

RTK GPS 측량에 의한 3차원 지형 해석

신상철* · 서철수**

Analysis of 3 Dimension Topography by Real-Time Kinematic GPS Surveying

Sang-Cheal SHIN · Chul-Soo SEO

요 약

본 연구에서는 실시간 동적 GPS 측량의 응용을 위해 우선 전국에 분포된 상시관측점들의 동경기준계 성과를 도출하고, 후처리에 의한 연속 동적 GPS 방법과 실시간 동적 GPS 방법을 적용하여 육상과 해상지역에 대한 지형 해석을 시도하였다.

실시간 동적 GPS 측량을 위한 초기 조건과 관측 시간대를 고려한 다음, 후처리에 의한 연속 동적 GPS 측량과 실시간 동적 GPS 측량을 수행하였으며, 본 연구를 위해 실시간으로 GPS 관측 자료를 저장할 수 있는 프로그램을 개발하여 결과값을 동시에 저장하고 controller를 통해 관측 당시의 위성 상태를 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안하였다.

실시간으로 관측된 GPS 관측값의 위치 정확도는 후처리에 의한 정확도와 같은 정도로 획득할 수 있었으며, 항만의 매립, 준설공사나 하천에서의 유사량 변화 탐지 등에 매우 높은 정확도로 수치지형모형을 구축할 수 있었고, 해안 지형의 특성 해석에 유용하게 응용될 것으로 기대된다.

Keywords : 실시간 동적, 연속 동적, 상시관측점, 수치지형모형, Real-Time, Kinematic, Continuous operating Reference Station, Digital Terrain Model.

ABSTRACT : To apply the real-time kinematic GPS surveying technique, this research has tried to obtain the TOKYO datum first from the continuous reference stations distributed all over the country. Then, analysis of the geography of a coastal area including both of

* 동아대학교 토목해양공학부 강사

** 신구대학 건설정보계열 지적전공 부교수

land and sea has been carried out by the post-processed continuous kinematic GPS technique and the real-time kinematic GPS surveying technique.

After considering the initial conditions and measuring time zone for real-time kinematic GPS, post-processed and the real-time kinematic GPS measurements have been carried out. A new system has been proposed to store measured data by using a program developed to store GPS data in real time and to monitor the satellite condition through controller simultaneously.

The accuracy of GPS data acquired in real time was as good as that acquired by post processing. It is expected that it will be useful for the analysis of coastal geographic characteristics because DTM can be also constructed for the harbor reclamation, the dredging, and the variation of soil movement in a river.

1. 서 론

위성 레이저 거리측량 (Satellite Laser Ranging ; SLR), 초장기선 간섭계 (Very Long Baseline Interferometry ; VLBI), GPS (Global Positioning System)와 같은 거리측량 기법을 바탕으로 기선길이가 수천 Km 이상이 되는 행성의 어떠한 위치도 수 cm 수준의 정확도로 결정하는 위성측량 시대가 도래하였다. 이러한 기술 중 GPS는 가격이 저렴하고 높은 신뢰성으로 인하여 대중적인 그 활용 가능성이 높기 때문에, 절대좌표와 상대좌표의 해석, 위성 정보 해석, 변위량 보정, 측지측량, 해상 측량, 차량, 항공, 우주, 그리고 군사분야 등의 다양한 면에서 이용된다.1) GPS의 여러 응용분야에서는 수 m에서 1m 이하의 정확도가 요구되어지는데 DGPS (Differential GPS) 기술로 가능하다.2) 그러나, 미터 이하 정확도나 센티미터 정확도는 실시간 작업을 요하는 분야인 건설분

야 측량, 준설, 해양측량과 지진측량, 그리고 항공기 이착륙 등에서 요구된다.3)

코드를 이용하는 GPS 응용기술은 계산 알고리즘이 단순하고 실시간의 응용이 가능하다는 장점이 있으나 계산된 위치의 오차가 m수준으로 비교적 크기 때문에 mm수준의 위치정보가 필요한 응용분야에서는 반송파 위상을 이용하는 응용기술이 발전하였다.

이러한 응용분야들은 OTF 미지정수 (Ambiguity resolution On The Fly) 탐색기술이 실시간으로 작동할 것을 요구하며, 실시간 동적 GPS 측량의 개념은 1985년 Remondi 4)에 의해 사용된 이후에 여러 기법이 개발되었다. 최근에는 OTF 미지정수 결정에 초점을 두고 이 목적을 위해 여러 기법이 개발되고 있다. 동적측위 알고리즘은 1980년대 말에 개발되었으나, 1993년까지 통합된 실시간 동적측위 시스템은 사용되지 않았다. 완전한 통합 RTK 시스템은 GPS 수신기가 소형, 경량이어야 하고 전원공급이 적을 것이 요구되며, 적

절한 계산능력과 자료 전송능력이 필요하고 측량과 항법을 위한 GPS의 응용은 검증과 확인에 시간을 요하는 점진적 과정이다.7)

수 개의 회사와 연구기관에서 지난 수년 동안 RTK 시스템을 개발하였는데, Trimble은 4000SE/SSE GPS 수신기로 고 정밀도의 실시간 시스템을 개발했다. 이 시스템은 초기화가 완료되고 양쪽 수신기가 최소 4대 위성을 동시에 추적할 수 있을 때, 자동적으로 위치, 이중차 위상 부동 미지정수 위치와 이중차 위상 고정 미지정수 해를 계산한다. Ashtech는 진보된 Z-12 수신기와 PNAVTM 소프트웨어를 중심으로 한 실시간 GPS 지형측량 시스템을 개발했다.8) 미 육군의 TEC(Topographic Engineering Center)와 JECA (John E. Change Associations)는 Remondi 9)가 개발한 OTF 알고리즘을 통합한 준설용 실시간 OTF GPS 측위 방법을 개발했다.10)

따라서, 본 연구에서는 국립지리원에서 건설한 GPS 상시관측점의 향후 활용 가능성을 제시하기 위하여 상시관측점 성과를 이용하였으며, 각종 건설분야에 동적 GPS 측위의 활용성을 제시하고자 해안 지형에서 실시간 동적 GPS 측량을 수행하여 얻어진 관측값을 분석함으로써 지형 공간정보체계의 자료기반으로 그 활용 가능성과 현장 적용성을 검증하였다.

