

다중 DGPS 신호를 이용한 동적 환경에서의 PRC 재생성 알고리즘 성능분석

송복섭[†] · 오경륜^{††} · 김정호^{†††}

요약

본 논문에서는 PRC(Pseudo Range Correction : 의사 거리 보정치) 선형보간 알고리즘의 성능을 분석 및 검증한 후 적용 함으로써 기존의 DGPS 기준국 위치정보를 이용하여 미지의 사용자 위치를 파악할 수 있다. 중파 DGPS 신호를 이용한 PRC 선형보간 알고리즘의 항법해 성능을 검증하기 위해 다채널 DGPS 수신기를 이용한 실시간 환경에서의 현장 실험결과를 활용했다. 현장실험용으로, 다중 DGPS 기준국의 보정 정보를 실시간으로 획득하기 위해 해양수산부에서 운영하고 있는 해상용 DGPS 기준국 및 내륙 DGPS 기준국 신호를 이용했다. 대전 근방에서는 무주, 영주, 어청도, 팔미도 등 모두 4곳의 DGPS 기준국의 신호 수신이 가능하다. PRC 재생성 알고리즘의 위치해 성능 분석을 위해 개별적인 DGPS 위치해와 3중 커버리지 조합의 위치해를 구해 상호 비교했다. 동적 상태에서의 위치해 성능평가 기준으로 RTK-GPS 측위 결과를 이용했다. 단, 항공용 GNSS 보정정보는 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics) 포맷에 따르고 해상용 GNSS 보정정보는 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services) 포맷을 사용하였다. 다중 DGPS 신호를 사용하는 PRC 선형 보간을 통한 위치해 성능향상 알고리즘을 제안하고 다중 DGPS 기준국 정보를 이용한 위치해와 단독 DGPS 기준국 정보만을 이용한 위치해를 상호 비교하여 PRC 재생성 알고리즘이 우수성을 검증했다.

키워드 : 다중 커버리지, 의사거리보정치, 선형보간알고리즘

Analysis of PRC regeneration algorithm performance in dynamic environment by using Multi-DGPS Signal

Bok-Sub Song[†] · Kyung-Ryoon Oh^{††} · Jeong-Ho Kim^{†††}

ABSTRACT

As PRC linear interpolation algorithm is applied after analysed and verified in this paper, the unknown location of a user can be identified by using PRC information of multi-DGPS reference station. The PRC information of each GPS satellite is not varying rapidly, which makes it possible to assume that PRC information of each GPS satellite varies linearly. So, the PRC regeneration algorithm with linear interpolation can be applied to improve the accuracy of finding a user's location by using the various PRC information obtained from multi-DGPS reference station. The desirable PRC is made by the linear combination with the known position of multi-DGPS reference station and PRC values of a satellite using signals from multi-DGPS reference station. The RTK-GPS result was used as the reference. To test the performance of the linearly interpolated PRC regeneration algorithm, multi-channel DGPS beacon receiver was built to get a user's position more exactly by using PRC data of maritime DGPS reference station in RTCM format. At the end of this paper, the result of the quantitative analysis of the developed navigation algorithm performance is presented.

Key Words : Multi-DGPS coverage, PRC, linearly interpolated PRC regeneration algorithm

1. 서론

해양수산부에서는 2005년 12월 현재 11개의 해상 DGPS 기준국('98~'02)과 6개의 내륙용 DGPS 기준국('02~'07)

무주, 영주, 평창, 충주, 성주, 춘천을 구축 운영하고 있다. 내륙 DGPS 기준국 서비스 개시로 대전 서남쪽 지역에서는 기존의 DGPS 기준국 위치정보를 이용하여 미지의 사용자 위치를 표현할 수 있는 3중 보정(coverage) 서비스를 이용할 수 있다. 항만 입·출항로 및 협수로 항해선박의 안전 운항을 위하여 GPS 위치오차를 보정(30m⇒1m)하여 실시간 제공하고 있으며, 국제해사기구(IMO) 해사안전위원회 67차

[†] 준회원 : 국립한밭대학교 정보통신대학원 컴퓨터공학과 석사과정
^{††} 정회원 : 한국항공우주연구원 선임연구원
^{†††} 종신회원 : 국립한밭대학교 정보통신·컴퓨터공학부 교수
 논문접수 : 2006년 2월 20일, 심사완료 : 2006년 7월 4일

회의 권고('96. 6) 및 DGPS 전국 망 구축 운영에 관한 규정(총리령 제409호, '00.12)에 의하여 해양용 DGPS가 내륙 산간지역을 제외한 전 국토의 65% 지역에서 이용 가능함에 따라 육상이용자를 위한 DGPS 전국 망 구축 추진하고 있다. 또한 건설교통부 국토지리원에서 '국토지리정보의 생산·관리에 대한 기본업무 수행을 위한 측량법(1995)'을 법적 근거로 하여 정밀한 지형정보를 얻기 위하여 'GPS 후처리 측량기법'을 도입 활용함으로써 지형측량의 성과향상 및 측량산업의 발전 도모하고 있으며, 행정자치부 지적 공사 GPS측량 방법에 의한 지적 측량 및 GPS측량을 이용한 지적 기준점 설치에 관한 법(2002)를 제정, 정밀 지적도 제작을 위하여 지적 기준 망 구축을 운용하고 있다. 연구기관으로 천문연구원에서 1989년 국내 최초로 GPS 관련 연구를 시작하여 위치천문연구 및 지구과학 연구와 응용사업에 초점을 맞추어 연구 활동 수행 중에 있다. GPS 관측소의 데이터 제공 서비스를 2000년 3월부터 인터넷을 통한 GPS 자료제공 서비스 실시전국 9개 관측소 운용(국제관측소 1개소 포함) 및 GPS 위성으로부터 하루 24시간 동안 데이터를 수신하여 1시간 단위로 한국천문연구원의 우주측지연구그룹 서버컴퓨터에 저장 및 관리하고 있다[1-3].

