

RTK 보정정보 난수신 환경에서의 측위연속성 향상을 위한 시간지연 보상연구

Study on the time-delay compensation of RTK correction message for improvement of continuous position surveying performance under unexpected temporal datalink loss/cut-off

박병운*, 송준솔**, 기창돈**, 양철수*, 차득기*

Byung-Woon Park*, June-Sol Song**, Chang-Don Kee**, Chul-Soo Yang* and Dek-Kie Tcha*

요 약

본 논문에서는 대표적인 측정치 기반형 보정정보인 RTCM v2 18/19 메시지와 보정치 기반형 보정정보인 RTCM v2 20/21 메시지, 그리고 저속통신매체용으로 제안된 바 있는 SNUR 메시지에 대하여 난수신 환경에서의 강건성 비교를 수행하였다. 일시적인 데이터 손실 경우와 단절 인지 후 재접속의 경우를 난수신 환경으로 가정하여, 각각 2초와 7초 동안 모든 메시지가 지연된 경우에 대하여 이중 차분된 측정치 비교를 통해 성능을 평가하였다. 수행 결과 7초 통신 단절의 경우 SNUR방식이 기존 RTCM 메시지에 비해 오차의 양을 30~60% 줄일 수 있음을 확인하였다. 뿐만 아니라, RTCM 메시지의 경우 7초의 지연시 L1반파장 이상의 오차가 발생하여 기추정된 미지정수를 사용할 수 없는 경우가 발생하였으나, SNUR 메시지 적용시 오차가 모두 1/4파장 이내에 포함됨을 확인하였다.

Abstract

In this paper, robustness performance of SNUR message is compared with those of existing ones, RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services) v2 MT(Message Type) 18/19 and MT 20/21 under a poor broadcast condition such as temporary data loss or disconnection. We defined the temporal data loss as 2 second delay and reconnection after disconnection as 7 second latency, and then evaluated its robustness for each latency case by double differentiating the observables. Our result shows that SNUR protocol method can reduce the latency error of the existing RTCM messages by 30~60%. Moreover, a rover using SNUR message, whose latency error is bounded within 1/4 L1 wave length, can figure out its own fixed position continuously in spite of 7 second disconnection, while the other using RTCM message, whose error is larger than half wave length, cannot keep its previous fixed solution.

Key words : Compact RTK, SNUR, RTCM, Navigation Satellite, RTK, correction message, Data Link, Disconnection, delay

I. 서 론

GPS 반송파 측정치를 이용한 위치 결정 방식은 높

* 대한지적공사 지적연구원(Korea Cadastral Survey Corp., Cadastral Research Institute)

** 서울대학교 기계항공공학부(Mechanical & Aerospace Engineering, Seoul National University)

· 제1저자 (First Author) : 박병운

· 투고일자 : 2010년 9월 14일

· 심사(수정)일자 : 2010년 9월 15일 (수정일자 : 2010년 10월 21일)

· 게재일자 : 2010년 10월 30일

은 정밀도의 측위 결과를 제공하므로 매우 유용하지만 측정치에 포함된 미지정수항을 결정하여야만 결과를 산출할 수 있다. 이러한 미지정수항의 결정에 근거하여 측지, 측량, 지각 감시 등의 정밀 측위를 하기 위하여 과거에는 일반적으로 후처리 정적 (static) 측위 기법이 사용되었다.

1990년대 중반 GPS 측정치를 이용하여 실시간 cm 수준의 정확도로 측위할 수 있는 기술인 RTK 방식 (Real Time Kinematic)이 제안되었으며, 이는 정밀한 위치정보를 가지고 있는 기준국에서 반송파 위상에 대한 보정치를 전송하여 이동국(rover)에서 실시간으로 1-2cm 정확도의 측위결과를 얻는 기술이다. [2]

II. RTK 보정정보 적용 방식

공통 오차 제거 및 미지정수 검출을 통한 반송파 기반의 측위를 위해서는 사용자와 기준국의 측정치 이종 차분이 필요하고, RTK 시스템에서는 보정정보 프로토콜의 형태로 기준국 측정치를 사용자에게 전달한다. RTK 기술을 이용한 정밀 측위 시스템 구축 시 사용되는 보정정보 프로토콜은 그 특성에 따라 일반적으로 측정치 기반형과 보정치 기반형으로 나뉜다.

