

내비게이션과 연동된 근접수치사진측량시스템 적용 The Application of Digital Close-Range Photogrammetric Linkage to Navigation System

최 현¹⁾ · 안창환²⁾ · 홍순헌³⁾

Choi, Hyun · Ahn, Chang Hwan · Hong, Soon Heon

Abstract

Digital photogrammetric systems have been shown many possibilities to image analysis division through obtaining the independent images from the digital camera which takes storage capacity itself and treating the images in real time by digital photogrammetric measuring method. And GPS which can get 3D coordinates easily anywhere in the world is used usefully in many fields. This study is about the development of the application of digital close-range photogrammetric linkage to navigation system. The result of error on this study is analysed through comparing and analysing Sokkia GRS2600, Nikon D200+GPS101, Nikon D200+GPSmap 60CSx. The existing system indicates mean errors of coordinate 14.228m, error of altitude 8.412m and in the system used in this study, errors of coordinate and altitude is 5.837m, 5.733m each. The developed digital close-range photogrammetric linkage to navigation system maximizes convenience and usefulness, enables taking 500 photographs, one person close-range photogrammetric system within 2kg. Therefore, this study can conclude that the system is more superior than other ones.

Keywords : CCD Camera, Navigation, GPS, GPS Linkage Algorithm, Close-Range Photogrammetric System

초 록

수치사진측량시스템은 자체저장능력을 가지고 있는 디지털 카메라의 독립적인 영상획득과 수치사진측정기법을 이용한 수치영상의 실시간 처리로써 영상 해석 분야에 많은 가능성을 제시하게 되었다. 그리고 전 세계 어디에서나 3차원 좌표획득이 용이한 GPS는 많은 분야에서 유용하게 사용되고 있다. 본 연구는 내비게이션 연동 근접수치사진측량시스템개발에 관한 연구이다. 연구결과 오차를 분석하기 위해 정밀 GPS측량 시스템(Sokkia GRS2600), 상용시스템(Nikon D200+GPS101), 개발된 근접수치사진측량시스템(Nikon D200+GPSmap 60CSx)을 비교 분석하였다. 실험결과 기존시스템에서의 오차는 평균 X오차 20.591m, Y오차 9.641m, Z오차 8.699m로 나타났으나 내비게이션 연동 근접수치사진측량 시스템에서의 평균 X오차 7.219m, Y오차 5.388m, Z오차 5.735m로 나타났다. 개발된 내비게이션 연동 근접수치사진측량 시스템은 편의성과 활용성이 증대되었고 500여장의 사진촬영이 가능하였으며 2kg 이내로 1인 측량운용이 가능하므로 더 뛰어난 성능을 가지는 것으로 결론 내렸다.

핵심어 : CCD 카메라, 내비게이션, GPS, GPS연동 알고리즘, 근접수치사진측량시스템

1. 서 론

수치사진측량시스템은 대상물에 대해서 수치화된 영상을 획득하고 이를 분석, 처리함으로써 과거 고가의 장비에 의하여 처리되던 정보를 컴퓨터를 이용하여 손쉽게 처

리하고 이를 출력할 수 있는 시스템이며 자체저장능력을 가지고 있는 디지털 카메라는 독립적인 영상획득의 수행과 수치사진측정기법을 이용한 수치영상의 실시간 처리가 가능함으로써 영상 해석 분야에 많은 가능성을 제시하게 되었다. 특히 수치화된 영상을 이용하여 대상물을 처

1) 주저자 · 정회원 · 경남대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail:hchoi@kyungnam.ac.kr)

2) 정회원 · 경남대학교 공과대학 토목공학과 박사수료(E-mail:survey21c@kyungnam.ac.kr)

3) 연결저자 · 정회원 · 부산대학교 산업토목학과 교수(E-mail:hsh1963@pusan.ac.kr)

리하는 근접수치사진측량은 높은 정밀도와 다양한 수치 영상의 이용성, 실시간 처리의 효율성, 자동화 그리고 일괄된 영상 결과물의 취득이 가능할 뿐만 아니라 비용절감, 작업속도의 향상 등 경제적 측면에서도 많은 장점을 가지고 있다.