2. 연구목적과 범위

본 연구에서는 후처리에 의한 연속 동적 GPS 측량과 OTF 초기화에 의한 실시

간 동적 GPS 측량 방법에 의해 기선벡터의 정확도를 분석하고 3차원 위치결정에 의한 지형 분석을 통하여 보다 경제성 있는 동적 GPS 측위의 활용 방향을 제시하기 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다.

범국가적인 차원에서 추진중인 GPS 상시관측점의 활용 가능성과 차후 실시간 자료 전송을 통해 실시간 동적 GPS 측위에서 기준국의 정확도를 분석하기 위하여 국립지리원에서 설치한 전국의 8곳 GPS 상시관측점을 선정하여 24시간 관측자료를 이용하여 정밀 기선처리를 하여 실시간 동적 관측시 초기 자료로 활용하였다.

또한, 각종 건설분야에서 동적 GPS 측위 후처리에 의한 연속 동적 관측과 실시간 동적 관측을 동시에 수행할 수 있는 알고리즘을 이용하여 실시간 관측시 동적 관측 자체의 특성에 의해 발생할 수 있는 오차를 보정하여 정확도를 향상시킬 수 있는 방법을 제안하였다.

3. 연구방법

3.1 실시간 동적 관측을 위한 GPS 기준점 성과

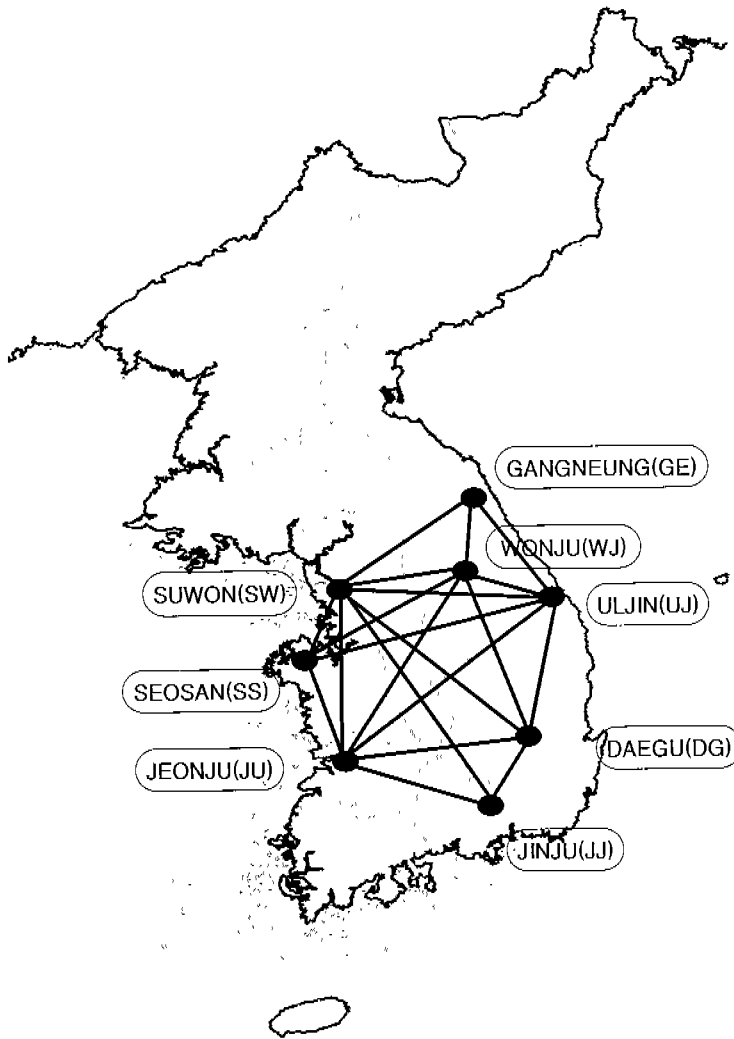
위성측지 기술이 범세계적으로 보편화됨에 따라 각국의 고유 측지좌표계를 세계 단일 지구중심 측지좌표계로 전환하고 있으며, 우리나라도 지구중심 측지계로 전환하여 높은 정확도의 국가기준점 체계를 확립하고 위성 측지기술의 실용화와 세계측지망과의 연계를 통한 측지기술 발

전에 기여하고자 국립지리원에서는 현재의 타원체 좌표계가 지니고 있는 여러 가지 미흡함을 극복하고 GPS 등의 위성측지 기술의 실용화에 따른 측량기술의 혁신을 도모하여 21세기 위치기준의 시대적 요청에 대한 다양한 수요에 적극적으로 대응하여야 한다.

국립지리원에서는 GPS 상시관측점을 1

등 위성 측지기준점으로 50km 등간격으로 배치하여 전국에 50점을 배치하고, 정밀 1차 기준점 및 수준점 중 약 210점을 전국에 20km~30km 등간격으로 배치하여 2등 위성 측지기준점으로 활용할 계획이다.

따라서, GPS 상시관측점이 상용화될 경우 각종 정밀 기준점 측량 및 현황측량에 위치정보를 서비스할 수 있으며, 선박, 항



[그림 1] GPS 상시관측점들의 관측망도

공기, 자동차 등의 항법시스템, Airborne-GPS, GPS Van-photogrammetry 등에 활용이 가능하다.

그러므로, 본 연구에서는 GPS 상시관측점에 대하여 정밀 기준점 측량과 실시간 동적 측량시 위치정보 전송을 위한 고정국의 역할을 검증하고자 하였다. 향후 GPS 상시관측점에서 관측된 자료가 인터넷을 통한 실시간 서비스가 이루어진다면 여러 가지 항법장치에서 위치정보 보정자료로 활용이 가능해지고, 시가지 지역의

정밀측량, 해안지역에서의 준설 및 매립 공사, 대형 구조물의 실시간 모니터링 등에 활용을 위하여 GPS 상시관측점에 실시간 자료 전송을 위한 표준장치가 요청되어질 것이다. 제작회사가 다른 수신기간에도 상호 호환될 수 있는 표준 자료전송이 이루어진다면 활용가능성이 높다고 사료된다.

