

지진 및 지각변동 감지를 위한 정밀절대측위 솔루션 개발

박준규¹, 김민규^{2*}

¹서일대학교 토목과, ²충남대학교 대학원 토목공학과

Development of Precise Point Positioning Solution for Detection of Earthquake and Crustal Movement

Joon-Kyu Park¹ and Min-Gyu Kim^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Civil Engineering, Chungnam National University

요 약 GPS는 측량, 지도제작 및 항법 이외에도 고정밀 측위에 의한 세계기준좌표계 설정, 지구 자전축의 회전계수 결정, 지진 및 지각변동 감지 등과 같은 지구과학 분야의 필수적인 방법으로 인식되고 있다. 그러나 정밀 해석결과를 얻기 위해서는 자료처리를 위한 전문지식과 비용 투자가 필요하므로, 사용자들이 손쉽게 결과를 획득할 수 있는 방안이 필요하다. 이에 본 연구에서는 비전문가도 정밀절대측위 방법으로 GPS 자료처리가 가능한 정밀절대측위 솔루션을 개발하고자 하였다. 연구를 통해 자료처리에 필요한 최소 정보만을 입력함으로써 사용자의 편의성을 크게 향상시킨 솔루션을 개발하였다. 또한 국토지리정보원에서 제공하는 위성기준점의 관측자료를 정밀절대측위로 처리하여, 지각변동 속도를 산출하고, ITRF에서 제공하는 지각변동 속도와 비교를 통해 정밀절대측위 솔루션을 이용한 지진 및 지각변동 감지가 가능함을 제시하였다.

Abstract GPS is recognized the essential method to obtain the best result in the sphere of earth science that is setting of International Reference Frame, decision of the rotation coefficient about the earth rotation axis, detection of the crustal deformation, and observation of the diastrophism by high precision positioning except for navigation, geodetic survey and mapping. Therefore, in this study, it was attempted to build an expert service that enables non-experts to use high-precision GPS data processing. As a result, an Precise Point Positioning Solution that can maximize user convenience simply by entering the minimum required information for GPS data processing was developed, and the result of Precise Point Positioning Solution using GPS data provided by National Geographic Information Institute was compared with result of ITRF.

Key Words : Data processing, GPS, Precise Point Positioning, Precise Point Positioning Solution

1. 서론

2010년 2월에 발생한 칠레지진과 2011년 3월에 발생한 동일본대지진 등 최근 들어 대규모 지진의 발생빈도가 증가하면서 지각변동과 지진재해탐지에 대한 중요성이 증대되고 있다. GPS는 전 지구적인 지각변동 모니터링과 같이 높은 정밀도가 요구되는 분야에서 필수적인 요소이며, 관측자료의 정밀절대측위 해석을 통한 지진 및

지각변동 모니터링은 매우 효과적인 방법이다[1]. GPS측위 방법 중 정밀절대측위는 각종 모델을 이용하여 전리층, 대류권, 지구회전 및 극운동 등으로 인한 GPS 측위 오차를 소거하는 단독측위 방법으로 지진변위 또는 지각변동을 계산하는 등 정밀 위치결정에 이용되고 있다[2].

GPS를 이용한 지진 탐지 가능성을 파악하기 위해 2004년 수마트라-안다만 지진을 대상으로 IGS 관측자료를 이용하여 정밀절대측위 방법으로 처리하고, 변화량을

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A1A1004414)

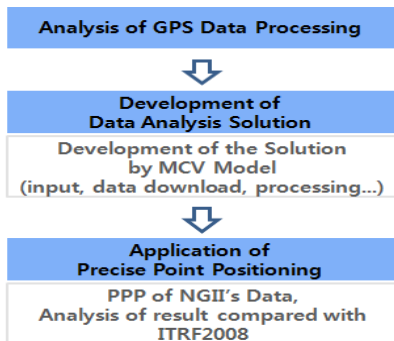
*Corresponding Author : Min-Gyu Kim(Chungnam National Univ.)

