

국내 GPS/GNSS 상시 관측소 데이터의 실시간 통합 활용 방안 연구

A Conceptual Study to Share Real-Time Data Stream from Continuously Operating GPS/GNSS Reference Stations

김희성, 이제영, 박제두, 최광호, 이영준, 최종준, 김민우, 이형근

Hee-Sung Kim, Je-Young Lee, Jae Doo Park, Kwang Ho Choi, Young Joon Lee, Jong-Joon Choi, Min Woo Kim, Hyung Keun Lee

한국항공대학교 항공전자및정보통신공학부

School of Electronics, Telecomm. & Computer Eng., Korea Aerospace University

주소 : 경기도 고양시 덕양구 화전동 항공대길 100

연락처 : 02-300-0131

이메일 : hskim07@kau.ac.kr

Abstract:

Currently, more than 70 CORSs (Continuously Operating Reference Station) are operated in Korea providing real-time GNSS (Global Navigation Satellite Systems) data stream to users based on the RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) and NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) standards. Since CORS networks are valuable national infrastructure for public benefit, it is necessary to utilize them systematically and efficiently. This paper proposes an efficient methodology to integrate the real-time data streams from CORS networks. The proposed methodology has an attractive point in that there is no need to change the current institutional configuration, hardware, and software. Only an external broadcaster is installed outside the current configuration and merges and processes all the data stream from CORS networks. The proposed methodology is explained in the order of network architecture, network elements, connection to existing application systems, and utilization for new applications. To show possible benefit for public users, a master station based on federated processing configuration is exemplified which can generate precise correction and integrity information over the Korean peninsula

Keywords: GNSS, reference station, real-time data, architecture

1. 서론

미래 위성항법 환경은 그림 GPS, GLONASS, Beidou, Galileo 등 항법 위성군의 다변화와 상시 관측소의 고밀도화가 예상된다. 향후 위성항법 관련 인프라가 그림 1에 도시된 바와 같이 다양화되면, 이에 비례하여 사용자의 요구사항도 정확도 및 안전성 면에서 크게 상향 되리라 예상된다. 또한, 위성항법 응용분야의 다양화도 예상된다. 다양하게 진화될 응용분야들은 특히 고 정확도 혹은 고 신뢰성 등 기존의 방식으로 도달하기 어려운 새로운 요구사항을 제기하리라 예상되는데, 이와 같이 다변화된 환경 하에서 정확도 및 안전성 관점에서 강화될 요구사항에 대비하기 위해서는, 보정 및 무결성 신호 생성의 기반이 되는 상시 관측소 (Continuously Operating Reference Station; CORS) 수신기 망(receiver network)을 최대한 활용할 필요가 있다

정밀 위성항법 기술의 근간이 되는 상시 관측소는 국토지리정보원, 위성항법중앙사무소, 행정자치부, 그리고 일부 연구기관 등에 의하여 현재 운용되고 있다. 이들 중 특히 국토지리정보원과 위성항법중앙사무소는 국내에 분포된 상시 관측소들의 대다수를 운용하고 있으며, 현재 사용자들에게 RINEX (Receiver Independent Exchange Format) [2] 포맷으로 저장된 원시 데이터와 NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) [3] 표준에 기반한 실시간 데이터를 제공하고 있다. 이와 행정자치부와 일부 연구기관은 원시데이터를 저장한

RINEX 파일을 제공하고 있으나 실시간 데이터 스트림을 제공하는 기능은 수행하지 않고 있다.

국토지리정보원에서 운용하는 상시 관측소 수신기 망은 그림 2-(a)에 도시된 바와 같이 가장 많은 상시 관측소를 구성되어 밀도 높은 보정 및 무결성 신호 생성에 유리한 특성을 가진다 [4]. 국토지리정보원 실시간 데이터 서비스는 NTRIP 표준에 의하여 구현되었으며 VRS 방식으로 사용자에게 서비스하고 있다. 즉, 사용자의 개략적 위치를 NTRIP 방송국에 보고하면 이에 근거하여 VRS [5] 데이터를 실시간에 생성하여 사용자에게 전달하여 준다. 국토지리정보원이 제공하는 실시간 VRS 데이터 스트림은 CMR [6], RTCM 2.3 [7], 혹은 RTCM 3.1 [8] 포맷에 의한 것이다

