광역보정시스템(WA-DGNSS) 전리층지연 오차추정 알고리듬

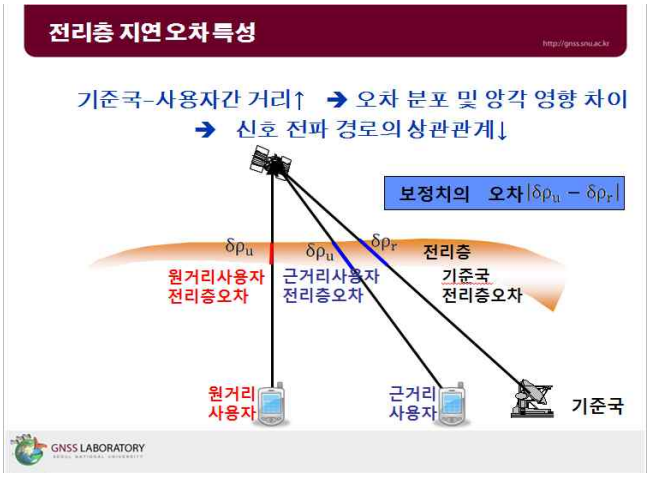
† 윤호[1] · 김도윤[2] · 기창돈[1]

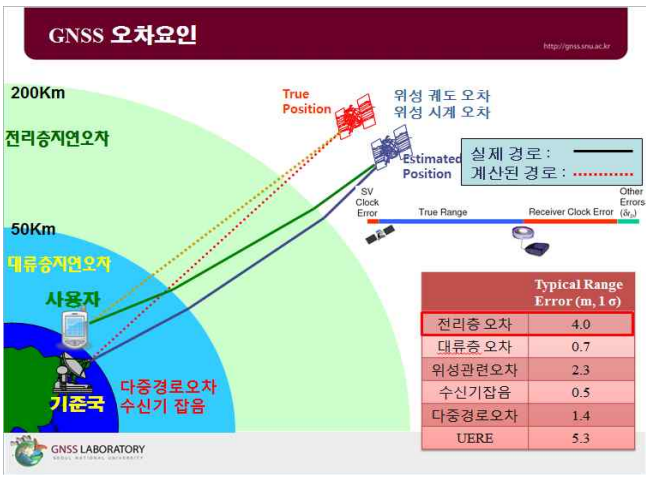
† [1]Mechanical and Aerospace Engineering and the Institute of Advanced Aerospace Technology, Seoul National University

[2]방위사업청

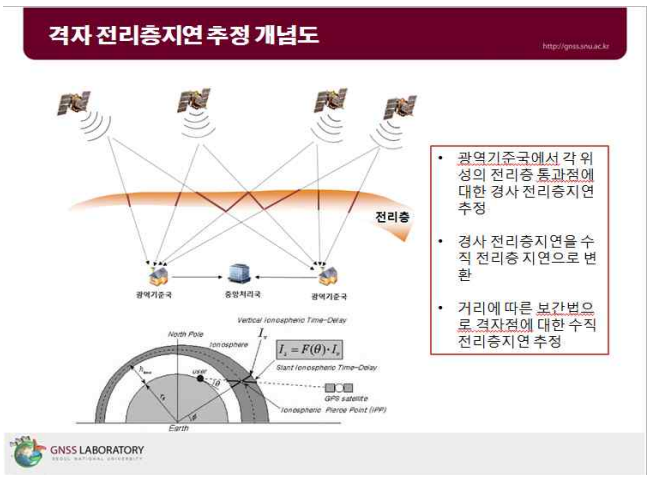
요 약 : 광역보정시스템은 기존의 NDGPS 방식과 달리 GPS 측정치 오차를 기준국을 기준으로 스칼라량으로 계산하지 않고, 전리층 지연 오차의 경우 전리층 분포 맵을 생성하고 위성관련오차의 경우 4차원(x, y, z, t) 보정정보를 생성하게 된다. 이러한 특성으로 인해 광역보정시스템은 기존의 NDGPS 방식보다 적은 수의 기준국으로 보다 넓은 지역을 커버할 수 있고 광역보정사용자는 기준국과의 거리와 관계 없이 균일하고 우수한 수준의 보정정보 및 무결성 정보를 제공받을 수 있게 된다. 본 논문에서는 광역보정시스템 구축에 필요한 핵심 기술 중 하나인 전리층 지연 오차 추정 알고리듬에 대해 설명하였다. 기준국 측정치를 이용해 전리층 분포 맵을 생성하기 위해 핵심적인 단계인 위성 및 기준국 수신기 IFB(Inter-Frequency Bias) 제거 방법에 대해서 설명하고 격자 알고리듬을 활용한 전리층 맵 생성방법에 대해서 설명하고 그 결과를 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