2-1 측정치 기반 RTK 보정정보 적용 방식

기준국-사용자간 측정치 이종차분을 위한 보정정보 프로토콜로 기준국 측정치를 사용하는 방식을 측정치 기반 보정정보 방식이라고 한다. 현재 사용되는 GPS-RTK 프로토콜은 대부분 측정치 기반형으로 RTCM SC-104 버전 2.x의 18/19번, 3.x의 1001~1004번, Trimble의 CMR 0번 메시지 등이 대표적인 예이다. [2]

대표적인 측정치 기반형 메시지인 RTCM SC-104 버전 2.x의 반송파 정보인 18번 메시지 형식은 표1과 같다.

이와 같은 측정치 기반형 보정정보를 이용할 경우, 사용자는 기준국과의 IODE 일치 여부를 확인할 필요가 없고, 위성위치와 시계 오차 계산 방식을 통일할

필요가 없어 구현을 위해 고려할 사항이 적다는 장점이 있다. 그러나 측정치 기반 보정정보에는 GPS 위성위치 변화, 위성 시계 오차 및 수신기 시계 오차 등 그 변화가 크고 비선형적인 성분이 포함되어 있어, 급격한 증감에 따라 설정된 범위를 벗어나 roll-over가 발생할 수 있고 시간 지연에 민감하다. 이 때문에 사용자는 지속적으로 roll-over를 감시해야 하고, 고속 데이터 통신을 사용하여 시간 지연 오차를 방지하여야 한다.

표 1. RTCM SC-104 MT 18 프로토콜 [1]
Table 1. RTCM SC-104 MT 18 Protocol [1]

PARAMETER	NUMBER OF BITS	SCALE FACTOR AND UNITS	RANGE
F = FREQUENCY INDICATOR	2	--	"00": L1 message "10": L2 message "01": Reserved for future augmentations "11": Reserved for future augmentations
RESERVED	2	--	
GNSS TIME OF MEASUREMENT	20	1 μ s	0 to 599999 μ s
M = MULTIPLE MESSAGE INDICATOR (See Note 2)	1	--	"0" - Informs the receiver that this is the last message of the data set having this time tag "1" - Informs the receiver that another message of the same data set with the same time tag will follow
P/C = CA-Code / P-Code INDICATOR	1	--	"0" - C/A-Code "1" - P-Code
G = GPS/GLONASS SATELLITE CONSTELLATION INDICATOR	1	--	"0" - Message is for GPS satellites "1" - Message is for GLONASS satellites
SATELLITE ID	5	1	0-31
DATA QUALITY	3	--	
CUMULATIVE LOSS OF CONTINUITY INDICATOR	5	1	0 to 31
CARRIER PHASE	32	1/256 Cycle	$\approx 8,388,608$ Cycles (2's complement)
Total	48xN ₁ +24		
PARITY	2x6		

2-2 보정치 기반 RTK 보정정보 적용 방식

고의잡음이 제거된 이후 반송파 측정치에 포함된 공통 오차 성분은 시간에 따른 변화가 선형적이고 작아졌다. 이에 근거하여 RTK 시스템에 새롭게 적용된 프로토콜이 보정치 기반의 보정정보이고, 대표적인 예로 RTCM SC-104 버전 2.x MT 20/21과 Compact RTK로 제안된 SNUR 메시지가 있다. 이상의 메시지들 중 반송파 관련 메시지인 RTCM MT 20과 SNUR MT 131 메시지 형식은 표2,3과 같다.[2]

이상의 메시지를 사용할 경우, 변동 범위가 측정치 기반 메시지에 비해 훨씬 좁고, 전송하는데 필요한 보정정보의 양이 줄어든다. 그러므로 사용자는 메시지의 roll-over를 감시할 필요가 없고, 보정치 변

