

지상기반 지역보강시스템(GBAS)에서 미지정수 활용 연구

Integer Ambiguity Study of Ground Based Augmentation System(GBAS)

이은성*, 강우용, 허문범, 남기욱(한국항공우주연구원)

1. 서 론

지상기반 지역보강시스템(GBAS)은 기준국에서 오차 정보를 계산하여 지상의 송신시설을 이용하여 100~200km 이내의 사용자에게 오차 정보를 제공한다. 국제민간항공기구(ICAO-International Civil Aviation Organization)에서는 지상기반 지역보강시스템을 활용한 LAAS(Local Area Augmentation System)를 차세대 이·착륙 시스템으로 정하고 이를 개발하여 활용하도록 권고하였다[1].

현재 LAAS의 경우 GPS 코드-반송파 스무딩(smoothing)을 이용하여 위치오차에 대한 보강정보를 생성한다. 그러나 CAT-II, III급의 성능을 만족시켜 주기 위해서는 반송파 측정값을 이용하여 항법을 수행해야 한다[2,3].

이 경우 반송파 측정값에 포함되어 있는 미지정수를 반드시 결정해 주어야 한다[4]. 미지정수 결정 방법은 LAMBDA (Least squares AMBiguity Decorrelation Adjustment) 방법, FARA (Fast Ambiguity Resolution Approach) 방법, Euler와 Landau가 개발한 방법, NIP (Nonlinear Integer Programming) 기법 등이 개발되었다[5]. 이러한 미지정수 결정기법 이외에도 실시간 항법을 위한 미지정수 기법이 개발되었다. 그러나 위에서 제시한 방법은 실시간 항법을 위한 LAAS 요구조건을 충족시키지 못하고 있다.

그러므로 본 논문에서는 지상기반 지역보강시스템에서 반송파 측정값을 사용하여 위치 결정을 수행하는 기법을 이용하여 차량 주행시험을 통한 결과를 제시한다[6].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 지상기반 지역보강시스템의 하나인 LAAS의 구성 및 보강정보 생성에 대해서 소개하고 3장에서 반송파를 이용한 미지정수 기법을 설명한다. 그리고 4장에서 제안된 기법을 이용한 차량 시험의 결과를 설명하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. LAAS

2.1 LAAS 소개

LAAS는 지상기반 지역보강시스템의 일종으로 항공용 CAT-I, CAT-II, CAT-III급의 구현을 위해서 개발되었다. 그림1과 같이 공항으로 접근하는 항공기에 오차보정 정보를 제공하여 위치 정확도 및 안전성을 향상시킨다.

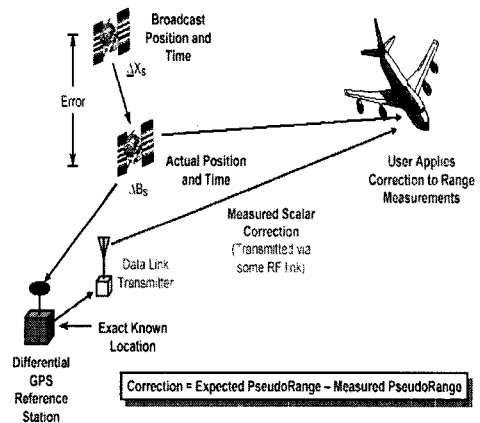


그림1. LAAS 시스템 구조[7]

LAAS는 오차보정 데이터를 방송하는 지상시스템과 이를 수신하여 정밀한 자기 위치를 계산하는 항공기의 탑재시스템, 그리고 시스템의 운용 상태를 확인하여 고장 여부를 알려주는 모니터링시스템으로 구성되어 있다. 현재 총 240회 이상의 비행 시험 결과 FAA(Federal Aviation Administration) 항공기 성능에 관련에 관련된 요구 사항을 만족함을 확인하였으며 미국 주요공항에 143대의 LAAS 시설을 설치할 예정이다.

LAAS는 공항 주위에 4개 이상의 수신기로 구성된 기준국들의 집합으로 구성된다. 기준국에서는 항법 위성의 신호를 모니터링하며 의사거리 측정값들을 중앙처리장치로 보낸다. 중앙처리장치에서는 이 정보를 이용하여 각 위성 신호에 대한 의사거리 보정값을 계산한다. 보정값은 VDB

(VHF Data Broadcast)를 이용하여 108.0~117.975MHz로 항공기에게 전송된다. 항공기는 전송된 보정값을 이용하여 주어진 위성의 조합에서의 신호에 대한 이용성을 결정한다.

2.2 LAAS 보강정보 생성

LAAS는 코드와 반송파를 스무딩한 값을 위치 결정에 사용한다. 지상 기준국에서는 스무딩 과정 동안 구한 측정값과 알고 있는 기준국의 위치 정보를 차분하여 항공기에 전송할 보정정보를 생성한다. 즉 항공기로 전송되는 정보는 스무딩된 코드 측정값의 오차 보정정보로 생각할 수 있다. 이러한 오차 보정정보는 표 1에 Type 1에 규정되어 있다.