위치정보 구현이 가능한 통합형 근접수치사진측량시스템의 연구동향 중 수치사진측량분야를 살펴보면 유복모 등(1999)은 수치사진 측량을 이용하여 지형공간의 정보를 추출하는데 대한 연구를 실시하였으며, 이진덕 등(2001)은 CCD카메라 기반 산업사진측량 시스템의 기하학적 수행성 평가에 관한 연구를 실시하였다. 강준목 등(2002)은 수치사진 측량의 발전과 활용에 관한 연구를 실시하였으며, 박운용 등(2003)은 근거리 수치사진측량의 정확도 향상에 관한 연구를 실시하였다. GPS측량 분야를 살펴보면 조규전 등(2002)은 측량작업의 처리과정을 무선인터넷과 모바일장치와 연계하여 GPS와 토탈스테이션 측량장비를 제어 및 측정하는 망측위 시스템을 구축, 실험하였고, 박운용 등(2004)은 전통적 항공사진 측량방법과 GPS항공사진측량방법을 동시에 시행하고 비교 실험함으로써 GPS항공 사진측량 방법에 대한 정확도 및 효율성에 대한 연구를 실시하였으며, 김동문(2006)은 GPS를 활용하여 지적측량의 적용 가능성과 실무에서 업무실현 여부에 관한 연구를 실시하였다. 이동측량시스템분야에서는 성천복(2004)은 도로시설물도 제작과 갱신기법인 항공사진 측량, 재래식 지상측량 및 고해상도 영상을 이용했던 기법들의 단점을 극복하기위한 방법으로 주행하는 차량에 CCD카메라, GPS, INS등을 탑재하여 도로관련 시설물에 대한 다양한 정보를 획득하여 수치지도 제작하는 Mobile Mapping System을 구축에 관한 연구를 실시하였다.

그러나 지금까지의 수치사진측량을 이용하여 대상물의 위치정보를 획득하기 위해서는 삼각측량 또는 GPS 측량을 동반하여 기준점을 획득해야 함으로 막대한 비용과 시간이 소요됨으로 효율적인 자료의 갱신이 불가능하였다. 또한 기존 근접수치사진측량은 도로 및 구조물의 정보 취득 시 기준점 획득을 위해 삼각측량 또는 GPS 측량실시가 동반되어야 하므로 시간적 경제적으로 손실이 발생하였다. 따라서 GPS와 결합된 통합형 근접수치사진측량시스템 개발의 필요성 증대되고 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 단점을 극복하고자 디지털카메라에 내비게이션 연동이 가능한 근접수치사진측량시스템(그림 1)을 개

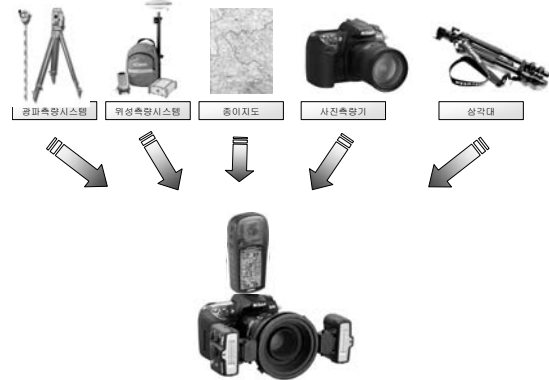


그림 1. 내비게이션 연동 근접수치사진측량

발하고자 한다.

2. 시스템의 이론적 배경

2.1 CCD 카메라를 이용한 영상획득

CCD(Charge-Coupled Device)는 전체영역을 감지할 수 있는 부분을 가지고 있기 때문에 한 번에 대상영역을 감지할 수 있다. CCD 내부에는 불연속이며 고정 상태인 감지기가 부착되어 있고 매우 정밀하게 만들어져 있다. 주사선에서 각 감지기는 전산기에 의해 직접적으로 읽는 것이 아니라 선형파를 형성한 후 영상을 취득한다.

