

# 정밀 좌표변환 알고리즘을 이용한 인공위성 항로추적시스템에 관한 연구

장용구\* · 문두열\*\* · 최성재\*\*\* · 이용희\*\*\*\*

\* 종신회원, 동의대학교 토목도시공학부 겸임교수, \*\* 정회원, 동의대학교 토목도시공학부 교수  
\*\*\* 동의대학교 토목공학과 석사과정, \*\*\*\* 종신회원 양산대학 건설교통정보과 조교수

## A Study of GPS Ship Navigation System Using Precise Coordinate Conversion Algorithm

Yong-Ku Chang\* · Du-Yeoul Mun\*\* · Sung-Jae Choi\*\*\* · Young-Hee Lee\*\*\*\*

\* Assistant Professor, Division of Civil Urban Engineering, Donggeui University,  
\*\* Professor, Division of Civil Urban Engineering, Donggeui University  
\*\*\* Master Course, Dept. of Civil Engineering, Donggeui University  
\* Assistant Professor, Dept. of Construction & Traffic Intelligence, Yangsan College

**요 약 :** 현재 육상에서의 GPS는 자동차 항법체계(Car Navigation System)와 개인 휴대용 단말기를 이용한 위치정보체계 등이 활발히 활용되고 계속 연구되고 있는 추세에 있지만 해양에서는 그렇지 못한 실정으로 원래, GPS는 선박의 항해용 목적으로 개발된 것이지만, 해상에서 선박의 운항에 정확도는 크게 어려움을 주지 않는다는 이유로 선박의 항로확인을 위한 근사적인 위치의 표현만을 수행해왔다. 최근 항만이 복잡해지고 선박의 증가로 해양에서도 선박의 정밀한 유도가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 GPS에서 사용하고 있는 타원체인 WGS84 타원체의 지리좌표를 우리나라에서 사용하고 있는 타원체인 BESSEL 타원체의 지리좌표로 변환하는 요소인 3-parameter에 의한 타원체변환알고리즘 및 육도와 해도에서 사용하고 있는 평면직교좌표계인 TM투영과 UTM투영의 알고리즘제작 하였다. 또한, 현재 항법용 GPS 센서가 가지고 있는 정확도를 검증하기 위해 GPS의 정적측량, 동적측량에 의한 오차량을 비교검토하였으며, 선박의 항로추적을 위해서 선박에서 수신된 위치정보의 편차량을 분석하였다. 이렇게 검토된 자료를 기본으로 하여 실시간 선박항로를 추적할 수 있는 저가의 항로추적시스템 개발을 본 연구의 최종목표로 연구를 수행하였다.

**핵심용어 :** 인공위성측량, 선박항법체계, TM투영, UTM투영, 7-매개변수, 정확도

**Abstract :** The most recent GPS is working on CNS(Car Navigation System) and personal terminal, but the ocean has not been. First studied GPS is sailing to ship but We have been connivance that The ship is not need detail navigation. Lately, Harbor facilities and transportation service in harbors are complication. We have need accurate ship navigation system.

In this paper, author developed algorithms of ellipsoid conversion between WGS84 and BESSEL and developed algorithms of map projection between ellipsoid coordinate system and plane cartesian coordinate system. Author used 3-parameter in covering ellipsoids and used TM and UTM projection in converting between ellipsoid and plane cartesian coordinate.

And author analyzed errors through static surveying and dynamic surveying of GPS for proving accuracy of GPS sensor. Furthermore author analyzed deflection error of received position.

Finally author developed real time ship navigation system using cheap GPS sensor.

**Key words :** GPS, Ship Navigation System, TM, UTM, 3-parameter, Accuracy

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 필요성

GPS는 1970년대 미국방성(DoD)에 의하여 군사적 목적과 항법을 위해 개발되고, 1980년대 후반에 국내에 처음 도입되면서 현재까지 기초연구들이 꾸준히 진행되어 초기 몇백 m에

서 수십 m에 이르던 오차가 현재는 mm 정도의 오차범위까지 측정 가능하게 되었으며, 측량의 기준점 측량에서, 차량자동 항법장치, 개인 휴대용 단말기를 이용한 위치정보체계, 레저에 이르기까지 다양하고 광범위하게 활용되어지고 있다.

초기의 선박이나 비행기의 항법은 그 정도가 정확하지 않아도 가능하였으며, 현재도 그 효용성이 묵과되고 있다. 그러

\* 종신회원 : wkddydm@donggeui.ac.kr 051)890-1926

\*\* 정회원 : dymun@donggeui.ac.kr 051)890-1635

\*\*\* skydung@donggeui.ac.kr 051)890-1926

\*\*\*\* 종신회원 : yhlee@yangsan.ac.kr 051)890-8176

나 대량 화물의 운송 수단으로서 선박은 안전운항이 무엇보다 중요한 상황에서 연근해 또는 항내에서는 증가하는 해상교통 및 항만의 복잡화됨에 따라 선박 또한 정밀한 운항이 필요하게 되었으며, 선박의 대형화와 해수면의 수위변화로 인하여 해저면의 정보 또한 중요한 정보이다. 이에 변화하는 해수면에서 기존의 2차원의 수치지도는 평균해수면에서의 위치 정보만을 제공해주기 때문에 수위변화에 따른 데이터의 확인은 어렵다. 이에 해상의 심도 또한 위치와 속성의 정보화가 필요하게 되었다.