항공기의 정밀 이착륙을 위한 근거리 오차보정시스템(LAAS: Local Area Augmentation System)과 해상 항행의 안전도 모를 위한 해상용 DGPS는 일정 범위(통상 150km)에서의 위성항행시스템(GNSS: Global Navigation Satellite System)의 공통 오차성분을 상쇄하기 위한 GNSS 보정정보를 생성하는 GBAS(Ground-Based Augmentation System)의 일종으로, 그 목적과 생성정보 면에서는 대동소이 하다. 단지 항공용 GNSS 보정정보는 RTCA(Radio Technical Commission for Aeronautics) 포맷에 따르고 해상용 GNSS 보정정보는 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services) 포맷에 따라 보정정보가 패키징되어 서로 다른 전달매체(항공용은 VHF 대역, 해상용은 중파대역)를 통해 이동체에 전달되는 것이 다를 뿐이다[4-6].

GBAS(Ground-Based Augmentation System)시스템은 그 특성상 일정 지역에 부합하는 DGPS 보정정보 서비스를 제공하기 위해 비교적 많은 수의 DGPS 기준국을 운영하고 있다. DGPS 기준국 네트워크가 이중 커버리지 이상으로 설계된 경우 이동체는 여러 DGPS 기준국으로부터 송출되는 DGPS 보정정보를 수신할 수 있으나, 현재 상용으로 판매되고 있는 DGPS 수신기는 이동체에서 가장 가까운 DGPS 기준국의 DGPS 보정정보만을 수신하게 설계되어 있다.

본 논문에서는 중파 DGPS 신호를 이용한 PRC(Pseudo Range Correction: 의사 거리 보정치) 선형보간 알고리즘의 항법해 성능을 검증하기 위해, 다채널 DGPS 수신기를 이용한, 실시간 환경 하에서의 현장 실험결과를 가지고 다중 DGPS 신호 이용환경 하에서 PRC 선형보간 알고리즘을 이용한 위치해 성능향상을 위한 알고리즘을 제안하고 이의 성능을 검증하였으며, 현장 실험은 팔미도 기준국 신호와 어청도 기준국 신호, 그리고 무주 기준국 신호를 동시에 수신

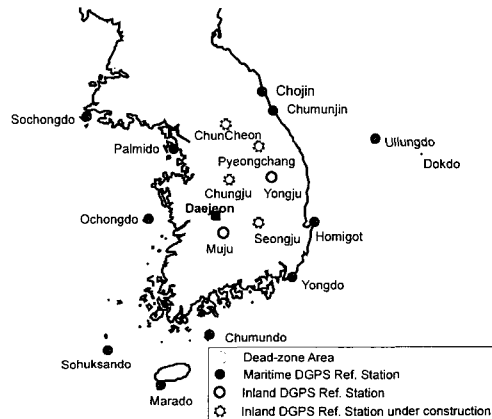
할 수 있는 부여 인근 지역에서 실시 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장 다중 DGPS 이용환경을 설명하였고, 3장에서 가정 시나리오 조건에 맞추어 PRC 선형보간 알고리즘에 의한 선형 보간 PRC를 생성하고, 4장에서 1단계 후처리 성능시험, 2단계 실시간 성능시험과 정지상태와 동적 상태 성능시험을 통해 위치정확도 성능시험 결과를 분석하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

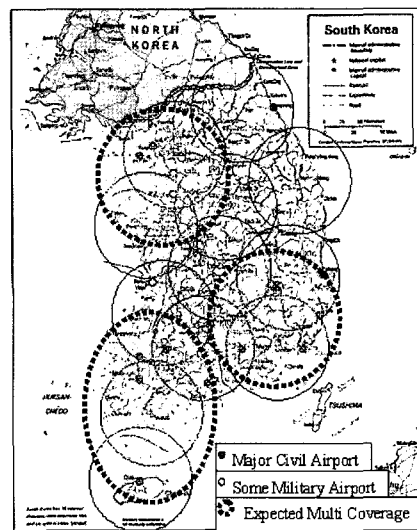
2. 다중 DGPS 이용환경

본 논문에서는 다중 DGPS 기준국의 보정정보를 실시간으로 획득하기 위해 해양수산부에서 운영하고 있는 해상용 DGPS 기준국 및 내륙 DGPS 기준국 신호를 이용하였다.

대진 근방에서는 무주, 영주, 어청도, 팔미도 등 모두 4곳의 DGPS 기준국 신호 수신이 가능하다. PRC 재생성 알고리즘의 위치해 성능 분석을 위해 개별적인 DGPS 위치해와 3중 커버리지 조합의 위치해를 구해 상호 비교하였다.



