee@daum.net/jpark@kari.re.kr/cks@kari.re.kr/hmb@kari.re.kr)

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

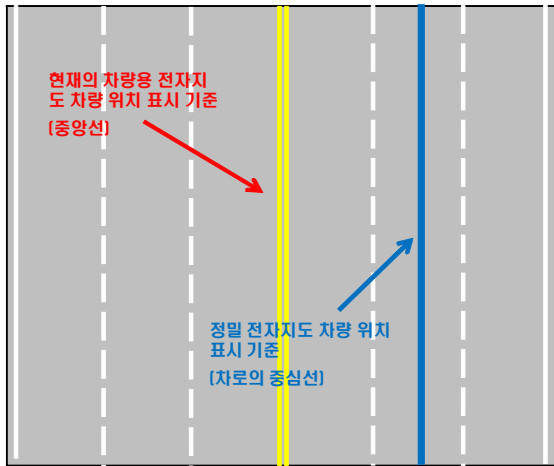


그림 1. 차량 위치 표시 기준.
Fig. 1. The indicate criteria of vehicle position.

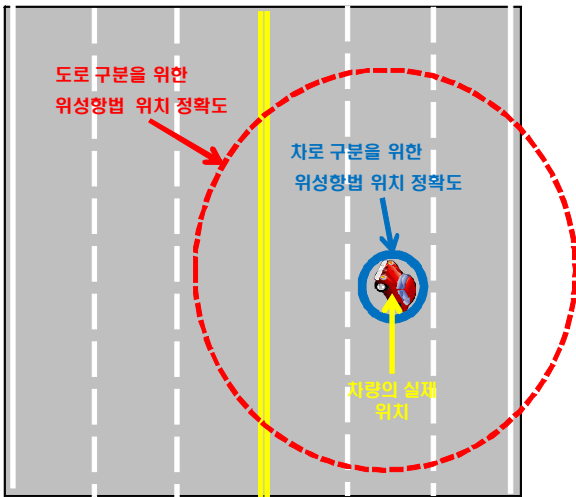


그림 2. 차량용 전자지도.
Fig. 2. The digital map for automotive .

로 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 차량 항법시스템에 사용되는 전자지도는 도로의 기하학적 선형과 주요지형지물의 위치 및 속성정보를 데이터 베이스로 구축하여 제작한다. 그리고 전자지도 상의 차량 위치는 맵 매칭 (map matching)기법을 사용하여 표시한다[10,11]. 맵 매칭은 차량이 도로상에서만 주행한다는 제한 조건을 이용하여 계산된 차량의 위치에서 가장 근접한 도로를 주행중인 도로로 판별하는 기법이다. 도로를 판별해야 함으로 현재의 전자지도에서는 그림 1과 같이 도로가 차량 위치의 기준이 되며 도로의 중심선인 중앙선을 차량 위치 표시 기준으로 사용한다.

이에 비해서 차로 구분이 가능한 차량 항법시스템은 목적지까지 경로 제공과 함께 주행하는 차도에 대한 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 차로를 판별해야 함으로 도로에 대한 기하학적 선형 정보와 함께 각 차도에 대한 선형 정보를 저장해야 한다. 그러므로 각 차선의 중심선이 차량 위치 구분의 기준이 된다. 기존 전자지도 보다 차량 표시 기준이 세분화 됨으로 차로를 구분 할 수 있는 정확도를 가진 차량 위치 표시 정보가 필요하다.

표 1. 위성항법 성능.

Table 1. The performance of GNSS.

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



그림 3. 현재의 지도를 사용한 차량 위치 표시.
Fig. 3. The indication of vehicle position using the present map.

2. 차량 위치 표시 정보

전자지도는 맵 매칭 기법을 사용하므로 그림 2와 같이 도로를 벗어나서 차량의 위치가 계산되는 경우에도 운전자에게 차량 위치의 표시가 가능하다. 현재 차량 항법시스템에서는 코드(code) 기반의 위성항법 신호를 단일 사용하여 차량의 위치를 계산한다. 코드를 이용하여 위치를 계산하는 경우 위치의 정확도는 표 1과 같이 15 m(2D RMS) 수준이다.

