

다양한 크기의 지도에 대응 가능한 위치 및 거리 감지 GPS신호 변환 알고리즘 구현

정하연 · 손영호[†]

A new algorithm for GPS signal transformation with location and distance sensing capability for various sizes of maps

Ha-Yeon Jung and Young-Ho Sohn[†]

Abstract

The GPS(global positioning system) made up of 28 artificial satellites going round around the earth at a height of 20,000 Km is a system to determine the receiver's location by measuring the distance between the satellite and receivers using an electronic wave. Recently it's been widely used in various applications, such as a navigator, a surveying system, etc. In this paper, we propose a new algorithm to transform coordinates from GPS signals corresponding to various sizes of maps, and the application using this algorithm is also introduced. The algorithm is programmed by MFC on the WinCE 5.0 operating system, and the GPS receiver with a 20 channel high sensitivity and GPS microcontroller chip manufactured by SiRF Technology was used.

Key Words : GPS, GIS, transformation, affine, UTM

1. 서 론

오늘날 우리 생활에 사용되는 각종 위치추적시스템은 GPS 수신기가 장착되어 있어, GPS 수신기로부터 신호를 받아 사용자에게 적정 위치를 표시해 주도록 되어있다. 한 단계 더 나아가서는 받은 위치 데이터를 수집, 분석하여 가공함으로써 사용자에게 유용한 정보를 제공한다. 이렇듯 지리적으로 참조 가능한 모든 형태의 정보를 효과적으로 수집, 저장, 갱신, 조정, 분석, 표현할 수 있도록 설계된 컴퓨터 시스템을 GIS(geographic information system)라 한다.

대부분에 이런 GIS기기들은 작고 가벼워 이동성이 보장되어야 함으로 모바일 또는 임베디드 시스템으로 설계된다^{1,2)}.

본 논문에서는 이러한 GIS의 속성에 알맞은 좌표 변환 알고리즘을 제안하고 그를 적용한 응용사례를 제시

하였다. GPS 신호를 다양한 크기의 지도에 대응하는 평면 좌표로 변환하는 알고리즘에서는 좌표변환을 위해 UTM 투영법을 사용하여 위도와 경도를 2차원 좌표로 변환한 다음 affine 변환으로 특정 지도에 대응하는 좌표로 변환하였다. 기존 지도 데이터파일을 참조하여, 변환된 좌표로 현 위치에 맞는 지도를 검색하고, 지도 위에 현재 위치를 표시해 주었다.

2. 측지계

우리나라에서는 주로 WGS84타원체를 사용하는 미국 측지계(1984, GPS에서 사용)와 Bessel타원체를 사용하는 동경 측지계(1841)를 사용한다. 이런 측지계는 3차원좌표나 경위도좌표로 나타내어짐으로 평면 지도 상에 나타내기 위해서는 각각에 맞는 투영법을 사용하여 2차원 좌표로 변환하여야 한다. 본 논문에서는 미국 측지계를 사용하므로 횡단 mercator 투영법을 사용하는 UTM투영을 사용한다. UTM투영은 세계를 경도 6° 간격의 영역으로 나누고, 이들 각각의 영역에 대해 별도의 원점과 축을 지정하여 좌표를 meter 단위로 나타

영남대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Eng., Yeungnam University)

[†]Corresponding author: ysohn@yu.ac.kr

(Received : October 31, 2008, Revised : November 18, 2008

Accepted : November 26, 2008)

낸 것이다. 이들 UTM zone 번호는 서경 180°를 기준으로 경도 6° 간격씩 동쪽으로 이동하며 순차적으로 증가한다.

3. 좌표변환모델

3.1. Bursa-Wolf(Bursa, 1962; Wolf, 1963)

이 모델은 대표적인 7변수변환 모델로서 주로 측지 변환에 사용된다. 이 변환은 각 축에 관한 3개의 회전 각도가 2~3도 정도로 작으면 작을수록 예측이 정확해진다. 만약 회전각이 이 범위를 초과하면 결과는 기대한 정확도에서 멀어져 값이 점점 왜곡될 것이다. Bursa-wolf 모델은 식 (1)과 같이 정의된다.

$$X_G = (1 + \Delta s)R_z(\kappa)R_y(\phi)R_x(\omega)X_B + T \quad (1)$$

X_B 는 X_G 로 변환된다. T 는 이동벡터량($\Delta x, \Delta y, \Delta z$)이고 Δs 는 축척차이다. $R_z(\kappa)R_y(\phi)R_x(\omega)$ 는 두 좌표계 사이의 회전을 나타낸다. 회전행렬 ($R_z(\kappa)R_y(\phi)R_x(\omega)$)는 아래 식 (2)와 같다. 만약 ω, ϕ, κ 가 0에 가까워지면, 이 행렬은 좀 더 간단해질 것이다^{3,4}.