회율에 의한 1차 외삽법만으로도 시간지연오차를 보상할 수 있으므로 낮은 전송 주기로도 효율적으로 시스템을 구성할 수 있다. 그러나 기준국 측면에서 보정치 생성 시스템이 필요하고, IODE와 위성 위치 및 시계오차 계산방식을 동일하게 사용할 필요가 있다. [3]

표 2. RTCM SC-104 MT 20 프로토콜 [1]
Table 2. RTCM SC-104 MT 20 Protocol [1]

PARAMETER	NUMBER OF BITS	SCALE FACTOR AND UNITS	RANGE
F = FREQUENCY INDICATOR	2	--	"00": L1 message "10": L2 message "01": Reserved for future augmentations "11": Reserved for future augmentations
RESERVED	2	--	
GNSS TIME OF MEASUREMENT	20	1 μs	0 to 599999 μs
M = MULTIPLE MESSAGE INDICATOR (See Note 2)	1	--	"0" - Informs the receiver that this is the last message of the data set having this time tag "1" - Informs the receiver that another message of the same data set with the same time tag will follow
P/C = CA-Code / P-Code INDICATOR	1	--	"0" - C/A-Code "1" - P-Code
G = GPS/GLONASS SATELLITE CONSTELLATION INDICATOR	1	--	"0" - Message is for GPS satellites "1" - Message is for GLONASS satellites
SATELLITE ID	5	1	0-31
DATA QUALITY	3	--	
CUMULATIVE LOSS OF CONTINUITY INDICATOR	5	1	0-31
ISSUE OF DATA (GPS) / TIME OF DAY (GLONASS)	8	1	0-255 for GPS "C" bit, then 0-127 for GLONASS
CARRIER PHASE CORRECTION	24	1/256 Cycle	≈32,768 Full Cycles (2's complement)
Total	48bits+24		
PARITY	2x6		

표 3. SNUR MT 131 프로토콜 [2]
Table 3. SNUR MT 131 Protocol [2]

구성요소	비트수	정밀도	변동범위 및 내용
GPS 위성 PRN	6	1	0 ~ 63
상대시간 추가여부	1	--	0 : 확장부분에 상대시간 없음 1 : 확장부분에 상대시간 추가
L1 CPRC 추가여부	1	--	0 : 확장부분에 L1 CPRC 없음 1 : 확장부분에 L1 CPRC 추가
IOD	8	--	0 ~ 255
L1 CPC	19	1mm	-262.143~262.143m
L1 신호 유지 시간	3	1	0 : 1초 미만 4 : 16초 미만 1 : 2초 미만 5 : 32초 미만 2 : 4초 미만 6 : 64초 미만 3 : 8초 미만 7 : 64초 이상
L2 데이터 추가여부	1	--	0 : L2 데이터 없음 1 : L2 데이터 있음
보류	1	--	
총량	40		

III. RTK 보정정보 시간지연 보상방식

3-1 측정치 기반형 보정정보의 시간지연 보상방식

RTCM MT 18 보정정보에 포함된 'Uncorrected Carrier Phase Measurement'은 아래와 같이 구성된 반

송파 측정치(ϕ)와 등가의 값을 가진다.

$$\phi = d + B - b + \delta R - I + T + N\lambda + \epsilon \quad (1)$$

상기의 식에서 공통 오차 성분인 위성위치오차 (δR), 전리층오차(I), 대류층오차(T)에 비해, 위성으로부터의 거리(d), 수신기 시계오차(B), 위성시계오차(b) 등의 값은 그 변동 범위가 크고 비선형적이다. 따라서 RTCM MT 18과 같은 측정치 기반의 메시지를 이용할 시에는 사용자단에서 짧은 시간지연에 대비하여 기준국 측정치를 예측할 필요가 있다.

측정치 기반 메시지의 예측을 위해 사용되는 방법으로는 3 state kalman filtering 방법이 주로 사용된다. [5][6] 아래 그림에 도시된 바와 같이, Kalman filtering의 state로는 반송파, 반송파 변화율(rate), 반송파 가속도(acceleration)로 하고, measurement update에 사용되는 측정치는 반송파 측정치로 구성한다.