Tel: +82-42-821-7747 email: kmgtpq@paran.com

Received June 24, 2013 Revised (1st August 13, 2013, 2nd August 22, 2013, 3rd September 5) Accepted September 6, 2013

산출한 연구가 수행되었으며[3], 2008년 중국 원촨성 지진발생 기간 동안의 GPS 자료를 정밀절대측위를 이용하여 수평 이동량을 산출하는 연구가 수행되었다[4].

국내에서는 2011년 일본 동북부지역의 지진을 대상으로 일본 IGS 상시관측소의 지진 전·후 자료를 온라인 정밀절대측위를 통해 지진변위를 산출한 연구가 이루어졌으며[5], 단독측위 정밀해석 소프트웨어를 이용하여 국내 GPS 상시관측소 14점의 약 10년 간 데이터를 해석하고, 연간 변동량을 계산, 우리나라의 기준시점 조정모형을 구하는 연구가 수행되었다. 또한, GPS 자료처리 관련 연구로는 온라인 GPS 자료처리 서비스의 활용성을 평가하기 위해 국토지리정보원의 GPS 상시관측소 관측파일을 온라인 자료처리 서비스인 AUSPOS와 CSRS-PPP로 처리하고 그 결과를 고시성과와 비교하는 연구가 이루어졌다[6]. 정밀과학기술용 소프트웨어를 이용한 정밀절대측위는 자료해석을 위한 전문지식과 비용 투자가 필요하므로, 사용자들이 손쉽게 자료해석을 할 수 있는 방안이 필요하다[7,8]. 절대측위와 달리 상대측위는 특정 시점 좌표성과를 이용하여 기준점의 이동을 고려하지 않고, 미지점과 기준점 간의 상대적인 위치를 결정하는 방법으로 시공을 위한 현황측량이나 지적측량 등 국가 내부적인 위치결정에 이용되고 있다. 그러나 지진으로 인한 변위량 산출이나 지각변동 속도 산정 등 전 지구적인 시계열 변화를 모니터링하기 위해서는 특정 지점 및 시점을 고정하는 상대측위 방법으로 정확한 결과를 산출하는데 한계가 있으며, 지각변동 모니터링을 위해 숙련자가 아니더라도 활용이 가능한 방법이 필요하다. 이에 본 연구에서는 GPS 자료처리 과정분석을 통해 효율적인 정밀절대측위(PPP; Precise Point Positioning)가 가능한 정밀절대측위 솔루션을 개발하고, 국토지리정보원에서 제공되는 GPS 관측자료 해석을 통해 지각변동 속도를 산출하며, ITRF(The International Terrestrial Reference Frame)에서 발표한 지각변동 속도와 비교를 통해 개발된 솔루션을 검증한다. Fig. 1은 연구 흐름도를 나타낸다.

