Control Parameter를 이용한 GPS 관측데이터의 품질 관리
GPS Observation Data Quality Control using Control Parameters

이동하[1] · 윤홍식[2] · 이영균[3]
Yun, Hong Sic · Lee, Dong Ha · Lee, Young Kyun

[1] 성균관대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정(E-mail:dhlee@geo.skku.ac.kr)
[2] 성균관대학교 토목환경공학과 교수(E-mail:yhs@geo.skku.ac.kr)
[3] 성균관대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정(E-mail:yklee@geo.skku.ac.kr)

요 지(Abstract)

본 연구에서는 효율적인 GPS 데이터의 품질관리를 위한 GPS_QC 프로그램을 개발하여, GPS 데이터의 Quality 판단할 수 있는 총 8개의 Control 인자(위성의 배치, Multipath 오차량, 전리층 지연량 및 위성신호 강도 등)를 계산할 수 있었으며, GPS 데이터 품질에 관련된 Control 인자의 결과값 및 허용오차 범위, 실제 관측데이터의 허용오차의 포함여부를 시계열 그래프와 보고서 형태로 제공하여 현장 등에서 간단하고 효율적으로 GPS 데이터의 품질관리를 가능하게 한다. 따라서 기존에 GPS 데이터 해석 후에나 판단이 가능했던 데이터의 품질을 현장이나 실내에서 직접 확인할 수 있게 함으로서 재측과 데이터 처리 시 소요되는 시간과 경비를 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서 론

최근 들어 GPS를 이용한 일반측량과 기준점측량과 같은 공공측량이 증가함에 따라 GPS 측정결과의 정밀도가 중요한 관심사항이 되고 있다. GPS 측정의 정밀도는 GPS 측위 오차에 밀접한 관련이 있다. GPS 측위 오차는 구조적 요인에 의한 거리오차, 위성배치에 따른 기하학적 오차, SA에 의한 오차 등이 존재하는 데, 미국방성에 의한 SA가 해제됨에 따라 구조적 요인에 의한 거리오차와 위성배치에 따른 기하학적 오차가 GPS 측위 오차 중 가장 큰 요소로 대두되었다(Wellenhof 등, 1997).

구조적 요인에 의한 거리오차 중 수신기에 의해 발생하는 Multipath나 전자파적 Noise에 의한 오차와 위성의 배치에 따른 기하학적 오차는 데이터 수신 시 관측시간, 지형, 기상상태와 같은 환경적인 요인에 크게 좌우되어 이러한 오차의 영향치를 확인할 수 있다면 사용자에 의해 그 오차량을 최소화 할 수 있다. 하지만, 현재 이러한 GPS 데이터의 품질을 현장에서 직접 확인할 수 있는 프로그램이 개발되지 않은 실정이여서 이러한 오차의 영향에 대한 확인이 실내에서 GPS 데이터 해석 시 이루어지는 경우가 대부분 이였다. 이러한 이유로 GPS 측정결과의 정밀도가 떨어지는 경우에는 다시 현장에서 재측을 수행하여야 하므로 시간적, 경제적 측면에서 상당한 손실이 있어왔다.

본 연구의 목적은 GPS 데이터 품질의 효율적인 관리를 위한 프로그램을 개발하여 GPS 데이터 해석 시 정밀도를 높이고 현장에서 관측시간 내 GPS 측량의 적절성 및 재측 여부 등을 직접 결정할 수 있게 함으로서 시간적 · 경제적 손실을 절감하고자 하는데 있다.

2. 프로그램 개발

GPS_QC 프로그램의 GPS 데이터 품질 관리는 각 Control 인자의 이론적 허용오차 범위와 실제 관측데이터에서 30초 간격으로 계산된 Control 인자의 수치 중 허용오차를 벗어나는 관측수가 총 관측수