1.2 연구목적

현재 육상에서의 GPS는 자동차 항법체계(Car Navigation System)와 개인 휴대용 단말기를 이용한 위치정보체계 등이 활발히 활용되고 계속 연구되고 있는 추세에 있지만 해양에서는 그렇지 못한 실정으로 원래, GPS는 선박의 항해용 목적으로 개발된 것이지만, 해상에서 선박의 운항에 정확도는 크게 어려움을 주지 않는다는 이유로 선박의 항로확인을 위한 근사적인 위치의 표현만을 수행해왔다. 최근 항만이 복잡해지고 선박의 증가로 해양에서도 선박의 정밀한 유도가 필요하게 되었다.

GPS의 좌표계는 WGS84타원체상의 좌표자료를 취득한다. 그러나 기존 우리나라의 지형도나 해도는 WGS84의 좌표계에서 Bessel타원체의 좌표계로 변환한 후 지형도에서는 TM, 해도에서는 UTM의 투영법에 의하여 지도제작이 이루어 지고 있기 때문에 같은 지역에서도 지리정보 시스템과 해양정보 시스템으로 2개의 자료가 중복적으로 조사되고 관리되어지고 있으며, 두 자료는 위치 정보에서도 다른 투영법을 사용하기 때문에 동일한 지점의 위치정보를 따로 관리하고 있어서, 위치 정보 획득에 대해서도 혼란을 야기 시키고 정확한 항법의 장애를 유발 시키고 있다.

본 연구에서는 GPS에서 사용하고 있는 타원체인 WGS84 타원체의 지리좌표를 우리나라에서 사용하고 있는 타원체인 BESSEL 타원체의 지리좌표로 변환하는 요소인 3-parameter에 의한 타원체변환알고리즘 및 육도와 해도에서 사용하고 있는 평면직교좌표계인 TM투영과 UTM투영의 알고리즘을 제작 하였다. 또한, 현재 항법용 GPS 센서가 가지고 있는 정확도를 검증하기 위해 GPS의 정적측량, 동적측량에 의한 오차량을 비교검토하였으며, 선박의 항로추적을 위해서 선박에서 수신된 위치정보의 편차량을 분석하였다. 이렇게 검토된 자료를 기본으로 하여 실시간 선박항로를 추적할 수 있는 저가의 항로추적시스템 개발을 본 연구의 최종목표로 연구를 수행 하였다.

본 연구는 전체 2단계의 연구과정중 1단계 연구로 차후 2단계에서는 해양지리정보체계의 지리정보 및 속성정보를 활용한 실시간 항로추적시스템 개발연구와 육도와 해도를 통합관리 데이터베이스 구축에 대한 연구를 지속적으로 수행해 국가 지리정보체계와 해양지리정보체계의 연계성과 효율성을 제시 할 것이다.

2. 기본이론

2.1 해양지리정보체계

지금까지의 산업사회에서는 도로, 항만, 발전 등 물리적인 기반시설이 중요한 사회간접자본이었다. 그러나, 산업사회를 지나 정보화사회로 나아가는 지금은 소프트웨어, 정보고속도로, 컴퓨터 응용시스템과 같은 정보기반시설이 핵심적인 사회간접자본으로 대두되고 있다. 정부나 자치단체나 민간기업이 GIS를 구축하고 활용할 수 있는 기반을 확보하고 GIS사업을 착수하고, 많은 효용을 얻을 수 있었다.

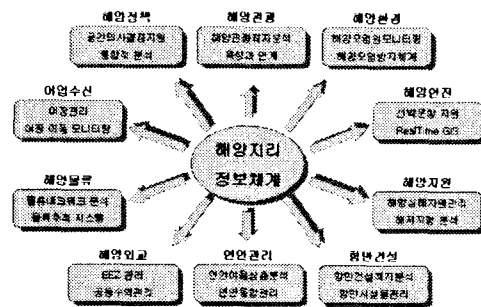


Fig. 1 Practical use of sea geography information system

해양지리정보체계(MGIS : Marine Geographic Information System)는 연안과 해양의 기초자료를 활용하여 공간정보 및 속성정보를 다루는 기술로 이 공간적 범위에서 일어나는 모든 현상을 도식화 하며, 데이터베이스로 표현하고, GIS를 이용하여 다양한 의사결정을 지원할 수 있는 시스템으로 국가기본지리정보의 해양분야에서 국가차원으로 활용되는 가장 기본이 되는 해양지리정보를 말하며 그 활용은 어업수산분야와 해양 자원, 해양운류 등 다양한 분야에서 활용이 가능하다.

해양지리정보체계를 구축하기 위해서는 기본지리정보의 기초자료의 구축이 필수적이다. 이에 따르는 기본자료는 조석의 관측 및 기준점, 해안선조사측량 및 DB구축, 연안해역조사측량, 해양기본지리정보구축 및 전자해도 갱신, 해양공간정보시스템, 연안관리정보시스템, 항만지하시설물 DB구축, 해저지질정보시스템 등을 들 수 있다. 이러한 기본 자료는 공간 정보와 속성 정보로 분류하여 해양지리정보체계 구축의 근간이 된다.

현재 해양지리정보체계는 제2차국가지리정보체계 기본계획에 입각하여 2000년부터 기반조성 단계의 공정을 추진 중에 있다. 현재 기반의 조성단계는 프레임워크 데이터 구축, 기본도 생산 구축, 공통 주제도 생산 구축, 표준화체계 구축 등의 작업이 이루어지고 있다.

