

인터넷 기반 iRTK 시스템 개발

조정호^{1†}, 박종욱¹, 최병규², 박필호¹

¹한국천문연구원 GPS연구그룹

²인하대학교 지리정보공학과

DEVELOPMENT OF iRTK (iNVERTED REAL-TIME KINEMATIC) SYSTEM BASED ON THE INTERNET

Jeong-Ho Joh^{1†}, Jong-Uk Park¹, Byung-Kyu Choi², and Pil-Ho Park¹

¹Korea Astronomy Observatory, 61-1 Hwaam, Yusong, Daejeon 305-348, Korea

²Dept. of Geoinformatic Engineering, Inha University, Incheon, Korea

e-mail: joh@kao.re.kr

(Received August 4, 2003; Accepted August 29, 2003)

요 약

iRTK 시스템을 개발하고 측위정확도 검증을 위해 중저가 수신기를 이용한 실험을 수행하였다. 각기 다른 네 가지 기선에 대해 iRTK 시스템을 이용한 측위실험이 이루어졌고, 1-3m 수준의 측위정확도를 얻을 수 있었다. 제안하는 iRTK 기법은 기존의 RTK와 적용범위 및 정확도는 유사하지만, 중앙처리센터에서 일괄적으로 사용자의 위치를 계산하는 점이 다르며 유무선 인터넷을 이용하므로 통신범위에 제약이 받지 않는 장점이 있다. 그러나 유효응용범위가 5km 미만인 단점도 있다. 따라서 향후 iRTK 시스템의 효율적인 전국서비스에 대비한 보완책의 한 방안으로 VRS의 도입을 검토하였다.

ABSTRACT

We demonstrated positioning accuracy of iRTK system, which has been developed by Korea Astronomy Observatory, using a low-price GPS receiver. Each four different baseline positioning tests using the iRTK system, we certified 1-3 meters level positioning accuracy of the iRTK system. While the iRTK is similar to conventional RTK at coverage and accuracy, the iRTK positioning carried out from data processing center. And also, the iRTK system has no limit of data communication coverage because of using wire/wireless Internet. But the iRTK system has a weakness of short available coverage within 5km. Therefore we discussed a plan to adopt VRS (Virtual Reference System) as completion of the iRTK system preparing nation-wide iRTK service in near future.

Keywords: low-price GPS, internet, iRTK, VRS

[†]corresponding author

표 1. iRTK 실험에 사용된 GPS 장비.

구분	수신기	안테나	통신수단	자료송수신형식
기준점	TRIMBLE 4000SSI	Choke-Ring	무선인터넷	Trimble, CMC
측정점	CMC All-Star	Micro Patch	무선인터넷	raw data

1. 연구배경 및 개요

RTK는 GPS를 이용한 실시간 고정밀 상대측위기법의 하나로 측위 시 GPS 위상자료를 이용한다. 이 방법을 이용하면 실시간으로 미터이하 수준의 측위정확도를 유지할 수 있다. 그러나 GPS 위상자료를 처리하므로 측위결과가 관측조건에 매우 민감하고 자료처리과정이 복잡하므로, 사용자는 비교적 고가의 RTK 수신 장비를 사용하여야 한다. 이러한 이유로 실시간 이동체항법이나 자세제어 등에 RTK가 보편적으로 사용되기 어렵다. 따라서 사용자의 경제적 부담을 덜기 위해 사용자의 측정자료를 한곳에서 받아 일괄 처리한 후 사용자 위치정보를 되돌려주는 iRTK 기법을 개발하였다. iRTK 기법은 물류, 순찰차 통제, 개인 이동체 위치현황파악, 지적도 및 시설물 배치도 제작 등과 같은 준실시간 응용분야에 적합하다. 따라서 이 기법을 이용하면 사용자는 중저가 수신기를 이용하여 정확한 위치정보를 준실시간으로 얻을 수 있고 중앙처리센터에서는 사용자들을 효율적으로 관리할 수 있다.

