

준실시간 고정밀 GPS 자료처리 자동화 시스템 구축

하지현¹⁾ · 박관동²⁾ · 박필호³⁾ · 임형철⁴⁾

¹⁾ 한국천문연구원 GPS연구그룹 학연석사과정, 충북대학교 천문우주학과 석사과정(hajh@kao.re.kr)

²⁾ 한국천문연구원 GPS연구그룹 선임연구원 (kdpark@kao.re.kr)

³⁾ 한국천문연구원 GPS연구그룹 책임연구원 (phpark@kao.re.kr)

⁴⁾ 한국천문연구원 GPS연구그룹 선임연구원 (hclim@kao.re.kr)

Abstract

We automated high-accuracy data processing routines for various near-real-time GPS applications. The automated system was based on UNIX, and it uses GIPSY-OASIS II and ultra-rapid orbits which is updated twice a day and provided online. The highest error in the estimated site position was 2 cm and 5 cm in the horizontal and vertical directions, respectively. The mean 3-D position error about 2 cm.

1. 서 론

GPS 수신기에서 생성된 데이터를 신속하게 처리하여 정밀한 좌표를 결정하는 일은 GPS를 이용한 준실시간 응용분야의 가장 기본적이며 핵심적인 일이다. 특히 화산이나 지진이 일어나는 지역의 지각 변위 모니터링, 가강수량(PWV, Precipitable Water Vapor) 결정과 같은 기상현상 감시 그리고 구조물 변위 모니터링 등과 같은 경우는 준실시간으로 고정밀 좌표를 결정해야 한다.

본 연구에서는 고정밀 GPS 자료처리 S/W인 GIPSY-OASIS II(GPS Inferred Positioning System-Orbit Analysis and Simulation Software II)를 이용하여 초신속궤도력(ultra-rapid orbits)을 바탕으로 고정밀 자료처리 과정을 거쳐 준실시간 관측소의 좌표를 산출하는 자동화 시스템을 구축하였다.

2. GPS 자료 처리

준실시간 GPS 자료처리에는 여러 가지 궤도력이 이용될 수 있다. 이 장에서는 각 궤도력의 특징을 비교하고 본 연구에서 초신속궤도력이 사용된 이유를 설명한다. 또한 GIPSY를 이용한 자료처리와 UNIX상의 자동화 시스템에 대해 간단히 기술한다.

2.1 GPS 위성 궤도력

정밀궤도력(precise orbits)은 국제적인 GPS 기관인 IGS(International GPS Service)에서 전세계 IGS 상시관측소들의 GPS 데이터를 이용하여 만들어진다. 이 궤도력은 GPS의 궤도력 중 정밀도가 가장 높지만 궤도력 생성까지 2주정도 소요되는 관계로 준실시간 자료처리에는 부적합하다.

신속궤도력(rapid orbits)은 정밀궤도력과 마찬가지로 전세계 IGS 관측소 데이터를 이용하여 만들어지며, UTC를 기준으로 궤도력이 만들어지기까지 20시간 정도가 소요된다. 따라서 생성되는데 비교적 긴 시간을 요하는 이 궤도력으로는 준실시간 처리시 정밀도가 떨어지기 때문에 본 연구에서는 사용하지 않았다.

방송궤도력(broadcast ephemerides)은 GPS 위성으로부터 수신되는 궤도력으로 항법메시지(navigation

message)가 포함되어 있다. 이 궤도력은 GPS 수신기로 실시간 취득이 가능하므로 준실시간 자료처리에 이용될 수 있다. 그러나 다른 궤도력에 비해 정밀도가 현저히 떨어지므로 본 연구에서는 준실시간 자료처리가 가능하고 정밀도도 높은 초신속궤도력을 사용하였다.

초신속궤도력은 IGS에서 매시간 새롭게 수집된 전세계 GPS 데이터를 이용하여 하루에 두 번(00시와 12시) 제공한다. 이 궤도력은 해당날짜의 시간에서 24시간 후까지 추정된 궤도력을 포함하고 있어 예측 궤도력으로 명명되기도 한다.