국내의 GPS 응용을 위한 상시관측점(Continuous Operating Reference Station : CORS) 성과를 산출하고자 도상계획과 현

<표 1> GPS 상시관측점들의 기선 해석 결과

CORS From ⇨ To	Baseline analysis type	Baseline distance (m)	Baseline vector (m)		
			ΔX	ΔY	ΔZ
JU ⇨ JJ	Iono Free Fixed	111424.615	-92115.817	-16354.893	-60519.738
JU ⇨ DG	Iono Free Fixed	150683.985	-116164.650	-95808.698	5668.389
JU ⇨ UJ	Iono Free Float	240764.197	-113509.219	-185915.063	102560.445
GE ⇨ UJ	Iono Free Fixed	99003.131	-70562.436	10268.257	-68681.333
SS ⇨ JU	Iono Free Fixed	118450.157	-82826.566	14601.759	-83408.562
SS ⇨ WJ	Iono Free Fixed	143430.680	-80280.811	-107948.039	49745.072
SS ⇨ UJ	Iono Free Float	261271.486	-196335.792	-171313.314	19151.884
SW ⇨ JJ	Iono Free Float	249852.965	-154980.017	54777.647	-188167.765
SW ⇨ JU	Iono Free Fixed	159077.863	-62864.178	71132.505	-127648.064
SW ⇨ GE	Iono Free Fixed	169511.332	-105811.002	-125050.826	43593.743
SW ⇨ SS	Iono Free Fixed	74507.441	19962.384	56530.797	-44239.474
SW ⇨ DG	Iono Free Float	218035.041	-179028.813	-24676.227	-121979.700
SW ⇨ WJ	Iono Free Fixed	79450.432	-60318.479	-51417.320	5505.588
SW ⇨ UJ	Iono Free Float	211924.516	-176373.411	-114782.545	-25087.601
DG ⇨ JJ	Iono Free Fixed	106170.289	24048.827	79453.922	-66188.054
WJ ⇨ JU	Iono Free Fixed	180982.960	-2545.746	122549.853	-133153.612
WJ ⇨ GE	Iono Free Fixed	94563.113	-45492.592	-73633.540	38088.163
WJ ⇨ DG	Iono Free Fixed	176237.734	-118710.413	26741.075	-127485.261
WJ ⇨ UJ	Iono Free Fixed	135719.751	-116054.933	-63365.283	-30593.203
UJ ⇨ DG	Iono Free Fixed	132341.527	-2655.397	90106.335	-96892.090

재 활용 가능한 상시관측점들의 수준을 평가하여 다음 [그림 1]과 같은 기준점들을 선정하였다.

기선처리 결과는 다음 <표 1>과 같으며, 200km 이내의 기선에 대해서는 L1/L2 선형조합에 따른 전리층 지연효과 보정이 이루어진 Iono free Fixed해를 산출하였다. 200km이상의 기선에 대해서는 L1/L2 선형조합을 기본으로 Iono Free Float해를 산출하였으며, 이러한 기선해석 결과들은 폐합비 분석과 망조정을 통해 2차 검증을 수행하였다.

이상과 같은 기선해석 결과로부터 산출된 7개 측정점의 WGS-84 기준계 성과는 <표 2>와 같다.

<표 2> GPS 상시관측점들의 WGS-84 좌표

CORS	Latitude	Longitude	Ellipsoid height (m)
WJ	37-20-13.94086	127-56-49.54488	182.203
GE	37-46-15.35932	128-52-05.63795	58.210
UJ	36-59-31.11089	129-24-46.80962	82.763
SS	36-46-35.09361	126-29-39.14605	53.375
JU	35-50-36.44906	127-08-06.46633	78.252
DG	35-54-22.72490	128-48-07.09906	107.497
JJ	35-10-23.11172	128-02-58.85289	123.955

기선해석에 의한 기선벡터 성분과 구속조건을 통한 3차원 망조정 성과와 각 측정점별 망조정 정밀도는 <표 3>과 같으며, 위도에 대해 0.001", 경도에 대해 0.002" 및 타원체고 성과에 대해 0.03m의 RMS 값을 도출할 수 있었다.

<표 3> 상시관측점들의 3차원 망조정 결과와 정밀도

CORS	Latitude	Longitude	Ellipsoid height (m)
	1.00σ	1.00σ	1.00
WJ	37-20-13.965608 0.007472	127-56-49.536174 0.005997	181.3695 0.050615
GE	37-46-15.359303 0.003009	128-52-05.637935 0.002483	58.2089 0.020824
UJ	36-59-31.135606 0.000543	129-24-46.799588 0.001244	81.8907 0.003899
SS	36-46-35.093691 0.000502	126-29-39.147192 0.000423	53.3236 0.003563
JU	35-50-36.449139 0.000494	127-08-06.467441 0.000421	78.2014 0.003509
DG	35-54-22.724901 0.000513	128-48-07.099012 0.001253	107.4962 0.003494
JJ	35-10-23.135816 0.001280	128-02-58.844947 0.002787	123.0895 0.008878

3.2 연구대상지역 및 선정

동적 GPS 측량 방식은 하나의 수신기를 고정점에 설치하고 다른 수신기는 실험 지역의 측정점들을 돌아다니며 측량을 실시하는 방법으로 그 효율성이 매우 높은 방법이다.