핵심용어 : 광역보정시스템, 전리층지연, IFB



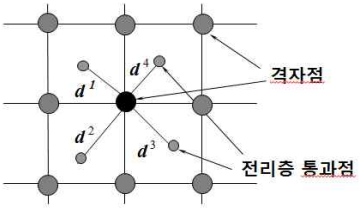


	Typical Range Error (m, 1 σ)
전리층 오차	4.0
대류층 오차	0.7
위성관련오차	2.3
수신기잡음	0.5
다중경로오차	1.4
UERE	5.3



† 교신저자 yunho3@snu.ac.kr

격자 전리층 지연 추정 알고리듬



$$\hat{I}_{Grid,V} = \frac{I^{Grid}_{KlobV} \sum_{k=1}^{K}\left[\left(\frac{I^{k}_{measure,V}}{I^{k}_{KlobV}}\right)\cdot w^{k}\right]}{\sum_{n=1}^{K} w^{n}} \qquad w_k = \left(\frac{\Delta_k}{\sigma_k}\right)^2 \qquad \Delta_k = \exp\left[-\left(\frac{d_k}{2D}\right)^2\right]$$

알고리듬 검증을 위한 시뮬레이션

- **Simulation Setup**
  - IGS 제공 정밀 오차정보(IONEX, SP3)를 이용하여 실제에 가까운 전리층 지연 및 위성 관련 오차를 포함하는 측정치 생성
  - 시뮬레이션 시간 : 약 6시상
  - 사용 기준국 : 마라도, 호미곶, 주문진, 서울대
- **Processing Flow**

L1/L2 InterFrequency Bias (IFB)

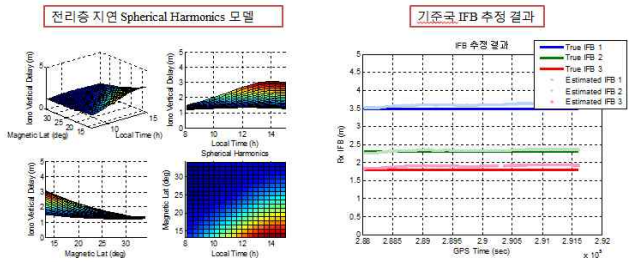
- **L1/L2 InterFrequency Bias(IFB)**
  - L1 신호처리 회로와 L2 신호처리 회로의 전기적 경로차로 인해 발생
  - 수신기와 항법위성에 모두 존재

$$i^j_{i,S} = \bar{i}^j_{i,S} + \left(i_{b_{Rx,i}} - i^j_{b_{Tx}}\right) = \bar{i}^j_{i,V} Q^j_i + \left(i_{b_{Rx,i}} - i^j_{b_{Tx}}\right)$$

(수신기 IFB, 위성 IFB)