(그림 1) 해양용 DGPS 기준국 현황(2005.10)



(그림 2) 국내의 항공용 GBAS 서비스 범위

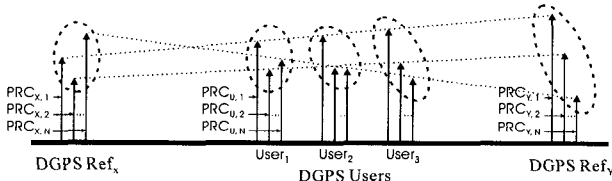
3. 다중 DGPS 보정정보를 이용한 항법해

각 DGPS 기준국의 특정위성에 대한 보정 값을 검토해 보면 기준국간 보정 값들 사이에 구배가 발생함을 알 수 있다. (그림 3)에서 보듯이 구배 정보를 실시간으로 파악할 수 있다면 사용자는 자신의 위치에 부합되는 보정 값을 계산해 낼 수 있다. 이를 위해서는 다중 DGPS 기준국 보정정보를 동시에 수신할 수 있는 수신기가 필요하게 된다.

본 연구에서 사용된 DGPS 보정 값(PRC) 재생성 알고리즘은 기본적으로 새로운 보정 값을 계산하기 위해, 이동체의 위치와 DGPS 보정정보를 송출한 기준국 간의 거리를 계산하고, 가장 근접한 기준국의 보정 값에 보다 높은 가중 값을 주는 방식을 사용하였다. 새로운 보정 값을 생성하기 위하여 다음의 조건들을 가정하였다.

[가정]

- 이동체는 자신의 위치계산을 위해 DGPS 기준국에서의 가시위성과 동일한 위성들을 사용한다.
- 공통된 위성들 중 신호가 양호한 위성이 4개 이상이다.
- DGPS 기준국에서 생성된 각 위성별 보정 값은 시간에 따른 변화량이 적으며 선형성을 가진다.



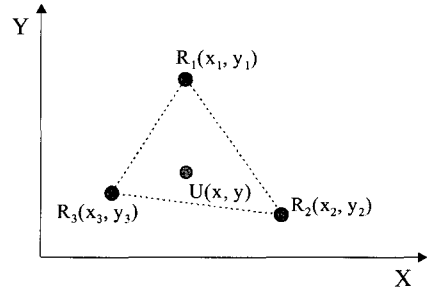
(그림 3) 인접 DGPS 기준국 간의 PRC 값 보간

3.1 PRC 선형보간 알고리즘

이동체에서는 DGPS 기준국에서 공통적으로 수신한 각 위성 별 PRC에 기준국으로부터의 거리에 따른 가중치를 적용한다. 평균 가중 값은 기준국 위치와 이동체 간의 기하학적 관계에 의하여 결정된다. 만일 특정 기준국이 이동체에 가까이 있다면 높은 가중치를 주게 된다. 이러한 가중치 계수는 해석적 또는 통계적으로 결정된다[7].

PRC 선형보간 알고리즘의 개념은 기지의 DGPS 기준국 위치정보를 이용하여 미지의 사용자 위치를 표현할 수 있다는 데서 출발한다. 즉, 미지의 사용자 위치(X, Y)는 기준국 좌표집합((X1, Y1), (X2, Y2), (X3, Y3), ..., (Xn, Yn))의 선형 조합으로 나타낼 수 있다. 위도(Xi, i=1,2,..., n) 선형조합의 계수와 경도(Yi, i=1,2,..., n) 선형조합의 계수는 N개의 기준국 위치정보와 각 기준국으로부터 수신한 PRC 정보들을 이용하여 구할 수 있다[8].

기준국의 개수가 nr, 위성의 개수가 ns라고 가정 할 때 구하고자 하는 이동체 위치에서의 선형보간 보정정보, PRC(i=1,2,...,ns, j=1,2,...,nr)는 모든 기준국들이 같은 위성을 측정하였다고 가정하고, 각 기준국의 PRC가 다르다고 하면 다음과 같이 (식 1)로 나타낼 수 있다[9].



(그림 4) 기준국의 기하학적 관계에 의한 보정정보 가중 값 계산

$$\nabla_j^i = \nabla_1^i + a_1^i(x_j - x) + a_2^i(y_j - y) \tag{식 1}$$

여기서

$$x = \sum_{i=1}^n a_i x_i = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \dots + a_n x_n \tag{식 2}$$

$$y = \sum_{i=1}^n a_i y_i = a_1 y_1 + a_2 y_2 + a_3 y_3 + \dots + a_n y_n \tag{식 3}$$

$$1 = \sum_{i=1}^n a_i = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n \tag{식 4}$$

로 표현될 수 있으며, 위 식들을 DGPS 기준국 3개의 보정 정보를 이용하는 경우를 가정하여 정리하면 (식 5)와 같이 간략화 할 수 있다.