특히, 연속 동적 GPS 측량의 적용은 지도제작을 위한 GPS 측량이라는 점에서 큰 의미를 가져 왔으며, event-marker의 입력력을 사용해 이동하는 물체의 추적과 지형도 작성을 위한 해결 방법을 제공한다. 연속 동적 GPS 측량은 stop-and-go 기법과 같은 제약을 받지만 수신기가 정지되어 있을 때의 위치를 구할 뿐만 아니라 수신기가 이동할 때도 정확한 위치를 구할 수 있다. 안테나 높이에 주의를 기울인다면

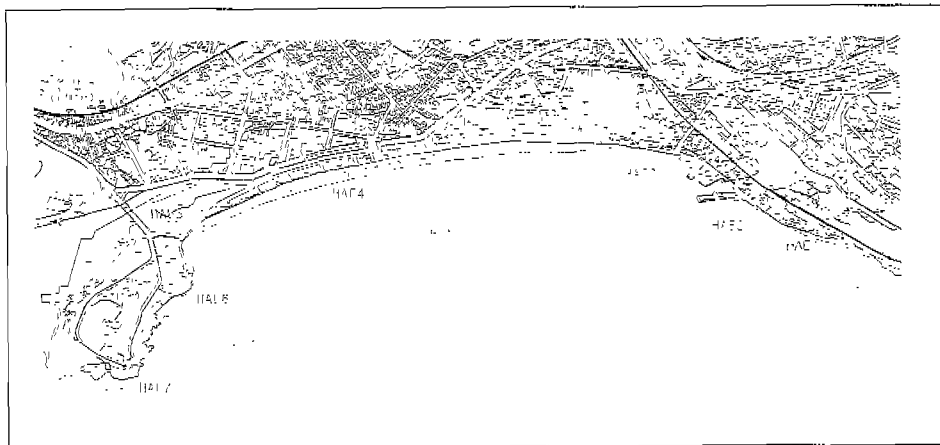
지형측량은 실험지역에 대해 연속적으로 자료를 취득할 수 있으며, 사용자는 event-marker의 위치를 계산하기 위하여 연속 동적 자료 처리를 사용할 수 있고, 관측 값은 매 epoch마다 수신기의 상대적인 위치를 계산하기 때문에 사용자는 이러한 기법을 이용해 임의의 시간이나 event-marker에 대한 수신기 위치를 계산할 수 있다. 또한, 매 epoch마다 수신기의 위치를 알고 있기 때문에 사용자는 임의 순간의 수신기 위치를 보간할 수 있다.

본 연구에서는 연속 동적 GPS 측량 방

법을 적용하여 <그림 2>와 같이 해운대해수욕장을 중심으로 연구를 수행하였다. 먼저 GPS 상시관측점들의 WGS-84 성과를 이용해 좌표변환 검증에 위한 기준점 측량을 <그림 3>과 같이 선점하여 관측하였으며, 사용한 GPS 수신기는 Ashtech사의 GPS 수신기를 사용하였다. 연구대상지 주변에 배치된 정밀 1차 기준점을 이용하여 실험 지역 내에 기준점을 끌고루 분포시키고 정적관측 방법에 의하여 4시간 관측한 결과를 이용하여 분석하였으며, 측량결과 성과표는 <표 4>와 같다.



[그림 2] 연구대상 지역인 해운대 해수욕장



[그림 3] 좌표변환 검증을 위한 기준점망도

<표 4> 좌표변환 검증을 위한 기준점 성과

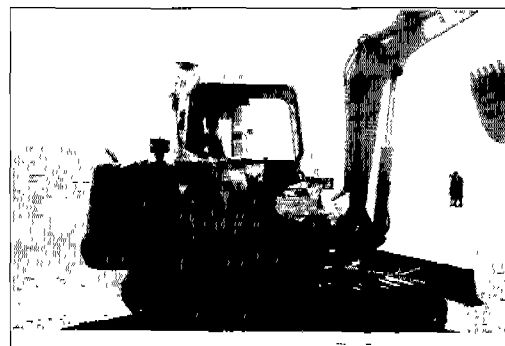
Site	WGS-84			Korea Datum		Plan Coordinate		Ortho Height
	Latitude	Longitude	Ell. H	Latitude	Longitude	X	Y	
BASN	35-10-48.546	129-05-45.769	285.216	35-10-37.430	129-05 43.516	186776.285	208690.977	254.850
KIGO	35-09-58.205	129-09-03.690	177.421	35-09-47.058	129-09-01.467	185230.490	213701.500	147.910
IIAE1	35-09-23.794	129-10-27.090	34.476	35-09-12.631	129-10-24.878	184172.877	215814.018	4.748
HAE2	35-09-27.515	129-10- 18.480	33.768	35-09-16.353	129-10-16.267	184287.191	215595.899	4.040
HAE3	35-09 33.801	129-10-08.461	33.617	35-09-22.642	129-10-06.247	184480.550	215341.994	3.889
HAE4	35-09-31.816	129-09 35.064	33.278	35-09-20.660	129-09-32.825	184418.084	214496.297	3.550
HAE5	35-09-25.393	129-09-14.179	33.213	35-09-14.238	129 09-11.953	184219.365	213968.401	3.485
HAE6	35-09-18.779	129-09-16.742	36.496	35-09-07.621	129-09-14.516	184015.566	214033.579	6.768
HAE7	35-09-08.194	129-09-09.964	45.298	35-08-57.035	129-09-07.734	183689.101	213862.440	15.570

4. 연속 동적 GPS 측량에 의한 3차원 지형 해석

해운대 해수욕장에 대한 후처리에 의한 연속 동적 처리 방법을 적용하기 위하여 사용된 수신기는 Trimble사의 4000 SSI 2 주파 수신기를 사용하였으며, 이동국의 장비 조합은 동적관측 속도에 따른 특성을 분석하고자 타이어 장비를 처음 사용하였으나, 실험지역의 지형 조건과 맞지 않아 <그림 4>와 같이 무한궤도 증장비를 이용하였다.

