

항공용 위성항법시스템 기반기술 개발
Development of Satellite Based Air Navigation
Technology

4차년도 보고서

2008. 12. 11

한국항공우주연구원



RP04813

항공용 위성항법시스템 기반기술 개발
Development of Satellite Based Air Navigation
Technology

4차년도 보고서

2008. 12. 11

한국항공우주연구원

<제목 차례>

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구개발의 목적	2
제 2 절 연구개발의 필요성	2
제 3 절 연구개발의 범위	3
제 2 장 국내외 기술개발 현황	4
제 1 절 해외 동향	4
1. 지역 보강시스템	4
2. 광역 보강시스템	7
제 2 절 국내 동향	9
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	10
제 1 절 IMT 장비 설치 장소 선정	10
1. 제주도 공항에 설치하지 못하는 경우	12
2. 제주도 공항에 설치하는 경우	13
제 2 절 IMT 개요 및 설치	14
1. GNSS 신호측정 장비	14
2. GNSS 데이터 처리 장비	16
3. VDB 통신 장비	17
4. GNSS 신호측정 장비 위치 선정	19
5. IMT 장비 설치 일정	22
6. IMT 장비 설치 공사	23
제 3 절 IMT를 활용한 신호 환경 분석	27
1. 화물청사 서쪽 수신기	27
2. 화물청사 동쪽 수신기	31
3. 활주로 인근 초소 서쪽 수신기	36
4. 활주로 인근 초소 동쪽 수신기	40
제 4 절 IMT를 시험 평가 수행	45
1. 정적 지상 시험 평가	45
2. 동적 지상 시험 평가	66
3. 비행 시험 평가	87
제 5 절 IMT 장비의 성능 향상	107

제 6 절 위성항법 지상기반 보강시스템 국내 구축 방안 연구	109
1. FAA의 LAAS 시험 운용 사례 분석	109
2. 인증을 위한 시험 평가 방안 조사 및 자료 분석	110
3. 국내 LAAS 시스템 구축 방안 연구	112
제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도	115
제 1 절 연구개발 목표 달성도	115
제 2 절 관련분야 기여도	115
1. 위성항법시스템 IMT 시험 평가	115
2. GBAS 구축 방안 연구	116
제 5 장 향후 연구개발 계획	117
참고문헌	119
부록 (공사사진)	121

제 1 장 서 론

한국항공우주연구원은 지난 수년 동안 GNSS (Global Navigation Satellite System) 보강시스템 (Augmentation System) 관련 연구를 수행하여 왔다. GNSS 보강시스템은 GNSS 신호의 오차 및 무결성 정보를 사용자에게 알려주는 시스템으로 GNSS 보강시스템이 바르게 작동하기 위해서는 GNSS 신호감시가 필수적이다. 특히 항공기 이착륙을 위해 설치되는 GNSS 보강시스템의 경우 높은 무결성 성능을 요구하는 신호감시 장비가 필요하다.

본 연구원에서는 GNSS 신호감시를 위한 장비로 IMT (Integrity Monitor Testbed)를 개발하였다. GNSS 보강시스템에서 제공하는 무결성 정보의 성능을 보장하기 위해서는 GNSS 보강시스템 설치 이전에 무결성 연구를 수행하여야 하며, GNSS 보강시스템 설치 이후에는 GNSS 신호를 상시 관측하여 무결성 정보를 생성하여야 한다.

IMT는 GNSS 보강시스템 설치 예상 장소에서 GNSS 신호를 지속적으로 획득하여 GNSS 신호 환경을 연구하는 장비이며, GNSS 보강시스템 설치 이후에는 GNSS 보강시스템의 성능을 향상시켜주는 장비이다. GNSS 보강시스템의 성능을 확보하기 위해서는 해당 지역 특성에 맞게 GNSS 보강시스템을 조율하는 작업이 필요하다. IMT는 이러한 작업에 데이터를 GNSS 보강시스템에 제공하는 역할을 수행하게 된다. 그림 1-1-1은 미국의 지상기반 GNSS 보강시스템인 LAAS (Local Area Augmentation System) 구성도이다.