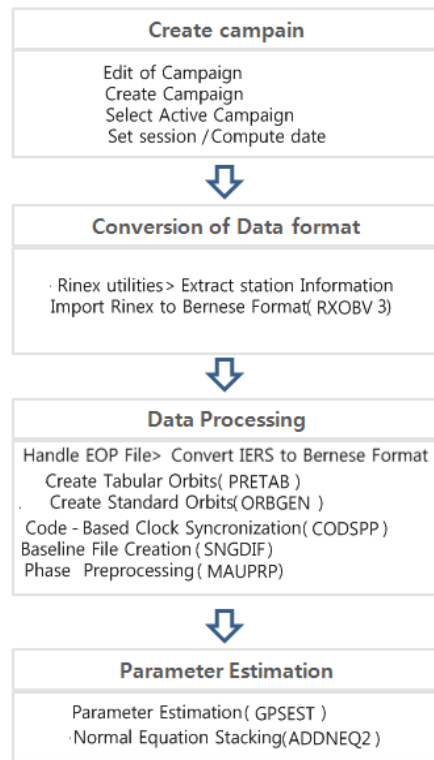


[Fig. 1] Study flow chart

2. 정밀절대측위 솔루션 개발

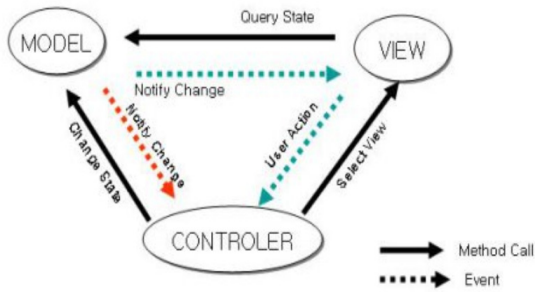
본 연구에서는 학술연구용 소프트웨어인 Bernese의 자료처리 과정에 대한 분석을 수행하고, MCV 모델의 적용을 통해 정밀절대측위 솔루션을 개발하였다. MCV는 소프트웨어공학에서 사용되는 아키텍처 패턴으로, 성공적으로 사용하면 사용자 인터페이스로부터 비즈니스 로직을 분류하여 애플리케이션의 시각적 요소나 그 이면에서 실행되는 비즈니스 로직을 서로 영향 없이 쉽게 고칠 수 있는 애플리케이션을 만들 수 있다.

Bernese의 처리과정은 크게 캠페인 생성, 데이터 포맷 변환, 궤도력 생성 및 자료처리, 파라미터 계산으로 이루어져 있다. Fig. 2는 Bernese의 자료처리 과정을 나타낸다.



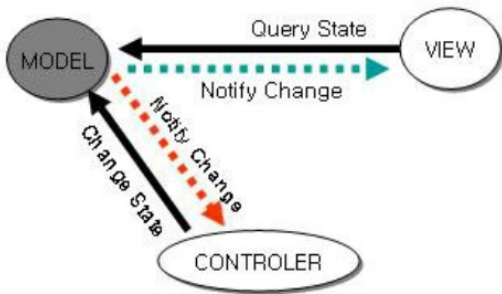
[Fig. 2] Data processing flow of Bernese

M(Model)은 Application의 Business Logic, 즉, 객체 또는 데이터의 가공을 책임지는 컴포넌트들의 집합체이며, C(Control)는 객체 또는 데이터의 흐름을 책임지는 컴포넌트, V(View)는 객체 또는 데이터의 생성을 책임지는 컴포넌트로서 일반적으로 데이터의 입력 부분과 출력 부분을 담당한다.



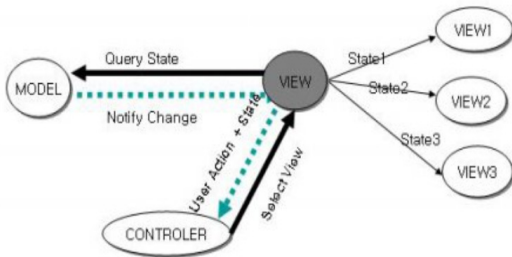
[Fig. 3] Concept of MCV Model

Model은 Controller로부터 전달받은 객체 또는 데이터를 Application의 Business Logic에 따라 가공, 처리하며, 필요에 따라 View나 Controller에게 변경된 객체의 상태를 전달하게 된다.



[Fig. 4] Model

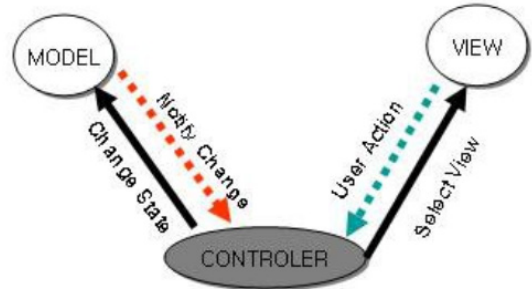
객체나 데이터의 입력과 출력을 담당하는 View는 필요에 따라 Model로부터 객체의 상태를 요청할 수 있고 응답 받은 상태에 따라 다른 출력 형식을 가질 수 있다.