  - 정확한 격자전리층 지연 추정을 위해 반드시 제거되어야함
- **위성 IFB의 제거**
  - 항법 메시지에 포함된 TGD(Time of Group Delay)값을 이용하여 제거
- **기준국 IFB의 제거**
  - 기준국 IFB를 지구자기 위도와 Local time에 대한 면함수로 표현
  - 기준국 IFB 및 전리층 지연값을 Spherical Harmonics로 모델링 후 실시간 칼만 필터를 이용하여 기준국 IFB 값을 추정

시뮬레이션 결과 (1)



기준국 IFB 추정 알고리듬

- **위성 IFB를 제거한 후의 전리층 지연 측정치**

$$\bar{i}^j_{i,S} = \bar{i}^j_{i,S} + i_{b_{Rx,i}} = \bar{i}^j_{i,V} Q^j_i + i_{b_{Rx,i}}$$

- **2차 Spherical Harmonics 모델**

$$i_v(\phi_M, \lambda) = \sum_{n=0}^{2}\left[\sum_{m=0}^{n}\{C_{nm}\cos m\lambda + S_{nm}\sin m\lambda\} P_{nm}(\sin\phi_M)\right]$$

$$Pnm(x) = \frac{1}{2^n \cdot n!}\left(1-x^2\right)^{\frac{m}{2}} \frac{d^m}{dx^m}\left[\frac{d^n}{dx^n}\left(x^2-1\right)^n\right]$$

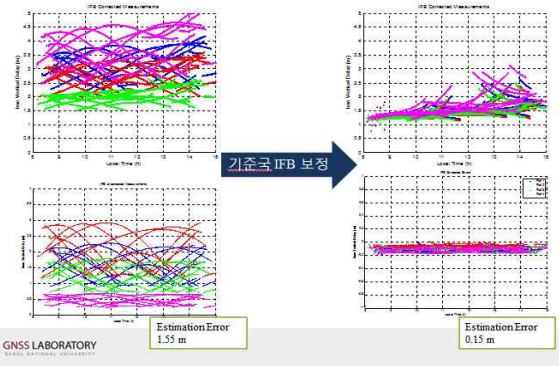
- **Spherical Harmonics 모델에 전리층 지연 측정치 대입**

$$\bar{i}^j_{i,S} = \sum_{n=0}^{2}\left[\sum_{m=0}^{n}\{C_{nm}\cos m\lambda + S_{nm}\sin m\lambda\} P_{nm}(\sin\phi_M)\right] Q^j_i + i_{b_{Rx,i}}$$

- **Kalman Filter로 구성하여 실시간으로 기준국 IFB 추정**

시뮬레이션 결과(2)

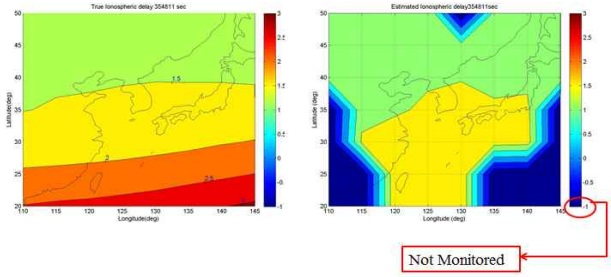
- **기준국 수직 전리층 지연**



시뮬레이션 결과(3)

http://gnss.snu.ac.kr

- 격자전리층 지연 추정 결과



GNSS LABORATORY

Conclusion

http://gnss.snu.ac.kr

- 격자 알고리듬과 거리에 대한 보간법에 기반한 격자 전리층 지연 추정 알고리듬
- 전리층 지연 측정치를 2차 Spherical Harmonics로 모델링하여 기준국 IFB 추정
- 시뮬레이션 결과 제안된 알고리듬 사용시 정확한 격자 전리층 지연 및 기준국 IFB 추정 가능
- **Future Works**
  - 기준국의 수가 변하였을 때에 대한 고려
  - 장시간 실험을 통한 안정성 확보

GNSS LABORATORY

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

This research was supported by a grant from "Development of Wide Area DGNSS" funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government, contracted through SNU-IAMD at Seoul National University.