2.2 타원체의 좌표변환

타원체상의 좌표변환 방법으로는 미국방성 지도국에서 사

용하는 다중회귀방정식에 의한 좌표변환 방법, Standard Molodensky 좌표변환방법이 있다. 또한 WGS84 지심좌표를 Bessel 타원체의 실용좌표로 변환하는 방법에는 Bursa-Wolf 변환모형과 Molodensky-Badekas 변환모형이 있다.

Bursa-Wolf 변환모형과 Molodensky-Badekas 변환모형을 이용하여 얻은 우리나라의 실용좌표(X, Y, H)는 다시 측지 좌표인 (φ, λ, h)로 변환되어야 한다. 좌표변환으로 변환된 Bessel 타원체상의 경·위도좌표는 지도투영을 하여 우리나라의 평면직교좌표로 변환된다. Fig.2는 Bursa-Wolf 변환모형과 Molodensky-Badekas 변환모형에 의해서 GPS 인공위성으로부터 수신된 WGS84 경·위도좌표가 우리나라의 TM투영 평면좌표로 변환되는 과정을 보여준다.

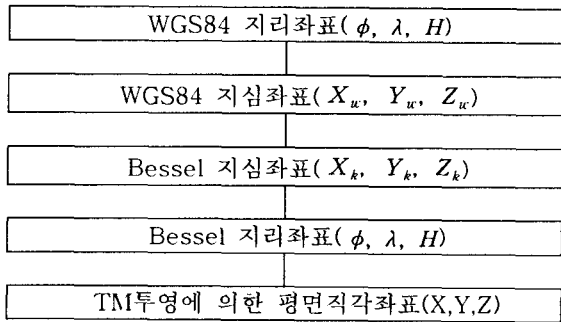


Fig. 2 Flow chart of map projection

Fig.2과 같이 Bursa-Wolf 변환모형과 Molodensky-Badekas 변환모형은 WGS84의 지리좌표를 지심좌표로 변환한 좌표를 Bessel 지심좌표로 변환하는 방법으로서 변환에 필요한 7-parameter인 ω, φ, x, ΔX, ΔY, ΔZ, S 값을 결정하여 좌표변환이 이루어지며, 국내실정에 맞는 7-parameter를 결정하지 못한 상태이기 때문에 완전한 적용이 어렵다. 또한, 7-parameter값들이 지역성을 가지고 있기 때문에 단일 7-parameter값으로 국내전체에 적용하기가 어렵다. 그렇기 때문에 지역에 맞는 7-parameter를 결정하는 것이 우선적으로 이루어져야 한다.

Fig.3은 WGS84 타원체와 Bessel 타원체의 지심좌표계사이의 7-parameter 관계를 보여주고 있다.

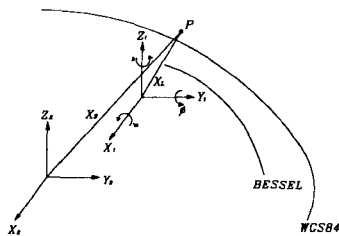


Fig. 3 Coordinate converting with 7-parameter

(1) Bursa Wolf 좌표변환

Bursa-Wolf 변환모형은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \Delta) \begin{bmatrix} 1 & -x & \phi \\ x & 1 & -\omega \\ -\phi & \omega & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ Z_k \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서,  $X_w, Y_w, Z_w$  : 위성좌표계상의 좌표(WGS84)

$X_k, Y_k, Z_k$  : 국지 좌표계상의 좌표  
(삼각점 실용성과)

$\omega, \phi, x$  : 좌표계축들간의 회전량

$1 + \Delta$  : 축척차

(2) Molodensky Badekas 좌표변환

Bursa-Wolf모형은 지구전체로 볼 때 극히 부분적인 지역에만 국한되기 때문에 변환요소간의 상관계수가 커지게되는 단점이 있다. 이러한 문제점을 개선하여 측정점들의 무게중심 또는 측지원점에서 회전토록 하는 Molodensky-Badekas모형이 고안되었다.

Molodensky-Badekas변환모형은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (1 + \Delta) & x & \phi \\ x & (1 + \Delta) & \omega \\ -\phi & \omega & (1 + \Delta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_k - X_m \\ Y_k - Y_m \\ Z_k - Z_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서,  $(1 + \Delta) = S$  : 축척계수(scale factor)

$\omega, \phi, x$  : 회전요소

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  : 두 타원체 원점간의 좌표차

$X_k, Y_k, Z_k$  : Bessel 타원체상의 지심좌표

$X_w, Y_w, Z_w$  : WGS84 타원체상의 지심좌표

$X_m, Y_m, Z_m$  :  $X_k, Y_k, Z_k, X_w, Y_w, Z_w$ 의 성분별 평균지심좌표

Bursa-Wolf 변환모형과 Molodensky-Badekas 변환모형에 의해서 좌표변환된 Bessel의 지심좌표들을 다시 경·위도좌표로 변환되어야 한다.

본 연구에서는 지심좌표계사이의 좌표변환 알고리즘은 7-parameter를 이용한 변환알고리즘을 사용하였고, 현재 국립해양조사원에서는 7-parameter중 3-parameter를 사용하고 있어서 본 연구에서도 3-parameter만을 적용하였다. Table 1은 국립해양조사원에서 제공하고 있는 3-parameter 값을 보여준다.