RTK를 포함한 모든 상대측위에는 기준점이 사용되는데, 기준점이란 이미 위치를 정확히 알고 있는 지점을 의미한다. 기준점과 측정점간 거리를 기선거리라고 하는데 이 거리가 짧을수록 측정점의 측위정확도는 좋다. 모든 상대측위기법은 기준점을 기준으로 측정점의 위치가 상대기선벡터로 결정되기 때문이다. 따라서 기준점좌표의 정확도와 기선거리에 의해 측정점의 측위정확도가 좌우된다. 따라서 기준점이 측정점 인근에 존재한다면 측정점의 측위정확도를 향상시킬 수 있다. 그러나 사용자의 요구에 의해 기준점을 임의로 설치할 수 없기 때문에 가상기준점(VRS)을 이용한 상대측위기법이 개발되었다. 이 기법을 이용하면 기존의 기준점들을 이용하여 사용자 인근의 가상기준점 정보를 생성함으로써 기선거리를 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 이를 RTK나 iRTK의 장기선 측위에 적용하면 측위정확도를 향상시켜 적용범위를 전국으로 확대할 수 있을 것으로 여겨진다.

본 연구는 한국천문연구원 이 개발한 iRTK 시스템의 정확도와 적용범위를 파악하고, iRTK 전국 서비스를 위한 개선방안을 검토하였다. 실험에 사용된 장비와 통신수단 및 형식은 표 1에 정리하였다. 본 연구를 통해 제안된 iRTK 시스템과 향후 전국서비스에 대비한 보완책이 실현될 경우, iRTK 시스템은 전국에 넓게 구축된 시설물의 자산조사나 물류통제 그리고 개인위치서비스 등에 활용될 것으로 기대한다.

2. iRTK 시스템 및 VRS 개요

제안하는 iRTK 시스템은 그림 1과 같이 자료처리 모듈, 통신 모듈, 사용자 모듈의 단위프로그램으로 구성하였다. 자료처리 모듈은 사용자의 요구를 받아 사용자의 위치를 계산한다. 이때 사용자로부터 받은 GPS측정자료와 대략적인 위치정보를 이용하여 자료처리에 가장 적합한 기준점을 선택하고 실시간 GPS 위상자료처리 알고리즘인 RPDAP(Real-time Phase DATA Processor; 조정호 등 2002)으로 사용자의 위치를 계산한다(그림 2). 모든 기준점 자료는 천문연구원 GPS 자료서버를 통

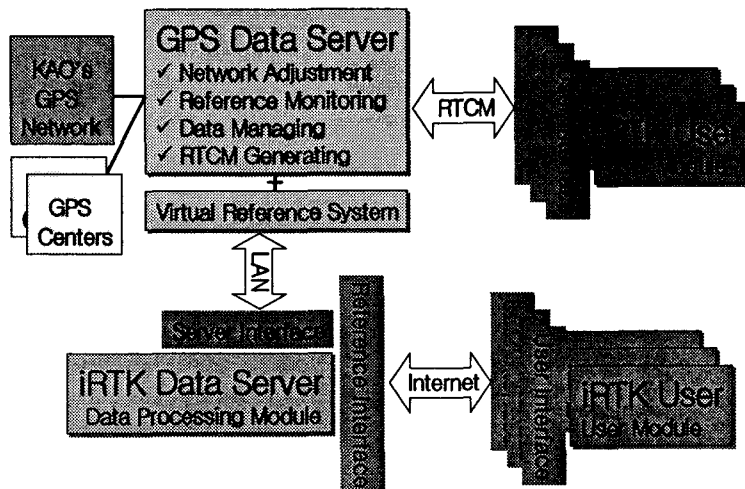


그림 1. 한국천문연구원 RTK/iRTK 시스템 구성.