항공기는 지상시스템으로부터 보강정보를 이용하여 항공기에서 측정된 코드와 반송파 측정치의 스무딩된 값에서 오차 보정정보를 제거하여 위치 결정을 수행한다.

Type	세부 내용
1 (의사거리 보정정보)	의사거리 보정값
	의사거리 증가량 보정값
	의사거리 보정값의 공분산 정보
	의사거리 B Value
2 (GBAS 데이터)	기준국 정확도 정보
	기준국 연속성/무결성 정보
	전리층 공분산 정보
...	...
6 (반송파 보정정보)	반송파 보정값
	반송파 증가량 보정값
	반송파 보정값의 공분산 정보
	반송파 B Value

표 1. LAAS 메시지 형식

그러나 표2와 같이 CAT-II, CAT-III급의 항공용 보강시스템의 요구사항을 만족시켜 주기 위해서는 기존의 방법으로는 한계가 있다. 이는 코드와 반송파 측정값을 스무딩 할때 코드의 오차성분으로 인하여 CAT-II, CAT-III에 요구되는 성능 만족시켜주지 못하기 때문이다. 그러므로 반송파 정보를 이용한 보강정보의 생성이 필요하다. 이러한 이유로 표1의 Type 6과 같이 반송파 정보에 대한 보정항목을 지정해 두었다. 반송파를 사용하는 경우 스무딩된 코드 측정값의 경우와 같은 방법으로 그 오차의 보정정보를 제공할 수 있다. 또한 위치 정확도의 향상을 통하여 CAT-II, CAT-III의 항공용 기준에서 가장 중요한 정확성(Accuracy)의 성능을 만족시킬 수 있을 것이다.

Operation	Accuracy (95%)	Integrity		
		Integrity (1-Risk)	Alert Limit	Time-to-Alert
CAT I	16m (H) 4.0-6.0m(V)	1-2x10 ⁻⁷ / approach	40m(H) 10-15m(V)	6 sec
CAT II	6.9m(H) 2.0m(V)	1-10 ⁻⁹ /15sec	17.3m (H) 5.3m (V)	1 sec
CAT III	6.2m(H) 2.0m(V)	1-10 ⁻⁹ /15sec	15.5m(H) 5.3m(V)	1 sec

표 2. 항공용 보강시스템의 요구사항 (정확성/무결성)

3. 반송파를 이용한 미지정수 결정

CAT II, III의 요구조건을 만족하기 위해서는 반송파 측정값을 활용해야 한다. 그러므로 칼만 필터를 이용하여 반송파 측정값을 실수로 구한다. 본 논문에서의 반송파를 이용한 미지정수 결정 기법은 기존의 LAAS에서 항공기가 위치를 결정하는 기법과는 달리 기준국과 수신기의 차분을 통하여 차량의 위치를 구한다. 차분을 통해서 나온 결과인 기준국과 차량과의 상대거리에서 기준국의 절대 위치를 더해줄 경우 차량의 절대 위치가 나오므로 두 방법의 결과에 있어서는 큰 차이가 없다.

반송파 측정값을 이용하여 사용자의 위치를 결정하는 방법은 아래 식(1)에서 (4)까지로 나타낼 수 있다. 먼저 식 (1)과 식(2)는 기준국과 차량의 차분된 코드와 반송파 측정치이다.

$$\rho_k^i = R_k^i + \tau_k + w_k \quad (1)$$

여기서, ρ_k^i 는 차분된 코드의 측정값

R_k^i 는 사용자와 위성사이의 거리

τ_k 는 사용자의 시계오차

w_k 는 코드의 측정 잡음

$$\lambda_{L1}\phi_k^i = R_k^i + \tau_k + \lambda_{L1}N_k^i + v_k \quad (2)$$

여기서, λ_{L1} 는 GPS L1 반송파의 파장

ϕ_k^i 는 차분된 반송파 측정값

N_k^i 는 미지정수

v_k 는 반송파 측정 잡음

식 (1)과 식 (2)를 이용하여 칼만필터에 입력할 측정값인 식 (3)과 식 (4)을 아래와 같은 방법으로 만든다.

$$Z_1 = L\lambda_{Li}\phi_k^i \quad (3)$$

$$Z_2 = \lambda_{Li}\phi_k^i - \rho_k^i \quad (4)$$

여기서, Z_1, Z_2 는 칼만필터에 입력되는 측정값
 L 은 선형화된 관측행렬의 좌측 Null 행렬

4.결 과

그림 2와 같이 기준국과 이동하는 차량을 이용하여 실험을 하였다. 기준국과 차량은 수신기간 차분(difference)을 이용하여 30분간 항법을 수행하였다.