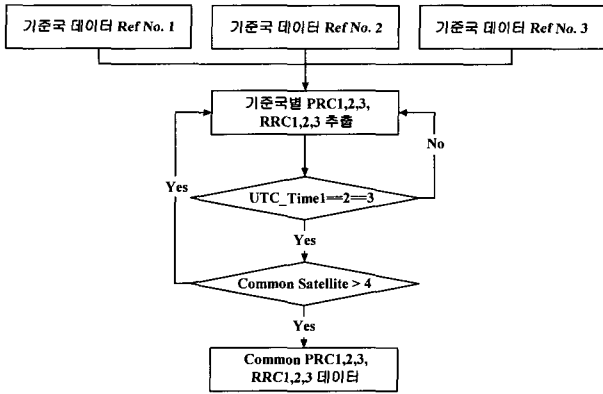
$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = (G^T G)^{-1} \begin{bmatrix} \nabla_2^i - \nabla_1^i \\ \nabla_3^i - \nabla_1^i \\ \nabla_4^i - \nabla_1^i \\ \vdots \\ \nabla_r^i - \nabla_1^i \end{bmatrix} \tag{식 5}$$

여기서 $\Delta x_j = x_j - x_1$, $\Delta y_j = y_j - y_1$ 이고, 행렬 G는 DGPS 기준국 좌표정보이다. a1과 a2를 구하면 (식 1)로부터 원하는 선형보간된 PRC 정보(∇_j^i)를 얻게 된다.

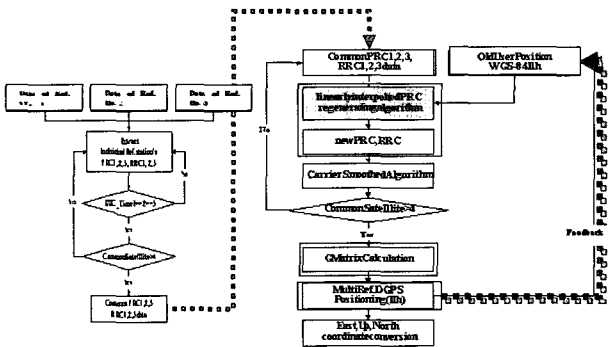
3.2 선형보간 PRC 생성

GPS 실제 데이터의 GPS 시간과 기준국 보정데이터의 Modified Z_Count 시간이 같은 데이터를 입력한다. 먼저 기준국의 데이터들 중 (그림 5) 공통 PRC 추출 흐름도를 보듯이 공통되는 위성이 4개 이상이 되는가를 검사한다. 만일 공통되는 위성이 4개 이하이면 DGPS를 적용 할 수 없게 된다. (그림 6)에 선형 보간 PRC 생성 및 DGPS 항법해 흐름도를 나타내었다.

4개 이상의 공통된 의사거리 보정데이터가 존재할 때 다음 단계로 넘어간다. 새로운 의사거리 보정 값을 생성하기 위하여 GPS 데이터로부터 현재 사용자의 위치를 계산하여



(그림 5) 공통 PRC 추출 흐름도



(그림 6) 선형 보간 PRC 생성 및 DGPS 항법해 흐름도

새로운 보정 값을 생성하기 위한 프로시저에 사용자 위치 데이터를 입력하면 알고리즘은 새로운 보정 값을 생성하게 된다. 이렇게 생성된 의사거리 보정 값은 DGPS 위치를 구하기 위하여 DGPS 항법해 알고리즘에 입력되는데 여기에서도 마찬가지로 새로이 생성된 의사거리보정 값과 GPS 데이터로부터 받은 위성데이터 중 공통되는 위성이 4개 이상이 존재하여야만 DGPS를 실시 할 수 있다. 만일 공통되는 위성이 4개 이하이면 DGPS를 할 수 없고 알고리즘은 새로운 데이터를 요구하게 된다.

4. 위치정확도 향상 성능시험 결과

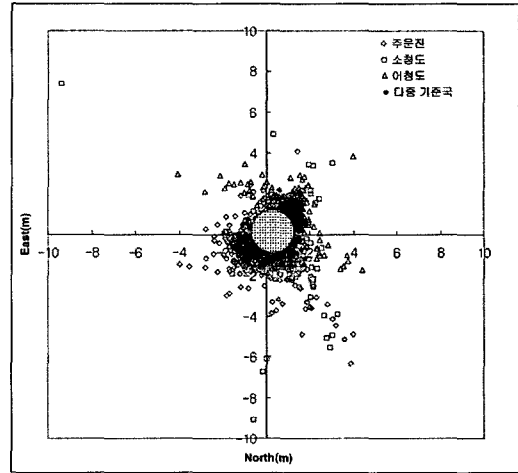
위치정확도 향상 성능시험은 2단계에 거쳐 실시되었다. 1 단계에서는 해상용 DGPS 기준국에 저장되어 있는 PRC 방송데이터를 수집하여 후처리 하였으며, 2단계에서는 다채널 다중 PRC정보 수신기를 제작하여 실시간으로 방송되는 PRC 정보를 이용했다.

4.1 1단계 후처리 성능시험

항법해 성능분석은 4개의 기준국을 이용한 경우, 3개의 기준국을 이용한 경우, 2개의 기준국을 이용한 경우로 나누어 수행되었으며, 분석 결과 3개의 기준국 정보를 이용한 경우의 위치오차 성능이 가장 좋은 것으로 나타났다. 3개 기준국 보정정보를 이용한 경우 단독 기준국 보정정보를 이

<표 1> 3개 기준국을 이용한 위치정확도(후처리)

	다중기준국	어청도	소청도	주문진
거리		127km	279km	214km
위치오차	0.788m	1.607m	1.223m	1.239m
개선율		51.0%	35.6%	36.4%



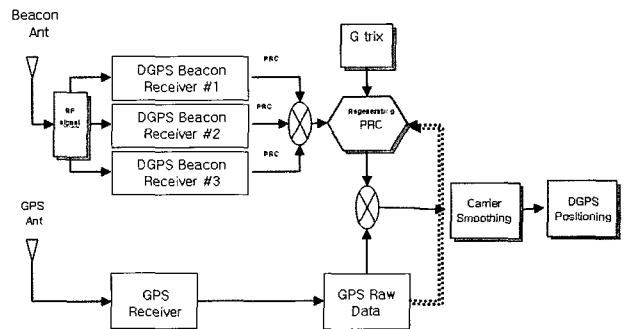
(그림 7) 다중 DGPS 보정정보를 이용한 위치정확도(후처리)

용한 기준국별 위치오차의 개선율이 평균 41%에 이르렀다. <표 1>에 3개의 기준국을 이용한 경우의 후처리 분석결과를 정리했다.