Table 1 3-parameters of tokyo datum that offer in national oceanographic research institute (unit : m)

$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta Z$
-147±2	506±2	687±2

2.3 지도 투영

(1) TM투영

우리나라의 육도에서 사용하고 있는 평면직교좌표의 투영

공식으로 Gauss-Krüger원리를 이용하고 있다. 식(3)과 식(4)는 타원체의 경위도좌표를 TM투영에 의해 평면직교좌표로 변환해주는 공식이다.

$$\frac{x}{k_0 N} = \lambda \cos \varphi + \frac{\lambda^3 \cos^3 \varphi}{6} (1 - t^2 + \eta^2) + \frac{\lambda^5 \cos^5 \varphi}{120} (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2 \eta^2) \quad (3)$$

$$\frac{y}{k_0 N} = \frac{S}{N} + \frac{\lambda^2}{2} \sin \varphi \cos \varphi + \frac{\lambda^4}{24} \sin \varphi \cos^3 \varphi (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) + \frac{\lambda^6}{720} \sin \varphi \cos^5 \varphi (61 - 58t^2 + 270\eta^2 - 330t^2 \eta^2) \quad (4)$$

$\lambda$ 는 동쪽에서 양의 값을 가지고 중앙 자오선에서 시작된다. 필요한 보조식은 식(5)과 식(6)이다.

$$t = \tan \varphi \quad (5)$$

$$\eta^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} \cos^2 \varphi \quad (6)$$

그리고, S는 식(7)과 같다.

$$S = \frac{a}{1-n} (a_0 - a_2 \sin 2\varphi + a_4 \sin 4\varphi - a_6 \sin 6\varphi + a_8 \sin 8\varphi) \quad (7)$$

$$a_0 = 1 + \frac{n^2}{4} + \frac{n^4}{64} \quad a_2 = \frac{3}{2} \left( n - \frac{n^3}{8} \right)$$

$$a_4 = \frac{15}{16} \left( n^2 - \frac{n^4}{4} \right) \quad a_6 = \frac{35}{48} n^3$$

$$\text{여기서, } a_8 = \frac{315}{512} n^4 \quad n = \frac{f}{2-f}$$

## (2) UTM투영

우리나라의 해도에서 사용하고 있는 평면직교좌표의 투영공식으로 미국방성지도국(DMA : Defense Mapping Agency)에서 제공하고 있다. 식(2.16)과 식(2.17)은 타원체의 경위도좌표를 UTM투영에 의해 평면직교좌표로 변환해주는 공식이다.

$$N = FN + (T1 + \Delta \lambda^2 T2 + \Delta \lambda^4 T3 + \Delta \lambda^6 T4 + \Delta \lambda^8 T5) \quad (8)$$

$$E = FE + (\Delta \lambda T6 + \Delta \lambda^3 T7 + \Delta \lambda^5 T8 + \Delta \lambda^7 T9) \quad (9)$$

여기서,

FN(False Northing) : 적도기준의 북위방향의 거리로서 적도의 값을 북반구에서는 0m, 남반구에서는 10,000,000m 사용함.

FE(False Easting) : 동경의 거리로서 지역(Zone)마다의 원점값을 500,000m로 사용함.

$$T1 = Sk_0$$

$$T2 = \frac{\nu \sin \varphi \cos \varphi k_0}{2}$$

$$T3 = \frac{\nu \sin \varphi \cos^3 \varphi k_0}{24} (5 - \tan^2 \varphi + 9 e'^2 \cos^2 \varphi + 4 e'^4 \cos^4 \varphi)$$

$$T4 = \frac{\nu \sin \varphi \cos^5 \varphi k_0}{720} (61 - 58 \tan^2 \varphi + \tan^4 \varphi + 270 e'^2 \cos^2 \varphi - 330 \tan^2 \varphi e'^2 \cos^2 \varphi + 445 e'^4 \cos^4 \varphi + 324 e'^6 \cos^6 \varphi - 680 \tan^2 \varphi e'^4 \cos^4 \varphi + 88 e'^8 \cos^8 \varphi - 600 \tan^2 \varphi e'^6 \cos^6 \varphi - 192 \tan^2 \varphi e'^8 \cos^8 \varphi)$$

$$T5 = \frac{\nu \sin \varphi \cos^7 \varphi k_0}{40320} (1385 - 3111 \tan^2 \varphi + 543 \tan^4 \varphi - \tan^6 \varphi)$$

$$T6 = \nu \cos \varphi k_0$$

$$T7 = \frac{\nu \cos^3 \varphi k_0}{6} (1 - \tan^2 \varphi + e'^2 \cos^2 \varphi)$$

$$T8 = \frac{\nu \cos^5 \varphi k_0}{120} (5 - 18 \tan^2 \varphi + \tan^4 \varphi + 14 e'^2 \cos^2 \varphi - 58 \tan^2 \varphi e'^2 \cos^2 \varphi + 13 e'^4 \cos^4 \varphi + 4 e'^6 \cos^6 \varphi - 64 \tan^2 \varphi e'^4 \cos^4 \varphi - 24 \tan^2 \varphi e'^6 \cos^6 \varphi)$$

$$T9 = \frac{\nu \cos^7 \varphi k_0}{5040} (61 - 479 \tan^2 \varphi + 179 \tan^4 \varphi - \tan^6 \varphi)$$