$$R_z R_y R_x = \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \kappa & \cos \omega \sin \kappa & \sin \omega \sin \kappa \\ \cos \phi \sin \kappa & \cos \omega \cos \kappa & \sin \omega \cos \kappa \\ -\sin \phi & -\sin \omega \sin \phi \sin \kappa + \cos \omega \sin \phi \cos \kappa & \cos \omega \sin \phi \sin \kappa + \sin \omega \sin \phi \cos \kappa \end{bmatrix}$$

If ω, ϕ, κ is very small → $\begin{bmatrix} 1 & \kappa & -\phi \\ -\kappa & 1 & \omega \\ \phi & -\omega & 1 \end{bmatrix}$ (2)

식 (3)은 식 (2)의 회전행렬을 대입한 식 (1)의 행렬 식이다.

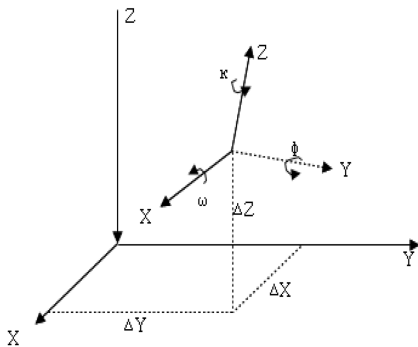


Fig. 1. Bursa-Wolf transformation.

$$\begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} = (1 + \Delta s) \begin{bmatrix} 1 & R_z & -R_y \\ -R_z & 1 & R_x \\ R_y & -R_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} \quad (3)$$

Fig. 1은 Bursa-Wolf 변환 모델을 표현한 것이다.

3.2. Affine 변환

이 모델은 평면에서 확대 축소 시 왜곡에 관해 초점을 두고 개발되었다. 이 변환은 회전, 두 축의 비수직성, 두 축의 각각 다른 축척변화 및 두 축 방향의 각각 다른 평행이동 등 모두 6가지 변환 기능을 허용하는 변환으로서 중저해상도 영상의 기하보정 변환 식으로 많이 사용되며 “1차 다항식 좌표변환” 또는 “six-parameter transformation”이라고도 부른다. 변환 후의 좌표는 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} x_2 &= s_x(\cos \beta - \delta \sin \beta)x_1 - (s_y \sin \beta)y_1 + c_1 \\ y_2 &= s_x(\sin \beta + \delta \cos \beta)x_1 - (s_y \cos \beta)y_1 + c_2 \\ x_2 &= \alpha_1 x_1 + b_1 y_1 + c_1 \\ y_2 &= \alpha_2 x_1 + b_2 y_1 + c_2 \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)의 행렬식은 식 (5)와 같다.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Fig. 2는 Affine 변환을 보여준다.

4. 시스템 개발 및 환경

4.1. WINCE5.0

Windows CE는 임베디드 기기에 맞게 사용자의 취향에 맞춰 선택적 제작이 가능하도록 마이크로소프트사가 개발한 임베디드 시스템용 운영체제(operating system)로서 PDA(personal digital assistance), CNS(car

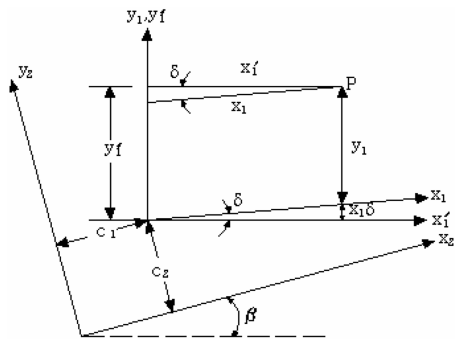


Fig. 2. Affine transformation.

navigation), 셋탑박스(Settop Box), 스마트폰(smart phone)등에 사용된다. 개인용 컴퓨터가 운영체제 설치 프로그램을 이용하여 운영체제의 모든 구성요소를 설치하는 것과는 달리 windows CE는 사용자의 필요에 의해서 운영체제의 각 구성요소들을 플랫폼 빌더와 같은 운영체제용 개발 툴을 이용하여 만들어낸다.