위성항법중앙사무소가 운용하는 상시 관측소 수신기 망은 그림 2-(b)에 도시된 바와 같이 국토지리정보원이 운용하는 수신기 망에 비하여 밀도는 떨어지나 그 운용의 목적에 맞게 내륙 뿐 아니라 근해에도 설치되어 있으므로 DOP 관점에서 가장 유리한 특성을 가진다 [9]. 위성항법중앙사무소가 제공하는 실시간 데이터 서비스도 NTRIP 표준에 의하여 구현되었다. 반면, VRS 방식을 활용하지 않고 일반적인 NTRIP 방송국의 절차를 따르므로, 사용자는 방송국에 접속 후 방송국으로부터 연결 가능한 기준국 정보 (source table)를 내려 받은 후 연결을 희망하는 상시 관측소를 접속점 (mount point)으로 선택하면 이후 실시간 데이터를 제공받게 된다. 실시간에 전달하여 주는 데이터는 CMR, RTCM 2.0, 혹은 RTCM 2.3 표준에 의한 것이다

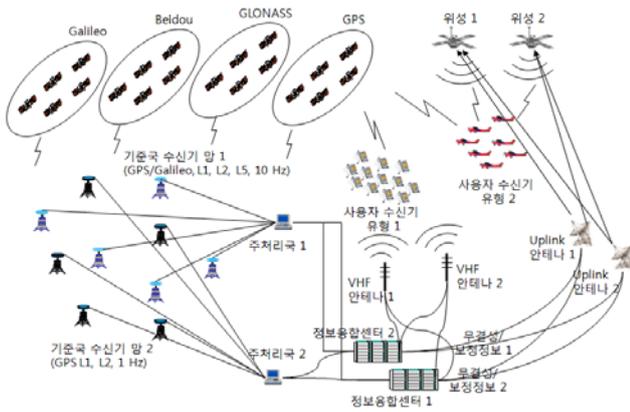


그림 1. 다변화된 위성항법 인프라 환경 [1]