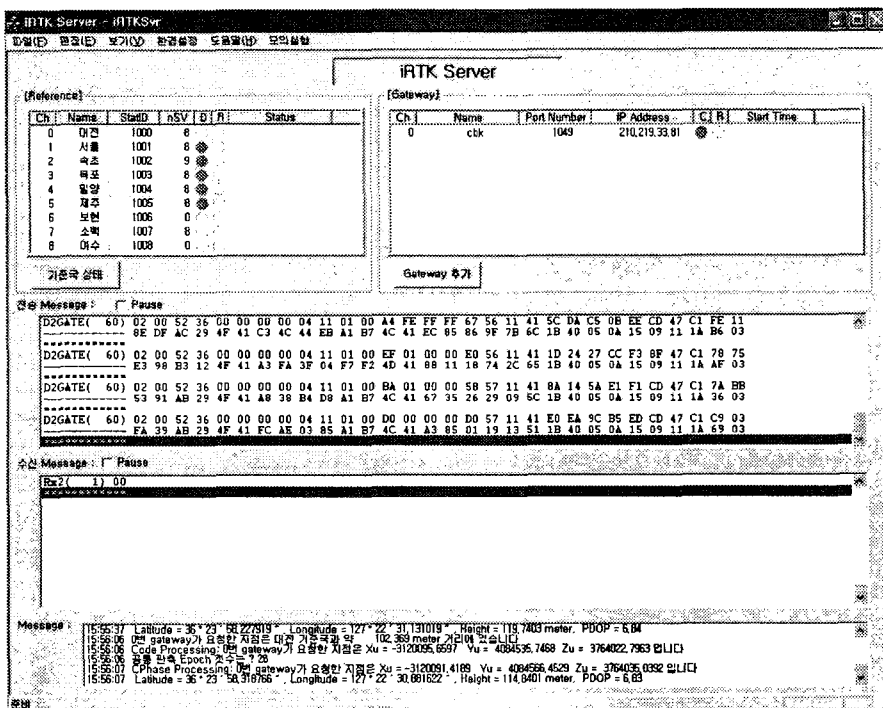


그림 2. iRTK 서버 프로그램 운용 예. 그림 아래의 메시지 창에 iRTK 서버에서 계산한 사용자의 좌표가 나타나 있다.