에 차지하는 비율(%)을 확인하는 것에 의해 수행된다. GPS 데이터의 품질 관리를 위한 Control Parameter는 관측시간 내 GPS 위성 신호를 기록한 관측파일(Observation file)과 GPS 위성의 위치를 기록한 방송력 파일(Broadcast file)을 이용하여 간단하게 계산될 수 있다. 본 연구에서 개발한 GPS_QC 프로그램은 RINEX 포맷의 관측파일과 방송력 파일을 입력하여 GPS 데이터 품질을 판별할 수 있는 Control 인자를 계산하도록 설계되었다. Control 인자는 총 8개로서 시계열 그래프와 보고서 형태로 제공되게 되는데 GPS_QC 프로그램에서 설정된 각 Control 인자의 허용범위와 관측데이터의 허용포함율(%) 다음의 표와 같다. 하지만, 현재 각 Control 인자의 이론적 허용오차 범위와 그 허용 범위에 대한 허용 포함율(%)에 대한 연구가 거의 전무한 실정이다. 따라서 GPS_QC에서는 일반적인 GPS 오차 원인의 경향에 맞추어 그 허용범위를 규정하고 있다. 또한, L1 신호의 강도와 질이 L2 신호보다 좋은 GPS 신호의 특성 상 Control 인자의 허용범위 중에서 L1에 주파에 관계된 Control 인자를 이용하여 품질관리를 하는 것이 바람직하다고 본다.

표 1. Control 인자의 허용범위 및 관측데이터의 허용범위 포함율(%)

Control 인자	위성의 배치 (Skyplot)		다중경로 (Multipath)		전리층 지연 (Ionospheric Delay)		위성신호의 강도 (SNR)	
	ele	azi	mp1	mp2	ion	iod	sn1	sn2
허용범위	10° 이상	PDOP 3 ~ 7	1.0m	2.0m	±10 이내	±0.3 이내	10 이상	7 이상
허용 포함율(%)	90.0	70.0	95.0	95.0	80.0	80.0	80.0	80.0

GPS_QC 프로그램은 GPS 측량 시 반복되는 재측 문제 등을 해결하기 위해 실제 현장 등에서 손쉽게 사용할 수 있도록 설계되었다. Microsoft사의 Visual Basic을 이용하여 개발되었으며, 모든 Windows 플랫폼에서 사용가능하도록 개발되었다. 다음 그림은 GPS_QC 프로그램의 구성도이다.

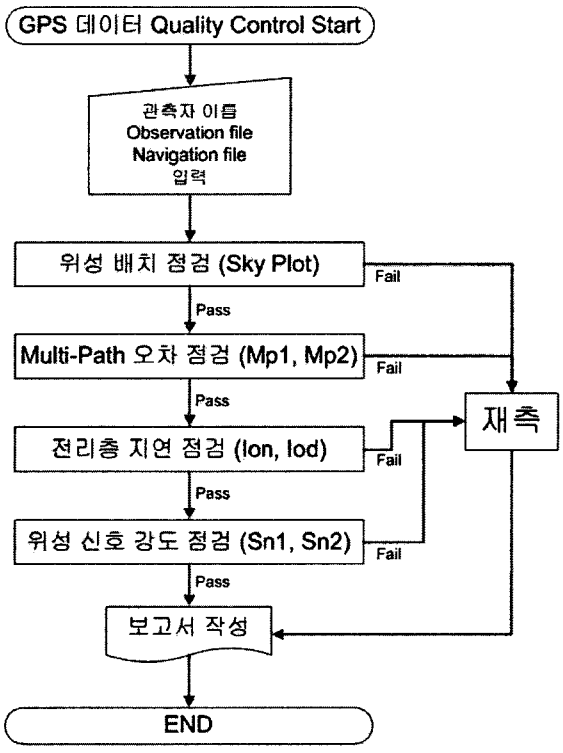


그림 1. GPS_QC 프로그램 구성도

3. 프로그램 적용

GPS_QC 품질 관리 프로그램의 입력데이터로서 총 4시간 동안 관측된 RINEX2.1 포맷의 관측데이터와 방송력 파일을 이용하였다. GPS_QC 프로그램은 먼저 입력데이터를 이용하여 수신기의 위치를 계산한 후 관측시간 내 수신된 모든 위성의 위치와 방위각을 먼저 계산하게 된다. 그 후 각 Control 인자를 계산하게 되며 각 위성별로 관측시간과 계산된 Control 인자 수치를 시계열 데이터로 작성한다. 작성된 시계열 데이터는 시계열 그래프와 Skyplot 그래프로 표현되며, 오른쪽 상단의 실행 프로세스 창에 의해 수행되는 작업에 대한 간단한 요약과 결과를 확인할 수 있다. 또한 GPS 데이터 품질의 간편하고 효율적인 관리를 위하여 PDF 형태로 데이터의 품질 및 재측 여부 등에 관한 품질 관리 보고서를 제공하고 있다.