본 연구에서는 IMT를 우리나라 특정 공항에 설치하고 그 기능 시험을 수행하게 된다. 기능 시험은 정적 지상시험, 동적 지상시험, 비행시험으로 구분한다. 본 연구 결과를 기반으로 무결성 연구를 수행할 수 있는 테스트베드 (Testbed)로써 IMT의 기능 시험의 안정도를 확인한다.

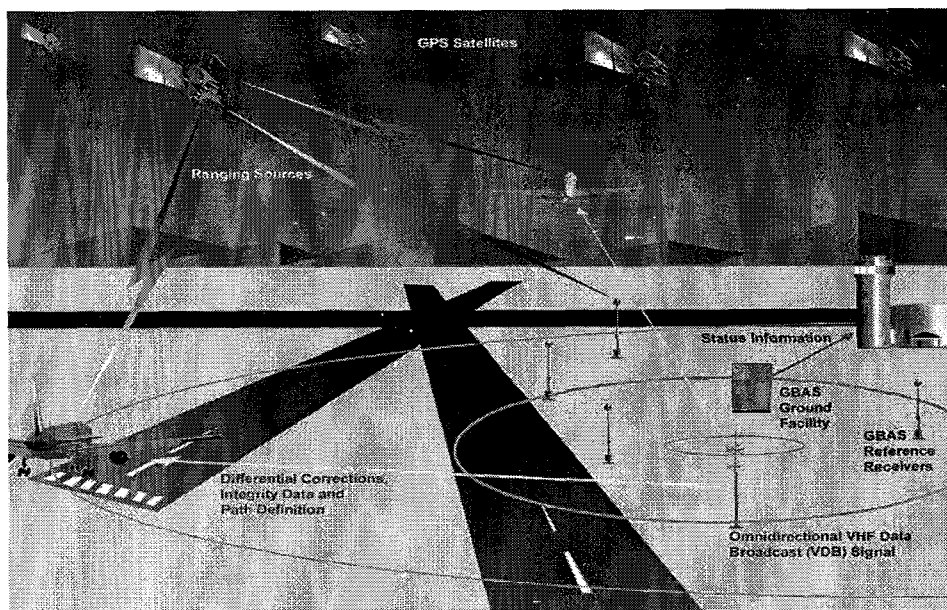


그림 1-1-1. 지상기반 GNSS 보강시스템 구성도 (자료 : 미국 FAA)

제 1 절 연구개발의 목적

항공용 보강시스템의 성능향상을 위해 사용되는 IMT (Integrity Monitor Testbed)를 활용하여 위성항법 신호의 신뢰성을 분석하고자 한다. 본 과제에서 수행하고자 하는 과정은 아래와 같다.

- IMT를 활용한 지상 및 비행 시험 평가 수행
- IMT 개선 방안 연구 및 보완
- GBAS (Ground based augmentation system) 해외 구축 사례를 통한 국내 구축 방안 연구
- 인증을 위한 시험평가 방안 조사 및 분석

제 2 절 연구개발의 필요성

1980년대 초반 가까운 미래에 항공교통량의 증가로 기존의 통신·항법·감시 및 관제시스템을 그대로 사용할 경우, 항공교통량을 감당하기 어려울 것으로 많은 전문 기관이 예측하였다. 이러한 예측을 기반으로 1991년 9월, 제10차 국제민간항공기구 (ICAO; International Civil Aviation Organization) 항행회의에서 기존의 항행시설을 디지털 데이터 통신기술과 위성항행시스템 기반의 새로운 항행시스템 (CNS/ATM : Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management)으로 전환하는 계획을 수립하였다.

우리나라의 경우 최근 국제선 교통량은 꾸준히 증가하고 있으며, 항공 교통량의 증가세는 지속될 것으로 전망되고 있다. 2000 ~ 2005년 기준으로 국제선 교통 증가율은 연평균 11%에 달하고 있다. 우리나라 대부분의 지방공항은 군사적인 이유로 매우 제한된 공역만을 사용할 수 있으며, 우리나라 국토의 70%가 산악 지형이므로 계기착륙시설 (ILS)과 지상고정 전파항행시설을 설치하고 운영하기에 용이하지 않으므로 항공교통량의 지속적인 증가에 대비하여 제한된 공역에서 공항의 수용 능력을 증가시킬 수 있는 신기술에 대한 연구가 필요하다.