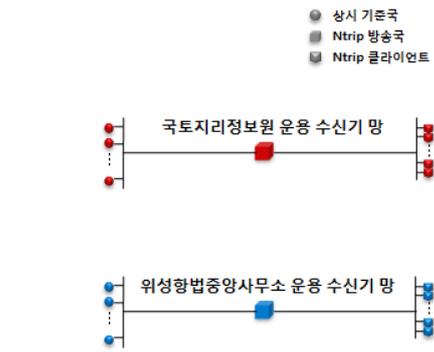


그림 3. 국내 운용 중인 기존 수신기 망의 연결 개혁

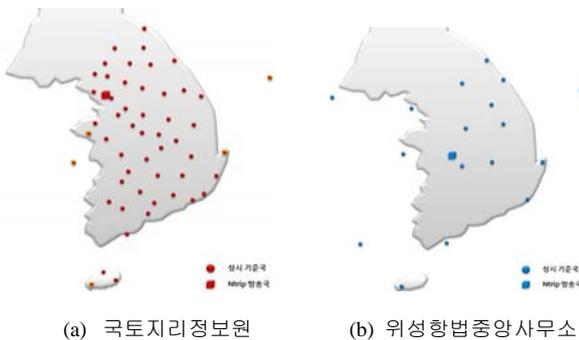


그림 2. 국내 위성항법 상시 관측소의 분포

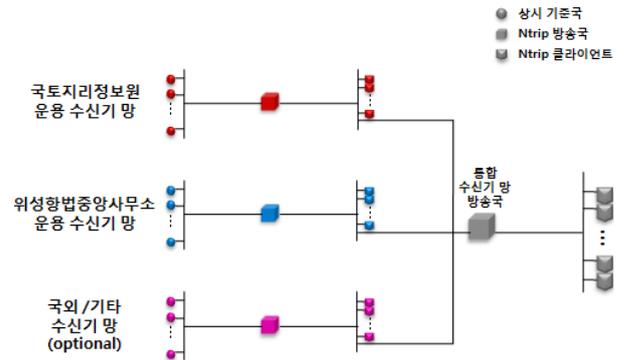


그림 4. 국내 수신기 망의 통합 활용 방안

독자적인 위성항법시스템을 보유하지 않은 현재의 국내 상황에서 위성항법 기술을 국가 기술 인프라로서 체계적이고 안정성 있게 활용하기 위해서는 기존에 설치된 상시 관측소들이 제공하는 실시간 측정 정보를 최대한 활용할 필요가 있다. 이를 위해서는 국방, 재난방재, 항공 및 육상 교통, LBS, 측량/측지, 구조물 모니터링, 시각동기 그리고 학술연구 등 다양한 분야에 대하여 각각의 응용 목적에 따라 상시 관측소의 데이터를 최대한 공유하고, 유연성 있게 결합 가공한 후, 다수의 사용자들에게 배부할 수 있는 요소 기술의 연구가 필요하다.

본 논문에서는 국내에서 운용되고 있는 모든 상시 관측소들로부터 실시간 데이터 스트림을 수신하고, 결합한 후, 사용자에게 효율적인 전달하는 방안을 제안하였다. 제안된 방안은 현재 운영되고 있는 각 수신기망의 운영 및 관리 체계와 관련 인프라를 유지하면서 향후 다변화 될 환경에 유연하게 대처할 수 있는 장점을 가진다. 이를 위하여 본 논문은 망 구조와 구성 요소, 통합 망의 기존 응용 시스템에의 적용 방안, 그리고 통합 망을 활용한 새로운 응용 시스템의 구조 등을 살펴 보았다.

2. 상시 관측소 데이터 실시간 공유 방안

상시 관측소를 활용한 실시간 보정위성항법 혹은 보강시스템의 구현에 있어서 사용자의 위치정보가 최종적으로 확보할 수 있는 정확도 및 신뢰도는 상시 관측소의 밀도와 분포에 크게 의존하게 된다. 반면, 국토지리정보원과 위성항법중앙사무소에 의하여 현재 운영되고 있는 국내에서 가장 대표적인 두 수신기 망은 밀도와 분포 면에서 당분간 큰 변화는 없으리라 예상된다. 이는, 두 수신기 망이 각기 다른 운용 목적을 위하여 시작되었으며 서비스 개시 후 현재까지 상당한 경험이 축적되

어 관련 제도, 운용, 관리, 그리고 사용자 서비스 관점에서 안정화 단계에 접어 든 것을 그 근거로 들 수 있다.

따라서, 가까운 미래에 정확도와 안전성 관점에서 점진적으로 높아지게 될 사용자의 요구사항에 대비하기 위해서는, 두 상시 관측소 수신기망의 운용 구조의 근간을 유지하며, 동시에 사용자 관점에서 활용 가능한 상시 관측소의 밀도와 분포를 높일 수 있는 방안이 최선책이라 판단된다.

그림 3은 현재 국내에서 운용되고 있는 기존 수신기망의 연결 개혁을 나타낸다. 그림 3에 도시된 두 수신기 망은 사용자에게 실시간 데이터를 제공하는 절차 및 방식 관점에서는 국제 표준인 NRTIP과 RTCM에 근거하는 공통점을 가진다. 반면, 사용자 관점에서는 VRS 방식의 채용 유무 관점에서 근소한 차이를 가진다.

지금까지 설명된 국내 현황과 향후 상황될 사용자 요구 사항을 고려할 경우, 국내에 이미 충분한 밀도로 분포되어 있는 상시 관측소를 효율적으로 결합할 수 있는 한가지 방안은 그림 4에 도시된 바와 같이 정리된다. 그림 4에 도시된 바와 같이 제안된 방안은 국토지리정보원과 위성항법중앙사무소가 각각 별도로 운용하고 있는 두 수신기 망을 현재의 상태로 유지하는 한편, NTRIP 기반 통합 방송국을 추가하고 운용하는 방안으로 정리된다. 제안된 방안에서 통합 방송국은 기존 수신기 망에 접속된 클라이언트들과 유사하게 NTRIP 데이터 스트림을 각 상시 관측소 별로 받아들인 후 통합 관리하여, 기존의 응용 분야나 향후 등장할 새로운 응용 분야에 맞게 NTRIP 데이터를 재 분배할 수 있는 장점을 가지도록 한다. 제안된 방안은 또한 특수한 응용 분야에 대비하여 DOP 향상을 목적으로 국외 수신기 망 데이터를 필요해 따라 편입 시킬 수 있는 유연성을 가지도록 한다.