3.1 위성의 배치(Skyplot)

GPS 측량 시 이용되는 위성들의 배치상황에 따라 오차가 증가하게 되는데, 이러한 위성의 배치는 관측시간 내 모든 위성의 고도 및 방위각을 계산함으로서 확인할 수 있다. 계산된 위성 고도 및 방위각을 이용하면 관측시간 내 위성의 PDOP나 GDOP의 변화를 손쉽게 파악할 수 있으며 GPS_QC 프로그램에서는 이를 위해 위성 고도 및 방위각을 시계열 그래프와 Skyplot 그래프 형태로 표현하고 있다.

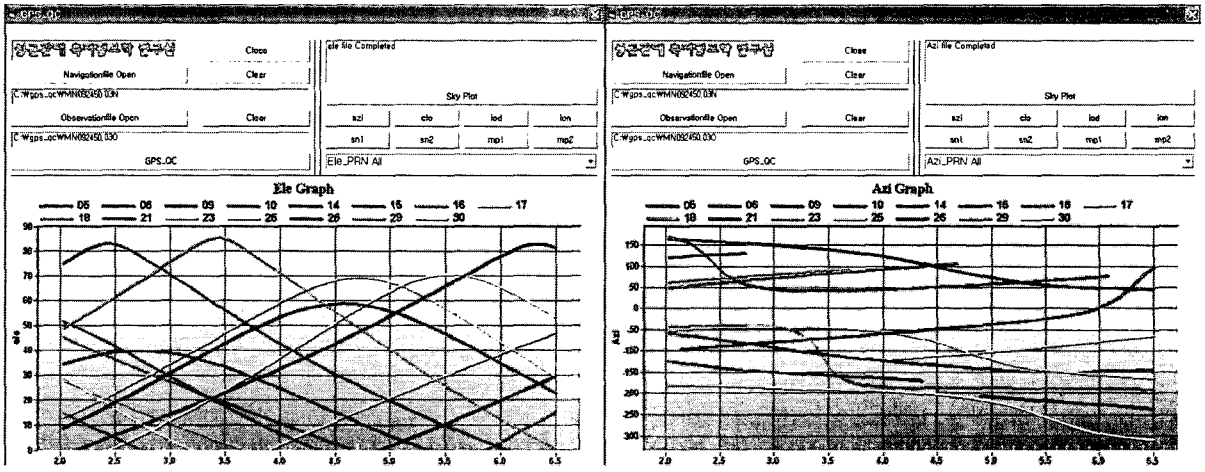


그림 2. GPS_QC에서 계산된 위성 고도(ele) 및 방위각(azi)

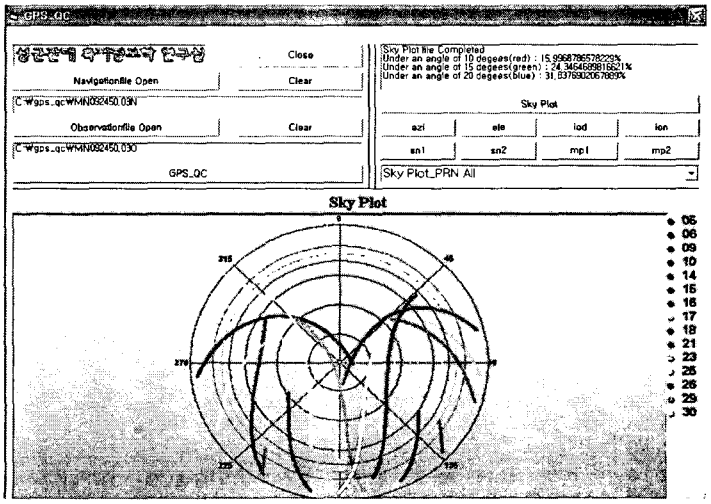


그림 3. 위성 고도 및 방위각의 Skyplot 그래프

3.2 다중경로(Multipath)