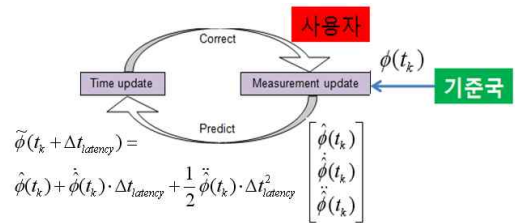


그림 1. 측정치기반 보정정보의 시간지연 보상방식
Fig. 1. Time-delay compensation of the measurement-based message

3-2 보정치 기반형 보정정보의 시간지연 보상방식

RTCM MT 20 또는 SNUR와 같은 보정치 기반의 보정정보 메시지의 경우, 기준국에서 CPC(Carrier Phase Correction)을 아래 식과 같이 생성하여 사용자에게 전송한다. [7]

$$CPC = (d - b + B) / \lambda - \phi - A \quad (2)$$

여기서 A는 CPC 초기값 설정을 위한 임의의 정수. 이 경우 CPC 내에는 전리층, 대류층, 위성궤도 오차 성분의 합만 포함되므로, 시간에 따른 변화가 매

우 작고 선형적이다. RTCM MT 20의 경우 이러한 변화를 무시하여 별도의 보상을 하지는 않으나, SNUR 보정정보의 경우 이러한 오차 성분의 선형 보상 가능성을 인지하고 CPC의 변화율(CPRC, Carrier Phase Rate Correction) 정보를 함께 전송함으로써 사용자가 아래 식과 같이 쉽게 보상한다.

$$\tilde{CPC}(t_k + \Delta t_{latency}) = CPC(t_k) + CPRC(t_k) \cdot \Delta t_{latency} \quad (3)$$

여기서 ($\tilde{\quad}$)는 예측치를 의미함.

IV. 보정정보 난수신 환경에서의 성능 평가

4-1 보정정보 난수신 환경 정의

RTK 보정정보는 일반적으로 상용 통신매체를 통해 전송되며, 제한된 bandwidth로 인한 일반적인 시간지연 외에도 데이터 손실, 일시적인 단락에 의한 지연도 실시간 시스템 구현 및 성능 평가의 중요하고 고려 요소이다.

최근 인터넷전화를 비롯하여 노트북, PDA, PMP 등 많은 모바일(Mobile) 기기에 탑재되어 사용자가 증가하고 있는 IEEE 802.11 기반의 무선랜 모듈의 경우, 채널 검색 후 신호세기가 가장 좋은 액세스 포인트를 선택하여 인증 및 재연결 과정을 거친다. 이 과정에서 연결의 끊어짐을 감지하는 시간은 약 5.3s, ISO 2 계층 각 과정의 지연시간은 약 3~400ms, IP 할당방법 등 환경요소에 따라 달라지는 추가로 지연되는 시간이 있어[4] 최소 6~7초의 지연이 발생한다고 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 데이터 손실에 의한 시간지연을 2초, 통신의 일시적 단절로 인한 지연을 7초로 설정하여 난수신 환경을 구상하고 이에 대한 각 프로토콜의 강건성 평가를 수행하였다.

4-2 성능 평가 방안 및 구성

반송파 기반의 정밀 측위를 수행하기 위해서는 일반적으로 기준국에서 전송된 보정정보를 사용자 측

장치에 적용하여 단일 차분한 후, 위성간 차분을 거쳐 이중 차분된 값의 미지정수항을 구한다. 기준국-사용자간 측정치 이중 차분식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \nabla \Delta \phi &= \nabla \phi_u(t_k) - \nabla \phi_r(t_k) \\ &= \nabla \Delta d + \nabla \Delta (-I + T + \delta R) + \nabla \Delta N\lambda + \nabla \Delta \epsilon \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 ∇ 는 위성간 차분, Δ 은 기준국-사용자간 차분을 의미함.