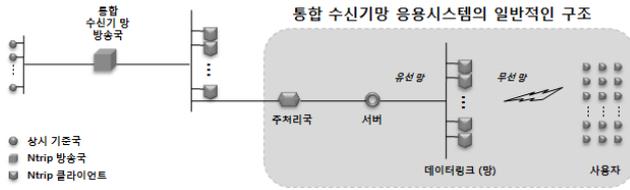


그림 5. 통합 수신기 망을 활용한 응용 시스템의 일반적인 구조

통합된 상시 관측소 수신기 망의 구현이 외국 기술에 의존하지 않고 상세한 부분까지 국내에서 자체적으로 개발될 경우에는 보강 및 무결성 정보와 관련하여 응용 시스템이 요구하는 어떠한 형태의 요구 사항에 대해서도 신속한 대응이 가능하다는 장점을 가진다. 통합 수신망과 응용 시스템의 연결 개형은 응용 시스템의 다양성에도 불구하고 그림 5에 도시된 구조를 크게 벗어나지 않으리라 예상된다. 그림 5에서 주처리국은 수신기 망이 제공하는 실시간 데이터 스트림을 활용하여 응용 분야에 맞게 보강 정보와 무결성 정보를 생성하는 기능을 수행하며, 데이터 서버는 생성된 정보를 각 사용자들에게 분배하고 각 사용자의 요청을 처리하는 기능을 수행한다. 생성된 정보의 분배를 위한 데이터 링크는 응용 분야의 특징에 따라 유선 망 혹은 무선 망을 활용하게 된다. 그림 5에 도시된 사용자는, NTRIP과의 연결 클라이언트 기능이 없더라도, 해당 응용 분야의 데이터링크에 의하여 주처리국 정보를 수신할 수 있는 단말 장치를 의미한다.

본 논문에서 제안된 방안은 새로운 응용 시스템에 대한 대비뿐 아니라 기존 응용 시스템의 성능을 향상 시키는 데에도 유용하게 활용 가능리라 예상된다. 그림 6은 이와 관련된 예시로서 육상 교통 분야에서 현재 국내에서 연구 개발되고 있는 u-TSN (ubiquitous transportation sensor network) [10]과 제안된 통합 방송국과의 연결 개형을 나타낸다. 그림 6에서 UTC (ubiquitous transportation center)는 u-TSN의 중앙 처리국에 해당되며, UIS (ubiquitous infrastructure system)는 보정 데이터의 분배를 위한 데이터 링크로서 도로의 각 교차로에 주로 설치되며, UVS는 차량에 장착되어 차선 구분이 가능한 정확도로 측위 기능을 수행하는 이동 단말에 해당된다. u-TSN 환경 하에서 UTC는 한 개의 상시 관측소와 연결하도록 설계되어 있으나 이를 통합 수신기 망 방송국과 연결하게 되면 기존 시스템 내부에 수정을 가하지 않고도 정확도를 향상시킬 수 있는 효과를 얻을 수 있게 된다.