다중경로 오차는 인공위성에서 바로 오는 신호가 아닌 반사되어 들어오는 신호를 받아들이는 것이다. 반사된 신호는 더 길어진 경로를 통해 수신됨으로 인해서 결과적으로 틀린 위치를 측정하게 된다. 이러한 다중경로 오차는 약 1.0 ~ 2.0m 정도의 크기를 가지고 있으며, 대부분 수신기가 저고도 위성의 신호를 수신함에 의해 생겨나는 결과로서 사용자가 확인할 수 없으므로 회피가 거의 불가능하다(Ray 등, 2001).

이렇게 다중경로로 인해 관측된 데이터가 많을수록 GPS 해석 정밀도가 크게 떨어지게 되며, 이러한 경우 대부분 재측을 수행하여야 한다. GPS_QC 프로그램에서는 이러한 다중경로 오차의 영향 정도를 데이터 해석을 수행하지 않고 그래프 등을 이용하여 신속하게 제공한다. 따라서 관측시간 내 다중경로에 의한 오차가 다수 발생했을 경우 현장에서 직접 재측 여부 등을 결정할 수 있다.

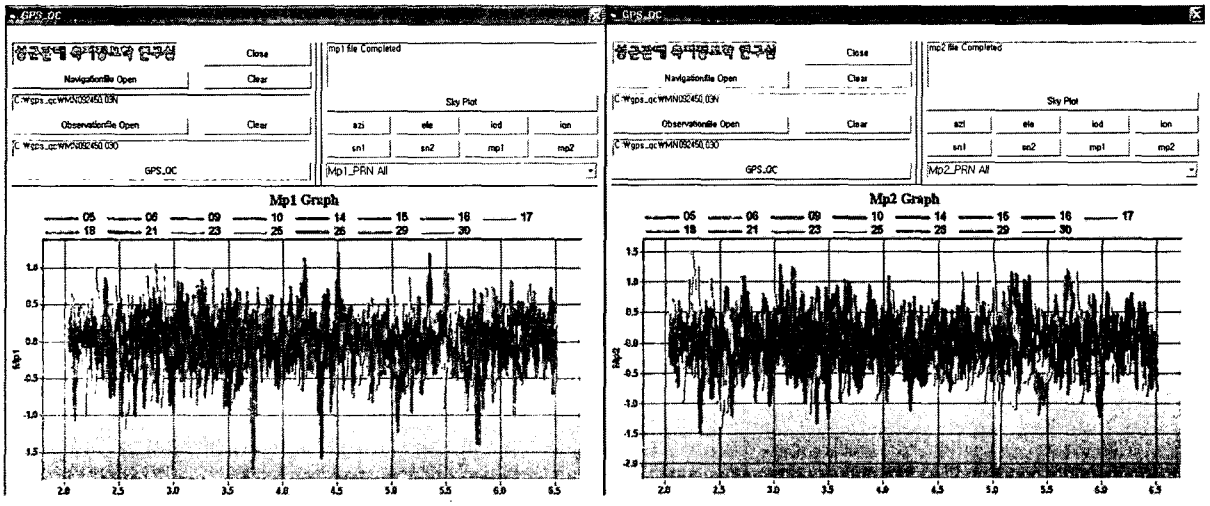


그림 4. GPS_QC에서 구한 L1 · L2 다중경로 오차량(mp1, mp2)

3.3 전리층 지연(Ionospheric Delay)

전리층 지연은 GPS 오차원인 중 상당히 큰 부분을 차지하며 대부분 약 2.0m 이상의 크기를 가진다. 하지만 전리층 지연은 주파수에 반비례하는 특성이 있으므로 이중 주파수 수신기(Dual-frequency GPS receiver)를 사용하면 정확하게 지연시간을 측정할 수 있다. 그러나, 단일 주파수 수신기를 사용할 경우 전리층 지연량은 GPS 해석 정밀도에 큰 영향을 주게된다(윤두희 등, 1997)