$$I + M_f(I) + n_f(t) = v_x x \quad (1)$$

$$J + n_j(t) = v_y y$$

I, J 는 영상소 좌표, $M_f(I)$ 는 선형 CCD 배열의 이동에 의해 생기는 왜곡, $n_f(t), n_j(t)$ 는 시간에 따라 발생하는 오차, v_x, v_y 는 각각 x, y 방향의 영상취득 비율이다. CCD는 양호한 기하학적 속성을 가지므로 사진측량용으로 적합하며, 실시간으로 영상취득이 가능하다. 대상물에서 반사된 빛은 CCD 사진기의 렌즈에 의해 연속신호로 수집되고 CCD 센서가 강도를 감지함으로써 수집된 빛은 아날로그 전압신호로 전달된다. 이 신호가 A/D 변환인에 의해 수치정보로 변환이 이루어지는데, 관측목적을 위하여 이 강도는 전형적으로 0(black)에서 255(white) 범위의 그레이스케일로 변환된다. 일반적으로 CCD 사진기를 이용하여 수치영상을 얻기 위해서는 그림 3의 같이 컴퓨터 영상보드의 프레임포착기(frame grabber)가 아날로

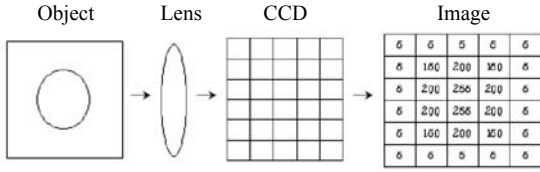


그림 2. CCD 사진기의 영상취득 원리

표 1. 본 연구에 사용된 카메라 및 제원

기종	
	
Nikon D200	
사양	
카메라 종류	디지털 일안 반사식 카메라
사진색	RGB CCD, 23.6×15.8mm 총화소: 10.92만 픽셀
사진크기	[L] 3872×2592 픽셀 [M] 2896×1944 픽셀 [S] 1936×1296 픽셀

그에서 디지털로의 변환을 수행하며 모니터상의 영상으로 출력한다(Atkinson, 1996, Kraus, 1997).

2.2 GPS를 이용한 위치결정

GPS는 인공위성을 이용한 지구위치결정체제로 정확한 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지의 소요시간을 관측함으로써 관측점의 위치를 구하는 체계이다. 현재 전세계적으로 사용되는 GPS는 미공군이 주도가 되어 1984년 8월 1호가 발사된 이래로 총 26대가 작동하고 있다. GPS 위성은 아주 정확한 세슘시계를 탑재하고 있으며, 이 세슘시계는 지상에서 전송될 때마다 시간을 수정한다, 따라서 GPS 위성들은 같은 시간체계를 가지게 된다. 실제로 GPS 위성은 원자시 차원을 가진다. 수신기 시계는 GPS 위성보다는 낮은 정확도를 가지기 때문에 위치결정을 하기위한 문제풀이에는 시계오차를 포함하게 된다. Δt 는 도달시간의 관측시간차이고 E 가 시계오차라면, 위성 s_1 에서 수신기까지의 거리 r_{1p}

는 식 (2)에 의해서 구할 수 있다.

$$r_{1p} = (\Delta t - E)c \quad (2)$$

여기서, c 는 전자파의 속도이며 관측방정식은 식 (3)과 같다.

$$\sqrt{(X_p - X_1)^2 + (Y_p - Y_1)^2 + (Z_p - Z_1)^2} = (\Delta t - E)c \quad (3)$$

여기서, X_p, Y_p, Z_p 는 지상좌표이고 X_1, Y_1, Z_1 는 투영좌표이며 네 개의 미지수 X_p, Y_p, Z_p 와 E 가 존재한다. 따라서 적어도 네 개의 위성에서 관측하게 되면 원하는 수신기의 위치와 시계오차를 구할 수 있다. 현재 GPS를 이용한 위치결정 방법은 항행하는 비행기와 선박의 위치결정과 근사적인 위치결정에 사용되고 있다. GPS를 이용하는 대부분의 측지작업과 공학작업은 소위 연속위상관측방법으로 본질적으로 수신되는 반송신호와 수신사에서 만들어지는 신호를 혼합하여 특정시간에 대한 결과로 나오는 관측값을 얻는 히트로다이닝(Heterodyning) 수신방법을 이용한다. 수신기가 $0^\circ \sim 360^\circ$ 범위에서의 순간 위상관측뿐만 아니라 시작시간으로부터 순환수 즉 $360^\circ \sim 0^\circ$ 까지의 위상변화수를 계산하는 것을 “연속위상”이라 한다. 물론 수신되는 반송파에 접근하기 위하여 수신기는 180° 의 위상변화에 의한 코드의 변조를 제거하여야 한다. 이 방법은 신호제곱처리방법에 의해 처리되며, 원래의 반송파를 만들기 위해 의사난수 이진배열에 대한 선행처리가 되어야 수행된다.