주문진, 소청도, 어청도, 호미곶 등 4개 기준국의 보정정보를 이용한 경우의 위치오차는 2.449m로, 단독 기준국 보정정보에 의한 DGPS 위치오차 중 가장 나쁜 위치오차성능을 보인 호미곶(1.959m)의 경우보다도 나쁜 위치오차성능을 보였다[10].

4.2 2단계 실시간 성능시험

2단계 성능시험은 실시간으로 각 DGPS 기준국으로부터 방송되는 PRC 정보를 수신할 수 있는 다채널 다중 PRC정보 수신기 제작하여 실시했다. 실시간 PRC정보의 이용에는 대전지역에서 수신 가능한 내륙의 무주 기준국과 영주 기준국의 PRC 정보와 해상의 팔미도, 어청도기준국 정보를 이용하였으며, 다채널 다중 PRC정보 수신기 구성도는 (그림 8)에 나타났다.



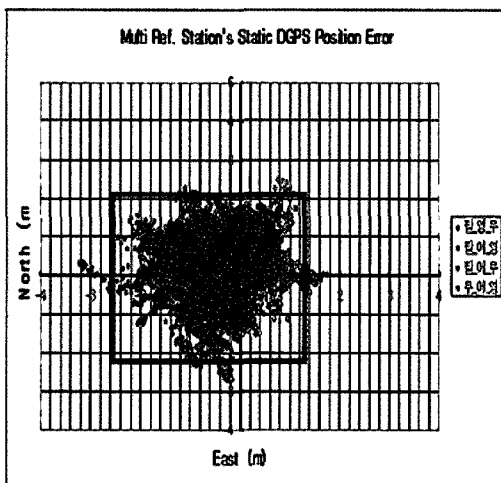
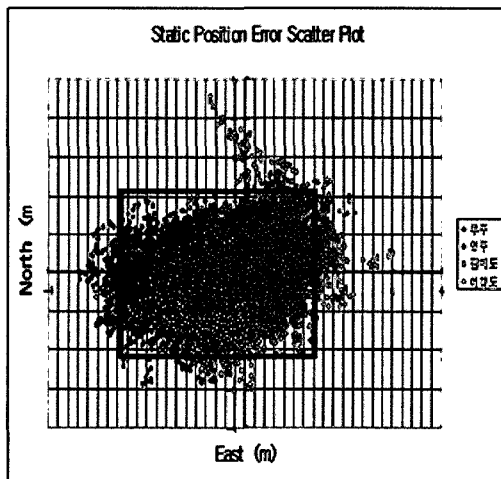
(그림 8) 다채널 다중 PRC정보 수신기 구성도

4.2.1 정지상태 성능시험

정지상태 성능시험에 대한 결과는 (그림 9) 정지상태 분산 좌표(분산좌표-상:단독DGPS, 하:다중DGPS)에서 보듯이 붉은 색 사각형은 같은 크기로 단독DGPS 그림에 비해 다중 DGPS 기준국 PRC 정보를 재가공하여 위치해를 구한 다중DGPS 그림의 위치성능이 우수함을 볼 수 있다. 그 구체적인 수치는 <표 2> 3개 기준국을 이용한 실시간 위치정확도를 정리했다.

<표 2> 3개 기준국을 이용한 실시간 위치정확도

	다중 기준국	팔미도	어청도	무주	영주
위치 오차 (m)	1.0229	1.0126		1.2116	1.6589
	1.0792	1.0126	1.2525		1.6589
	0.9954	1.0126	1.2525	1.2116	
	1.0449		1.2525	1.2116	1.6589
SVs	>= 6				
성능 개선도	17.6%	-1.0%		15.6%	38.3%
	14.0%	-6.6%	13.8%		34.9%
	13.3%	1.7%	20.5%	17.9%	
	22.5%		16.6%	13.8%	37.0%

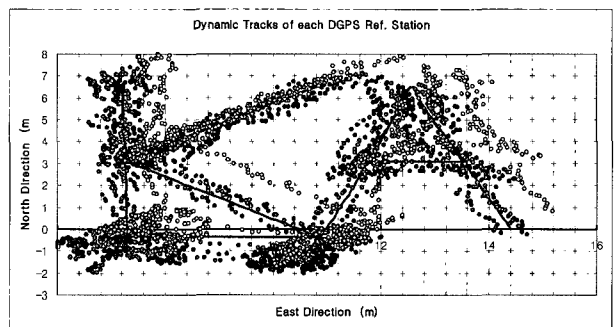


(그림 9) 정지상태 분산 좌표 (분산좌표 - 상: 단독DGPS, 하: 다중DGPS)