[Fig. 5] View

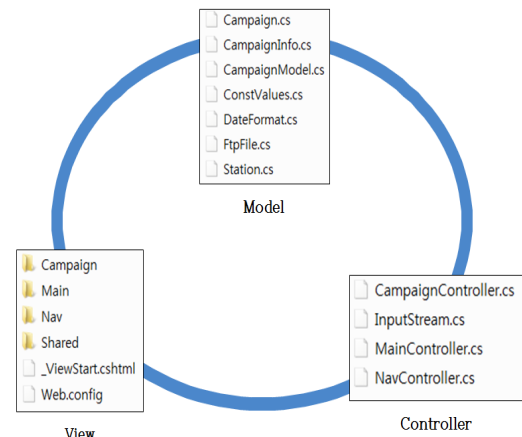
데이터의 흐름을 책임지는 Controller는 활성화 된 View로부터 넘겨받은 메시지를 파악하여 해당 객체를

어떤 Model로 전달할지 결정하고, 필요한 객체나 데이터를 가공할 Model로 전달한다.



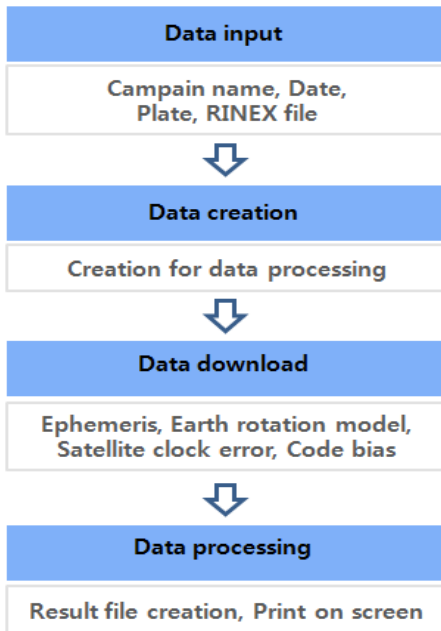
[Fig. 6] Controller

정밀절대측위 솔루션은 정보입력, 자료생성, 데이터 다운로드, 자료처리, 결과출력 부분으로 구성하였다. GPS 관측자료 이외의 자료처리에 필요한 입력 정보를 최소화시켜 사용의 편의성을 향상시켰으며, 손쉽게 유지보수 및 업그레이드가 가능하도록 하였다. Fig. 7은 전문가 서비스의 구조를 나타낸다.



[Fig. 7] Structure of the PPP solution

Model들은 각각 캠페인, 캠페인 정보, 관측소, 관측일자(GPS date, Day of Year)에 관한 정보들을 담고 있다. Controller 중에서 MainController는 index 페이지, introduction 페이지, about 페이지, contact 페이지를 다루고 있으며, CampaignController는 관측파일 분석하는 부분을 담당한다. Fig. 8은 자료처리 흐름을 나타낸다.



[Fig. 8] Data processing flow

3. 정밀절대측위 솔루션 검증

본 연구에서는 국토지리정보원 위성기준점 관측자료를 정밀절대측위로 처리하고, 성과의 시계열 분석을 통해 지각변동 속도를 산출하였으며, 그 결과를 ITRF2008에서 고시된 지각변동 속도와 비교하였다.

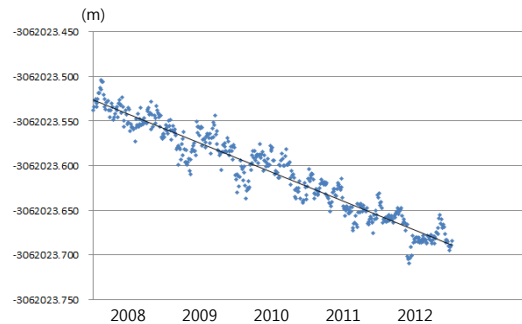
지각변동 속도를 산출하기 위해 2008년 1월~2012년 12월까지 수원 기준점의 GPS 관측자료를 1주일 단위로 취득하였으며, 정밀절대측위 솔루션을 통해 정밀절대측위 방법으로 처리하였다. Table 1은 자료처리 결과의 일부를 나타낸다.