국제민간항공기구의 계획에 부합하는 항공용 위성항법 보강시스템을 새로운 항행시스템으로 도입하여 우리나라 공항 수용 능력을 증가시킬 수 있다. 항공용 위성항법 보강시스템은 정밀하고 다양한 접근 경로를 제공할 수 있으며, ILS보다 설치비용이 저렴하지만 동급의 정밀접근 기능을 제공할 수 있어 효과적인 대체 수단이 될 수 있다. 국내 기술을 활용하여 한국형 위성항법 보강시스템을 구축하는 것은 선진국 장비를 직도입할 경우 발생하는 막대한 유지보수 비용을 절감할 수 있는 방안이며 차세대 항행시스템으로 위성항법 보강시스템을 적용할 경우 공항의 수용 능력은 증가할 것으로 예상되며, 동북아의 경제중심을 목표로 하고 있는 우리나라 항공여객운송과 항공화물운송의 성장에 기여할 수 있다.

새로운 항행시스템을 위한 신기술 표준이 정립되고 이에 따른 시스템 전환이 이루어지는 초기

단계이므로 국제민간항공기구의 표준화 활동에 참여 가능하다. 차세대 항행시스템 시장에서 선점이 가능한 기술을 조기에 확보하고 향후 기술표준 활동을 주도하여 국가 기술력과 위상을 제고하는 기회를 만들 수 있다.

제 3 절 연구개발의 범위

본 연구의 연구개발의 범위는 표 1-3-1과 같다.

표 1-3-1. 연구개발의 범위

구분	연구개발목표	연구개발내용 및 범위
1차년도 (2008)	위성항법시스템 IMT 시험평가와 무결성 성능 향상을 위한 연구	○IMT를 활용한 지상/비행 시험평가 수행 ○IMT 개선 방안 연구 및 보완 ○GBAS 해외 구축 사례를 통한 국내 구축 방안 연구 ○인증을 위한 시험평가 방안 조사 및 자료 분석

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 해외 동향

1. 지역 보강시스템

가. 각국 정부의 동향

(1) FAA

미국 Memphis 공항에서는 Facility Approval, Service Approval을 2009년 초에 완료할 예정에 있다. 호주 Sydney 공항에서도 Facility Approval, Service Approval을 동시에 진행 중이며 2009년 완료할 계획이다. 미국은 New York/New Jersey의 비행 지연에 대한 해결책으로 LAAS를 권고(2007년 12월 6일)하였는데, LAAS는 WAAS를 활용하여 CAT-II, CAT-III급을 구현하고자 하는 시스템이다. 이를 위해 Technical Center를 구축할 예정에 있다. 또한 국제협력기관들의 GBAS 개발 및 인증 활동을 조율하고 있다.

(2) EUROCONTROL

독일 Bremen과 스페인 Malaga에 GBAS를 위한 지원이 있었으며, Single European Sky (SES)를 위한 GBAS CAT I의 규정 작업이 진행 중이다. 2009년 CAT I 만족하는 GBAS를 Navaid Infrastructure로 평가할 예정에 있고, 2013년 GPS를 단독으로 사용하는 GBAS를 활용하여 CAT III 구현 예정이다. 2015년 다원화된 위성항법시스템 (GPS 및 Galileo)을 사용하는 GBAS를 활용하여 CAT III 구현할 예정이다.

(3) 스페인의 Aena (Aeronautical Administration of Spain)

스페인은 1990년대부터 GPS Differential Station을 운용하고 있고, 2001년 Malaga 공항에서 CAT-I을 만족하는 기준국을 운용하고 있다. 2008년 Malaga 공항에서 CAT I을 만족하는 기준국을 설치하고, La Palma 공항에 두 번째 GBAS 기준국을 설치할 예정이다.