그러나 차로 구분을 위해서는 위치 정확도가 차로 폭 보다 작은 수준의 차량 위치 정보가 필요하다. 현재와 같은 코드 기반의 위성항법 정보가 아닌 수십 cm 이하의 위치 정확도를 가지는 반송파 기반의 위성항법 위치 정보가 필요하다. 기존의 전자지도보다 차량위치 표시에 사용되는 차량 위치 정보의 정확도가 높아졌으므로 기존의 전자지도에 비해서 지도의 위치 정확도 향상이 필요하다.

3. 지도 정확도

전자지도는 항공사진 측량을 바탕으로 제작된 수치지도를 컴퓨터 등에서 이용할 수 있도록 디지털 정보화시켜 제작된다. 전자지도 내부의 도로 및 건물 등의 위치 정보는 항공사진 측량 시에 기준점 측량과 항공 삼각 측량을 통해서 부여된다. 이 과정에서 발생한 위치 오차가 전자지도의 위치 오차로 나타난다. 상용 RTK 프로그램(way point)을 이용하여 후처리 방식으로 계산된 실 도로의 차량 주행 결과를 전자지도 위에 표시하면 지도 오차로 인하여 그림 3과 같이 도로를 벗어나서 차량의 위치가 표시된다. 그러므로 정밀전자지도는 현재 사용되고 있는 전자지도보다 더 정확하게 실 지형정보인 차로와 차선이 일치되도록 제작되어야 함을 확인할 수 있다.

III. 정밀전자지도 성능 분석 조건

1. 차량 주행 경로

정밀전자지도의 성능 분석을 위해서는 각 차선상에서 차량의 실제 주행 경로를 정의해야 한다. 일반적으로 차량 폭보다 차로 폭이 넓으므로 운전자의 성향에 따라서 차로 내를 주행하는 차량의 주행 경로가 달라진다. 이러한 차이로 인하여 동일한 정밀전자지도 오차 및 위성항법 위치 오차에 대해서 차로 구분의 성능이 달라진다. 그러므로 본 논문에서는 그림 4와 같이 차로의 중심선을 차량 주행 경로로 설정한다. 설정된 차량 주행 경로는 차량 위치 오차 및 차로 구분 임계치를 계산할 때 기준 값으로 사용한다.

2. 차량 위치 오차

정밀전자지도의 성능 분석을 위해서는 지도에 표시되는 차량의 위치 오차에 대한 정의가 필요하다. 반송파를 이용한 정밀위치결정의 경우에도 위치 오차가 존재하므로 실제 주행궤적에서 오차가 포함된 위치를 추정한다. 2차원 도로 위를 주행하는 육상 교통 환경이므로 그림 5와 같이 수평면으로 발생하는 위성항법 위치 오차 중에서 각 차로의 중심선과 직각이 되는 횡방향 오차만을 차로 구분을 위한 차량 위치 오차로 가정한다.

3. 차로 수

정밀전자지도는 차로를 기준으로 차량의 위치를 표시하므로 차로 수에 따른 성능 분석이 필요하다. 그러나 차로의 수

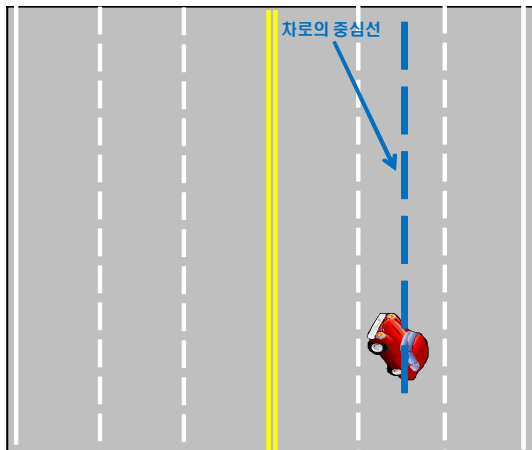


그림 4. 차량 주행 경로.
Fig. 4. The drive path of vehicle.