따라서, 전리층 지연량이 큰 경우에는 GPS 관측을 피해야하며 실제 관측이 이루어진 경우에는 재측을 수행할 필요가 발생한다. 본 GPS_QC 프로그램에서는 실제 관측된 GPS 데이터를 이용하여 전리층 지연량을 수학적 모델을 통해서 대략적으로 계산하게 된다. 그 후 계산된 전리층 지연량을 통하여 사용자에게 전리층 지연 오차의 영향을 시계열 그래프와 수치를 통하여 제공하게 된다. 또한 이러한 전리층 지연량의 시간에 따른 변화를 보여줌으로 실제 관측 시 전리층 지연량을 최소화시킬 수 있게 하며, 관측시점 선정 시 도움을 준다.

3.4 위성신호의 강도(Signal to Noise Ratio)

위성신호의 강도는 신호 대 잡음비(Signalto-Noise Ratio)라 불리는데 이러한 비율이 감소한다는 것은 정보가 잡음으로 인해 손실된다는 것을 의미한다. 신호의 질은 신호 정도가 증가함에 따라 향상되며 고도각 30°인 위성에 대한 일반적인 L1 신호의 정도는 10에서부터 20까지 분포한다. L1 신호정도가 15이상이면 매우 낮은 잡음 정도를 가지고 있으며, L1 신호정도가 5이하라면 관측데이터에 다수의 잡음을

포함하고 있는 상태이다. 대부분 L2의 경우 신호 대 잡음비(SNR)은 L1의 신호 대 잡음비보다 낮은 값을 갖는다. 따라서 관측데이터의 잡음을 평가하기 위해서는 L1 신호의 강도에 초점을 맞추어야 할 필요가 있다. 위성신호의 강도가 약한 경우에 관측된 데이터로부터 계산된 위치는 정확도가 저하되는 경향을 갖는다(Reichert 등, 1999).

이러한 잡음에 의한 오차량은 약 1.5m 이상의 크기를 가지고 있으므로 위성 신호의 강도가 현저히 약해진 경우, 즉 잡음의 정도가 높은 경우는 이에 대한 영향을 받지 않도록 수신기를 다시 설정하여 오차량을 최소화 하여야 한다. 따라서 GPS_QC 프로그램에서는 GPS 위성신호의 강도 저하에 따른 오차의 영향을 최소화할 수 있도록 하기 위하여, L1 · L2 신호에 대한 신호 대 잡음비를 계산하여 시계열 그래프와 보고서 형태로 제공하고 있다.

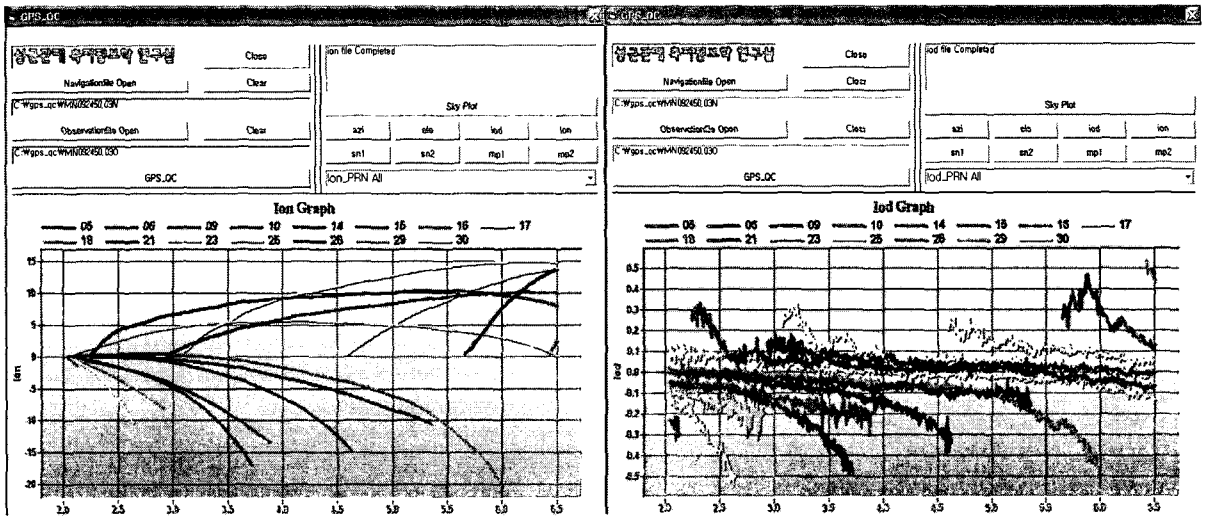


그림 5. GPS_QC에서 구한 전리층 지연량(ion) 및 전리층 지연량의 시간변화비(iod)