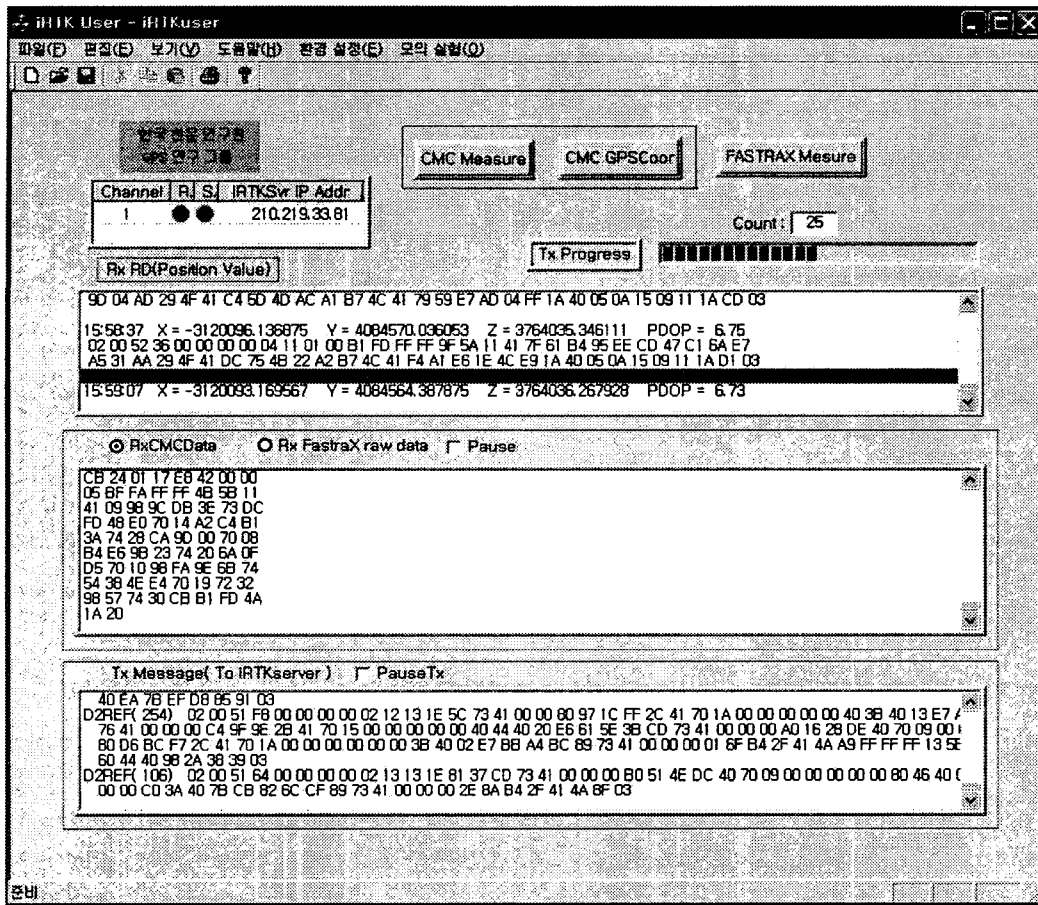


그림 3. iRTK 사용자 프로그램 운용 예. 위에서 두 번째 창에 iRTK 서버에서 계산하여 사용자에게 보내진 사용자의 좌표가 나타나 있다.

해 수집된 것이며, iRTK 서버와는 LAN으로 연결되어 있다. 통신 모듈은 그림 1에서와 같이 서버와 서버간, 사용자와 서버간 통신이 원활하도록 TCP/IP 송.수신 변환을 담당한다. 사용자 모듈은 사용자의 측정자료와 함께 수신기의 마이크로프로세서에 의해 코드자료로 계산된 사용자의 대략적인 위치를 iRTK 서버로 보내고 처리결과를 수신한다(그림 3).

일반적인 RTK의 적용가능 범위는 요구되는 정확도 수준이나 사용되는 통신수단의 운용범위에 따라 다르지만 기준점을 중심으로 대략 반경 1-5km 정도이다. 이는 기준점과 측정점간 통신이 가능하며 관측환경이 동일하다는 가정이 적용되는 범위인데, 기선거리에 따라 가장 큰 변화를 보이는 이온층의 영향이 동일한 지역으로 생각할 수 있다. 따라서 태양활동에 따라 활동 폭이 좌우되는 이온층에 의한 영향으로 RTK 적용범위는 매우 유동적이다(Vollath et al. 2000). 그러나 기준점과의 기선거리를 항상 수 십 미터 이내로 짧게 유지할 수 있다면 RTK의 적용범위는 무제한으로 늘어날 수

표 2. iRTK 시스템 측위정확도 실험결과.

좌표성분	기선구분	0.1km	3.4km	5.1km	8.6km
정밀좌표 -	위도	14±2	4±34	-125±117	108±177
iRTK 평균	경도	-22±41	68±107	-146±265	83±293
±σ(cm)	높이	32±53	-163±64	43±194	284±215
	3D	41±72	177±130	197±348	315±404