## 2.4 인공위성 항로추적시스템 제작

본 연구는 해양지리정보체계(MGIS : Marine Geographic Information System)의 일환중 선박의 자동항법시스템 및 항로추적시스템 제작을 위하여 이루어졌다. 본 연구를 통하여 제작된 인공위성 항로추적시스템은 크게 3개의 모듈로 이루어져 있다. 첫 번째 모듈은 실시간 항로추적모듈로 현재 항해중인 선박에서 자신의 위치를 문자, 음성, 그래픽으로 확인하고 주위의 지형지물과의 정밀위치관계분석으로 거리와 방향을 알 수 있도록 제작된 모듈이다. 두 번째 모듈은 후처리 항로추적모듈로 실시간으로 획득된 선박의 항로 및 통계처리를 위하여 제작된 모듈로서 AutoCAD의 Script 파일형식으로 자동 변환되어 AutoCAD상에서 항해한 자료를 재현할 수 있고 반복해된 자료는 통계처리되어 표준편차 및 오차율을 파악할 수 있도록 제작된 모듈이다. 세 번째 모듈은 GPS 인공위성으로부터 획득된 WGS84타원체의 경위도좌표를 지심좌표, Bessel 경위도좌표, TM 투영, UTM 투영으로 정밀변환하여 개별적인 GPS 수신자료를 사용자가 원하는 형태의 자료로 변환할 수 있도록 제작된 모듈이다. 본 연구에서 개발된 항로추적시스템의 전체구조는 Fig.4와 같다.

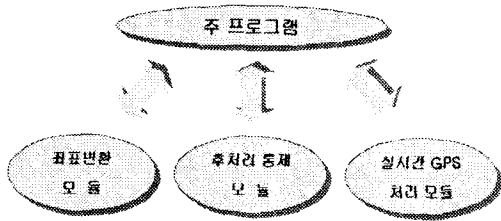


Fig. 4 Total structure of satellite route track system

Table 2는 인공위성 항로추적시스템의 각 모듈들이 수행하는 작업을 자세히 소개한 표이다.

Table 2 Work that each modules of route track system

Main Module	Sub Module	수행작업
Realtime Processing Module	Text Module	실시간 좌표와 주위 시설물과이 위상관계를 제공
	Voice Module	운행정보를 음성으로 지원
	Graphic Module	실시간의 경로를 도면에 표시
Post Processing Module	CAD Converting Module	운행경로를 CAD에 표시
	Statistics Module	정적측량의 통계치를 계산
WGS84 Converting Module	GeoCenter Coordinate Calculation Module	WGS84좌표를 지심지표로 변환
	Bessel Converting Module	WGS84좌표를 Bessel좌표로 변환
	TM Converting Module	WGS84좌표를 TM좌표로 변환
	UTM Converting Module	WGS84좌표를 UTM좌표로 변환

### 3. 적용에

#### 3.1 모델지역

본 연구의 모델지역으로는 부산항주변의 1:25,000 해도를 활용하였다. Fig.5는 본 연구를 수행한 모델지역의 수치지도를 이용하여 3차원 지형을 구축한 모형이다.



Fig. 5 Model area of busan port

Fig. 6은 본 연구를 수행한 연구의 흐름도를 보여준다.

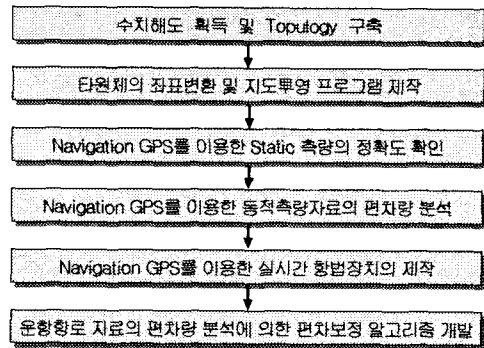


Fig. 6 Shows flowchart of research that achieve this study.

Table 3은 본 연구를 위해 사용한 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 특성을 기록한 표이다.

Table 3 Specific property of hardware and software that is used in this study

종류	특성
GPS Sensor	Trimble, Svec six 6Channel Navigation GPS Sensor
Notebook Computer	Compaq, pentium III 1GHz
PDA	Compaq iPAQ H3630, 206MHz, 32MB
Battery	12V
Desktop Computer	Pentium IV 1.7 GHz 256MB

#### 3.2 인공위성 자료의 후처리에 의한 정밀도 분석

##### (1) 정적측량에 의한 오차량 분석

본 연구에 사용된 GPS Sensor는 항법용 장비로서 미국에서 SA를 풀어주기 전까지만 해도 약 100m의 오차를 가지고 있는 C/A 코드를 해석하는 장비였다. 현재에는 미국에서 SA를 풀어주어 약 10~30m의 오차를 가지고 GPS Sensor의 위치를 알려주고 있다. 하지만, 본 연구에서는 실제 사용되고 있는 SVeeSix GPS Sensor가 가지고 있는 오차율을 알기 위해 학교내에서 정적측량 및 동적측량에 대한 실험을 수행하였다.