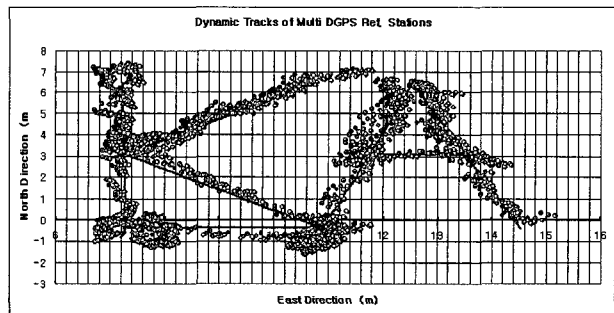
4.2.2 동적상태 성능시험

동적상태에서의 위치해 성능평가 기준으로 RTK-GPS 측위 결과를 이용하였으며, 다중 DGPS 기준국 정보를 이용한 위치해와 단독 DGPS 기준국 정보만을 이용한 위치해를 상호 비교하여 PRC 재생성 알고리즘이 우수성을 검증하였다. 실험은 옥상에 'KA' 글자를 새기고 그 위로 움직이는 동적 실험을 실시했다.

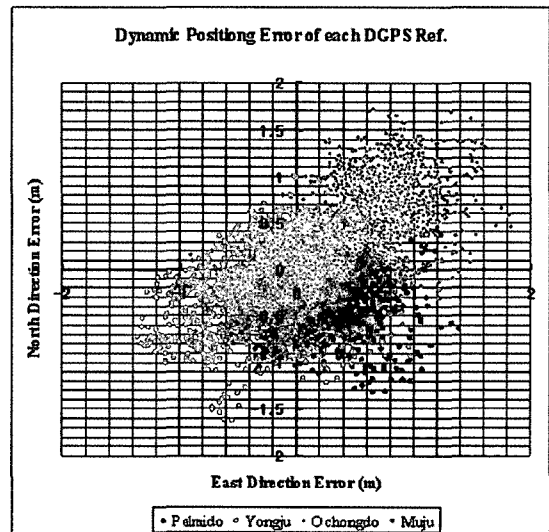
각 비교그림은 (그림 10)의 단독 DGPS 기준국 정보를 이용한 실험결과와 (그림 11)의 다중 DGPS 기준국 정보를 이용한 실험결과와 같으며, (그림 12)의 단독 DGPS 및 다중 DGPS 실험결과 비교 정리했다.

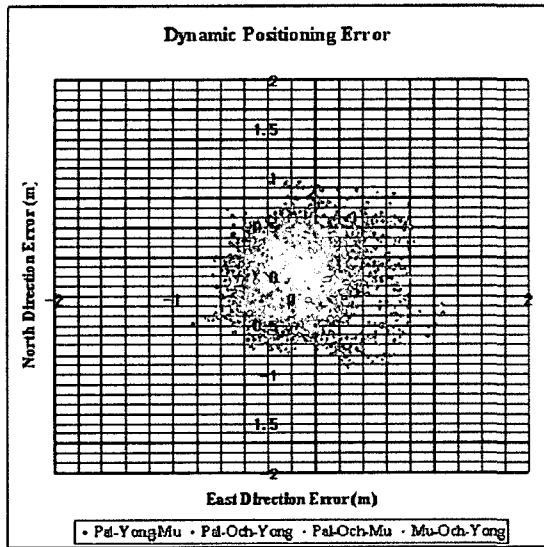


(그림 10) 단독 DGPS 기준국 정보를 이용한 실험결과



(그림 11) 다중 DGPS 기준국 정보를 이용한 실험결과

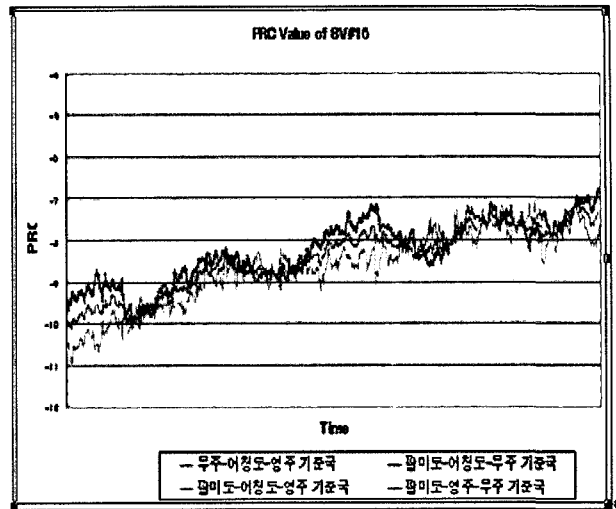
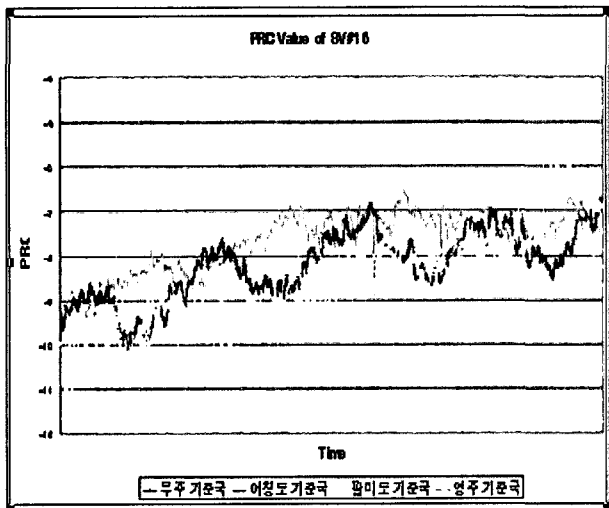