2.2 고정밀 자료 처리 S/W

GPS 데이터 처리에는 GIPSY-OASIS II(여기서는 GIPSY라 호칭함)를 사용하였다. GIPSY는 JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서 개발된 고정밀 GPS 자료처리 S/W이다(Webb 등, 1993). GIPSY의 가장 대표적인 특징은 이중차분(double difference)을 이용하지 않고, 데이터의 처리과정에서 위성시계와 관측소 시계오차를 추정하거나 타 기관이 제공하는 위성 시계오차를 사용한다는 것이다. 본 연구에서 이용한 초신속궤도력과 함께 제공되는 위성 시계오차는 정밀도가 매우 낮으므로 관측소 중 가장 안정된 관측소의 좌표를 고정시키고 위성시계오차를 추정해야 한다. 일반적으로 Cesium이나 H-maser와 같은 외부 기준시계가 연결되어 있는 관측소를 이용한다. 그러므로 데이터 수집 기관으로 한국천문연구원 9개 상시관측소를 이용하고, 이들 중 유일하게 Cesium 외부기준 시계가 연결되어 있는 곳인 DAEJ를 이용하였다.

GIPSY를 이용하여 초신속궤도력의 자료처리를 할 경우 GPS 위성의 궤도력 정보가 실린 eci 파일과 GPS 위성 시계 오차 정보와 Yaw Rates의 자료가 실린 tdpс 파일, 극운동 정보가 실린 tpeo 파일 그리고 GPS 위성 그림자 정보가 실린 shad 파일이 필요하다. 그러나 초신속궤도력을 이용 할 경우 00시에 생성되는 _00.sp3 파일과 12시에 생성되는 _12.sp3 파일에서 GPS 위성 궤도력 정보를 알 수 있지만 나머지 파일은 함께 제공되지 않기 때문에 데이터 처리 과정에서 추정하거나 다른 파일로부터 도출한다.

2.3 자동화 시스템

UTC 0시인 KST 09:20이 되면 PC서버에서 GPS 데이터를 전송 받는 자동화 프로그램이 실행되어 DAEJ 관측소를 비롯하여 한국천문연구원의 9개 상시관측소로부터 GPS 데이터를 전송 받는다. 모든 관측소의 데이터를 전송받는데 보통 3시간 정도가 소요되기 때문에 종료 시점이라고 생각되는 KST 12:45분이 되면 FTP를 이용하여 PC서버에서 UNIX서버로 자동 데이터 전송이 시작된다. UNIX 서버로 GPS 데이터의 전송이 모두 이루어지면 cronjob으로 GIPSY를 이용한 고정밀 자료처리 프로그램이 자동 실행되어 신속한 자료처리가 이루어진다. 이 프로그램으로 9개 관측소의 모든 자료처리가 끝나는 시간은 약 7-8분 정도 소요된다.

3. 준실시간 자료처리 정밀도 분석 방법

본 연구에서 구축한 준실시간 고정밀 자료처리 시스템의 정밀도를 분석하기 위하여 한국천문연구원 9개 상시관측소 데이터를 이용하였다. 이용된 데이터는 2003년 6월 29일부터 7월 3일까지 5일간이며, 이를 준실시간 처리하였다. 그 결과로 산출된 좌표값의 정밀도를 다음과 같이 분석하였다.

비교 기준이 되는 좌표는 1999년 3월부터 2002년 11월까지 한국천문연구원의 9개 상시관측소 데이터를 처리한 결과이며, 이를 GIPSY로 고정밀 자료 처리하여 관측소별 ITRF2000좌표와 속도 산출한 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1의 속도를 이용하여 준실시간 자료 처리하는 해당 날짜의 예측좌표를 계산하고, 그 날의 데이터를 처리하여 구한 추정좌표와 비교한다.

표 1. 한국천문연구원의 9개 상시관측소의 ITRF2000 좌표와 속도 (2001년 1월 10일 기준, 관측소 속도는 유라시아판의 지각 속도가 포함된 ITRF2000 상의 절대 속도이다.)