정밀절대측위 솔루션을 통해 ECEF(Earth Centered Earth Fixed) 좌표성적을 얻을 수 있었다. 지각변동 속도 산출을 위해 자료해석 결과를 X, Y, Z 각 성분별 시계열로 나타내었다. Fig. 9 ~ Fig. 11은 위성기준점 자료해석 결과의 각 성분별 시계열을 나타낸다.

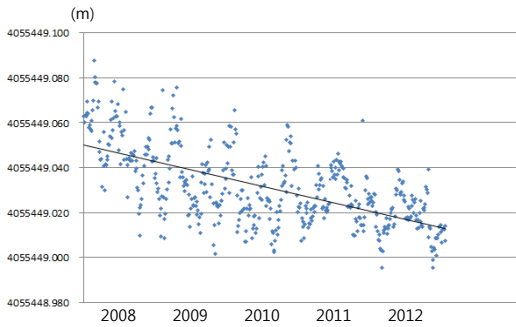
자료처리 성과의 시계열 분석을 통해 수원 기준점의 지각변동 속도를 산출하였으며, 자료처리 결과의 검증을 위해 ITRF2008에서 고시한 수원 기준점의 지각변동 속도와 비교하였다. Table 2는 비교결과를 나타낸다.

[Table 1] Data processing results - SUWN

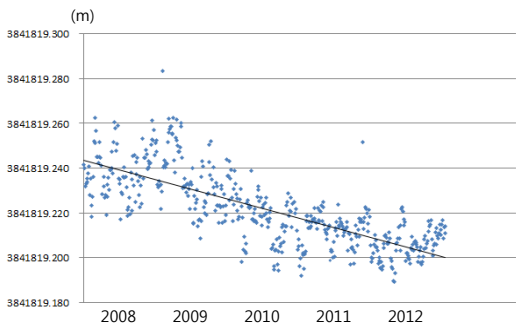
Date	X(m)	Y(m)	Z(m)
2008-01-01	-3062023.538	4055449.063	3841819.241
2008-01-08	-3062023.534	4055449.060	3841819.240
2008-01-15	-3062023.527	4055449.063	3841819.232
2008-01-22	-3062023.525	4055449.063	3841819.233
2008-01-29	-3062023.534	4055449.070	3841819.234
2008-02-05	-3062023.530	4055449.065	3841819.235
2008-02-12	-3062023.526	4055449.064	3841819.238
2008-02-19	-3062023.518	4055449.058	3841819.241
2008-02-26	-3062023.519	4055449.059	3841819.228
2008-03-05	-3062023.513	4055449.057	3841819.235
2008-03-12	-3062023.515	4055449.061	3841819.224
2008-03-19	-3062023.504	4055449.056	3841819.218
2008-03-26	-3062023.506	4055449.066	3841819.227
2008-04-02	-3062023.506	4055449.070	3841819.236
2008-04-09	-3062023.520	4055449.088	3841819.252
2008-04-16	-3062023.525	4055449.078	3841819.251
2008-04-23	-3062023.534	4055449.080	3841819.263
2008-04-30	-3062023.537	4055449.078	3841819.257
2008-05-07	-3062023.529	4055449.078	3841819.245
2008-05-14	-3062023.529	4055449.067	3841819.245
2008-05-21	-3062023.527	4055449.070	3841819.242
2008-05-28	-3062023.538	4055449.047	3841819.252
2008-06-04	-3062023.538	4055449.052	3841819.245
2008-06-11	-3062023.546	4055449.044	3841819.245
2008-06-18	-3062023.538	4055449.044	3841819.241
2008-06-25	-3062023.530	4055449.032	3841819.229
2008-07-02	-3062023.534	4055449.056	3841819.236
2008-07-09	-3062023.549	4055449.041	3841819.232
2008-07-16	-3062023.545	4055449.030	3841819.227
2008-07-23	-3062023.542	4055449.042	3841819.228
⋮	⋮	⋮	⋮