3. 시스템의 개발

3.1 적용장비

내비게이션 연동 근접수치사진측량시스템을 개발하기 위해서는 내비게이션시스템, 디지털카메라, 연동시스템 그리고 일체화를 위한 연결 슈 등이 필요하다. 통합형 근접수치사진측량시스템은 위치정보와 지도정보를 포함하므로 실시간 위치파악이 가능할 뿐만 아니라 수치사진 획득 시 위치파악이 가능하므로 시간적 경제적인 효과의 극대화가 가능할 것으로 판단된다. 근접수치사진측량시스템을 위한 카메라 모델은 GPS가 연동이 될 뿐만 아니라 화상을 얻는 센서가 CCD방식이기 때문에 CMOS방식 보다 우수한 Nikon사에서 나온 D200 DSLR카메라를 이용하였다(표 1).

표 2. 기존시스템에서 사용된 GPS 종류 및 특성


기종	
	
GPS-101	
사양	
CHIP SET	SIRFIII
채널	20Channel C/A Code
전원	3.3V 85mA
Protocol	NMEA-0183 V2.20
무게	46g

표 3. 내비게이션 종류 및 특성


기종	
	
GPSmap 60CSx	
사양	
수신기	WAAS chip/12Channel
화면	1.5×22inch, 256Color TFT
범위	-600m ~10,000m
정확도	위치 : <10m, typical 백터 : 0.05m/s steady state

표 2는 기존시스템으로 사용한 GPS의 종류 및 특성을 나타낸 것이고, 표 3은 본 연구에서 사용된 내비게이션 GPSMAP 60CSx로써 내장된 전자나침반 및 고도계는 위성고도계와 기압고도계를 자동 보정하므로 별도의 설정이 필요 없이 실제 고도보다 10~30m내로 실시간 알려주므로 1주파 GPS라도 정확도가 비교적 정밀하며 특성은 표 3과 같다.

3.2 GPS연동 알고리즘

내비게이션연동 근접수치사진측량시스템을 개발하기

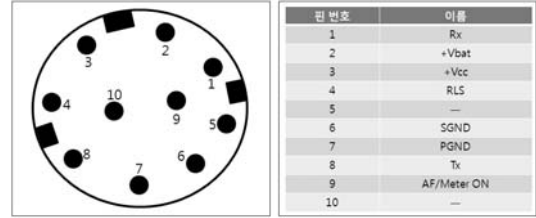


그림 3. 카메라의 핀배열

표 4. Nikon D200 카메라 핀의 역할

핀 번호	이름	기능	전원 공급 [V]	전원 컴 [V]	
				활성 모드	대기 모드
1	Rx	자료 수신	0	~4.8	~3
2	+Vbat	전력	6	~6	~6
3	+Vcc	+5V	0	~5	0
4	RLS	Shutter Release Control	0	4.56	0
5	-	-	0	4.56	0
6	SGND	Signal GROUND	0	0	0
7	PGND	Power GROUND	0	0	0
8	Tx	Dgat Transmit	0	0	0
9	AF /Meter ON	Autofocus/ meter ON	0	3/0 if half depressed release button	
10	-	-	0	0	0

위해서는 카메라와 GPS를 연결하는 연결회로가 필요하다. 니콘 D200카메라 연결단자의 구조는 그림 3과 같이 10핀 배열이며 표 4은 핀의 역할을 나타낸 것이다.