관측소	위치	ITRF2000 좌표(meters)			관측소 속도(mm/year)		
		X	Y	Z	Vx	Vy	Vz
BHAO	보현산 천문대	-3243254.1891	4008470.8473	3743543.8435	-27.7315	-7.9423	-7.6971
DAEJ	한국천문연구원	-3120041.8809	4084614.9252	3764026.9495	-29.5169	-10.8459	-8.9993
JEJU	탐라대학교	-3171944.1352	4292560.1976	3480971.0069	-28.3826	-12.9293	-11.7489
MKPO	목포 기상대	-3109396.0892	4220348.7440	3621241.2958	-34.9778	-9.6655	-8.2613
MLYN	밀양 기상대	-3253750.3701	4054963.2952	3682413.3812	-28.0512	-9.1953	-8.3472
SBAO	소백산 천문대	-3175229.5471	3997975.8047	3812384.4656	-21.5820	-9.7166	-8.2064
SKCH	속초 기상대	-3126510.8594	3921458.2569	3927386.2057	-26.6468	-7.2119	-8.3281
SKMA	서울 기상청	-3043536.4869	4050959.0589	3861031.7866	-27.0330	-8.7558	-10.4659
YOSU	여수 MBC 방송국	-3208481.0850	4150350.0344	3615841.0787	-31.2517	-6.2716	-10.9692

이 두 좌표를 비교하는 방법은 그림 1과 같다. 그림 1에서 직선이 관측소 속도이고, 그 직선 위에 나타난 검은 점이 속도로부터 산출된 예측좌표이다. 그리고 사각형 모양으로 나타낸 것이 예측좌표와 비교 대상이 되는 추정좌표이다. 그리고 예측좌표와 추정좌표들 사이의 차이가 좌표 오차가 된다.

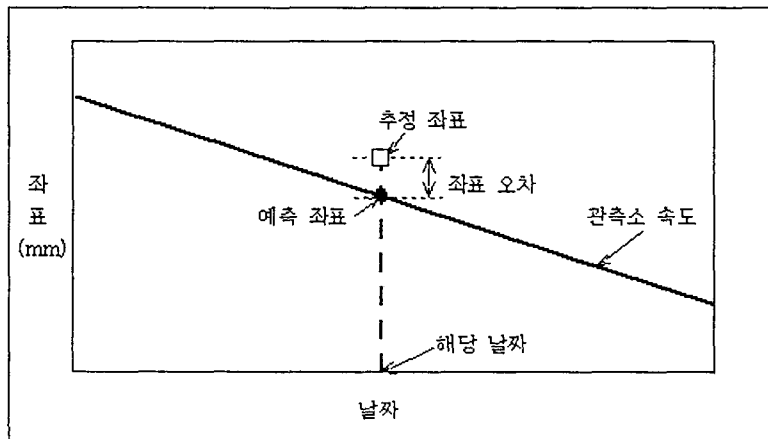


그림 1. 좌표 비교 방법

4. 결과 및 토론

데이터 처리 후 산출된 ITRF2000 좌표는 해당관측소의 NEV(local north, east, up, 여기서는 각 방향을 남-북, 동-서, 수직으로 호칭함) 좌표계로 변환한다. 이렇게 산출된 예측좌표와 추정좌표를 비교하여 두 좌표 간 차이인 좌표오차를 구하여 표 2에 나타내었다. 좌표오차의 단위는 mm로 나타내었으며, DAEJ 관측소는 자료처리 과정에서 기준점으로 좌표를 고정시켰기 때문에 이를 제외한 8개 관측소의 좌표 성분별 비교이다.

표 2. 한국천문연구원 8개 관측소의 좌표 오차 (2003.06.29부터 5일간의 NEV와 3차원 좌표 오차임.)