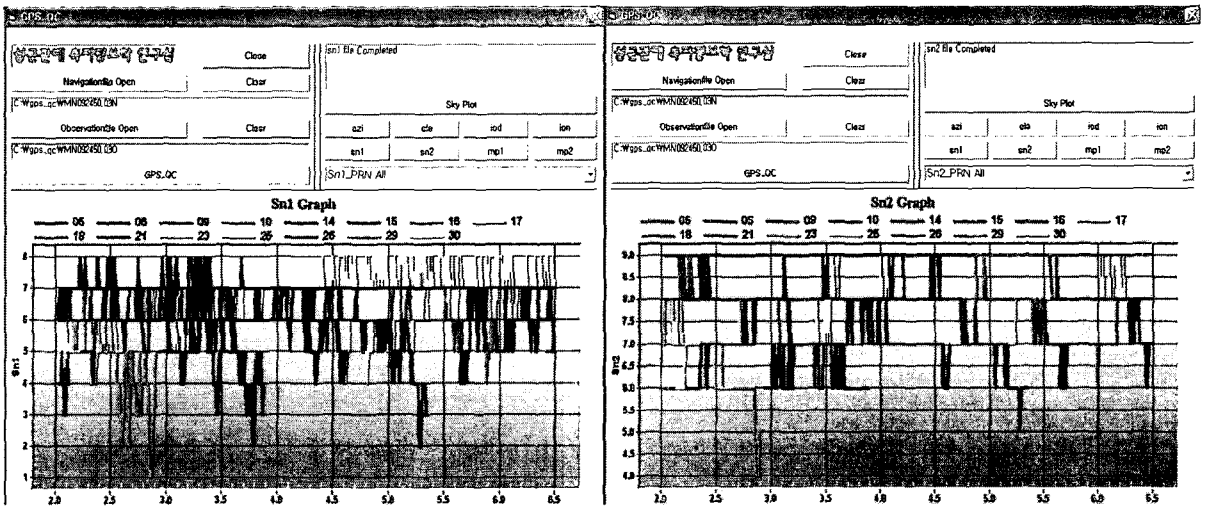
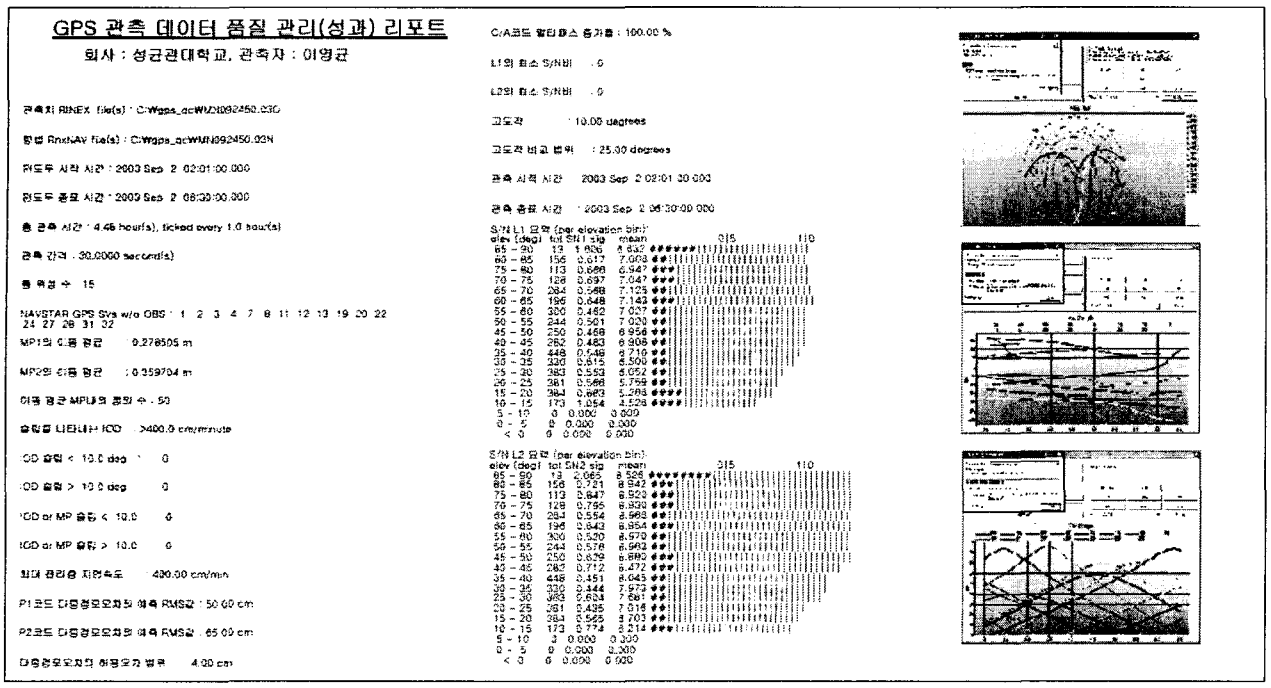