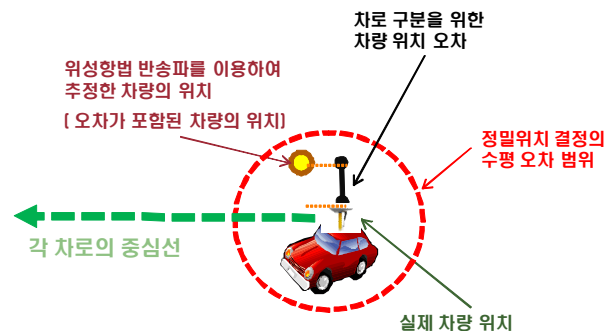


그림 5. 차량 위치 오차.
Fig. 5. The error of vehicle position.

가 증가 할수록 차량의 차로 구분을 위해서 다양한 위치 표시 기준이 존재하므로 이에 따라 성능이 달라진다. 정밀전자지도 성능 사양에 대한 분석을 위해서는 차로 수에 대한 정의가 필요하다. 전체 포장 도로에서 왕복 8차로까지의 비율이 99.6%에 해당하므로 본 논문에서는 차로 수를 편도 왕복 4차로, 6차로, 8차로로 설정하고 성능 분석을 수행한다[12].

4. 차로 폭

차량 주행 경로가 차로의 중심선이므로 차로 구분을 위한 차량 위치 표시 기준은 각 차로의 중심선이다. 차로의 중심선과 차량의 위치를 비교하여 차량의 위치를 표시하므로 차로 폭은 성능 분석에 중요한 요소가 된다. 실 도로의 경우 도로 구분 및 설계 속도에 따라 차로 폭이 다르다[13]. 본 논문에서는 차로의 최소 폭인 3 m를 전자지도의 차로 폭으로 설정하고 성능 분석을 수행한다.

5. 차로 구분 임계치

반송파를 이용한 정밀위치결정의 경우에도 위치 오차가 존재하므로 실제 주행궤적에서 오차가 포함된 위치를 추정한다. 이러한 위치 오차가 차로 구분 임계치(threshold)보다 커지는 경우 그림 6과 같이 실제로 주행하는 차로를 인식하지 못하고 다른 차로로 인식하게 된다. 차로 구분 임계치는 차량이 차로의 중앙으로 주행한다고 가정했을 경우 차로를 구분할 수 있는 임계치를 의미하며 차로 폭에 비례하게 된다. 차로 폭이 넓어질수록 차로 구분 임계치가 커지므로 차로 구분 확률이 증가한다. 차로 폭에 따른 차로 구분 임계치는 (1)과 같은 방식으로 결정한다.

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

여기서 $Threshold_n$ 은 각 차로에 대한 차로 구분 임계치를 의미하며 W_{lane} 은 차로 폭, P_{Ant} 는 차량 중앙에서 안테나의 편이량(오른쪽이 양수)을 의미한다.

6. 정밀전자지도 오차

측량을 기반으로 제작된 정밀전자지도의 경우에도 측량 과정에서 또는 지도제작과정에서의 오차가 존재하게 된다. 또한 도로 상에 존재하는 모든 차로에 대해서 측량을 하는

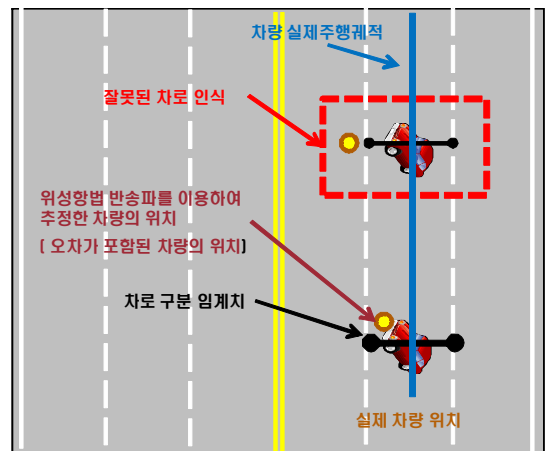


그림 6. 차로 구분 개념도.
Fig. 6. The configuration of road lane recognition.