먼저, 정적측량에 대한 GPS Sensor의 정확도를 알기 위해 광파거리측량을 이용하여 4군데의 정밀한 좌표점을 획득하고, GPS를 이용하여 동일한 지점을 20분 정도의 빠른 정적측량을 이용하여 좌표점을 획득하여 광파거리측량에 의해서 획득된 좌표점을 참값으로 인정하여 GPS 측량의 오차량을 산출하였다. Table 4는 광파거리측량에 의해서 획득된 좌표점을 참값으로 하여 GPS 측량에 의해 획득된 좌표의 측정별 2방향 오차분석 및 전체오차량과 평균오차량을 산출한 표이다.

Table 4 Coordinate errors acquired GPS equipment

측점	기저좌표(EDM)		SVeeSix 좌표		SVeeSix - EDM	
	X	Y	X	Y	dx	dy
본관	182280.940	203004.255	182300.106	202990.162	19.166	-14.093
수탁전	182474.626	203076.496	182492.211	203062.429	17.585	-14.067
야외 공장	182872.577	203276.798	182896.965	203284.856	-24.388	-8.058

GPS의 정적측량은 오차량은 전체적으로 X축방향으로는 -24.388~17.585m의 오차량을 보였고, Y축방향으로는 -14.067~-8.058m의 오차량을 보였다. GPS 정적측량의 평균적인 오차량은 X축방향으로 약 20.380 m, Y축방향으로 약 12.073 m의 오차량이 발생하였다.

(2) 동적측량에 의한 편차량 분석

본 연구는 선박항로의 운행경로를 실시간으로 처리하기 위한 시스템을 구축하는데 그 목적을 두고 이루어진 연구이다. 따라서, 움직이고 있는 상태의 선박의 위치정확도를 알아보기 위해 학교내에서 자동차가 운행한 정보를 이용하여 전체적인 GPS의 동적측량의 오차량을 산출해 보았다. 본 연구에서는 GPS 동적측량의 위치정확도를 알아보기 위해 동일한 지역을 4회 반복하여 통계처리한 자료를 이용하여 오차량을 분석하였다. 또한, 정확한 참값을 이용할 수 없어서 기본적인 실시간 항법시스템에 사용되는 수치지도의 정보를 참값으로 인정한 후 오차량의 비교분석을 수행하였다. Fig. 7은 학교내서 자동차로 주행한 경로를 재현한 그림이다.

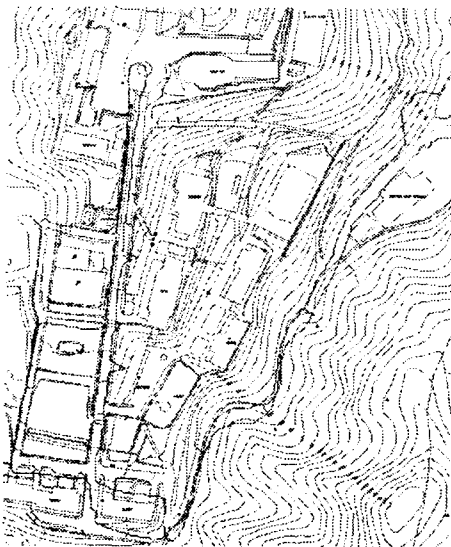


Fig. 7 Route navigated by car using GPS dynamic surveying into dongewi univ.

GPS 동적측량에 오차량을 결정하기 위해서 수치지도상의

4부분에서 오차량을 비교해 보았다. 이와 같이 분석한 이유는 모든 구간에서 오차량을 산출하는 것이 매우 어려우며, 전체적인 경향을 분석하기 위해 일정구간에 대한 오차량을 분석한 것이다. Table 5는 CAD 상에서 일정한 위치 4군대를 선정하여 그림과 함께 GPS 자료의 오차량을 분석한 표이다.

Table 5 Analyzed errors by GPS dynamic surveying in using digital map to reference system

측점	수치지도상의 좌표		SVeeSix 좌표		SVeeSix - 수치지도	
	X	Y	X	Y	dx	dy
측점1	203071.228	182743.727	203064.720	182739.368	6.508	4.359
측점2	202967.013	182468.113	202964.566	182458.300	2.457	9.813
측점3	203015.797	182298.363	203010.191	182291.915	5.606	6.448
측점4	203021.468	182241.250	203024.580	182244.042	3.112	2.792

(3) 선박항해 자료의 비교 검토

선박항해 자료의 오차량의 비교검토도 지상에서 동적측량의 오차량을 산출한 방법과 동일한 방법으로 비교검토를 수행해 보았다. 하지만, 해상에서는 정확한 선박항로가 표현되어 있지 않기 때문에 수치해도상의 정확한 참값을 찾을 수 없었다. 따라서, 선박항해에 의해서 발생한 오차량분석은 불가능하여 동일한 항로를 2회 반복한 자료를 이용하여 선박항해상의 편차량을 비교분석해 보았다.

해상은 육상과 다르게 사용하는 타원체와 좌표가 서로 다르다. 즉, 육상에서는 Bessel 타원체의 경위도좌표와 TM투영에 의한 평면직교좌표를 사용한다. 하지만, 해상에서는 WGS84 타원체의 경위도좌표와 UTM투영에 의한 평면직교좌표를 사용하기 때문에 본 연구에선 해상에서 사용할 수 있는 UTM 투영프로그램을 제작하여 편차량분석을 수행하였다. Fig. 8은 태종대 유람선선착장에서 출발하여 유람선이 경유하는 경로를 따라서 해양대학교주변의 선착장을 돌아서 다시 태종대유람선 선착장으로 선박이 항해한 경로를 재현한 그림이다.