기존의 임베디드용 운영체제와는 차별되는 몇 가지 장점이 있다. 첫째, 제품화에 소요되는 시간을 많이 줄일 수 있다는 것이다. 둘째는 어플리케이션 개발이 쉽다. 특히 네비게이션 같이 사용자에게 보여주는 부분(GUI)이 많은 어플리케이션의 경우는 GUI개발 시간을 많이 단축할 수 있고, 사용자들이 보기 좋은 제품으로 만들 수 있다. 또한, 개인용 컴퓨터를 위한 어플리케이션 개발 환경과 매우 흡사하기 때문에 기존의 개발자들을 손쉽게 프로그램 할 수 있다⁵⁾.

4.2. Mio p550(Pocket PC)

삼성 S3C2440A 보드를 기반으로 만들어진 PDA navigation으로서 arm 계열의 400 Mhz CPU를 사용하고 있다⁶⁾. 메모리는 128 MB nand flash 메모리와 64 MB SDRAM을 사용하고 있다. GPS 모듈 부분은 20 channel SiRFStarIII(고감도 GPS 수신기: 넓은 범위의 상호작용, GPS 신호를 빨리 찾기 위한 디지털 신호 처리. 그 결과 신호 강도가 정상인 경우 첫 신호를 매우 빨리 찾을 수 있다.) chipset을 사용하여 보다 빨리 신호를 받아 올 수 있다.

4.3. 소프트웨어 구현

Fig. 3은 본 논문의 소프트웨어 구성을 보여준다(크로스컴파일). 원격 컴퓨터에서 개발자가 프로그램을 컴파일 한 뒤, 오브젝트 파일을 타겟 보드로 전송한다. 이런 일련의 처리 과정을 크로스컴파일 이라고 한다. 타겟 보드와 원격 컴퓨터는 서로 다른 프로세서를 가지기 때문에 크로스컴파일 환경은 임베디드 시스템을 위한 어플리케이션 개발에 필수적인 컴파일 환경이다. 임베디드 시스템을 위한 어플리케이션은 타겟보드 위에서 컴파일 하거나 원격 컴퓨터에서 타겟보드의 컴파일러를 가지고 컴파일 하여야 한다. 그러나 타겟 보드는 시스템 자원이 한정적이므로 컴파일 하기는 매우 힘들다. 이것은 메모리 용량과 저장공간에 제한으로 인하여 필요한 라이브러리를 모두 저장하기 힘들고, 느린 CPU위에서 프로그램 하기에는 시간이 많이 걸리기 때문이다. 이런 문제를 해결하기 위하여 타겟 보드에서 컴파일 하지 않고 원격 컴퓨터에서 프로그램을 컴파일 한다.

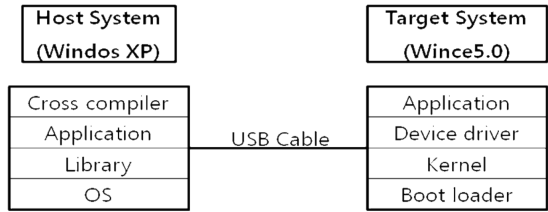


Fig. 3. Cross compile.

5. 구 현

5.1. 알고리즘

다양한 크기의 지도에 대응하는 GPS신호의 변환 알고리즘은 WINCE5.0 운영체제 위에서 MFC로 구현하였다. PC에서 embedded visual C++4.0로 프로그램 하여 ARMV4로 컴파일하고 Mio p550 PDA navigation(pocket pc)으로 테스트 하였다.

먼저 GPS 수신기에서 신호를 받아와 위도와 경도 부분만 읽는다. 읽은 지리좌표는 2차원 평면 지도에 나타내기 위해 투영법을 사용하여 데카르트 좌표로 변환한다. GPS(global positioning system, 미국측지계)는 WGS84타원체를 사용하므로 UTM도법을 사용하였다. 변환하여 얻은 2차원 좌표는 다시 특정 지도에 맞게 affine transformation 모델을 사용하여 변환된다. 좌표 변환의 과정은 Fig. 4와 같다.

Fig. 4는 GPS신호를 기초로 한 2차원 좌표를 176x205 지도에 맞는 좌표로 변환하는 과정을 보여준다. 주어진 지도는 2차원 좌표와 비교해 보면 회전되고 각각의 축에 따라 축소되었다. 원점 또한 변환 되었다⁷⁾.

새로운 지도를 위한 좌표를 찾는 과정에서 3차 행렬을 사용하게 된다. 이 3차 행렬은 2차 변환에 사용되므로 의미 있는 변수는 단지 6개만 가지게 된다. 식 (6)은 변환 행렬식이다. 6개 변수의 값을 알기 위해서는 변환 전 좌표들과 변환 후 좌표들이 필요하다. 식 (7)은 Fig. 4에 주어진 좌표이다. 식 (6)에 식 (7)의 좌표를 대입하여 2차 식을 풀면 6개의 변수를 찾을 수 있다. 즉, 변환 행렬을 구할 수 있다.