나. 각국 공항 운영 부분의 동향

(1) 호주의 Sydney 공항

2006년 11월부터 Honeywell SLS-3000으로 운영하고 있으며, 2008년 3분기에 Honeywell SLS-4000 Red Label로 구축할 예정이다. 장비 인증을 위해 Facility Approval, Service Approval을 동시에 진행 중이며, 2009년 인증 후 Black Label로 업그레이드할 예정이다.

(2) 미국의 Memphis 공항

Honeywell SLS-3000 Beta LAAS Plus로 운영 중이며 Honeywell SLS-4000 Red Label을 2008년에 설치할 예정이다. Honeywell 장비의 알고리즘 개선이 수행되고 있으며, Red Label GBAS 장비를 활용한 시험이 예정되어 있다. 장비 인증을 위해 Facility Approval, Service Approval을 2009년 초에 완료할 계획이다.

(3) 독일의 Bremen 공항

2007년 4월에 Honeywell SLS-3000 Beta LAAS Plus를 설치하여 운영 중이다. 2008년 4월 3일까지 TUIfly 항공과 GLS 연구를 수행하였고, Air-Berlin과 공동 연구 추진 중이다. Ground Subsystem 인증 준비 중에 있으며, Air Traffic Control Interface 개발, System Safety Assessment 진행하고 있다.

(4) 스페인의 Malaga 공항

2007년부터 Honeywell의 SLS-3000 Beta LAAS Plus 사용 중이고, 2008년 말까지 인증 가능한 GBAS CAT I 장비 (Honeywell, Thales 검토)를 설치할 예정이다. 공항 인근에서 GBAS VHF 신호의 강도를 시험하였으며, GBAS Monitoring Station (Thales GMS 670)를 운용하고 있다.

(5) 프랑스의 Toulouse Blagnac 공항

1999년 Thales AS615가 설치되어 2003년에서 2007년까지 시스템 업그레이드가 이루어졌다. 2003년부터 2006년까지 GBAS Single in Space의 검증이 수행되었고, Airbus A380 사용하여 시험 비행을 수행하였다.

(6) 이탈리아의 Palermo 공항

2008년 Thales AS615가 설치 예정에 있고, GBAS 기준국 설치를 위한 GPS 신호 측정 시험과 VDB 도달 거리 분석 시험이 수행 되었다.

다. 항공사 부분

(1) Qantas

GLS 운용이 가능한 737-800 모델 10개 보유하고 있으며, 2008년 4월까지 800개의 접근경로를 개발하였다. 비행실험을 통해 조종사의 GLS 활용 만족도가 높음을 확인하였다.

(2) FedEx

Memphis 공항의 Facility Approval, Service Approval을 2009년 초에 완료할 계획이다.

(3) JAL, ANA

Sydney, Memphis, Bremen 공항을 방문하여 Boeing 787을 사용할 준비 중이다.

라. 항공기 제작사 부분

(1) Boeing

2005년 737NG 모델에 대하여 CAT-I 서비스 인증을 받았고, Qantas, Delta, TUIfly, Air Berlin, Air Vanuatu 등 다수의 항공기를 판매하였다. 737NG의 시험 운용 수행을 위해 아래와 같은 시험을 수행하였다.

- 2006년 11월, 시드니공항에서 CASA 및 Qantas와 시험
- 2007년 9월, Bremen 공항에서 DFS 및 TUIfly와 시험
- 2008년 2월, Guam 공항에서 FAA 및 Continental과 시험

(2) Airbus

A380의 인증 시험을 수행하였으며, 2008년 8월 자동 착륙이 가능한 첫 번째 CAT I 장비 탑

재하여 Qantas항공에 장비 인도 시험을 수행하였다. Malaga, Sydney 공항에서 Honeywell GBAS 장비를 사용하여 시험에 성공하였다.

마. 장비 제작사 부분

(1) Honeywell

전세계 20여개 공항에 GBAS 장비 설치하였고, SLS-3000 Beta LAAS Plus 장비를 제작하여 호주 Sydney, 스페인 Malaga, 독일 Bremen 공항에 설치하였다. CAT I GBAS를 위한 장비로 SLS-4000 개발하여 2006년 System Design Approval 제안 받았고, 2008년 9월 FAA 인증을 위한 자료 제출 예정이다.