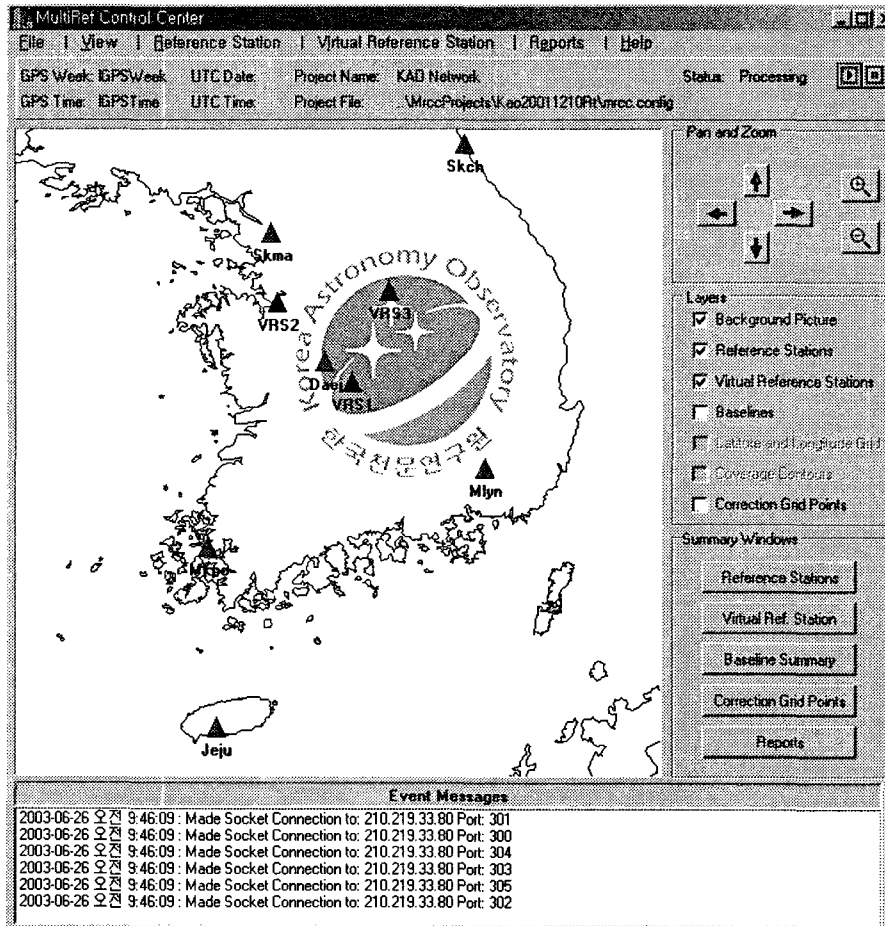


그림 4. VRS 운용 예. 그림과 같이 사용자의 요구에 따라 가상기준점(VRS1-3)을 기존의 기준망 자료를 활용하여 만들 수 있다.

있다. 즉, 기준점 분포가 매우 조밀하다면 가능한데, 이러한 기준망을 구축하고 유지하는 데는 경제적 부담이 따른다.

최근 이러한 문제점을 해결할 수 있는 VRS(Cannon et al. 2001) 기술이 개발되었는데, 이는 기존의 기준망 자료를 활용하여 사용자의 요구에 따라 원하는 지점에 가상의 기준점 자료를 생성하는 시스템이다. VRS를 이용하면 추가적인 GPS 기준점 건설 없이 가상 기준점 자료 생성으로 좀 더 조

밀한 GPS 기준망을 운용하는 효과를 얻을 수 있다. 가상 기준점 자료는 사용자의 위치근방에 위치한 GPS 기준점 자료와 매우 유사하게 생성되므로 사용자는 가까운 기준점 정보를 수신하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있어 측위정확도를 높일 수 있다.

한국천문연구원은 2001년 12월부터 VRS를 도입하여 그림 4와 같이 운용하고 있으며(Park et al. 2002) 이를 iRTK 시스템에 적용하고자 본 연구를 수행하였다. 이를 통해 VRS-iRTK 시스템의 운용 가능성과 구축 시 고려사항을 파악하고자 한다.

3. iRTK 측위 정확도 검증실험 결과

iRTK 시스템의 측위 정확도와 적용 가능범위를 알아보기 위해 기선거리가 각기 다른 네 개 기선에 대해 야외실험을 수행하였다. 이 실험은 iRTK 시스템에 채택된 자료처리 알고리즘의 자료처리 정밀도뿐만 아니라, iRTK 시스템을 구성하는 세 가지 단위프로그램들이 일괄적으로 작동하여 사용자에게 정확한 측위결과를 제공하는가를 함께 알아보기 위한 것이다. 이와 함께 인터넷을 통해 사용자의 요구가 iRTK 서버에 전송되어 다시 사용자에게 측위결과가 전달되는데 소요되는 시간(Age)도 측정하였다.