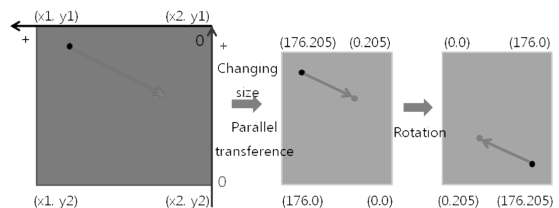


Fig. 4. Affine transformation program

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

- (x1, y1) → (0, 0)
- (x2, y1) → (176, 0)
- (x1, y2) → (0, 205)
- (x2, y2) → (176, 205)

식을 풀면 식 (8)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{176}{x_2-x_1} & 0 & \frac{-176}{x_2-x_1} \\ 0 & \frac{205}{y_2-y_1} & \frac{-205}{y_2-y_1} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Fig. 5는 좌표변환의 전체 과정 이다^[8].

알고리즘 1은 좌표변환 속도 코드로서 변환행렬의 각 요소를 구하는 부분과, 좌표를 계산하는 부분 둘로 나뉜다.

5.2. 어플리케이션

Fig. 5에서 제시한 변환 과정의 알고리즘을 바탕으로 하여 골프장에서 사용자의 위치에 따른 지도를 검색하는 어플리케이션을 개발 하였다. 기존에 GPS수신기로 받은 좌표 데이터를 바탕으로 수집 분석하여 골프장 정보 파일을 생성한다. 생성된 데이터 파일로부터의 좌표와 현재 사용자의 위치 데이터를 비교하여 골프장

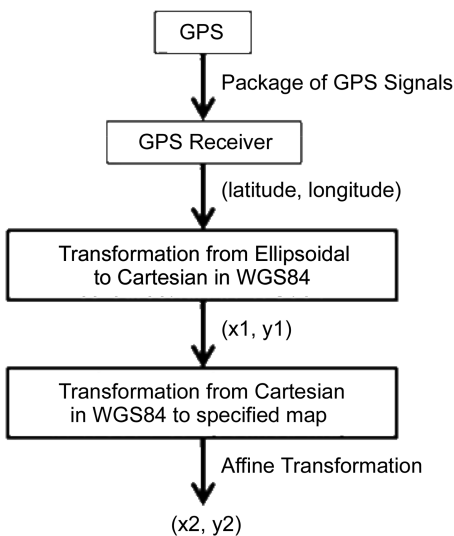


Fig. 5. Coordinate transformation procedure.

```
[Calculate Matrix]
Data : x_1, y_1, x_2, y_2, s_1, s_2
Result : elements of matrix a, b, c, d, e, f
a <= s_1/(x_2 - x_1);
b <= 0;
c <= (-1)(s_1)(x_1)/(x_2 - x_1);
d <= 0;
e <= s_2/(y_2 - y_1);
f <= (-1)(s_2)(y_1)/(y_2 - y_1);

[Transform_x]
Data : x, y
Result : t_x
t_x <= ax + by + c;
return t_x

[Transform_y]
Data : x, y
Result : t_y
t_y <= dx + ey + f;
return t_y
```

Algorithm 1. Pseudo code for coordinate transformation.

안에 들어왔다고 판단되면 현재 나의 GPS값을 각 홀의 t-box의 위치와 거리를 측정한다. 측정값이 10 m안에 있을 경우 홀을 인식하여 홀이 속한 코스 및 홀을 단계적으로 디스플레이 한다. 현재 자신의 위치값 또한 화면에 디스플레이를 할 수 있다. 또한 골프장 데이터를 분석하여 병커나 장애물 위치 등을 디스플레이 할 수 있고, 티-박스 안을 탐색할 수도 있다. Fig. 6은 지도를 검색해 나가는 과정을 보여준다^[9].

알고리즘 2는 본 논문에서 구현한 어플리케이션의 속도 코드 이다.

6. 결 론

이 논문에서는 GPS 신호를 다양한 크기의 지도에 대응하는 평면 좌표로 변환하는 알고리즘을 제안하고 그를 적용한 어플리케이션을 개발하였다. 알고리즘에서는 좌표변환을 위해 두 과정을 거치게 된다. 먼저 첫 번째 과정에서는 위도와 경도를 2차원 좌표로 변환한다. 이 과정에서 전세계에서 사용하는 UTM투영법을

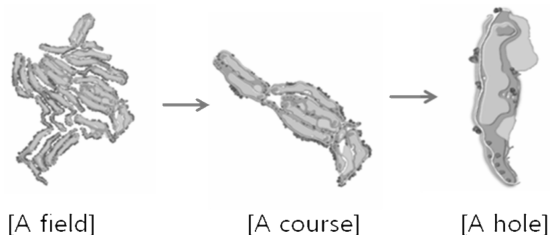


Fig. 6. Map search procedure.