위 식에서 baseline 거리가 짧은 경우 공통 오차 성분인 $\nabla \Delta (-I + T + \delta R)$ 항이 0에 가까우므로, 기준국과 사용자 좌표를 적용하고 정수항을 제거하면 잔차는 $\nabla \Delta \epsilon$ 로 Gaussian 분포에 가깝다. 실측데이터를 이용한 성능 비교를 위해 서울대 신공학관과 정밀연구소에 설치된 두 대의 Trimble NetRS 수신기로 약 4500초간 수신한 데이터를 사용하여 비교하였고, 그림2는 시간지연이 없었을 때의 잔차 분포이다.

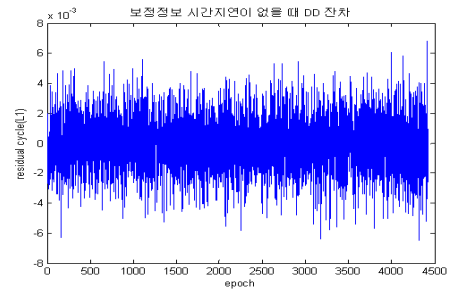


그림 2. 시간지연 미발생시 이중차분 잔차분포
Fig. 2. Double-difference residual with no latency

보정정보 난수신 환경에서의 시간 지연 보상 성능 평가를 위하여 기준국 데이터에 일괄적으로 시간지연($\Delta t_{latency}$)을 인가하고, 앞선 수식(4)와 같은 방식으로 사용자 데이터와 이중차분을 한다.

$$\begin{aligned} \nabla \Delta \phi_{latency} &= \nabla \phi_u(t_k + \Delta t_{latency}) - \nabla \tilde{\phi}_r(t_k + \Delta t_{latency}) \\ &= \nabla \Delta d_{latency} + \nabla \Delta (-I + T + \delta R)_{latency} \\ &\quad + \nabla \Delta N\lambda + \nabla \Delta \epsilon \end{aligned} \quad (5)$$

측정치 기반 보정정보의 경우 기준국은 위성으로부터의 거리와 공통 오차를 예측하므로 $\nabla \Delta d_{latency}$

와 $\nabla\Delta(-I+T+\delta R)_{latency}$ 값이 완전히 소거되지 않는다. 따라서 (5)의 식에서 정수항을 제거한 나머지 잔차 분석을 통해 보상 성능을 평가할 수 있다. 그림1에 소개된 측정치 예측을 위한 Kalman filter 구성 과정에서 중요 상수인 수신기 잡음은 그림2의 결과에 근거하여 0.001cycle로 설정하였다.

보정치 기반 RTK 보정정보 중 대표적인 메시지 RTCM MT 20/21에는 변화율 정보가 포함되지 않아 기본적으로 시간지연 보상을 고려하지 않는다. MT 18/19와 같이 Kalman filter 기반 예측과정을 거친다면 보정치 기반 메시지의 장점이 무의미하므로, 본 논문에서는 SNUR 정보만을 비교 대상으로 삼는다.

보정치 기반 정보인 CPC를 적용할 경우, (5)의 이중차분식은 다음 식과 같이 변형하여 쓸 수 있고, (6)의 잔차를 (5)의 잔차와 비교하도록 한다.

$$\nabla\Delta\phi_{latency} = \nabla\phi_u(t_k + \Delta t_{latency}) + \nabla\tilde{CPC}(t_k + \Delta t_{latency}) \quad (6)$$

4-3 데이터 손실 경우의 성능 평가

본 논문에서 정의된 보상정보 난수신 현상 중 하

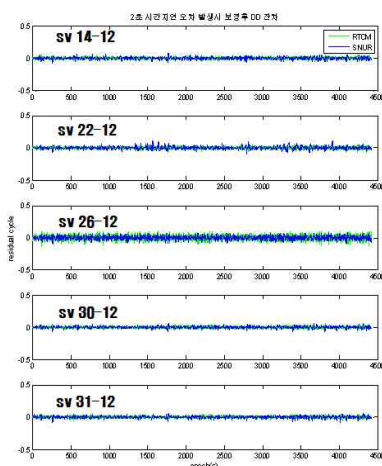


그림 3 데이터 손실의 경우 이중차분 잔차분포

Fig. 3. Double-difference residual in case of a data loss

나인 데이터 손실, 즉 2초 시간지연에서의 잔차 비교 결과는 그림3과 같고 표에 요약되어 있다.