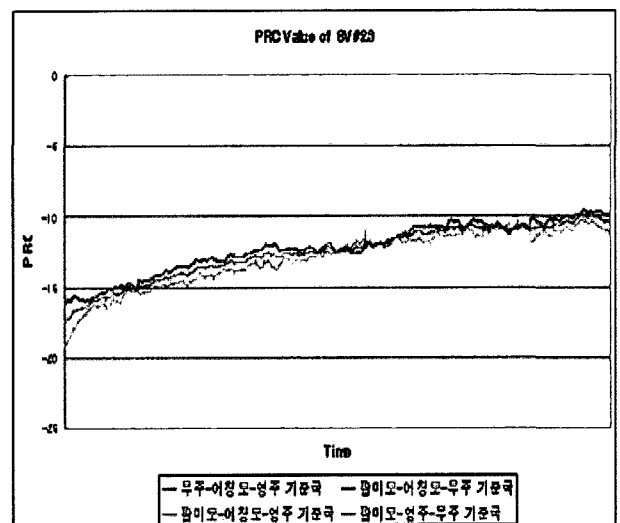
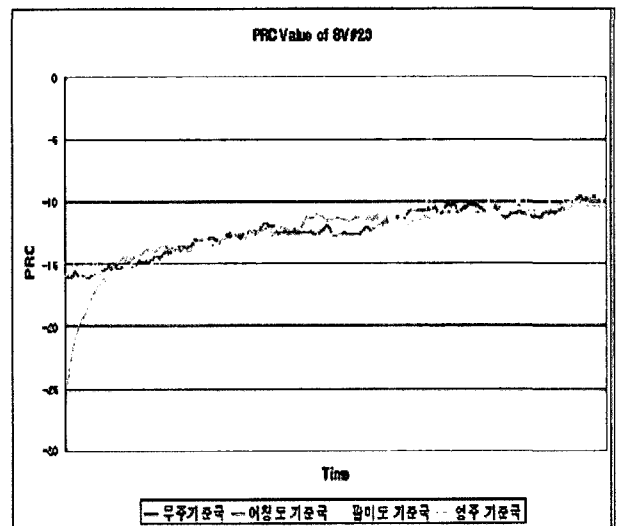
(그림 12) 단독 DGPS 및 다중 DGPS 실험결과 비교 (상:단독DGPS, 하:다중DGPS)

위의 (그림 12) 단독 DGPS 및 다중 DGPS 실험결과 비교에서 볼 수 있듯이, 선형보간 PRC 재생성에 의한 위치해는 정지상태에서보다 동적 상태에서 성능의 우수함이 부각되고 있다. (그림 12)의 경우는 가장 성능이 저조한 다중 DGPS 기준국 조합(팔미도-어청도-영주 기준국)의 경우와 가장 성능이 좋은 단독 DGPS(팔미도 기준국)의 경우를 비교한 것인데, 다중 DGPS 기준국 보정정보를 이용한 경우의 동적 위치해가 기준데이터에 근접함을 볼 수 있다.

PRC 재생성 알고리즘의 또 다른 효과는 (그림 13)의 16번 위성에 대한 PRC 비교(좌:DGPS, 우:Multi-DGPS)와 (그림 14)의 23번 위성에 대한 PRC 비교(좌:DGPS, 우:Multi-DGPS)에서 알 수 있다. 관측 GPS 위성에 대한 오류사이클 등의 발생시 예상치 못한 PRC 값의 변화를 보정할 수 있어, 다중 DGPS 환경에서의 PRC 재생성 알고리즘에 의해 안정적인 위치해 성능을 보정할 수 있다.



(그림 13) 16번 위성에 대한 PRC 비교 (상: DGPS, 하: Multi-DGPS)



(그림 14) 23번 위성에 대한 PRC 비교 (상: DGPS, 하: Multi-DGPS)

5. 결 론

본 논문에서는 중파 DGPS 신호를 이용한 PRC(Pseudo Range Correction) 선형보간 알고리즘의 항법해 성능을 검증했다. 다채널 DGPS 수신기를 이용한 실시간 환경에서 현장 실험결과를 토대로 다중 DGPS 신호 이용환경 하에서 PRC 선형보간 알고리즘을 이용한 위치해 성능향상을 위한 알고리즘을 제안했다. 동적 상태 에서의 위치해 성능평가 기준으로 RTK-GPS 측위 결과를 이용, 다중 DGPS 기준국 정보를 이용한 위치해와 단독 DGPS 기준국 정보만을 이용한 위치해를 상호 비교하여 PRC 재생성 알고리즘의 우수성을 검증했다.

다중 DGPS 및 단독 DGPS 실험결과 비교에서 가장 성능이 저조한 다중 DGPS 기준국 조합 (팔미도-어청도-영주 기준국)의 경우와 가장 성능이 좋은 단독 DGPS(팔미도 기준국)의 경우를 비교했다. 그 결과 다중 DGPS 기준국 보정 정보를 이용한 경우의 동적 위치해가 기준데이터에 근접함을 볼 수 있듯이, 선형보간 PRC 재생성에 의한 위치해는 정지 상태에서 보다 동적 상태에서 성능의 우수함이 부각되고 있음을 실험결과를 통하여 증명했다.