(2) Thales

CAT I의 정밀 접근절차를 위해 AS 610/615 모델인 GBAS 지상국 장비 제작하였고, 아래와 같은 여러 국가 공항에 장비를 설치하여 성능을 향상시켰다.

- 프랑스 Toulouse Blagnac 공항에 장비 설치 및 성능 향상
 - 1999년 최초 장비 설치
 - 2003년에서 2007년까지 AS 615 장비 성능 향상
 - 비행 시험 수행
 - 2008년 4월 이후 기준국을 연속적으로 운용
- 이탈리아 Palermo 공항에 장비 설치
 - 2008년 2분기에 AS 615 납품 예정
- 인도 Dehli, Mombay 공항에 장비 설치
 - 2개의 GBAS 기준국 납품, 곧 운용 예정

2. 광역 보강시스템

가. 호주 정부의 GRAS 사업

2008년 10월 22에서 31까지 몬트리올에서 ICAO의 NSP (Navigation Systems Panel) Working Group 회의가 개최되었다. 호주에서는 항공항법 서비스 제공사인 Airservices Australia사 (우리나라의 공항공사와 같은 역할) 주도로 GBAS와 GRAS의 적용을 위한 연구를 수행해 오고 있다. 이의 성과에 의한 향후 파급효과가 막대할 것으로 예상되어 동 분야에 대한 전세계의 이목이 집중되고 있으며, NSP Working Group 보고 내용을 통해 호주의 최신 개발동

항을 정리하면 아래와 같다.

호주는 CAT-I (Category-I) GBAS에 대한 FAA 인증을 위해 시드니 공항에서 Boeing 737-800 항공기를 활용해 비행시험을 수행해 왔으며 곧 A380도 투입할 예정이다. 활용되고 있는 GBAS 장비는 Honeywell사의 SLS-4000로서 호주와 상호협력 하에 2009년 초에 FAA로부터 장비인증 (System Design Approval)을 완료할 예정이다. 이어서 설치 및 시설 인증 (Installation and Facility Approval)을 수행해 나갈 예정인데, 이는 GBAS를 시드니 공항에서 통합적으로 운용될 수 있도록 하는 것으로, 비행절차, 항공교통관리, 운용 및 정비에 대한 통합적 공항운영을 포함한다.

GRAS 프로젝트에 대해서는 2008년 전반기에 수행한 critical review를 통해 현 단계에서 연구 중단을 선언하였다. 호주의 결론에 의거하면 GRAS의 기술적 기반은 적합하나, 호주에 있어서의 전체적 구축에 대한 경제적 실효성이 맞지 않아 과제를 중단하는 것이라고 한다. 실효성이 부적합한 것으로 보고된 이유는 항공기 탑재전자장비 문제 (GRAS 전용 탑재 전자장비의 인증, 항공기 장착 추진)와 향후 목표로 하는 사용 대상자들이 실효성에 대한 의구심으로 지원을 하지 않기 때문이다.