표 4 데이터 손실의 경우 이중차분 잔차결과 Table.4. Double-difference residual in case of a data loss (cycle)

위성 조합	RTCM MT 18		SNUR CPC	
	RMS	최대	RMS	최대
14-12	0.0147	0.0593	0.0186	0.0816
22-12	0.0157	0.0854	0.0223	0.1108
26-12	0.0353	0.1382	0.0278	0.0976
30-12	0.0141	0.0763	0.0168	0.0710
31-12	0.0143	0.0664	0.0180	0.0889

상기 결과에서 볼 수 있듯이 데이터 손실에 의한 2초 시간지연 환경에서는 두 방식 모두 보상 성능이 비슷함을 확인할 수 있다. 다만, 측정치 기반형은 위성 조합에 따라 잔차가 크게 영향을 받는 반면, CPC 기반의 경우 그 영향이 상대적으로 작음을 확인할 수 있다. 이는 측정치 기반형은 d, B, b 등 변화가 큰 요소의 예측으로 인해 공통오차 성분의 예측이 어려운 반면, 보정치 기반형은 공통오차만 중점적으로 예측하므로 공통오차의 변화가 큰 위성 26-12 조합의 경우 측정치 기반형의 보상 능력이 잘 반영되기 때문인 것으로 추정된다. 나머지 위성 조합의 경우 보정치 기반형의 보상 성능이 다소 떨어지는 것으로 확인되는데, 이는 보상을 위해 추가된 CPCRC 성분의 잡음에 의한 영향인 것으로 보이나, 기존 방식과의 차이가 그리 크지는 않은 것으로 판단된다.

4-4 일시적 통신 단절 경우의 성능 평가

또 다른 보상정보 난수신 현상인 일시적 통신 단절, 즉 7초 시간지연에서의 잔차 비교 결과는 그림4와 같다.

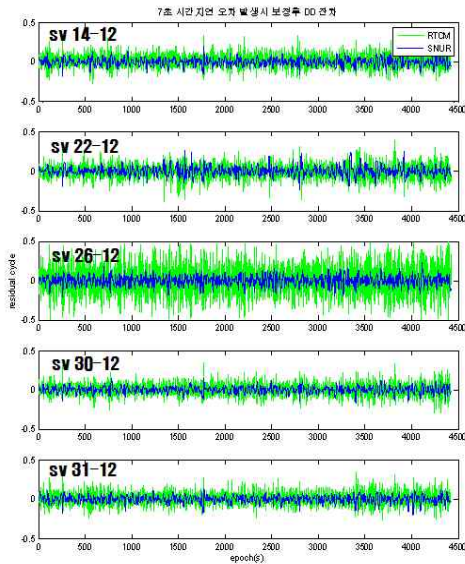


그림 4. 일시적 통신 단절 경우의 이중차분 잔차
Fig. 4. Double-difference residual in case of a temporal disconnection

표 5 일시적 통신 단절 경우 이중차분 잔차결과
Table.5. Double-difference residual in case of a temporal disconnection (cycle)

위성 조합	RTCM MT 18		SNUR CPC	
	RMS	최대	RMS	최대
14-12	0.0849	0.3624	0.0458	0.1984
22-12	0.0902	0.3981	0.0564	0.2639
26-12	0.1795	0.4998	0.0577	0.2303
30-12	0.0781	0.3574	0.0410	0.1705
31-12	0.0808	0.3527	0.0442	0.2021

약 7초 이상의 시간지연인 통신단절 경우의 결과는 2초 시간지연과 큰 차이를 나타낸다. 측정치 기반형의 경우 잔차의 RMS가 약 5~6배 수준으로 증가한 반면, 보정치 기반형의 경우 2.0~2.5배로 그 절반 수준의 증가가 있었다. 그리고 측정치 기반형의 일부 잔차의 경우 1/2과장에 달하여 미지정수 결정에 치명적이나, 보정치 기반형의 경우에는 1/4과장 정도로 제한된다는 것을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문은 RTK에 활용 가능한 보정치 메시지별 시