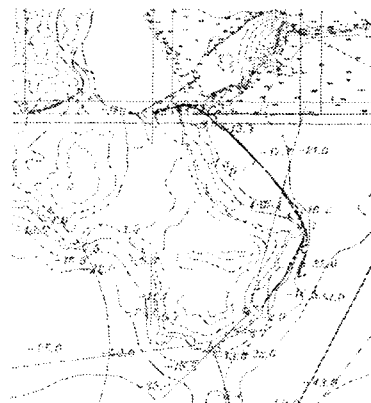


Fig. 8 Reappeared route navigated by ship

GPS 동적측량에 편차량을 결정하기 위해서 수치해도상의 4부분에서 오차량을 비교해 보았다. Table 6은 CAD 상에서 일정한 위치 4군데를 선정하여 그림과 함께 GPS 자료의 편차량을 분석한 표이다.

Table 6 Analyzed deflection values of navigating route by ship in sea

측점	SVeeSix 좌표 1		SVeeSix 좌표 2		SVeeSix 1 - SVeeSix 2	
	X	Y	X	Y	dx	dy
측점1	3880300.213	508064.510	3880266.924	508055.422	33.289	9.088
측점2	3880244.841	508160.304	3880218.937	508137.525	25.904	22.779
측점3	3880201.215	508215.047	3880172.774	508189.237	28.441	25.810
측점4	3880130.342	508281.976	3880100.741	508254.650	29.601	27.326

GPS의 동적측량은 편차량은 전체적으로 X축방향으로는 25.904 ~ 33.289m의 편차량을 보였고, Y축방향으로는 9.088 ~ 27.326 m의 편차량을 보였다. 또한 GPS 동적측량의 평균적인 편차량은 X축방향으로 약 29m, Y축방향으로 약 21m의 편차량이 발생함을 알 수 있었다.

전자해도상에 GPS 측량에 의한 항로자료의 재현을 통하여 GPS 편차량 분석결과 약 30m 내의 편차량이 발생하여 1:50000 수치해도를 이용한 선박항해용 시스템제작시 활용가능성을 충분할 것으로 사료된다.

### 3.3 인공위성 항로추적시스템 개발

본 연구는 항해용 GPS를 이용하여 선박의 항해 및 항로를 추적가능한 시스템을 개발하는 것이다. 본 연구를 통하여 제작한 인공위성 항로추적시스템은 하드웨어와 소프트웨어의 두 부분으로 나누어 개발되었다. 먼저, 하드웨어부분은 노트북 컴퓨터를 이용하여 실시간 항로추적 및 GPS 자료수신을 수행하였다. Fig. 9는 인공위성 항로추적시스템에 사용한 하드웨어를 보여주는 그림이다.

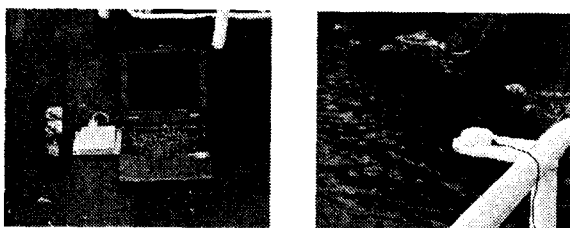


Fig. 9 Hardware of GPS ship navigation system

소프트웨어부분은 무엇보다도 GPS 자료수신 및 해석, 그리고, 실시간의 선박항해정보를 제공할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 또한, 실시간으로 획득된 GPS 수신자료의 정확도를 검토하기 위해 후처리의 통계처리에 의한 GPS 자료검증이 가능한 모듈을 개발하였다. 그리고, 현재 국내의 좌표계에 대

한 상호변환을 할 수 있는 좌표변환 모듈을 개발하였다. 아래 그림은 본 연구를 통하여 개발된 인공위성 항로추적시스템의 소프트웨어부분의 수행과정을 보여주는 그림이다.

본 연구에서 구축한 정보로는 지리정보, 속성정보, 음성정보, 문자정보이다. 이 중, 음성정보와 문자정보는 그 활용가능성을 제시하기 위해 현재 항해한 유람선주변의 지형지물을 음성정보로 구축하였다.

본 연구에서는 노트북컴퓨터를 이용한 선박항로추적시스템을 개발하였다. 현재, 개발이 가속화되고 있는 PDA의 생산으로 PDA를 활용한 항로추적시스템의 최적화의 필요성을 느끼고 있으며 차후 지속적인 연구를 통하여 PDA방식의 항로추적시스템을 개발할 것이다. 또한, 지리정보와 속성정보는 기초적인 자료를 이용하여 구축하였기 때문에 현재 구축중인 해양지리정보체계의 연계성 및 실용화를 위하여 보다 구체적이고 통일된 정보를 구축하여 보다 실용화가 가능한 시스템을 개발할 예정이다.