항공용 위성항법 보강시스템은 서비스 범위에 따라 지역보강시스템 (LAAS; Local Area Augmentation System)과 광역보강시스템 (WAAS; Wide Area Augmentation System)으로 분류하고 있다. 지역보강시스템은 GBAS (Ground Based Augmentation System)로 대변되고 있으며, 광역보강시스템은 SBAS (Satellite Based Augmentation System)와 GRAS (Ground Based Regional Augmentation System) 방식으로 구현하고 있다. 지역보강시스템의 서비스 범위는 반경 약 50Km로서 (현재 23NM의 coverage 보장)로서, 공항을 중심으로 한 특정 공역에서 서비스를 수행하기 위한 수단이다. 광역보강시스템은 보다 넓은 지역 즉, 대양 및 항로 비행으로부터 지역보강시스템이 서비스할 수 있는 영역까지를 포함하여 서비스를 제공하기 위한 수단이다. 광역보강시스템은 넓은 서비스 영역과 더불어 지역보강시스템의 서비스 성능까지도 보장할 수 있으리라는 예상 하에 높은 비용을 감수하며 추진하여 왔으나, 근래에 와서는 Category-I급 이상의 정밀 이착륙 성능을 보장할 수 없는 것으로 판명되었다. 반면에 항공기 탑재 수신기 자체에 내장된 보강기능 (ABAS; Airborne Based Augmentation System))으로도 충분히 대양 및 항로 비행 이상의 서비스 유용성을 제공할 수 있고 GPS 현대화와 Galileo 구축 등을 통해 항법 성능은 더욱 개선될 것으로 예상되어, 민간 항공용으로서의 광역보강시스템의 활용이 탄력을 잃어가고 있는 상황이다. 국내 연구결과에 의해서도 우리나라의 전공역 위성항법 보강시스템으로서 항공기 탑재장비에 의한 보강시스템 (ABAS)과 지역보강시스템 (GBAS) 만으로 충분한 서비스가 제공된다는 결과가 도출된 바가 있으며, 호주에서의 광역보강시스템으로서의 GRAS 연구개발을 중단한 결정도 이와 궤를 같이 하는 결과로 판단된다.

출처; NSP Oct08 WGW/IP28 (ICAO) "STATUS OF GNSS DEVELOPMENT IN AUSTRALIA"

제 2 절 국내 동향

차세대 CNS/ATM 기술의 성과를 극대화하기 위해서는 통신, 항법, 감시의 개별적인 시스템 연구보다는 유기적인 상관관계를 고려한 통합연구가 필요하며, 연구개발의 위험부담을 줄이고 국제 표준에 부합하며 국내 실정에 맞는 시스템 구축을 위해서는 충분한 사전 기획연구가 필수적이다. 또한 국내 전문가들 간의 이견이 있는 분야의 객관적인 검토와 효과적인 연구추진 방안에 대한 공감대 형성이 필요하다. 또한 국가 기본계획 및 기존 로드맵 및 부처간 연구결과를 면밀히 분석·검토하여 연구의 중복성을 피하고 연계방안 등에 관한 종합적인 전략 수립이 필요하다. 이에, 국내 환경에 적합한 차세대 항행시스템(CNS/ATM) 구축 및 운용 기술 확보를 위한 연구개발 로드맵 수립을 목표로 기획과제가 본 연구를 중심으로 수행되었다.

기획과제에서는 위성항법 보강시스템 기술의 국내 적용 가능한 방안들을 제시하고 ABAS, SBAS, GRAS, GBAS 등의 가능한 옵션에 대하여 국내 구축을 가정한 상황에서 위성항법시스템의 성능 요소인 가용도(availability) 분석 결과가 제시되었으며, 국내 항공운항 상황과 미래 위성항법 발전 추세를 고려할 때 우리나라에서는 항공기 탑재 장비에 의존하는 ABAS와 공항 인근을 서비스하는 GBAS의 조합으로 충분히 전공역(항로, 터미널 및 접근 공역) 지원이 가능할 것으로 판단되었다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

본 장에서는 당해연도 연구개발 수행 내용을 기술하게 된다. 1절에서는 IMT 장비를 설치하기 위한 장소 선정 배경에 대하여 설명하며, 2절에서는 IMT 장비의 개요 및 설치에 대하여 설명하며, 3절에서는 IMT 장비 설치 이후 신호 환경을 분석한 결과를 정리하였다. 4절에서는 IMT를 활용한 정적, 동적, 비행 시험에 대한 결과를 분석하였으며, 5절에서는 IMT 장비의 성능을 향상하기 위한 방법에 대하여 설명하였다. 끝으로 6절에서는 위성항법 지상기반 보강시스템 국내 구축 방안에 대한 연구 내용을 정리하였다.