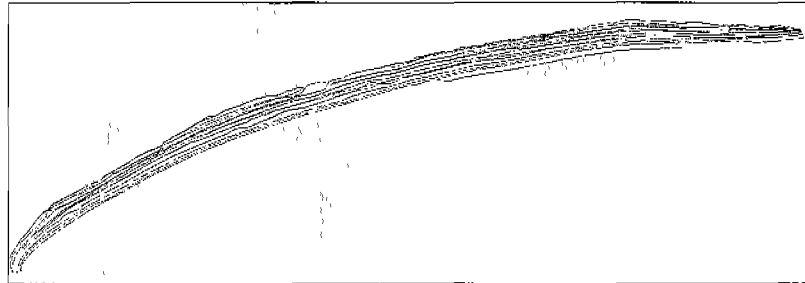
해운대 해수욕장 전체에 대한 후처리에 의한 연속 동적 처리 결과는 <그림 5>와 같으며, <그림 6>, <그림 7>과 같이 ±0.01m의 RMS와 2.0의 RDOP을 얻었다. 따라서

OTF 초기화 방법에 의한 연속 동적 GPS를 적용하여 m이내의 정확도를 갖는 WGS-84 좌표 성과를 획득할 수 있었으며, 이는 각종 건설현장 등의 공사측량에 적용 가능할 것으로 사료된다.

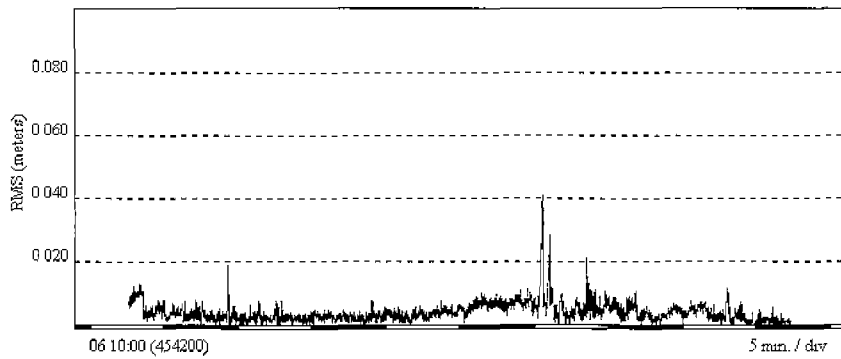


[그림 4] 이동국의 장비 구성

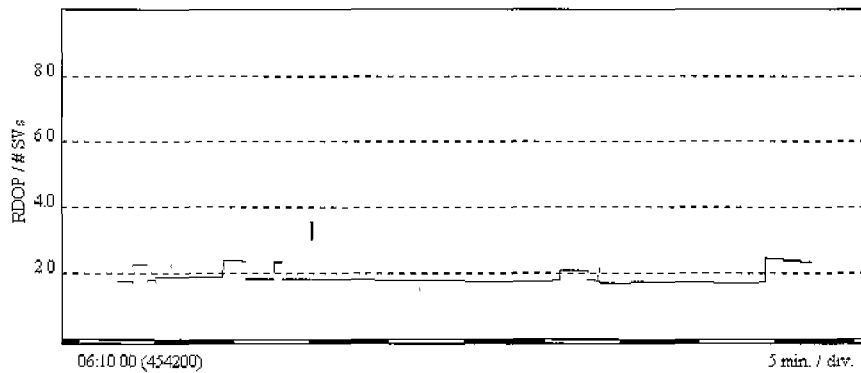
RTK GPS 측량에 의한 3차원 지형 해석



[그림 5] 해운대 해수욕장에 대한 연속 동적측량 결과



[그림 6] 연속 동적측량시의 평균제곱근오차



[그림 7] 연속 동적측량시의 RDOP

이러한 측량 결과의 적용 가능성과 정확도를 분석하기 위하여 연구대상지에 대하여 Total station을 이용하여 현황측량을 실시하였다. 인근의 정밀1차 기준점을 이용하여 삼각측량 방법에 의한 골조측량을 실시한 다음 그 성과를 이용하여 현황측량을 한 결과, 앞에서 나타낸 동적 GPS 측량 성과와 비교한 결과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 최종적으로 동적 GPS 측위에 의해 얻어진 결과와 실제 현황측량에 의해 얻어진 토공량과도 같은 결과를 얻을 수 있었다.

5. 실시간 동적 GPS 측량에 의한 3차원 지형 해석

실시간 동적 GPS 측량은 현장에서 결과를 바로 확인할 수 있으며, 정적인 동안에 자동 초기화 기능을 갖는 2주파 수신기를 사용하는 방법과 이동 중에 OTF 옵션에 의하여 자동 초기화 기능을 갖는 2주파 수신기를 사용하는 방법이 있다.

본 연구에서는 이동 중에 OTF에 의해 자동 초기화를 하는 2주파 수신기를 사용하였으며, 기준국 수신기의 GPS 관측 자료를 이동 수신기에 CMR 표준에 의해 전송하는 무선 통신을 이용하였다.

이동수신기는 이동수신기에서 관측한 자료와 Trimble사의 TDC1/Survey controller에서 전송된 결과를 처리하며, 이 방법으로 GPS를 이용하여 cm 수준의 정확도로 현장에서 측정점들의 위치를 결정할 수 있다.

5.1 육상지역 해석

해운대 해수욕장에서 후처리에 의한 연속 동적 GPS 측량을 수행하면서 동시에 실시간 동적 GPS 측량을 수행하였다. 동일 실험 지역에 대한 후처리 방식과 실시간 자료 처리 방식을 적용함으로써 두 기법상의 특성을 파악하고 정확도를 비교 분석하고자 하였다. 일반적으로 후처리에 의한 자료 저장은 GPS 수신기의 안테나에 연결된 케이블을 통하여 관측시 설정한 epoch의 간격으로 자료가 저장되고, 실시간 자료 처리에서는 TDC1/Survey controller와 수신기를 통하여 실험을 수행할 수 있다.