본 논문의 결과는 실험을 통해 확인한 바와 같이 다중 DGPS 이용환경에서 PRC 재생성알고리즘을 사용할 경우, 정확하고 안정적인 위치해 및 항법성능을 기대할 수 있다.

관측 GPS 위성의 오류사이클의 발생시 예상치 못한 PRC 값의 변화를 보정한다. 다중 DGPS 환경에서의 PRC 재생성 알고리즘에 의해 안정적인 위치해 성능을 보장하여 11개의 해상 DGPS 기준국과 6개의 내륙용 DGPS 기준국으로 해양용 DGPS가 내륙 산간지역을 제외한 전 국토의 65% 지역에서 이용 가능하므로 내륙 DGPS 기준국 서비스로 미지의 사용자 위치를 표현할 수 있는 3중 보정(coverage) 서비스를 이용할 수 있다. 또한, 육상이용자를 위한 GPS 위치 오차를 실시간 제공하여 지형측량의 성과향상 및 측량산업의 발전 및 정밀 지적도 제작을 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] DGPS 구축 현황, 해양수산부 위성항법 사무소 2005. 12.
 [2] DGPS 수신기 기술개발 및 정책수립을 위한 연구개발 보고서, 해양수산부 & 한국항공우주연구원, 2002. 05.
 [3] 위성측위 보정시스템 국가공유 망 구축방안 연구개발 보고서, 정보통신부, 2001. 05.
 [4] FAA, "Requirements document for the Local Area Augmentation System(LAAS)", 1997. 10.
 [5] Swedish CAA, "Technical Description : The GNSS Transponder/MXP3501", July, 1998.
 [6] "Minimum Aviation System Performance Standards DGNSS Instrument Approach System: SCAT-I," RTCA/DO-217, 1995.

[7] Parkinson, B. W., Spilker, J., Jr.,Axelrad,P., (eds.), The Global Positioning System: Theory and Applications, Volume1 1, AIAA, Washington, DC, 1996.
 [8] Loomis, P., Sheynblatt, L., Muller, T., "Differential GPS Network Design," Proceedings on ION-GPS '95, The Institute of Navigation., Alexandria, VA, U.S.A., pp.511-520.
 [9] R.F. van Essen, G.W.A. Offermans, A.W.S. Helwig & D. van Willigen, "Regional Area Augmentation Concept for Eurofix-Reducing Spatial Decorrelation Effects through Multi-station DGPS," 26th Annual Technical Symposium of the International Loran Association, Ottawa, Canada, October, 6-9. 1997.
 [10] 박용희 외 5인, 다중 DGPS 기준국 보정정보를 이용한 항법해 성능향상 연구, 제10차 GNSS 워크샵, 2003. 11.
 [11] Kyung Ryooh Oh, ETC, "Development of Navigation Algorithm to Improve Position Accuracy by Using Multi-DGPS Reference Stations'PRC Information," 2004 International Symposium on GNSS/GPS, Sydney, Australia, 6-8 December, 2004.
 [12] Saab Celsius TransponderTech, "Technical Description - Transponders for Universal AIS," DOC No : TFA-9912.
 [13] FAA, "Specification Local Area Augmentation System : Ground Segment," Draft ver.2.0, 1998. 02.
 [14] Greenspan R.L "Global Navigation Satellite Systems," AGARD-LS-207, NATO, pp.1-9, 1996.
 [14] lachapelle G. "Navigation Accuracy for absolute Positioning", AGARD-LS-207, NATO, pp.4-1, 4-10, 1996.
 [15] 김종철 외 8명, 위성항법시스템(GNSS) 개발 2차년도사업 최종보고서, 한국항공우주연구원 & 한국항공공단. 1999. 12.
 [16] 박찬식, GPS 반송파 위상신호를 위한 자세결정, 서울대 박사 학위 논문, 1997. 02.



송복섭

e-mail : serve73@hanbat.ac.kr
 2005년 국립 한밭대학교 컴퓨터공학과(학사)
 2005년~현재 국립 한밭대학교 정보통신 대학원 컴퓨터공학과 석사과정
 1994년~1999년 (주)아이디스
 1999년~2005년 한국항공우주연구원

관심분야 : 데이터통신, 컴퓨터네트워크, 정보보호, 알고리즘, DGPS, DGNSS



오 경 루

e-mail : bigoh@kari.re.kr

1995년 인하대학교 항공우주공학과
(공학사)

1998년 인하대학교 항공우주공학과
(공학석사)

2006년 한국과학기술원 항공우주공학과
박사과정

2002년~현재 한국항공우주연구원 선임연구원

관심분야: DGNSS, CNS/ATM, 충돌회피알고리즘 등



김 정 호

e-mail : jhkim@hanbat.ac.kr

1980년 경북대학교 공과대학 전자공학과
(공학사)

1983년 경북대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)

1994년 단국대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학박사)

1983년~1996년 한국전자통신연구소 책임연구원, 실장

1989년 정보처리기술사

1990년 공업계측제어기술사

1991년 정보통신기술사

1996년~현재 국립한밭대학교 정보통신·컴퓨터공학부 교수

관심분야: 데이터통신, 컴퓨터네트워크, 통신서비스