간 지연 특성에 대해 분석하였다. 분석결과 일시적 데이터 손실과 같은 짧은 시간의 시간 지연 환경에서는 측정치 기반형의 RTCM 메시지와 보정치 기반형의 SNUR 메시지의 성능이 비슷하며, 두 프로토콜 모두 RTK 성능에 지장을 주지 않음을 확인하였다. 그러나 보정치 정보 통신 단절 미인 이후 재접속과 같이 장시간 지연에는 기존 메시지는 RTK 성능 유지에 치명적이며, SNUR 메시지는 상대적으로 효과적인 보정이 가능하였다. 따라서 통신 음영 가능지역 혹은 난수신 환경에서는 SNUR 메시지를 RTK 시스템에 활용하여 성능 유지에 대비할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 위성항법기반 교통인프라 기술개발 연구개발사업의 연구비지원(06교통핵심 A03)과 항공우주신기술 연구소, 정밀기계설계공동연구소의 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] RTCM 10402.3 Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite System) Service version 2.3. Radio Technical Commission for Maritime Services, Virginia, U.S.A, 2001
- [2] 김정환, “저속 데이터 통신 환경에 적합한 효율적인 RTK-GPS 고정밀 보정치데이터 전송방법”, *서울대학교 공학박사 학위논문, 항공우주공학과*, 2005.
- [3] 박병운, “보정치 정보의 국제표준을 고려한 위성항법 보강시스템의 시공간 오차 감소 방안 연구”, *서울대학교 공학박사 학위논문, 기계항공공학부*, 2008.
- [4] 한승호 외, “GPS정보를 이용한 위치기반 핸드오프 시스템의 설계 및 구현”, *한국통신학회논문지, '10-01 Vol 35 No.1, pp 33-43*, 2010
- [5] Tom J. "A real time floating ambiguity positioning system", *ION GPS-94, Salt Lake City, Sep. 1994*.
- [6] Neumann J. "Test result from a new 2cm real time kinematic GPS positioning system", *ION GPS-96, Kansas City, Sep. 1996*

[7] Neumann J. "Real-Time Carrier Phase Positioning Using the RTCM Standard Message Types 20/21 and 18/19", *ION GPS-97, Kansas City, Sep. 1997*

박 병 운 (朴秉運)



2001년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)
 2003년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학석사)
 2008년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)
 2008년 2월 ~ 2010년 5월 : 서울대학교 차세대 기계항공시스템 창의설계 인력양성사업단BK21 연수연구원
 2010년 5월~현재 : 대한지적공사 지적연구원 선임연구원
 관심분야 : 위성항법, RTK, 측량

송 준 솔 (宋俊率)



2008년 8월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학사)
 2008년 9월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부 (박사과정)
 관심분야 : 위성항법, RTK, 측량

기 창 돈 (奇昌敦)



1984년 2월 : 서울대학교 항공공학 (공학사)
 1986년 2월 : 서울대학교 항공공학 (공학석사)
 1994년 1월 : 미국 Stanford University 항공우주공학 (공학박사)
 1996년 9월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수
 관심분야 : 위성항법, WADGPS, RTK, 의사위성, 무인항공기, 수신기

양 철 수 (梁哲壽)



1978년 2월 : 서강대학교 물리학 (이학사)
 1989년 3월 : 일본 동경대학교 물리학과 (이학석사)
 1992년 2월 : 일본 동경대학교 지구물리학과 (이학박사)
 2008년 ~현재 : 대한지적공사 지적연구원 연구원장

차 득 기 (車得奇)



1982년 2월: 전북대학교 측지공학과 (공학사)
 1988년 10월: 프랑스 국립측량대학 IGN.ENSIG (석사)
 1994년 8월: 한양대학교 GIS 전공 (공학석사)
 2001년 8월: 경기대학교 측량학 전공 (공학박사)
 2005년 ~현재 : 대한지적공사 지적연구원 기술개발팀장