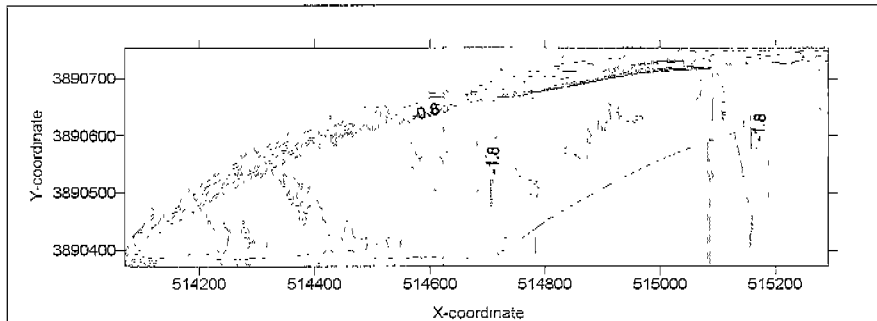
연구에서 사용한 GPS 수신기는 Trimble사의 4000SSI 수신기로 안테나에서 관측된 GPS 관측값을 수신기에서 2개의 출력 port에서 동시에 출력을 할 수 있는 시스템이다. 따라서, 하나의 port에서 출력되는 값을 연속 동적 모드로 저장하는 프로토콜로 하고, 다른 port에서 출력되는 값을 실시간 동적 모드로 저장하는 프로토콜로 구성하고 실시간 동적 관측값은 NMEA (National Marine Electronics Association) 0183의 형식으로 저장할 수 있도록 알고리즘을 개발하여 연구를 수행하였다.

앞 절의 실험에서와 마찬가지로 고정국 GPS는 같은 기준점에 배치하고, 이동국 수신기는 무한궤도 중장비에 GPS 안테나를 고정하여 수신되는 관측값을 실시간으로 저장하기 위하여 노트북 컴퓨터와 수신기를 연결하였으며, 수신기에서는 2개의 출력 port에서 각각 연속 동적 GPS 자료와 실시간 동적 GPS 자료를 출력하여 연결된 케이블을 통하여 저장하였다. 관

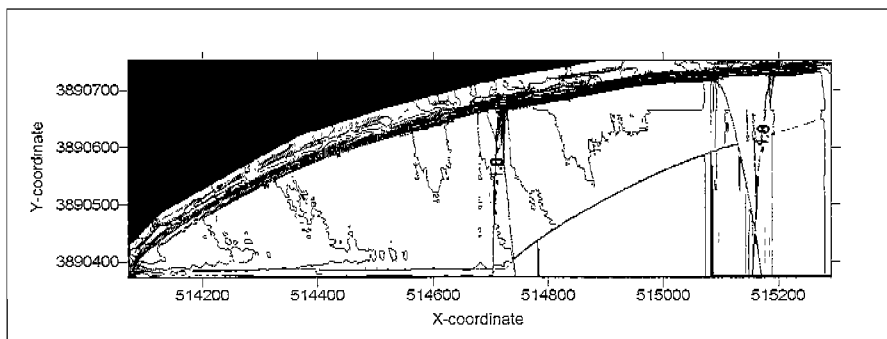
측시간 동안 실시간으로 관측되는 위성의 수, 초기화 상태, 기하구조, DOP 등을 TDC1/Survey controller를 통하여 확인하였다.

실시간 동적 GPS 관측값을 통하여 얻어진 결과와 후처리 방식의 연속 동적 GPS에 의한 결과는 같았으며, 이러한 분석 결과값을 GIS의 자료기반으로 활용 가능성을 확인하기 위하여 여러 가지 분석을 해 본 결과 [그림 8]~[그림 10]과 같은 결과들을 얻을 수 있었고, 실시간 동

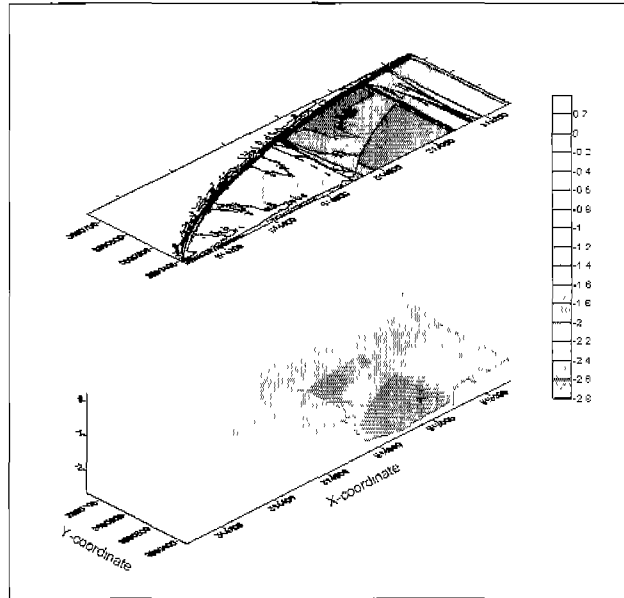
적 GPS 측량을 통하여 실시간 GIS 자료 기반 구축이 가능함을 확인할 수 있었다. 또한, 본 연구에서 적용한 기법을 이용하여 차후에 연구를 수행하고자 할 때에 두 가지 관측값의 비교 분석도 가능하고, 실제 프로젝트 수행시에 발생할 수 있는 여러 가지 오차에 대해서도 보정이 가능해진다. 또한 실시간으로 현장에서 TDC1/Survey controller를 통하여 측량시 상황을 모니터링 할 수 있는 장점이 있다.



[그림 8] 실시간 동적 GPS 관측에 의한 등고선도



[그림 9] 실시간 동적 GPS 관측에 의한 등고선도와 음영기록도의 조합



[그림 10] 실시간 동적 GPS 관측에 의한 3차원도

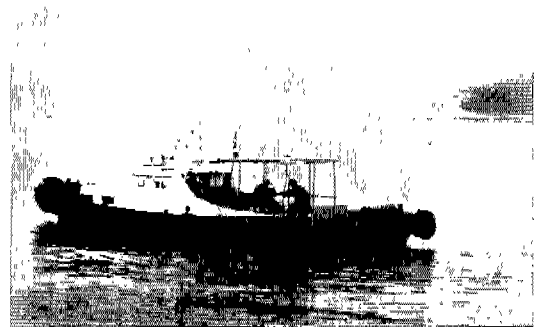
5.2 해상 지형 해석

해상에서의 수심측량, 조위관측 등의 목적으로는 일반적으로 DGPS 측위에 의한 방법을 사용하고 있지만 위치결정의 정확도가 떨어지는 관계로 본 연구에서는 실시간 동적 GPS 측량 방법으로 연구를 수행하였다.