GPS와 내비게이션을 연동시키기 위해서 저항 2개와 콘덴서 5개 그리고 MAX232 IC칩을 연결시켰다. MAX232는 전자기기간에 통신할 수 있게 도와주는 칩으로 컴퓨터와 마이크로 프로세서사이에서 통신을 도와주는 역할을 한다. 여기서 MAX232는 RS232를 TTL로 바꿔주는 기능을 하고 있으며 반대로 하면 되지 않는다. 또한 TTL 신호를 높게 해야만 카메라가 GPS인식을 하게 된다. MAX232 IC칩을 이용해서 만든 회로도도 그림 4에 나타나며 연결 케이블은 그림 5의 (a)와 같다.

기존 근접수치사진측량을 위한 GPS연동카메라는 30여장 정도가 촬영 가능하므로 사진매수가 적다는 단점이 있다. 기존의 문제를 극복하기 위해서는 GPS수신을 위해

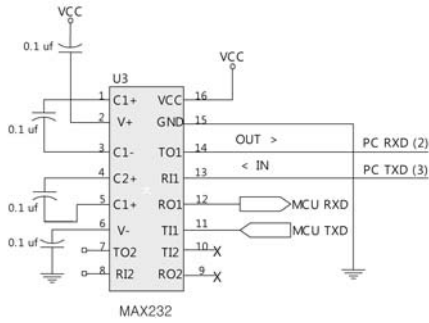
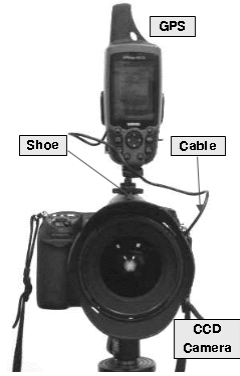


그림 4. MAX232 IC칩



(a) 내비게이션 연동 카메라



(a) 연결케이블



(b) 경위도 좌표가 나온 모습

그림 6. 내비게이션이 연동 된 카메라와 촬영위치를 나타내는 화면



(b) 카메라 연결슈

그림 5. 개발된 연결케이블과 카메라 연결슈

사용되는 전력과 근접수치사진측량시스템에 사용되는 전력을 분리하였다.

마지막으로 이동성을 편리하게 하고 카메라 촬영위치 오차를 최대한 줄이기 위해 카메라와 내비게이션을 일체화시키기 위해 카메라 스트로보를 설치하는 부위에 내비게이션을 연결하기 위해 슈(그림 5의 (b))를 제작 하였다.

그림 6의 (a)는 내비게이션과 카메라를 연동시킨 모습을 나타내고 있으며 사진상에 나타난 경위도 정보는 (b)와 같다.

4. 실험 및 고찰

4.1 근접수치사진촬영

본 연구에서 개발된 시스템의 정확도를 분석하기 위해 서 경남대학교 내 그림 7과 같이 정밀 GPS 기준점 측량을 실시하였다.

기준점 위치는 그림 8에서 나타난 바와 같이 GPS 상시 관측소와 삼각점을 연결하여 기선처리를 실시하였다. 상시관측소의 선택은 삼각점과의 거리를 고려하여 국토지리정보원 대구관측소, 진주관측소와 국토해양부 서이말 관측소 등 총 3점을 사용하였으며, 삼각점 304번을 기준국로 사용하였다. 그리고 삼각점 404번과 405번을 이동국으로 GPS관측 검정점으로 사용하였으며, 경남대학교 교내에 철재 측량용못과 몰타르로 제작한 표석 총 6점을 측설하여 이동국으로 GPS 관측을 실시하였다. 기준점을 측정하기 위해 사용된 GPS는 Sokkia GSR2600로 구체적인 제원은 표 5에 나타났다.