그림 6. GPS_QC에서 구한 L1 · L2 신호 대 잡음비(sn1, sn2)

3.5 프로그램 실행 보고서

GPS_QC 프로그램은 계산된 Control 인자의 수치와 그 영향 정도를 정리하여 PDF 형식의 보고서로 제공하고 있다. 보고서에는 관측파일명, 관측자, 관측시간 등의 기본적인 사용자 정보와 계산된 Control 인자의 수치 및 그 허용범위에 따른 관측데이터의 품질 정보 등을 제공함으로서 목표로 한 GPS 해석 정밀도에 합당한 관측데이터 품질 관리를 가능하게 한다. 또한 현장에서 이러한 보고서를 이용하여 재

측 여부를 쉽게 결정 할 수 있게 함으로서 시간적·경제적 손실을 최소화 하고 GPS 해석 정밀도를 높일 수 있게 하였다. 다음 그림 7은 GPS_QC 프로그램의 실행 보고서이다.



GPS 관측 데이터 품질 관리(성과) 리포트

회사 : 성균관대학교, 관측자 : 이영균

관측치 RINEX file(s) : C:Wgps_qcWMN092450.03O

항법 RinexNav file(s) : C:Wgps_qcWMN092450.03N

관측 시작 시간 : 2003 Sep 2 02:01:00.000

관측 종료 시간 : 2003 Sep 2 08:30:00.000

총 관측 시간 : 6.48 hour(s), ticked every 1.0 hour(s)

관측 간격 : 30.0000 second(s)

총 위성 수 : 15

NAVSTAR GPS SVs w/o OBS : 1 2 3 4 7 8 11 12 13 19 20 22 24 27 28 31 32

MP1의 0.5일 평균 : 0.278505 m

MP2의 0.5일 평균 : 0.359704 m

이동 평균 MP1,2의 평균 수 : 50

슬립률 디텍터의 ICD : >400.0 cm/minute

ICD 슬립 < 10.0 deg : 0

ICD 슬립 > 10.0 deg : 0

ICD or MP 슬립 < 10.0 : 0

ICD or MP 슬립 > 10.0 : 0

최대 관리용 지정속도 : 400.00 cm/min

P1코드 다중경로오차의 예측 RMS값 : 50.00 cm

P2코드 다중경로오차의 예측 RMS값 : 65.00 cm

다중경로오차의 허용오차 범위 : 4.00 cm

C/A코드 얼라이브스 슬라블 : 100.00 %

L1의 최소 S/N비 : 0

L2의 최소 S/N비 : 0

고도각 : 10.00 degrees

고도각 비교 범위 : 25.00 degrees

관측 시작 시간 : 2003 Sep 2 02:01:30.000

관측 종료 시간 : 2003 Sep 2 08:30:00.000

S/N L1 요약 (per elevation bin):