먼저 [그림 3]에 나타낸 기준점들을 이용하여 WGS-84 좌표변환을 위한 검증을 수행하였으며, 수심측량을 위한 장비의 설치는 다음 [그림 11]과 같이 하였다.

GPS 수신기는 Trimble사의 4000SSI를 사용하였으며, 수심측량을 위한 음향측심기(echosounder)는 Marimatech사의 E-Sea sound 103을 사용하였다.

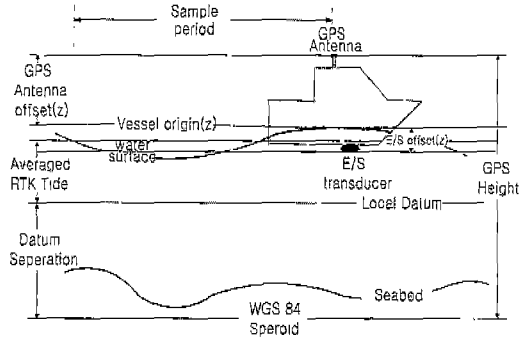
실험 장비의 구성과 관측되는 RTK GPS



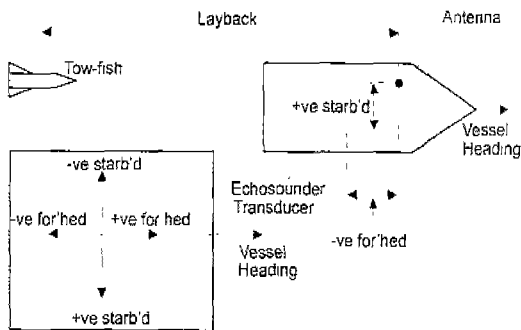
[그림 11] 수심측량을 위한 장비 구성

관측값의 관계를 자세히 도시하면 [그림 12]와 같고, 이때 선박에서의 GPS 안테나와 E/S, GPS 안테나와 수면, 물에 잠긴 2주파 변환기 등의 이격거리는 [그림 13]과 같이 정확하게 관측하여 사전 입력자료로 사용하였다.

RTK GPS 측량에 의한 3차원 지형 해석



[그림 12] 관측장비와 관측 자료의 관계



[그림 13] 선박에서 장비의 이격거리

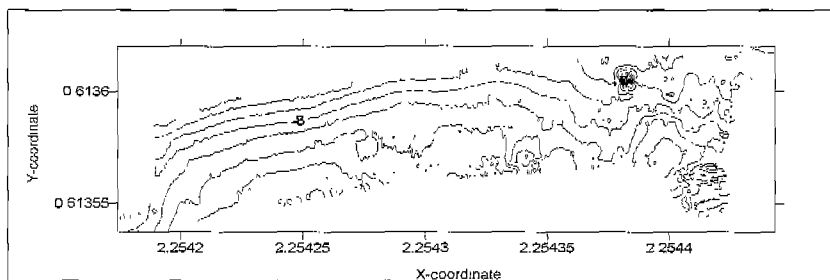
실시간으로 관측된 수심측량 결과값을 노트북 컴퓨터에 저장하고 분석하기 위하여 사용한 소프트웨어는 HYDROpro를 사용하였으며, 수심측량 당시 실시간으로

컴퓨터 모니터에 선박의 진행방향을 확인하기 위하여 측량지역에 대한 수치해도상에 선박의 진행 경로를 미리 계획한 다음 측량을 수행하였다.

실험시간 동안 조위의 변화는 정밀레벨을 통하여 관측하였으며, 수심측량 결과에 보간 자료로 활용하였다. 이러한 모든 관측값은 HYDROpro 소프트웨어에서 database에 저장이 된다. 수심측량시 GPS 수신기의 epoch 간격과 E/S의 시간간격은 1초로 하여 관측값을 획득하였다.

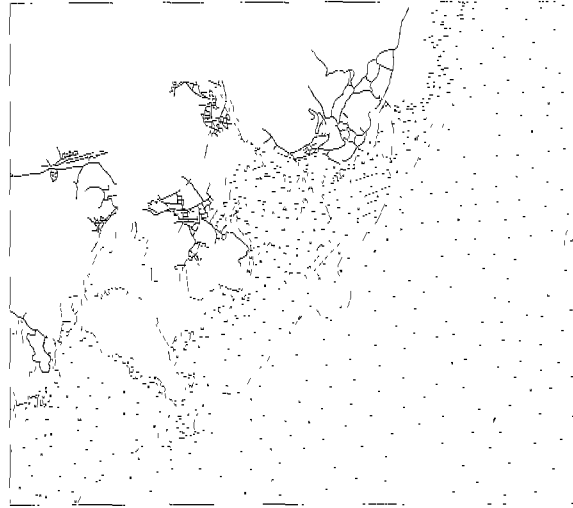
이러한 관측값을 이용하여 분석한 결과 추출된 등심선은 [그림 14]와 같고 [그림 15]와 같은 연구대상 지역의 수치해도와 비교해 볼 때 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 이러한 분석 결과를 바탕으로 실시간 수심측량 결과를 이용하여 GIS의 자료 기반으로 사용하기 위하여 이미지 맵, 경사분석도, 음영기복도, 3차원 등고선도 등을 제작한 결과 [그림 16]~[그림 18]의 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구 결과는 향후 항만공사시 준설, 매립공사의 기초자료로 활용이 가능하고, 해빈의 이동, 댐 축조에 의한 유사량 조사 등에 매우 정확한 자료 획득이 가능해 활용 가능성이 높을 것으로 판단된다.