것은 현실적으로 불가능하므로 일반적으로 몇 개의 기준점을 잡고 측량한 후 차로를 선형화하여 지도를 제작하게 된다. 이러한 과정에서 정밀전자지도 오차가 포함된다. 현재 사용되고 있는 전자지도의 경우에도 이러한 지도 제작 과정에서의 오차로 인하여 오차성분을 가지고 있다[14,15]. 정밀전자지도 오차의 경우 선형화 하는 과정에서 선형화 지점의 오차 특성이 다른 지점의 좌표 값 설정에 반영되므로 오차의 특성을 바이어스 형태로 볼 수 있다. 이러한 바이어스 그림 7에서와 같이 차로 구분 임계치를 감소시킨다. 정밀지도의 위치 바이어스에 따른 차로 구분 임계치는 (2), (3)과 같다.

$$-\left(\frac{W_{lane} - P_{Ant}}{2} - B_{emap}^+\right) < Threshold_n \leq \frac{W_{lane} + P_{Ant}}{2} \quad (2)$$

$$-\frac{W_{lane} - P_{Ant}}{2} < Threshold_n \leq \frac{W_{lane} + P_{Ant}}{2} - B_{emap}^- \quad (3)$$

여기서 B_{emap}^+ 는 주행 방향 오른쪽, B_{emap}^- 주행 방향 왼쪽으로 생긴 지도 바이어스를 의미한다.

7. 차로 구분 제한 조건

차로 구분을 위해서 차량의 위치 정보와 함께 주행 방향에 대한 제한 조건을 추가하여 성능을 향상 시킬 수 있다. 주행 방향에 대한 제한 조건은 그림 8에서와 같이 1차로의

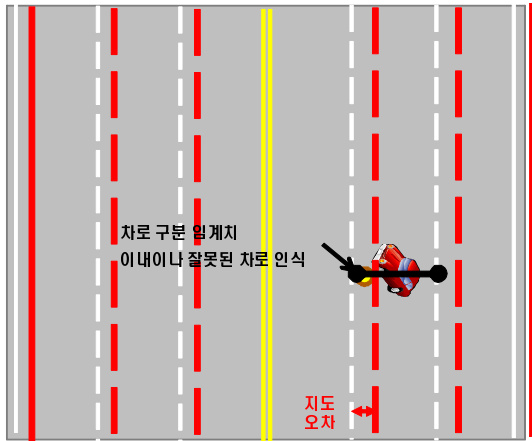


그림 7. 정밀전자지도 오차 영향.
Fig. 7. The effect of precise digital map bias.

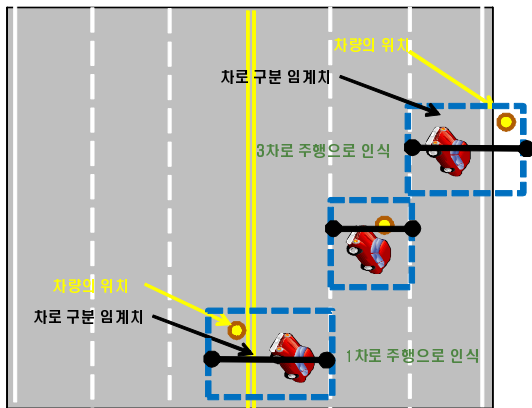


그림 8. 차로 구분 조건.
Fig. 8. The condition of road lane recognition.

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. 주행 방향 오른쪽으로 생긴 지도 바이어스에 대해서 각 차도에 대한 차로 구분 임계치는 (4)-(6)과 같다. 왕복 2차로 도로의 경우 차량의 주행 방향만 결정하면 차로 구분이 가능하므로 왕복 4-8차로에 대한 성능 분석만을 수행한다.

$$-\infty < Threshold_1 \leq \frac{W_{lane} + P_{Ant}}{2} - B_{emap}^+ \quad (4)$$

$$-\left(\frac{W_{lane} - P_{Ant}}{2} - B_{emap}^+\right) < Threshold_{2-n-1} \leq \frac{W_{lane} + P_{Ant}}{2} \quad (5)$$

$Threshold_{2-n-1}$ 은 2차로와 n-1 차로의 차로 구분 임계치를 의미한다.

$$-\left(\frac{W_{lane} - P_{Ant}}{2} - B_{emap}^+\right) < Threshold_n \leq \infty \quad (6)$$

여기서 $Threshold_1$ 는 1차로의 차로 구분 임계치, $Threshold_{2-n-1}$ 은 2차로와 n-1 차로의 차로 구분 임계치, $Threshold_n$ 은 마지막 n차로의 차로 구분 임계치를 의미한다.