Set x_1 to the transforming map's left_top X
 Set y_1 to the transforming map's left_top Y
 Set x_2 to the transforming map's right_bottom X
 Set y_2 to the transforming map's right_bottom Y
 Set s_1 to the width of a transformed map
 Set s_2 to the height of a transformed map

Call Calculate Matrix with $x_1, y_1, x_2, y_2, s_1, s_2$
 returning elements of matrix, a, b, c, d, e, f

Get the x location of the user
 Get the y location of the user

Call Transform_x with x, y returning a transformed
 coordinate t_x
 Call Transform_y with x, y returning a transformed
 coordinate t_y

If (x, y) is in the field then
 Show this field's map on the screen
 If find the course that (x, y) is in then
 Show this course's map on the screen

 End if
 Else
 Print "You are not in the field"
 End if

Algorithm 2. Pseudo code for the application.

사용하였다. 두 번째 과정에서는 1차 과정에서 얻은 2차원 좌표를 affine 변환을 사용하여 특정 지도에 대응하는 좌표로 변환하였다. 변환된 좌표를 가지고 기존에 만들어진 지도 데이터파일을 참조하여 현재위치에 맞는 지도를 검색하였다. Affine 변환은 다른 모델과 비교해보면 그 과정이 매우 간단하여 프로그램 하기 쉽고 처리 과정이 간단하여 속도도 빠르다. 또한 좌표 데이터는 텍스트파일로, 지도는 png파일로 만들어 데이터 파일의 메모리 사용을 최소화 하였다. 메모리와 CPU측면에서 한정적 자원을 가지는 임베디드 시스템에 매우 적절하게 설계되었다.

감사의 글

본 논문은 2005학년도 영남대학교 학술연구조성비 지원에 의한 결과물로 작성 되었습니다.

참고 문헌

- [1] Barbara, D. "Mobile computing and database-a survey", *IEEE Trans. on Knowledge and Data Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 108-117, 1999.
- [2] 이기영, 노경택, "Mobile GIS를 위한 클라이언트 인터페이스의 설계 및 구현", *한국컴퓨터정보학회*, 제 7권, 제4호, pp. 17-23, 2002.
- [3] 권대원, 윤홍식, 최재화, "7.매개변수 좌표변환에 의한 우리나라 측지계와 WGS-84의 좌표변환", *한국측지학회지*, 제 13권, 제2호, pp. 117-124, 1995.
- [4] 송동섭, 윤홍식, 장은석, 김태우, "국가기준점 망조정 성과를 활용한 최적 국가 좌표계 변환 모델 결정", *한국측량학회지*, 제25권, 제6-2호, pp. 613-623, 2007.
- [5] S3C2410A, 32-BIT RISC Microprocessor User's manual : <http://www.samsung.com/global/business/semiconductor>
- [6] S3C2440A, 32-BIT CMOS Microcontroller User's manual : <http://www.samsung.com/global/business/semiconductor>
- [7] C-H Wu and H-J Chou and W-H Su, "A genetic approach for coordinate transformation of GPS signals", *IEEE International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC'06)*, vol. 1, pp. 558-561, 2006.
- [8] C-H Wu and H-J Chou and W-H Su, "A genetic approach for coordinate transformation test of GPS positioning", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 4, no. 2, pp. 297-301, 2007.
- [9] 김구천, 김창수, "GPS/GIS를 이용한 차량 이동 추적 시스템에 관한 연구", *99춘계정보처리학회 학술대회논문집*, 제6권, 제1호, pp. 951-954, 1999.



정 하 연(Ha-Yeon Jung)

- 2006년 2월 영남대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학전공(공학사)
- 2007년 3월~현재 영남대학교 산업대학원 컴퓨터정보통신공학과 석사과정
- 주관심분야 : 임베디드시스템, GIS 시스템



손 영 호(Young-Ho Sohn)

- 1989년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 2002년 5월 ECE Dept. Texas A&M Univ.(공학박사)
- 2002년 9월~2005년 2월 영남대학교 전자정보공학부 객원교수
- 2005년 3월~현재 영남대학교 전자정보공학부 조교수
- 주관심분야 : GIS System, 센서시스템