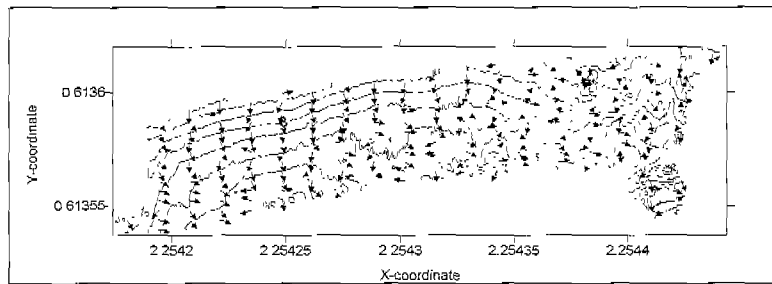


[그림 14] 실시간 동적 GPS 측량에 의한 수심측량의 등심선

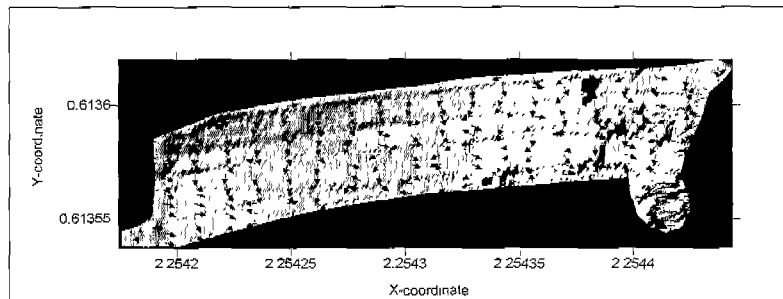
신상철 · 서철수



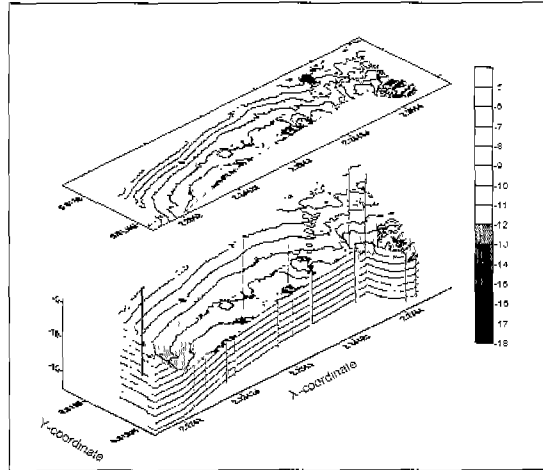
[그림 15] 수심측량 지역의 수치해도



[그림 16] 실시간 동적 GPS 측량에 의한 수심측량의 경사도와 등심선의 조합



[그림 17] 실시간 동적 GPS 측량에 의한 수심측량의 음영기복도와 등심선의 조합



[그림 18] 실시간 동적 GPS 측량에 의한 수심측량의 3차원도

6. 결 론

실시간 동적 GPS 측량의 효율성을 제고하기 위해 상시관측점들의 좌표변환 특성을 고찰하였고, 연속 동적 GPS 방법과 실시간 동적 GPS 방법을 적용하여 해안 지역에 대한 지형 분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. GPS 상시관측점이 상용화 될 경우 고정밀도의 위치정보를 실시간으로 서비스 할 수 있고, 높은 정확도로 결정된 3차원 위치정보는 항법시스템에 유용하게 응용될 수 있음을 알았다.
2. 실시간으로 GPS 관측 자료를 저장할 수 있는 알고리즘을 이용하여 후처리에 의한 연속 동적 GPS 측량과 실시간 동적 GPS 측량 결과를 동시에 처리하

여 위치결정 정확도를 향상시킬 수 있었다.

3. 실시간 동적 GPS에 의해서도 후처리에 의한 성과와 매우 접근된 결과를 얻을 수 있었으므로 지형공간정보체계 자료 기반 구축에 효율적으로 응용할 수 있을 것이며, 특히 항만의 매립이나 준설 시 또는 하상의 유사량 변화나 댐 저수면의 유사량 측정시 유용하게 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) Lachapelle, G., 1995, "GPS Theory and Applications", Lecture Notes for ENGO 625, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary.
- 2) Abousalem, M. A., 1996, "Development and

- Analysis of Wide Area Differential GPS Algorithm”, Ph. D Dissertation of Department of Geomatics Engineering, No. 20083, The University of Calgary.
- 3) RTCM, 1994, “Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service (Version 2.1)”, RTCM SC-104, Washington, D. C.
 - 4) Remondi, B. W., 1985, “Performing Centimeter Accuracy Relative Surveys in Seconds Using GPS Carrier Phase”, Proceedings of First International Symposium on Precise Positioning with GPS, Rockville, Maryland, April, pp. 789-797.
 - 5) Griffioen, P., Allison and S. Dreier, 1993, “Real Time Kinematic : The Next Surveying Tool”, Proceedings of 1993 National Technical Meeting of the Institute of Navigation, San Francisco, CA,.
 - 6) Gefsrud, R., X. Qin and W. Martin, 1995, “Real-Time GPS Land Surveying”, Proceedings of National Technical Meeting, Anaheim, CA, Jan. 18-20, The Institute of Navigation, pp. 287-292.
 - 7) Remondi, B. W., 1991, “Kinematic GPS Results Without Static Initialization”, Proceedings of the Institute of Navigation 47th Annual Meeting, Washington, D. C., pp. 87-111.
 - 8) Frodge, S., V. Labrecque, and R. Baker, 1995, “Performance of the Real-Time On-The-Fly GPS Positioning System on Board a Dredge”, Proceedings of National Technical Meeting, Anaheim, CA, Jan. 18-20, The Institute of Navigation, pp. 505-512.
 - 9) 이종출, 이재원, 신상철, 1997, “GPS-위성 보조에 의한 대규모 지역의 결합변들블력 조정”, 대한토목학회 논문집 제III-1호, pp. 71-79.
 - 10) 이종출, 문두열, 신상철, 1997, “KDGPS 측위에 의한 투영중심좌표 결정을 위한 수신기 위치의 보간”, 한국측지학회지 제 15권 2호. pp. 165-173.
 - 11) 김동현, 1997, “실시간 GPS 정밀측량을 위한 이동중 위치결정에 관한 연구”, 서울대학교 대학원, 박사학위 논문.