밀도 높은 상시 관측소 데이터를 실시간에 공유할 경우 사용자 관점에서 얻을 수 있는 이득은 동일한 사용자 단말로도 향상된 보정/무결성을 얻을 수 있다는 점이다. 그림 7은 제안된 방안에 의하여 한반도 전역에 대한 고정밀 보정 신호와 무결성 신호를 생성하는 새로운 응용 예로서 연합형 주처리국 (master station based on federated processing)을 도시한 것이다. 위성항법 보강 시스템이 사용자에게 제공해야 할 가장 중요한 정보로서 전리층 지연과 대류권 지연을 들 수 있다. 이중 주파수 수신기를 활용하여 전리층 지연과 대류권 지연을 추정하고자 시도할 때 IFB (inter-frequency bias)와 위성계도오차는 불가피하게 수반된다. 따라서, 한 개의 상시 관측소 데이터를 활용할 경우, 각 시점 별로 한정된 개수의 측정치로 측정치의 개수보다 더 많은 상태 변수를 추정해야 하는 난점이 발생하게 된다. 이와 같은 난점을 회피하기 위하여 기존의 방법들은 다수의 상시 관측소 데이터를 동시에 입수한 후, 전리층 지연을 공간 기저 함수로 모델링하여 상태변수를 추정하는 방식을 채택하고 있다. 현재 가용한 전리층 정보들 중에서 정확도와 신뢰도 면에서 가장 기준이 되는 IGS의 전리층 정보도 범지구적으로 분포한 다량의 상시 관측소 데이터에 공간 기저 함수를 활용하여 추정하는 방식을 활용하고 있다 [12].

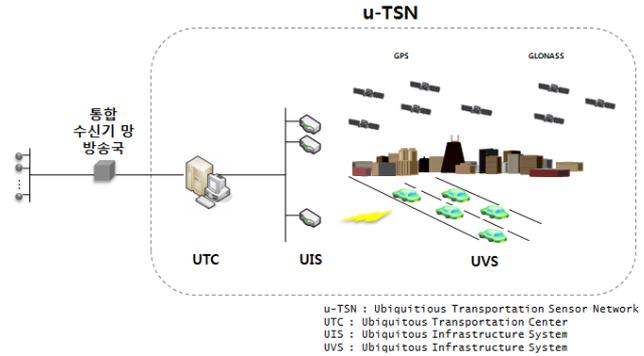


그림 6. 통합 수신기 망을 활용한 기존 응용 시스템과의 연결 개형 예

공간 기저 함수를 활용한 기존의 추정 방식은, 측정 데이터를 제공하는 다수의 기준국들 중에서 한 개 이상의 기준국에서 이상이 발생할 경우 문제 기준국을 실시간에 식별하는 것이 복잡해지며, 즉 식별에 성공한 경우에도 측정치 갯수의 부족으로 인하여 상태변수의 실시간 추정이 어려운 구조적 단점을 내포하게 된다. 반면, 그림 7에 나타난 연합처리 기반 구조에 기반하여 원시 데이터 처리를 수행할 경우에는, 특정 기준국에 문제가 발생할 경우에도 이의 식별 및 분리가 간단하며, 또한 중앙 필터가 산출하는 전리층/대류권 추정치에 큰 영향을 주지 않게 되는 장점을 가지게 된다. 그림 8은 한 개의 상시 관측소가 제공하는 측정치를 실시간 알고리즘으로 처리하여 전리층 지연, 대류권 지연, 그리고 IFB의 절대값을 추정한 결과를 예시한 것이다. 또한, 그림 9는 두 개의 상시 관측소가 제공하는 측정치를 활용하여 전리층 지연, 대류권 지연, 그리고 IFB의 상대값을 추정한 결과를 예시한 것이다. 따라서, 두 방법들을 효율적으로 결합하여 분산 처리에 활용할 경우 전리층 지연 발생하는 빠른 변화를 신속하고 신뢰성 있게 검출하고 대응할 수 있으리라 기대된다.

지금까지 국내에 이미 충분한 밀도로 분포되어 있는 상시 관측소 데이터를 실시간에 공유 활용하는 방안을 살펴 보았다. 본 논문에서 제시된 통합 방안은 국내의 특수한 상황을 고려한 것이므로 관련 기술을 외국에서 들여 오는 것보다 국내에서 자체적으로 개발하는 것이 바람직하리라 판단된다. 또한, 현재 국내에 축적되어 있는 기술력으로 제안된 방안을 구현할 수 있는 가능성은 매우 높으리라 판단된다.

3. 결론

본 논문에서는 국내에서 각각 독립적으로 운용되고 있는 위성항법 상시 관측소 수신기 망들을 효율적으로 통합할 수 있는 방안을 제시하였다. 제시된 방안은 기존의 수신기 망들의 운용 체제를 유지하되 외부에 통합 방송국을 추가하고 운용하는 방식으로 정리된다. 통합 방송국은 기존 수신기 망에 접속하여 모든 상시 관측소 데이터를 수신하여 통합 관리하게 된다. 제시된 방안은 기존 수신기 망의 구조에 변화를 요구하지 않으며 동시에 기존의 응용 분야나 향후 등장할 새로운 응용 분야에 유연하게 대처할 수 있는 장점을 가진다.