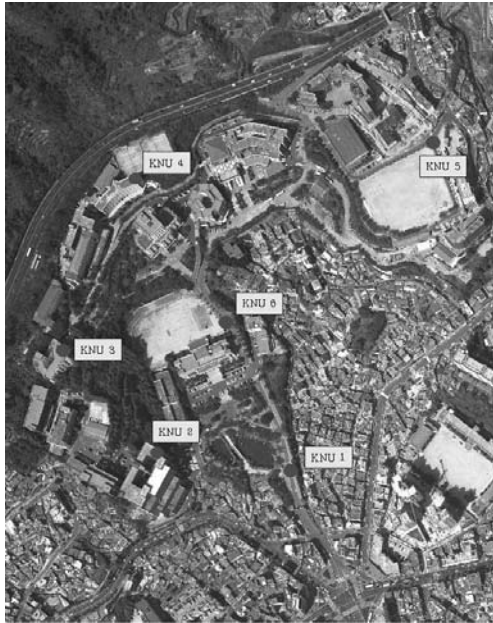


그림 7. 측설점 위치와 시스템 구현

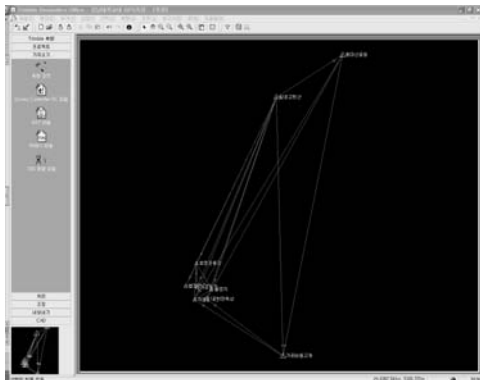
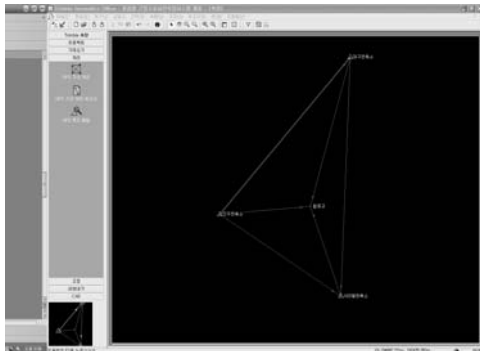


그림 8. GPS 상시관측소 현황 및 정밀 GPS 관측망도

표 5. 기준국 및 이동국 GPS수신기 종류 및 특성


기종	
	
Sokkia GSR2600	
사양	
RTK	1.0cm + 1ppm(Horizontal) 2.0cm + 1ppm(Vertical)
Static	3mm + 0.5ppm(Horizontal) 10mm + 1ppm(Vertical)
DGPS	WAAS/EGNOS : 0.8m CEP
채널	12Channel L1/L2 Full code, Carrier
Cold Start	50sec
Signal Reacquisition	L1 0.5sec, L2 0.6sec



그림 9. 시스템설치 및 촬영 모습

기준점에 설치된 카메라와 시스템운용모습은 그림 9와 같으며 카메라의 흔들림을 방지하기 위해 모노포트를 사용하였다.

실험기간은 2007년 10월 14일 ~ 2008년 3월 2일까지



KNU 1



KNU 2



KNU 3



KNU 4



KNU 5



KNU 6

그림 10. 측설점에서 촬영한 사진

표 6. 각 시스템의 관측결과

관측점	관측 방법	X(m)	Y(m)	Z(m)
KNU 1	정밀 GPS	187,253.859	159,589.199	40.727
	기존 시스템	187,222.443	159,585.010	30.830
	개발된 시스템	187,247.086	159,587.651	33.500
KNU 2	정밀 GPS	187,107.504	159,512.637	90.927
	기존 시스템	187,093.301	159,518.646	84.000
	개발된 시스템	187,099.498	159,511.083	87.000
KNU 3	정밀 GPS	187,097.269	159,320.794	111.248
	기존 시스템	187,118.896	159,308.745	107.000
	개발된 시스템	187,103.464	159,313.737	106.700
KNU 4	정밀 GPS	187,310.846	159,183.095	115.963
	기존 시스템	187,295.185	159,170.373	106.300
	개발된 시스템	187,304.397	159,178.005	110.500
KNU 5	정밀 GPS	187,671.880	159,356.013	94.133
	기존 시스템	187,648.819	159,344.018	85.200
	개발된 시스템	187,664.217	159,346.617	87.000
KNU 6	정밀 GPS	187,293.089	159,362.410	63.001
	기존 시스템	187,303.600	159,355.120	52.200
	개발된 시스템	187,285.087	159,360.097	56.900

5개월간 총 10회에 걸쳐서 경남대학교 교내에 측설한 6개의 검증점을 관측하였으며 그림 10은 관측점에 시스템을 설치 한 후 배경을 촬영한 모습이다.