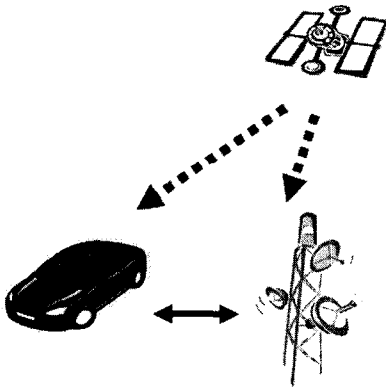


그림 2. 가시위성수 변화

실험하는 동안 가시위성의 변화는 그림 3과 같으며 초기 20분간 차량을 정지시켜 놓고 10분간 차량을 그림 4와 같은 궤적으로 주행하였다. 주행하는 동안 기준국과 차량사이의 상대거리는 그림 5와 같다. 그림 5에서 기준국과 차량의 상대거리가 수렴해 들어감을 알 수 있으며 수렴한 후 차량이 정지해 있는 동안 변화가 없음을 확인할 수 있다. 또한 차량이 움직이는 구간에서 일정 한 값이 나오며 1400과 1600초 사이에 일어나는 위성의 변화에도 불구하고 안정적인 항법해를 제공해 줌을 확인할 수 있다.

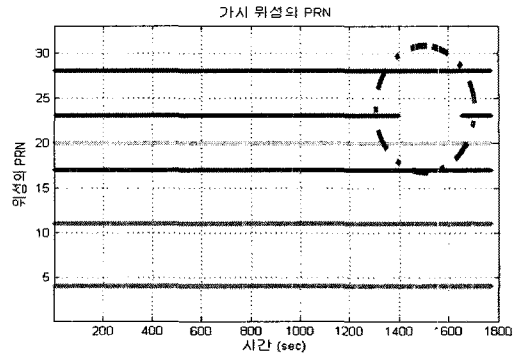


그림 3. 가시위성수 변화

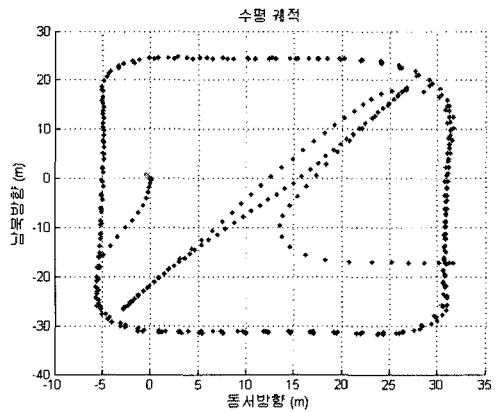


그림 4. 차량의 궤적

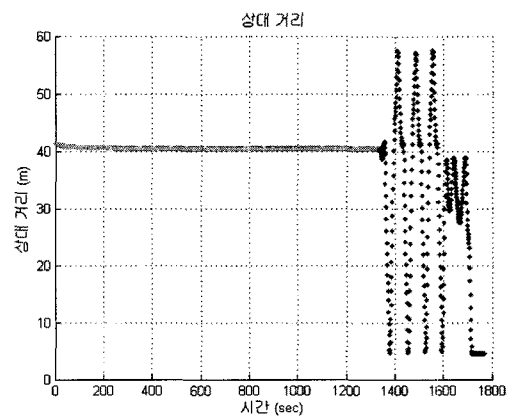


그림 5. 기준국과 차량사이의 거리

5. 결 론

지상기반 지역보강시스템 중 높은 정확성을 요구하는 항공용 보강시스템인 LAAS 시스템에 있어서 GPS 보강시스템이 필수적이다. 현재 코드-반송파를 이용한 LAAS 알고리즘이 사용되고 있으나 CAT-II, CAT-III급의 성능을 만족시켜 주기 위해서는 반송파 측정값을 이용하여 위치 결정을 수행하여야 한다.

본 논문에서는 반송파 측정값을 이용한 위치 결정을 차량을 대상으로 시험하여 보았다. 그 결과 기존의 방법에 비해서 안정적인 성능이 나옴을 확인하였다.

참고문헌

- 1) ICAO Annex 10, SARPs for Aeronautical Telecommunications, Vol. I, Radio Navigation Aids, Sep. 2004.
- 2) Bradford W. Parkinson, James J. Spiker Jr., *Global Positioning System : Theory and Applications*, AIAA 1996.
- 3) B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, and J. Collins., *Global Positioning System: Theory and Practice*, Springer-Verlag, Wien, 1997.
- 4) P. J. G. Teunissen, "GPS carrier phase ambiguity fixing concepts," *GPS for Geodesy*, Chapter 8, pp. 319-388, 2nd Edition, Springer, 1998.
- 5) 이은성 외, "네트워크 기준국을 이용한 미지정수 결정 기법," GNSS 워크샵, 2007년 11월 1일 ~ 2일
- 6) 이은성 외, "지상기반 위성항법 보정시스템에서 반송파 측정값의 활용 연구," 한국항공우주학회 추계논문집, 2007년 11월 15일 ~ 16일
- 7) 남기욱 외, "국가위성항법시스템 구축 방안" 한국항공우주연구원, 2005