8. 위성 배치에 따른 영향

위성항법을 이용하여 위치를 계산하는 경우 위성의 배치에 따라서 정확도가 달라진다. 이러한 위성의 배치를 DOP (Dilution of Precision)로 정의하며 사용자의 ENU (East-North-Up) 좌표계에서의 DOP은 (7)과 같이 나타낼 수 있다[16].

$$\tilde{H} = \begin{bmatrix} EDOP^2 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & NDOP^2 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & UDOP^2 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & TDOP^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

여기서 EDOP과 NDOP는 수평 방향 DOP으로 동쪽과 북쪽 방향 DOP 성분을 의미하며 UDOP은 수직 방향 DOP 성분, TDOP은 시계 바이어스에 따른 DOP 성분을 의미한다.

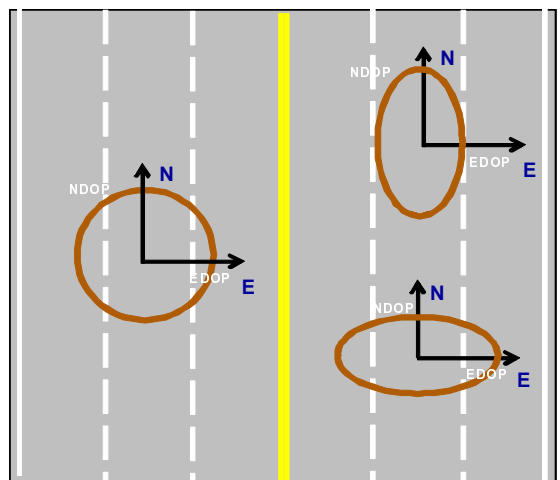


그림 9. 위성배치에 따른 영향.
Fig. 9. The effect of satellite arrangement.

일반적으로 수평면의 DOP 성분인 EDOP과 NDOP이 비슷하게 나타나지만 위성의 배치에 따라서 그림 9와 같이 EDOP과 NDOP이 달라질 수 있다. EDOP과 NDOP이 다르게 나타나는 경우 도로의 방향과 DOP의 분포에 따라서 차로 구분 성능에 영향을 미친다. 그림 9와 같이 북쪽 방향으로 향해있는 도로에서는 NDOP보다는 EDOP이 커질수록 차로 구분을 위한 횡방향 오차가 증가하므로 차로 구분 성능이 저하된다.

9. 차로 구분 성공률

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 가정하였으므로 본 논문에서는 (8)과 같이 계산한다.

$$P_n = \int_{Threshold_{min}}^{Threshold_{max}} \frac{e^{-x^2 / 2\sigma^2}}{\sqrt{2\pi}\sigma} dx \quad (8)$$

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

IV. 정밀전자지도 성능 분석

정밀전자지도의 성능 분석은 위성항법 반송파 기반의 위치 정보를 이용하여 위치를 계산하는 차량이 각 차로별로 주행하면서 실제 주행 차로를 판별할 수 있는지에 대해서 수행한다. 성능 분석 조건은 3m 폭을 가지는 왕복 4, 6, 8 차로에서 표 2와 같은 정밀전자지도의 위치 바이어스와 수평면 위치오차를 가지는 위성항법 위치 정보를 이용하여 차로 중심선으로 주행하는 차량으로 가정한다.

정밀전자지도의 위치 바이어스는 차로 폭의 절반인 1.5 m 이상이면 차로 구분이 불가능하므로 차로 인식이 가능한 0, 0.5, 1m로 설정하였다. 또한 육상 교통 환경의 경우 주위의 건물 또는 가로수 등으로 인하여 다중경로(multipath) 오차 및

표 2. 정밀전자지도 위치 바이어스 및 위성항법 수평 위치 오차.

Table 2. The position bias of precis digital map and horizontal position error of GNSS.

정밀전자 지도 위치바이어스 (m)	위성항법 위치오차 -수평면(2DRMS)
0	0.5
	1
	1.5
	2
0.5	0.5
	1
	1.5
	2
1	0.5
	1
	1.5
	2

가시성 등이 떨어지므로 위치 정확도가 감소한다. 이러한 위치 오차의 증가를 고려하여 위성항법 위치 수평 오차를 0.5 m에서 2m까지 고려하였다. 그리고 수평면에서의 NDOP과 EDOP은 동일한 것으로 가정한다. 또한, 차로 구분 성공률이 95% 이상인 경우 정밀전자지도의 성능 요구 사항을 만족한 것으로 가정한다.