밀도 높은 상시 관측소 데이터를 실시간에 활용할 경우 사용자 관점에서 얻을 수 있는 이득은 사용자 단말기를 변경하지 않더라도 향상된 보정 및 무결성 정보를 얻을 수 있다는 점이다. 이를 위한 예시로서, 통합된 수신기 망 데이터를 실시간에 결합하여 한반도 지역에서 전리층 지연, 대류권 지연, 그리고 IFB를 정밀하게 추정할 수 있는 연합형 주처리국 구조를 제안하였으며 지역 필터별 처리 결과를 예시하여 그 가능성을 제시하였다.

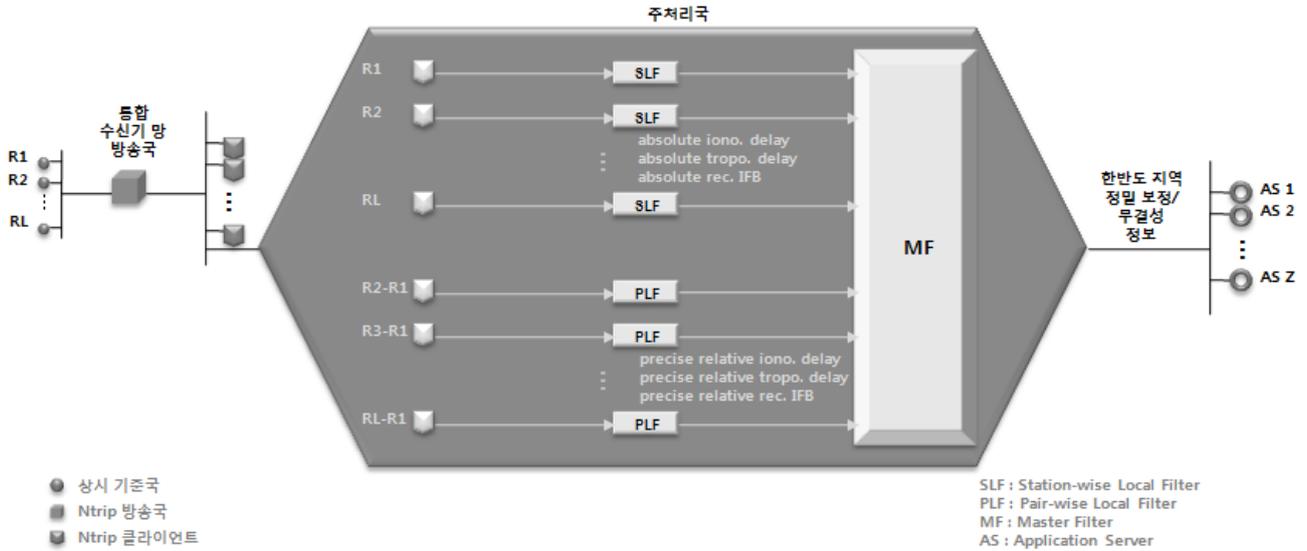


그림 7. 통합 수신기 망과 분산 처리 기법을 활용한 한반도 지역 정밀 보정/무결성 정보 생성 및 활용 개형의 예

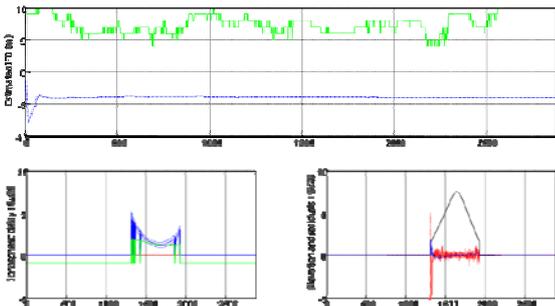


그림 8. 한 개의 상시 관측소 측정치를 활용하여 추정된 IFB (상단), 전리층 지연 (하단 좌), 그리고 잉여값 (하단 우)의 예

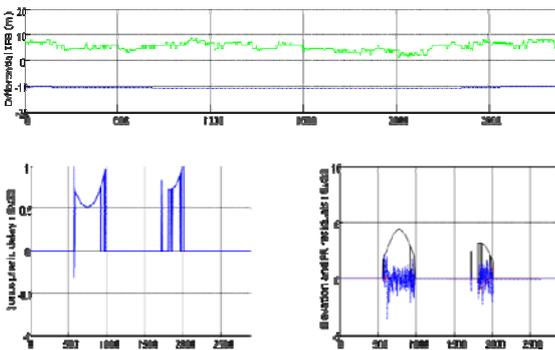
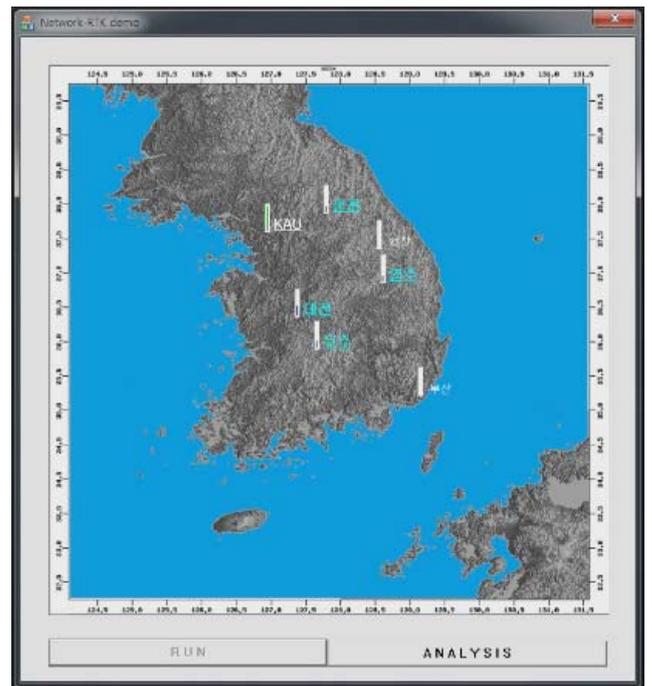


그림 9. 두 개의 상시 관측소 측정치를 결합하여 추정된 차분 IFB (상단), 전리층 지연 (하단 좌), 그리고 잉여값 (하단 우)의 예 (수원-춘천)

감사의 글

본 연구에 관련 자료와 상시 관측소 데이터를 제공하여 주신 국토지리정보원 및 위성항법중앙사무소에 감사드립니다.



참고 문헌

- [1] 이형근, "GNSS 수신기 망 개발 동향", *제어자동화시스템 공학회지*, Vol. 12, No. 1, pp. 47-51, 2006
- [2] <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/igs/data/format/rinex210.txt>
- [3] G. Weber, H. Gebhard, D. Dettmering, *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP), Version 1.0*, July 8, 2004
- [4] <http://gps.ngii.go.kr>
- [5] Vollath, U., Buecherl, A., Landau, H., Pagels, C., Wagner, B., Multi-Base RTK Positioning Using Virtual Reference Stations, *Proceedings of ION GPS 2000*, Salt Lake City, Utah.
- [6] Talbot N.C. (1996) Compact data transmission standard for high-precision GPS, *Proc 9th Int. Tech. Meeting of the Sat. Div. of the U.S. Inst. of Navigation*, Kansas City, Missouri, ION GPS-99, September 17-20, 861-871.

- [7] *RTCM 10402.3 RTCM Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service, Version 2.3*
- [8] *RTCM 10403.1, Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Services - Version 3*
- [9] <http://www.ndgps.go.kr>
- [10] 강연수, 오철, 김범일, “유비쿼터스 환경에서의 교통부문 여건변화 분석 및 대응전략 개발 연구, 연구총서 2005-13, 2005
- [11] 김희성, 이형근, "차선별 교통 모니터링을 위한 위성항법 수신기망 설계 및 성능 평가", *한국항행학회 논문지*, Vol 14, No. 2, pp. 151-160, 2010
- [12] <http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods.html>