제 1 절 IMT 장비 설치 장소 선정

미국에서는 지상기반 GNSS 보강시스템으로 LAAS (Local Area Augmentation System)를 개발하고 있다. 현재 Atlantic City 국제공항에 Testbed를 만들어 시험하고 있으며, 무결성 연구를 위하여 Memphis 국제공항에 성능 및 무결성 모니터링 시스템 (Performance and Integrity Monitoring System)을 운용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 미국에서 운용중인 두 시스템을 모델로 국내 공항에 IMT를 설치하여 GNSS 보강항법 시스템 성능 및 무결성 모니터링을 수행할 예정이다.

최근 GNSS 보강시스템 연구에서 가장 큰 주제로 부각되고 있는 부분이 전리층 연구이다. GNSS 보강시스템의 무결성에 가장 큰 영향을 주는 성분은 전리층 폭풍과 같은 전리층의 갑작스런 움직임이기 때문이다.

이와 같이 전리층의 갑작스런 움직임에 따르는 기울기 검출 등과 같은 GNSS 신호의 무결성 모니터링을 효과적으로 감시하기 위해서는 IMT를 기존에 설치된 관련 장비들과는 서로 거리가 먼 지역에 설치하여야 한다. 또한 전리층의 갑작스런 움직임은 적도 부근에서 많이 관찰이 되기 때문에 우리나라에서 가장 남쪽에 있는 제주도 공항에 IMT가 설치되는 것이 타당하다. 그림 2는 적도 부근에서 발생하는 전리층 이상을 나타낸 그림이다. 그림 3-1-1에서 보는 바와 같이 전리층 폭풍 발생시 우리나라도 심각한 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