4.2 관측값 비교분석 및 고찰

표 6, 7은 정밀 GPS측량(Sokkia GRS2600), 상용시스템(Nikon D200+GPS101), 통합형 근접수치사진측량시스

표 7. 각 시스템의 관측결과 비교

관측점	관측 방법	X(m)	Y(m)	Z(m)
KNU 1	기존 시스템	31.416	4.189	9.897
	개발된 시스템	6.773	1.548	7.227
KNU 2	기존 시스템	14.203	6.009	6.927
	개발된 시스템	8.006	1.554	3.927
KNU 3	기존 시스템	21.627	12.049	4.248
	개발된 시스템	6.195	7.057	4.548
KNU 4	기존 시스템	15.661	12.722	9.663
	개발된 시스템	6.449	5.090	5.463
KNU 5	기존 시스템	23.061	11.995	8.933
	개발된 시스템	7.663	9.396	7.133
KNU 6	기존 시스템	10.511	7.290	10.811
	개발된 시스템	8.002	2.313	6.111

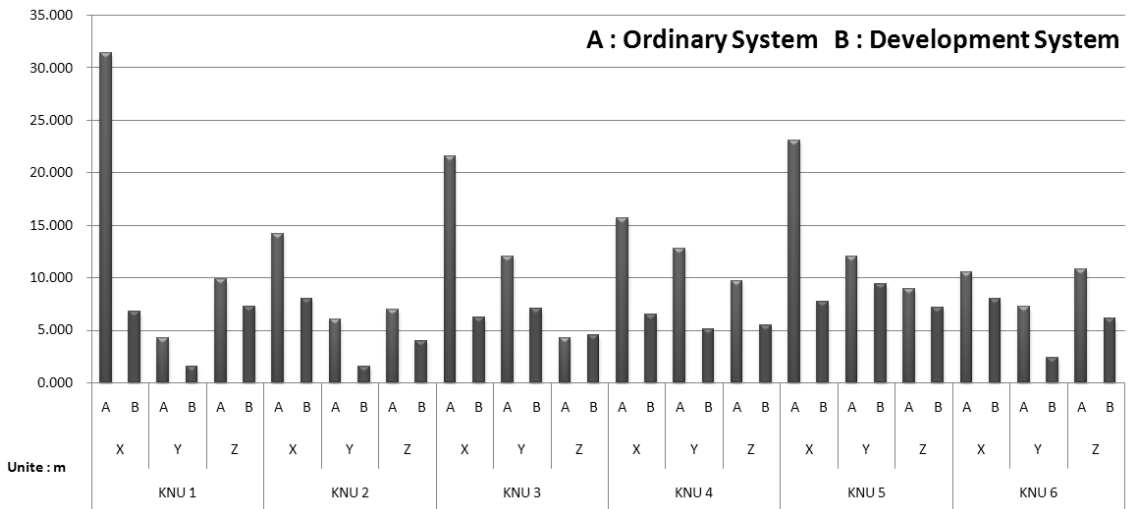


그림 11. 오차분석 결과

템(Nikon D200+GPSmap 60CSx)을 각각 관측하여 비교 분석한 것이다.

그림 11은 기존의 장비와 개발된 시스템에 대한 X, Y, Z의 오차분석결과를 나타내고 있으며 실험에서 나타난 각 시스템의 관측 결과에서 알 수 있듯이 기존의 시스템에서의 평균 X오차 20.591m, Y오차 9.641m, Z오차 8.699m로 나타났으나 내비게이션 연동 근접수치사진측량 시스템에서의 평균 X오차 7.219m, Y오차 4.493m, Z오차 5.735m로 나타났다. 기존의 시스템보다 오차가 줄어든 이유는 본 연구에서 사용된 내비게이션은 GPSMAP 60CSx로 내장된 전자나침반 및 고도계는 위성고도계와

기압고도계를 자동 보정하므로 별도의 설정이 필요 없이 실제 고도보다 10~30m내로 실시간 알려주므로 1주파 GPS라도 정확도가 비교적 정밀하기 때문이다. 향후 2주파 GPS를 연동시킨다면 수 cm 이내의 오차를 만족 할 것으로 판단된다.