1. 4차로 도로에 대한 성능 분석

4차로 도로에 대한 성능 분석 결과 그림 10에서와 같이 위성항법 위치 오차 및 지도 바이어스가 증가할수록 차로 구분 성공률이 감소함을 확인 할 수 있다. 4차로 도로에서 95%의 차로 구분 성공률을 가지기 위해서는 지도 바이어스가 없는 경우 위성항법 위치 오차가 1.3m, 지도 바이어스가 0.5m인 경우 위성항법 위치 오차는 1.1m, 지도 바이어스가 1m인 경우에는 위성항법 위치 오차가 0.6m 이내여야 한다. 1m 이하의 수평 위치 정확도를 가지는 위치 정보를 사용하여 차로 구분을 하기 위해서는 0.5m 이내의 지도 바이어스를 가져야 함을 확인 할 수 있다.

2. 6차로 도로에 대한 성능 분석

6차로 도로에 대한 성능 분석 결과 그림 11과 같이 지도바

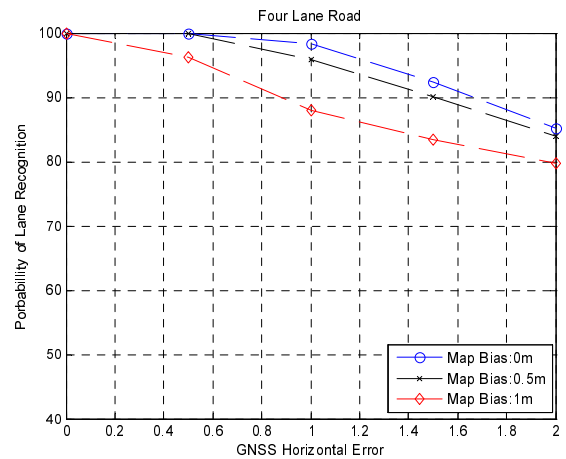


그림 10. 4차로 성능 분석 결과.
Fig. 10. The analysis result of 4th road.

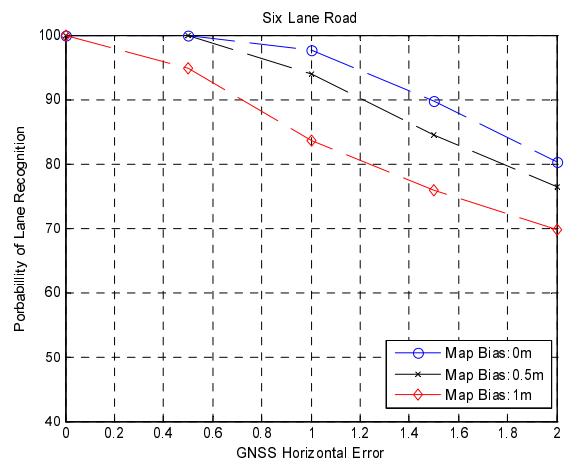


그림 11. 6차로 성능 분석 결과.
Fig. 11. The analysis result of 6th road.

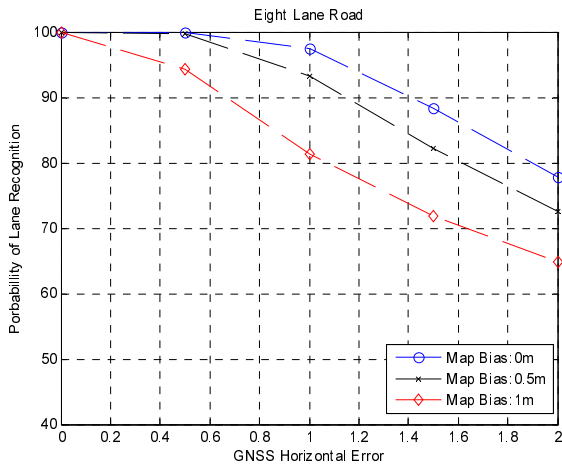


그림 12. 8차로 성능 분석 결과.

Fig. 12. The analysis result of 8th road.