관측소	좌표	좌표 오차(mm)				
		6/29	6/30	7/1	7/2	7/3
BHAO	남-북	2.5	1.7	-4.5	2.1	-3.3
	동-서	-6.7	-11.6	-3.0	-4.3	-5.8
	수직	3.5	-9.2	13.	3.8	11.9
	3차원	7.9	14.9	10.6	6.1	13.6
JEJU	남-북	8.9	12.9	-7.4	2.9	-6.8
	동-서	-1.1	-2.8	8.0	-0.5	-2.7
	수직	-24.6	-26.5	13.0	-29.7	-25.0
	3차원	26.1	29.6	17.4	29.8	26.0
MKPO	남-북	2.4	8.7	-7.3	-2.7	-1.5
	동-서	0.4	2.8	9.8	10.6	1.9
	수직	-7.7	-2.1	8.3	3.8	-17.7
	평균	8.0	9.3	14.7	11.5	17.8
MLYN	남-북	2.7	4.8	-3.2	0.2	4.9
	동-서	-1.2	-5.8	5.6	7.3	-3.7
	수직	6.2	0.4	7.9	-14.1	-11.1
	3차원	6.8	7.5	10.1	15.8	12.6
SBAO	남-북	12.1	10.4	-1.7	6.7	1.1
	동-서	-10.1	-18.0	-2.5	-2.6	-15.1
	수직	23.9	-13.0	8.4	-13.4	-14.5
	3차원	28.6	24.5	8.9	15.2	20.9
SKCH	남-북	11.9	10.1	-5.0	2.8	-3.1
	동-서	-18.8	-15.6	0.0	-18.0	-7.9
	수직	-16.6	1.4	11.	-4.2	-0.8
	3차원	27.7	18.6	12.2	18.6	8.6
SKMA	남-북	6.6	10.6	-3.8	3.4	-3.7
	동-서	-3.7	-11.5	-0.3	-5.6	-14.4
	수직	-24.5	-13.4	3.4	-12.7	-7.2
	3차원	25.6	20.5	5.1	14.3	16.5
YOSU	남-북	-0.5	0.8	-11.2	-2.7	-5.5
	동-서	-2.9	-4.8	1.6	-7.1	-3.5
	수직	-28.6	-5.6	-0.8	-18.5	1.6
	3차원	28.7	7.4	11.3	20.0	6.7

5일간 데이터 처리 결과를 보면 예측좌표와 추정좌표를 비교하였을 때, 동-서 방향 성분이나 남-북 방향 성분보다 수직 방향 성분의 오차가 크게 나타났다. 수평 방향으로 최대 오차는 6월 29일 SKCH 관측소의 -18.8mm이고, 수직방향 최대 오차는 같은 날의 YOSU관측소의 -28.6mm이다. 관측소별 3차원 오차값을 보면, MLYN 관측소의 좌표 오차가 전반적으로 작게 나온 것을 알 수 있다. 그리고 7월 1일 SKMA 관측소의 오차가 5.1mm로 가장 작으며 7월 2일의 JEJU 관측소의 오차가 29.8mm로 가장 크게 나타났다.

그림 2-4는 다른 관측소에 비해 가장 높은 좌표오차가 나타난 JEJU 관측소의 예측좌표와 추정좌표를 비교하여 좌표 성분별로 나타낸 것이다. 이 관측소의 추정좌표의 수평 방향 오차는 최대 12.9mm이고, 수직 방향 최대 오차는 -29.7mm이다.

그림 1에서 설명한 바와 같이 직선이 관측소 속도이다. 연결된 선들은 3년간 데이터를 정밀케도력을 이용하여 고정밀 자료처리 결과 산출된 좌표이다. 그리고 그림 우측의 마름모 모양 점으로 나타낸 것이 5일 동안 계산된 추정좌표이다. 이 좌표들 사이의 차이가 표 2의 좌표 오차가 된다. 세로축의 단위는 mm이며 가로축은 시간이다.