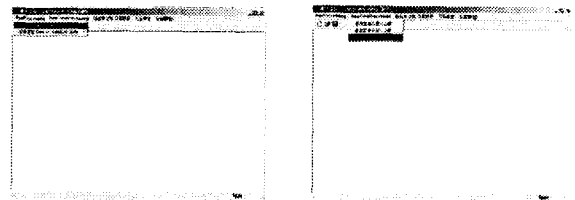


Fig. 10 Real time module and post processing of GPS datum

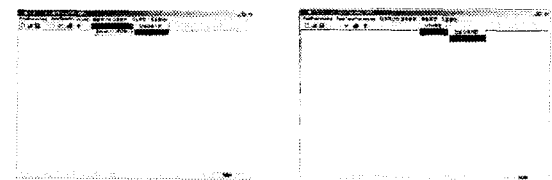


Fig. 11 Coordinate conversion module and real time processing module

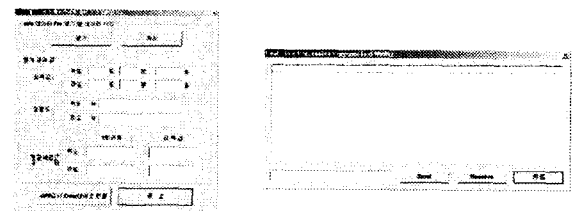


Fig. 12 Post processing program of coordinate file and real time text supporting program

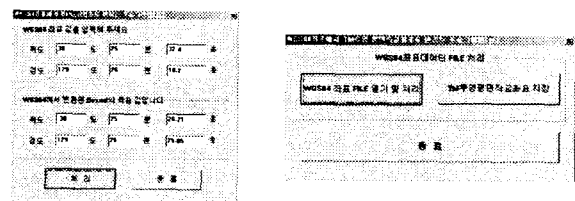


Fig. 13 Coordinate conversion program in one coordinate and map projection program of coordinate file

#### 4. 결 론

정밀 좌표변환 알고리즘을 이용한 인공위성 항로추적시스템에 관한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 연구에서 사용된 항법용 GPS Sensor인 SVeeSix의 정적측량에 의한 자료의 통계를 수행한 결과 각각의 획득된 자료는 위도방향으로  $\pm 0.06$ 초, 경도방향으로  $\pm 0.04$ 초 정도의 평균제곱근오차를 보였으며, 그 위치의 편차를 비교한 결과 X방향으로 14.732m, Y방향으로 32.342m의 편차를 보여서 미국의 SA(Selective Availability)가 풀린 후 GPS C/A코드의 오차가 전체적으로 약 30m의 내의 오차가 발생함을 확인할 수 있었다.

둘째, 항법용으로 활용하기 위한 일정 항로에 대한 GPS 획득자료의 편차량을 분석한 결과 평균적으로 X방향으로는 약 29m, Y방향으로는 약 21m의 편차량이 발생하였음을 알 수 있어 편차량의 보정 및 자동추적알고리즘을 개발할 수 있었다.

셋째, 문자정보와 그래픽 정보, 다양한 음성정보의 제공이 가능한 항법용 GPS 센서를 이용한 선박항로시스템의 개발이 가능하였다. 본 항로추적시스템은 선박항해자 및 육상물류시스템 운반자에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

그리고, 본 연구에서는 GPS의 절대위치 결정방법을 이용하여 선박의 위치를 결정하였다. 따라서 데이터 무선통신분야가 더욱 발달한다면, 상대위치결정 방법에 의한 보다 정밀한 선박의 위치 결정이 가능해 질것으로 사료 된다.

#### 참고문헌

[1] 강호윤, 장용구, 이은화, 강인준(2002), "해양항법시스템 개발을 위한 GPS의 절대위치결정방법의 정확도 향상에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표회.

[2] 강호윤, 장용구, 강인준(2002), "정밀 GPS좌표해석기반의 선박항법시스템개발을 통한 인터넷해양지리정보체계의 구축", 한국지형공간정보학회 학술발표회.

[3] 국립해양조사원 해도도식, <http://www.nori.go.kr/kr/index.html>, 국립해양조사원

[4] 장용구(1995), "GPS의 실시간처리를 이용한 Car Navigation의 기초적 연구", 부산대학교 석사학위논문.

[5] 장용구(1999), "GPS를 이용한 동적 위치결정에 관한 정확도 향상" 부산대학교, 박사학위논문, pp26~39.

[6] 장용구, 문두열, 최성재(2002), "해양지리정보 데이터베이스를 이용한 GPS 선박항로 추적시스템에 관한 연구", 대한토목학회 학술발표회.

[7] Alfred Ldick(1998), "GPS Satellite Surveying", John Wiley & Sins, Inc, pp.247~256.

[8] Bruce E. Davis(1996), "GIS : A Visual Approach" ONWORD, pp.89.

[9] Frank southworth, Demin Xiong, David Middendorf(1997), "Development of Analytic Intermodal Freight Networks for Use Within a GIS", Center for Transportation Analysis, pp.200~215.

[10] Hofmann-Wellenhof. B, Lichtenegger. H, and Collins. J(1997), "GPS : Theory and Practies", pp.181~200.

[11] Ivor Hortin(2002), "Beginning Visual C++6", 정보문화사.

[12] James R. Smith(1998), "Introduction to Geodesy", John & Sons, Inc, pp.138~154.

[13] Radio Technical Commission For the maritime Service(1998), "RTCM Recommended Statdards for Differential GNSS Service Version 2.2", pp.4~35.

[14] Vidal Ashkenazi and John Story(1991), "The Coordinate Datum Problem and its Solution", Proceedings of ION GPS-91, pp.387~392.

원고접수일 : 2002년 10월 26일  
원고채택일 : 2003년 2월 17일