elev (deg)	tot SN1 sig	mean
85 - 90	12	8.630
80 - 85	156	7.008
75 - 80	113	6.947
70 - 75	128	7.047
65 - 70	284	7.125
60 - 65	196	7.143
55 - 60	300	7.027
50 - 55	244	7.020
45 - 50	250	6.956
40 - 45	282	6.908
35 - 40	448	6.710
30 - 35	320	6.500
25 - 30	383	6.052
20 - 25	381	5.769
15 - 20	384	5.268
10 - 15	173	4.528
5 - 10	3	0.000
0 - 5	0	0.000
< 0	0	0.000

S/N L2 요약 (per elevation bin):

elev (deg)	tot SN2 sig	mean
85 - 90	12	2.965
80 - 85	156	0.721
75 - 80	113	0.847
70 - 75	128	0.795
65 - 70	284	0.554
60 - 65	196	0.842
55 - 60	300	0.530
50 - 55	244	0.578
45 - 50	250	0.629
40 - 45	282	0.712
35 - 40	448	0.451
30 - 35	320	0.444
25 - 30	383	0.603
20 - 25	381	0.435
15 - 20	384	0.565
10 - 15	173	0.774
5 - 10	3	0.000
0 - 5	0	0.000
< 0	0	0.000

그림 7. GPS_QC 프로그램 실행 결과 보고서

4. 결 론

본 연구에서는 효율적인 GPS 데이터의 품질관리를 위하여 GPS_QC 프로그램을 개발하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. GPS 데이터의 품질을 판단할 수 있는 총 8개의 Control 인자(위성의 배치, 다중경로 오차량, 전리층 지연량 및 위성신호 강도 등)을 계산할 수 있었다.
2. GPS 데이터 품질에 관련된 Control 인자의 결과값 및 허용오차 범위, 실제 관측데이터의 허용오차의 포함여부를 시계열 그래프와 보고서 형태로 제공하여 현장 등에서 간단하고 효율적으로 GPS 데이터의 품질관리가 가능하다.
3. 기존에 GPS 데이터 해석 후에나 판단이 가능했던 데이터의 품질을 현장이나 실내에서 직접 확인할 수 있게 함으로서 재측과 데이터 처리 시 소요되는 시간과 경비를 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

하지만, 본 GPS_QC 프로그램에서는 GPS 품질에 관련된 Control 인자의 명확한 허용범위와 그 허용범위에 대한 실제 관측데이터의 허용범위 포함율(%)이 정확하게 정의되지 않은 관계로 현재 GPS 오차원인의 일반적인 경향에 맞추어서 GPS 측량 재측여부 등을 판단하고 있다. 이로 인해서 원하는 데이터 해석 정밀도에 맞는 데이터 품질을 얻는데 어려움이 있으므로 필요 정밀도에 따른 Control 인자의 허용범위와 관측데이터의 허용범위 포함율(%)의 상관관계에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 이러한 연구에 의하여 정확한 Control 인자의 허용범위와 관측데이터의 허용범위에 대한 포함율(%)이 각 정밀도 등급에 따라 정리된다면 보다 효율적이고 경제적인 GPS 데이터 품질관리가 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Wellenhof, B.H., Lichtenegger, H. and Collins, J. (1997) GPS: Theory and Practice, 4th, revised edition. Springer Wien, New York.
2. Hilla, S. (2002) A new plotting program for Windows-based TEQC users, *GPS Solution* 6:196-200.
3. Ray, J.K., Cannon, M.E. and Fenton, P. (2001) GPS code and carrier multipath mitigation using a multipantenna system, *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 37, NO. 1, pp. 183-195.
4. 윤두희, 기창돈 (1997) GPS 수신기를 이용한 전리층 시간지연측정 및 L1/L2 오차의 추정, 97춘계 한국항공우주 학술발표회 논문집, 4, pp. 470-474.
5. Reichert, A. and Axelard, P. (1999) GPS Carrier Phase Multipath Reduction Using SNR Measurements to Characterize an Effective Reflector, *Proceedings of ION GPS-99*, Nashville, pp. 1951-1960.