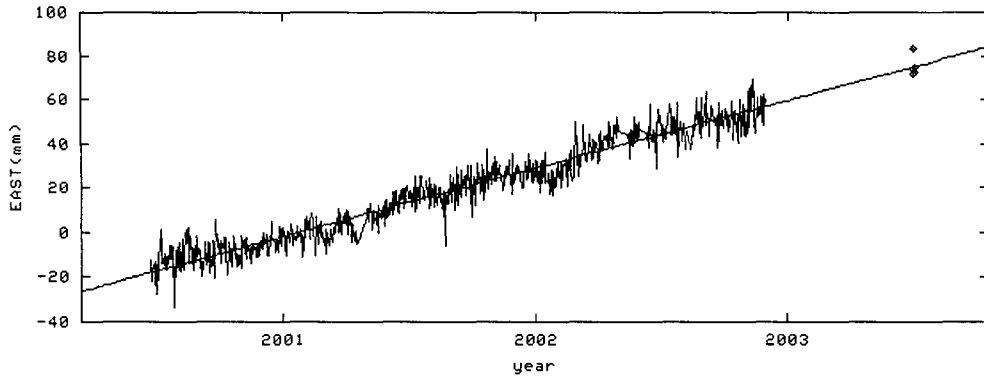


그림 2. JEJU 관측소의 동-서 성분의 좌표 오차

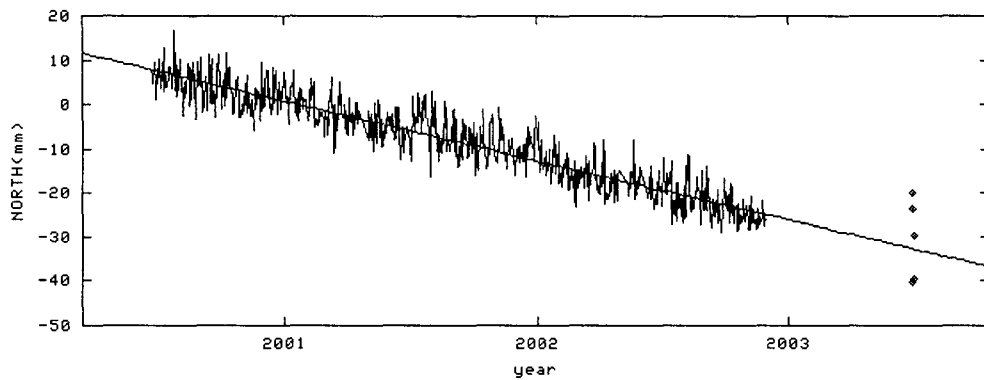


그림 3. JEJU 관측소의 남-북 성분의 좌표 오차

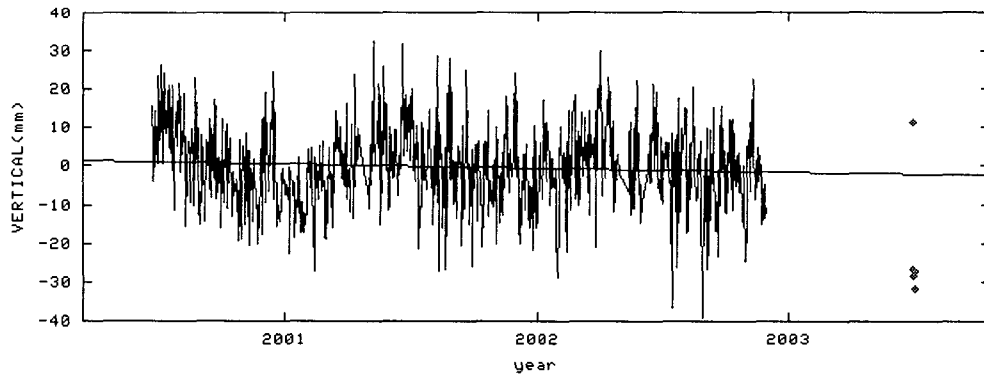


그림 4. JEJU 관측소의 수직 성분의 좌표 오차

5. 결 론

본 연구에서는 GPS 데이터의 준실시간 고정밀 자료처리 자동화 시스템을 구축하였다. 초신속계도력을 사용하였으므로 준실시간 GPS자료처리가 가능하며 GIPSY를 이용하여 고정밀 좌표를 산출할 수 있다. 자료처리와 관련한 모든 작업은 UNIX상의 cronjob을 이용하여 자동으로 수행된다. 산출된 결과 값의 정밀도를 비교하기 위하여 3년 동안의 데이터를 처리하여 예측좌표를 계산하고, 계산된 예측좌표와 2003년 6월 29일부터 7월 3일까지 데이터를 처리하여 계산된 추정좌표와 서로 비교하였다. 그 결과 3차원 방향으로 평균 1~2cm의 차이를 가지는 매우 정밀한 결과를 얻을 수 있었다. 본 연구에서 개발한 이

시스템은 짧은 시간에 정밀한 좌표를 산출할 수 있으므로, 신속하고 정밀한 좌표를 요하는 GPS의 준수 시간 응용분야에 폭 넓게 활용될 수 있다.

참고문헌

Webb, F. H. and Zumberge, J. F. (1993), An introduction to the GIPSY/OASIS-II, JPL Publ., D-11088