GPS 자료 측정간격은 1Hz이고 사용자가 일정시간동안 측정자료를 모아 iRTK 서버에 보내면 iRTK 서버는 사용자 위치를 계산하고 이를 사용자에게 송신한다. 만일 사용자가 1Hz로 측정된 자료를 매 초마다 인터넷을 통해 iRTK 서버에 보낸다면 인터넷 상황에 따라 측정자료의 도착시간이 지연될 수도 있어 자료처리에 문제점이 있다. 따라서 사용자가 일정한 시간동안 측정된 자료를 한번에 송신하는 방법을 택하였다. 무선인터넷의 일정하지 않은 자료 전송속도에도 불구하고 대부분의 경우 Age는 1초 이내였다.

실험결과 사용자의 측정시간이 짧을수록 측정자료가 적어 측위결과의 정확도가 떨어졌으며, 너무 긴 경우에는 주변 구조물에 반사된 GPS신호에 의한 다중경로(Multi-path)효과로 측위정확도가 불안정했다. 이는 사용자 주변의 높은 구조물이나 장애물에 의해 위성의 배치상태가 나빠지거나 신호가 반사되고 출몰이 빈번한 경우에 예상할 수 있는 현상이다. 본 실험을 통해 iRTK 시스템에 가장 적합한 측정시간은 20초임을 알 수 있었고 이 때 측위성공률은 70-90% 수준이었다.

iRTK 실험결과를 표 2와 그림 5에 정리하였다. 그림 5에서 보듯이 기선이 길어짐에 따라 정확도가 저하됨을 알 수 있고 5km 이상의 기선에서는 표준편차가 급격히 커짐을 알 수 있다. 이는 5km 이상의 기선에서는 차분(Differencing; Hofmann-Wellenhof et al. 2001) 기법만으로 이온층 및 대류층 오차를 효과적으로 제거할 수 없음을 의미한다. 따라서 기선거리가 길어짐에 따른 측위정확도 저하를 개선하여야 한다.

뿐만 아니라, 일반적인 RTK의 미터이하 측위정확도에 비해 떨어지는 iRTK 시스템의 측위정확도는 iRTK 시스템의 자료처리에 사용된 실시간 위상 자료처리 알고리즘(RPDAP)의 성능 때문이다. 앞으로 RPDAP을 다음과 같은 점을 보완하여 iRTK 시스템의 성능을 향상시킬 계획이다. 천문원이 자체 개발한 위상자료 처리 알고리즘(RPDAP)은 사용자의 위치 계산시 모호수를 결정하지 않고 단지 모호수를 추정하며, 측정점에서의 부적합한 관측조건(관측가능 위성수 부족, 고르지 못한 위성의 기하학적 배치 등)에 의해 측위결과 산출이 어려운 경우 이러한 내용을 사용자에게 알려주지 못한다. 따라서 이러한 점을 개선하고 보완하여 iRTK 서비스의 무결성(Integrity)을 확보할 계획이다.

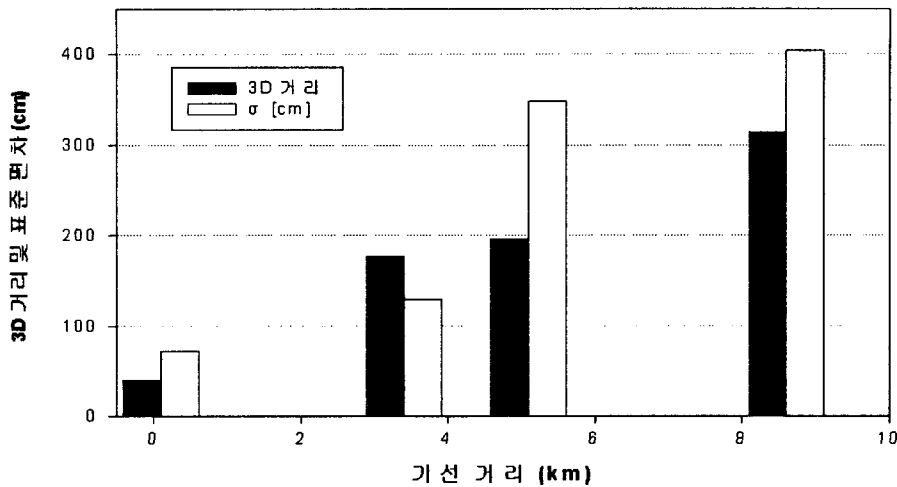


그림 5. iRTK 시스템 측위정확도 결과비교.