개발된 시스템은 무게 2kg 이내의 경량화로 1인(人) 운용이 가능 하였으며 배터리의 소모량은 상용시스템에서 30여장의 사진을 찍을 수 있는 반면 본 시스템은 내비게이션과 카메라의 전원을 각각 공급되게 설계하였기 때문에 500장이 넘는 촬영이 가능하였다. 내비게이션 연동 근접수치사진측량시스템은 위치정보와 지도정보를 포함하

므로 실시간 위치파악이 가능할 뿐만 아니라 수치사진회득 시 위치파악이 가능하므로 지형, 도로 및 구조물이나 산사태 등으로 인한 지형변화 지역의 신속한 자료 획득이 가능할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 도로 및 시설물 등 지형지물의 급격한 변화로 기존에 제작한 수치지도 등의 결과물을 자주 갱신하거나 실시간으로 취득해야 하는 경우 효율성을 높일 수 있게 내비게이션 연동 근접수치사진측량시스템을 개발하는 것으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, GPS 관측 결과를 비교분석한 결과 X오차 7.219m, Y오차 5.388m, Z오차 5.735m로 근접수치사진측량으로 활용하는 데는 정확도가 떨어지나 2주파 GPS로 상대관측을 실시할 경우 개선될 것으로 보인다.

둘째, 내비게이션 연동 이 가능한 근접수치사진측량 시스템개발로 위치정보와 지도정보를 포함하므로 지형정보를 효율적으로 수집이 가능하였으며 실시간 위치파악으로 수치사진회득 시 정밀도 10m 이내의 위치파악이 가능할 것이다.

셋째, 본 연구 결과로 지형정보의 체계적인 모니터링이 가능해지므로 도시개발 등에 따른 경제적, 산업적 영향을 파악하는데 있어 중요한 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

향후에는 고정밀 GPS수신기를 이용하여 위치정확도를 3cm 이내로 개선함으로써 토목산업 및 여타 산업에 경제적, 산업적 파급효과를 극대화시킬 수 있는 방안을 마련해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 경남대학교 학술연구장려금 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

- 강준목, 한승희 (2002), 수치사진측량의 발전과 활용, 대한토목학회지, Vol. 50, No. 4, pp. 31-38.
- 김동문 (2006), 지적측량 실무를 위한 GPS활용, 남서울대학교논문집, Vol. 12, pp. 435-466.
- 박운용, 김용석, 홍정수 (2004), GPS를 이용한 사진기준점 측량에 관한 연구, 동아논총, Vol. 41, pp. 143-152.
- 박운용, 김진수, 정공운 (2003), 근거리 수치사진측량의 정확도 향상에 관한 연구, 동아대학교 건설기술논문집, Vol. 27, No. 1, pp. 13-22.
- 성천복 (2004), GPS/INS를 이용한 Mobile Mapping System의 활용에 관한 연구, 경기대학교 산업정보대학원 석사학위 논문.
- 유복모, 김원대 (1999), 수치사진측량을 이용한 지형공간정보 추출, 한국지형공간 정보학회지, Vol. 7, No. 2, pp. 81-91.
- 이진덕, 김익환 (2001), CCD카메라 기반 산업사진측량 시스템의 기하학적 수행성 평가, 산업기술개발연구, Vol. 17, pp. 179-195.
- 조규전, 공종덕, 류중희 (2002), GPS와 TS연동측위에 관한 연구, 한국지적학회지, Vol. 18, No. 2, pp. 103-111.
- 최현, 안창환, 강인준 (2008), 위치정보 구현이 가능한 통합형 근접수치사진측량시스템 개발, 한국측량학회 학술발표회, pp. 125-128.
- K.B. Atkison(1996), Close Range Photogrammetry and Machine Vision, WHITTLES, p. 371.
- Kraus, K.(1997), Grundlagen und Standard verfahren, 6. Auflage, Dümmler Verlag, Photogrammetrie, Band-1, Bonn, p. 392.

(접수일 2008. 7. 4, 심사일 2008. 7. 17, 심사완료일 2008. 10. 17)