이어스와 위성항법 오차가 증가할수록 차로 구분 성공률이 감소함을 확인 할 수 있으며 4차로 시험 결과에 비해서 성능이 더 저하됨을 확인 할 수 있다. 이는 6차로 시험 시 차로 중간에 해당하는 2차로의 경우 차로 구분 제한 조건이 적용되지 않고 (5)의 차로 구분 임계치를 사용하기 때문이다. 또한 95%의 차로 구분을 위해서는 지도 바이어스가 0m인 경우 위성항법 위치 오차가 1.2m 이내여야 하며 지도 바이어스가 0.5m인 경우 위성항법 위치 오차는 1m 이내여야 한다. 그리고 지도 바이어스가 1m인 경우에는 위성항법 위치 오차가 0.5m 이내여야 한다. 1m 이하의 수평 위치 정확도를 가지는 위치 정보를 사용하여 차로 구분을 하기 위해서는 0.5m이내의 지도 바이어스를 가져야 함을 확인 할 수 있다.

3. 8차로 도로에 대한 성능 분석

8차로 도로에 대한 성능 분석 결과 그림 12와 같이 지도 바이어스와 위성항법 오차가 증가할수록 4차로와 6차로에 비해 차로 구분 확률이 감소함을 확인 할 수 있다. 이는 6차로와 같이 중간에 해당하는 2, 3차로의 경우 지도 바이어스에 따라 차로 구분 임계치가 감소하기 때문이다. 또한 95%의 차로 구분을 위해서는 지도 바이어스가 0m인 경우 위성항법 위치 오차가 1.2m 이내여야 하며 지도 바이어스가 0.5m인 경우 위성항법 위치 오차는 0.9m 이내여야 한다. 그리고 지도 바이어스가 1m인 경우에는 위성항법 위치 오차가 0.5m 이내여야 한다. 1m 이하의 수평 위치 정확도를 가지는 위치 정보를 사용하여 차로 구분을 하기 위해서는 0.5m미만의 지도 바이어스를 가져야 함을 확인 할 수 있다.

V. 결론

반송파 기반의 위성항법 위치 정보를 이용하여 미래 교통 시스템에서 요구하는 차로 구분을 위해서는 정밀전자지도가 필요하다. 정밀전자지도는 차량 위치 표시 기준, 사용되는 위치 정보의 정확도, 지도의 위치 정확도 등에서 기존의 차량항법시스템에서 사용하는 전자지도와는 다른 특징을 가진다. 본 논문에서는 이러한 특징과 차량이 주행 중에 가지는 위성항법 위치 오차 등을 이용하여 정밀전자지도의 성능 요구사항에 대한 분석을 수행하였다.

성능 요구사항 분석 결과 위성항법 위치오차와 지도 바이어스 그리고 차로 수가 증가할 수록 차로 구분 확률이 저하됨을 확인 할 수 있었다. 위성항법 위치오차의 경우 오차가 증가할수록 차로 구분 임계치를 벗어나는 차량 위치가 많아지므로 차로 구분 성공률이 저하되며 지도 바이어스의 경우 바이어스가 커질수록 차로 구분 임계치가 감소하므로 차로 구분 성공률이 저하된다. 또한 차로 수가 증가할수록 차로 구분 제한 조건을 사용하지 못하는 차로가 많아지므로 차로 구분 성공률이 저하된다.