[Fig. 9] Time series graph - X



[Fig. 10] Time series graph - Y



[Fig. 11] Time series graph - Z

[Table 2] Comparison of crustal movement speed

	X(m/year)	Y(m/year)	Z(m/year)
PPP solution	-0.0260	-0.0093	-0.0097
ITRF2008	-0.0242	-0.0115	-0.0112
Deviation	0.0018	0.0022	0.0015

정밀절대측위 솔루션과 ITRF2008의 결과는 X, Y, Z 각 성분 모두 마이너스 방향으로 나타났으며, 지각변동 속도는 $\pm 0.0015\text{m/year} \sim \pm 0.0022\text{m/year}$ 의 미소한 차이를 나타냈다. ITRF에서는 GPS, VLBI, DORIS, SLR 등 정밀한 위치결정이 가능한 방법을 통해 국제 공인의 지각변동 속도를 발표하고 있으며, ITRF2008과의 비교 결과는 정밀절대측위 솔루션을 이용한 효과적인 지각변동 산출이 가능함을 제시하는 것으로 GPS 관측자료 이외의 추가적인 자료 생성이나 취득 없이 효과적으로 정밀절대측위를 이용한 지각변동 모니터링이 가능하였다.

4. 결론

본 연구는 효과적인 정밀절대측위가 가능한 솔루션을 개발하고, 지각변동을 산정한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 정밀과학기술용 GPS 자료처리 소프트웨어에 대한 분석을 통해 정밀절대측위가 가능한 솔루션을 개발하였다.
2. 정밀절대측위 솔루션을 활용한 정밀절대측위를 통해 관측자료 이외의 추가적인 자료의 생성이나 취득 없이 효과적으로 지각변동 속도를 산정할 수 있었다.
3. 연구를 통해 산출된 지각변동 속도와 ITRF2008에서 제공하는 속도의 비교를 통해 정밀절대측위 솔루션을 검증할 수 있었다.

References

- [1] D. S. Song and H. S. Yun, "Crustal Deformation Velocities Estimated from GPS and Comparison of Plate Motion Models", Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol.26, No.5D, pp.877-884, 2006.
- [2] Wanninger, L. and Helbarth, A. "GNSS Precise Point Positioning und seine Anwendung in der Hydrographie", Hamburg, DVW-Schriftenreihe Band 58/2009, pp.3-18, 2009.
- [3] J. Kouba, "A Possible Detection of the 26 December 2004 Great Sumatra-Andaman Island Earthquake with Solution Products of the International GNSS Service", Studia Geophysica et Geodaetica, Vol.49, pp.463-483, 2005.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11200-005-0022-4>
- [4] C. Shi, Y. Lou, H. Zhang, Q. Zhao, J. Geng, R. Wang, R. Fang and J. Liu, "Seismic deformation of the Mw 8.0 Wenchuan earthquake from high-rate GPS observations", Advances in Space Research, Vol.46, pp.228-235, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2010.03.006>
- [5] J. K. Park and H. C. Yun, "Analysis about Seismic Displacements Based on GPS for Management of Natural Disaster", Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.29, No.3, pp.311-318, 2011.
- [6] W. J. Sung, H. S. Yun, J. S. Hwang and J. M. Cho, "Development of Reference Epoch Adjustment Model

for Correlation of GPS Precise Point Positioning Results”, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Vol.30, No.3, pp.249-258, 2012.

- [7] J. K. Park, M. G. Kim and J. S. Lee, "Analysis of Data Processing Expert System Service for the Multilateral Application of GPS", Proceedings of 2012 KSCE Annual Conference, pp. 2636-2639.
- [8] J. K. Park, M. G. Kim and J. S. Lee, "Construction of Expert Service for GPS Relative Positioning Data Processing", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.14, No.5, pp.2481-2486.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.5.2481>
-

박 준 규(Joon-Kyu Park)

[종신회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 토목과 조교수

<관심분야>
지형공간정보공학

김 민 규(Min-Gyu Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2008년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2012년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)

<관심분야>
지형공간정보공학