4. 토의 및 결론

iRTK 시스템을 개발하고 이를 이용한 측위정확도 실험을 수행하였다. 수행결과 약 5km 기선 내에서 약 1-3m 수준의 측위정확도를 얻을 수 있었다. 또한 사용자의 관측시간이 20초일 때 측위성공률이 70-90%로 가장 안정적이었다. 이는 기준점과 5km반경 안에 위치한 iRTK 사용자가 언제나 1분 이내에 측정하고자 하는 지점의 위치를 1-3미터 수준으로 결정할 수 있음을 의미한다. 따라서 iRTK 시스템은 시간에 따라 위치가 급격하게 변하는 실시간 이동체의 항법보다는 자산분포도 제작, 지적 측량, 개인 위치서비스와 같은 준 실시간 응용분야에 적합한 것으로 판단된다.

본 절에서는 iRTK 시스템 개발에 대한 평가와 함께 iRTK 적용범위 확대를 위한 개선방안에 대해 논의하고자 한다. 현재 iRTK 시스템은 기준점과 측정점간 거리가 멀어짐에 따라 정확도가 저하되므로 전국서비스에는 어려움이 있다. 따라서 iRTK 적용범위를 확대하기 위한 방안으로 VRS를 제안한다. 향후 iRTK 시스템에 VRS를 접목할 경우 다음과 같은 장점이 예상된다.

첫 번째, 새로운 기준점의 구축 없이 기존에 구축된 GPS 기준망을 그대로 활용하여 측정점과의 기선거리를 줄이는 효과를 얻을 수 있어 측위정확도를 개선시킬 수 있다. 두 번째, 항상 측정점과 단 기선을 유지할 수 있기 때문에 안정적이고 정확한 측위결과를 기대할 수 있다.

그러나 좀 더 VRS 기준정보의 신뢰도를 높이기 위해서는 기존에 구축된 기준점 자료를 현재보다 많이 확보함으로써 보다 신뢰할 수 있는 가상기준점 자료를 생성하여야한다. 현재 한국천문연구원 VRS에 사용되는 기준점은 전국에 고르게 분포한 6개(대전, 서울, 속초, 밀양, 목포, 제주)이다. 이들 기준점 자료만으로는 국지적으로 큰 편차를 보이는 이온층과 대류층에 의한 오차를 충분히 제거할 수 없기 때문에 보다 많은 기준점 자료를 확보하고 이를 지속적으로 모니터링 함으로써 가상기준점 자료의 신뢰도를 높이고 정확한 iRTK 서비스를 제공할 수 있다.

본 연구를 통해 제안된 iRTK와 VRS의 접목방안을 적용하면 가까운 미래에 VRS-iRTK 전국 서비스가 실현되어 전국에 광범위하게 구축된 시설물 배치조사나 준실시간 고정밀 이동체 위치추적 등에 널리 활용될 것으로 예상된다.

참고문헌

- 조정호, 최병규, 박종욱, 박관동, 임형철, 박필호 2002, 한국우주과학회지, 19, 377
- Cannon, M. E., Lachapelle, G., Fortes, L. P., Alves, P., & Townsend B. 2001, Proceeding of the Japan Institute of Navigation, helded in Tokyo Japan, pp.29-37
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Collins, J. 2001, Global Positioning System; Theory and Practice; Fifth Edition (New York: Springer), 91
- Park, J.-U., Joh, J.-H., Lim, H.-C., Park, P.-H., Choi, B.-H., Lee, S.-W., Townsend, B., Cannon, M. E., & Lachapelle, G. 2002, Proceedings of the 15th International Technical Meetings of The Satellite Division of The Institute of Navigation, helded in Portland USA, 2335
- Vollath, U., Buecherl, A., Landau, H., Pagels, C., & Wagner, B., 2000, Proceedings of The 13th International Technical Meetings of the Satellite Division of The Institute of Navigation, helded in Salt Lake City, USA, pp.125-126