각 차로 수에 따른 성능 분석 결과 1m의 수평 위치 정확도를 가지는 위성항법 정보를 이용하여 95% 이상의 차로 구분을 위해서는 0.5m 미만의 위치 오차를 가지는 전자지도가 필요하다. 이러한 정밀전자지도의 성능 요구사항에 대한 분석 결과는 향후 정밀전자지도 제작 및 시험 평가에 활용이 가능할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] 건설교통부, “국가기간교통망계획,” 2000.
- [2] (주)KT, “유비쿼터스 환경의 차세대 국가 교통정보 수집 체계 개발 및 시범사업,” 2007.
- [3] <http://www.smarthighway.or.kr/>
- [4] 강연수, “u-Transportation 기반기술개발,” 한국도로학회, 도로, 제10권 제2호, pp. 22-31, 2008.
- [5] H. S. Kim and H. K. Lee, “Precise Positioning Algorithm for Low-Cost Highly-Dynamic GPS receivers toward Ubiquitous Transportation,” *Proc. of International Symposium on GPS/GNSS*, Jeju, Nov. 2009.
- [6] 김희성, 이형근, “차선별 교통 모니터링을 위한 위성항법 수신기망 설계 및 성능 평가,” 한국항행학회 논문지, 제 14권 제2호, pp. 151-160, 2010.
- [7] <http://www.itfind.or.kr>
- [8] Y. M Yoo, C. H Lee, J. G Park, and C. G Park, “A Feasibility Study on Car Positioning system Using RFID,” *Journal of Control, Automation, and Systems Engineering*, vol. 12, no. 10, pp. 975-981, Oct. 2006
- [9] M. B. Heo, J. I. Park, E. S. Lee, W. Y. Kang, J. H. Cho, “Transport planning in Korea,” *Coordinates*, vol. VI, no. 7, pp. 7-8, July 2010.
- [10] 성득영, “차량 항법용 수치지도 데이터베이스 구축에 관한 연구,” 한양대학교, 2000.
- [11] S. G Kim, W. S. Yu, J. H. Kim, “A study on the Characteristic Analysis of the Gyro Sensor and Development of Hybrid Navigation Algorithm for the Car Navigation,” *Transactions of KSAE*, vol. 12, no. 5, pp. 171-179, 2004.
- [12] 국토해양부, “도로현황조사,” 2009.
- [13] 국토해양부, “도로의 구조 및 시설에 관한 규칙,” 2009.
- [14] 김동효 외, “GPS수신정보에 의한 구간통행속도 예측 알고리즘 비교평가,” 한국ITS학회논문지, 제7권 제5호, pp. 13-25, 2008.
- [15] 유복모, 신동빈, “국가기본도 수치지도 오류발생빈도의 분석연구,” 한국지형공간정보학회논문지, 제5권 제2호, pp. 13-27, 1997.
- [16] Pratap Misra and Per Enge, “Global positioning system: signals, measurements, and performance,” *Ganga-Jamuna Press*, 2006.



강 우 용

2004년 부산대학교 전자전기통신공학부 졸업. 2006년 서울대학교 대학원 기계항공공학부 석사. 2006년~2007년 현대자동차 연구원. 2007년~현재 한국항공우주연구원 재직중. 관심분야는 관성항법, 위성항법 시스템 고장검출, 위성

항법 보강항법시스템.



이 은 성

1996년 건국대학교 항공우주공학과 졸업. 1998년 건국대학교 기계공학과 석사. 2005년 건국대학교 항공우주공학과 박사. 2007년~현재 한국항공우주연구원 선임연구원 재직중. 관심분야는 위성항법 정밀위치결정, 위성항법 시스템 고장검

출, 위성항법 보강항법시스템.



이 건 우

2002년 충남대학교 전자공학과 졸업. 2004년 충남대학교 전자공학과 석사. 2009년 충남대학교 전자공학과 박사. 2009년~2010년 한국항공우주연구원 선임연구원 재직. 관심분야는 항 제밍 필터 설계, 디지털 신호 처리.



박 재 익

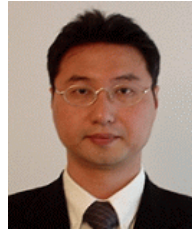
2002년 한양대학교 물리학과 졸업. 2004년 연세대학교 천문우주학과 석사. 2010년 연세대학교 천문우주학과 박사. 2010년~현재 한국항공우주연구원 선임연구원 재직중. 관심분야는 위성궤도역학, 위성항법 정밀위치결정, 위성항법 보강

항법시스템.



최 광 식

2008년 충남대학교 메카트로닉스공학과 졸업. 2010년 충남대학교 대학원 메카트로닉스 공학과 석사. 2010년~현재 한국항공우주연구원 재직중. 관심분야는 위성항법 보강항법시스템, 위성항법 시스템 고장검출.



허 문 범

1992년 경희대학교 기계공학과 졸업. 1997년 Illinois Institute of Technology 석사 졸업. 2004년 Illinois Institute of Technology 박사 졸업. 2005년~현재 한국항공우주연구원 선임연구원 재직 중. 관심분야 위성항법 정밀위치결정, 위성

항법 시스템 고장검출, 위성항법 보강항법시스템.