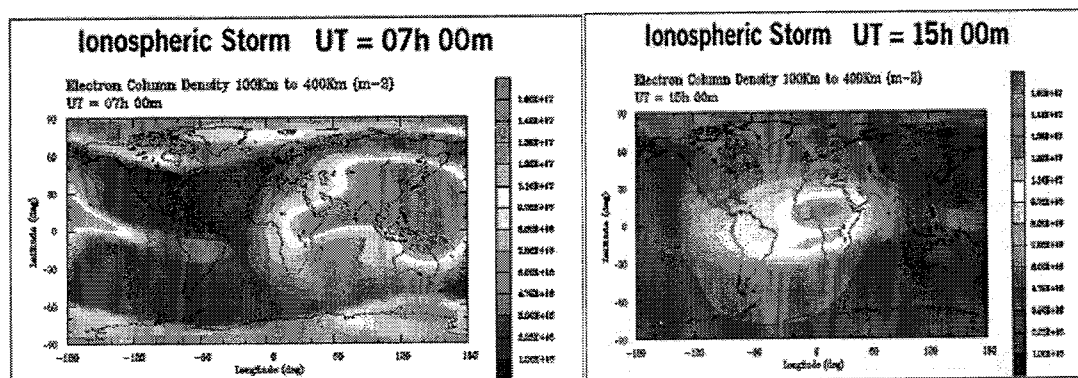


그림 3-1-1. 적도 부근에서 발생하는 전리층 폭풍 현상

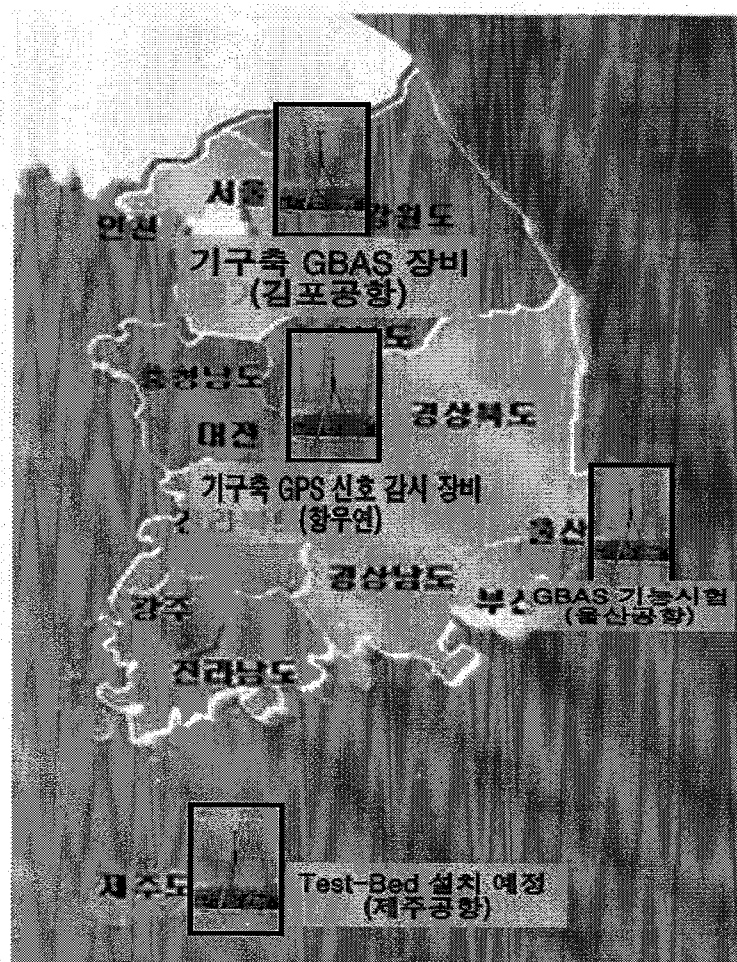


그림 3-1-2. IMT 관련 장비 위치도

그림 3-1-2는 기존에 설치된 장비들과 IMT 장비 설치 예정지를 나타낸 것이다. 김포공항에는 지상기반 보강항법시스템 연구개발을 위해 설치된 장비가 있으며, 대전의 한국항공우주연구원에는 위성항법 신호관측 장비가 있다. 울산공항에서는 지상기반 보강항법시스템 기능 시험이 수행된 바가 있다. 따라서 우리나라 전 공역 (Airspace)에서 GNSS 신호의 이상을 감시하고, 전리층 폭풍과 같은 전리층의 이상 유무를 효과적으로 감시하기 위해서는 기존의 장비 위치를 고려하여 제주공항을 선택하여야 한다.

IMT 장비 설치 지점을 선택하기 위하여 미국 스탠포드 대학의 GPS 연구실에서 개발한 가용성 분석 프로그램을 사용하였으며, 기존의 GBAS 관련 장비의 위치를 고려하여 국내 5곳 (서울 김포공항, 대전 한국항공우주연구원, 울산공항, 울릉도, 제주공항)에 위성항법 무결성 상시관측소가 위치하는 것으로 하였다.

1. 제주도 공항에 설치하지 못하는 경우

제주도를 제외하고 IMT 장비를 운용하는 경우, 가용성을 분석하면 우리나라 공역의 79.1%에서 APV-I의 요구 조건을 만족한다. 그림 3-1-3는 위성항법 무결성 상시 관측소의 분포를 나타내며, 그림 3-1-4는 가용성, 그림 3-1-5는 VPL을 나타낸다.

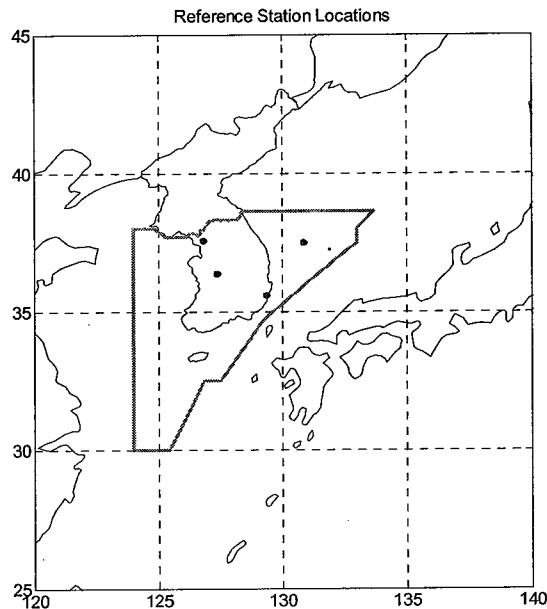


그림 3-1-3. 위성항법 무결성 상시 관측소 분포

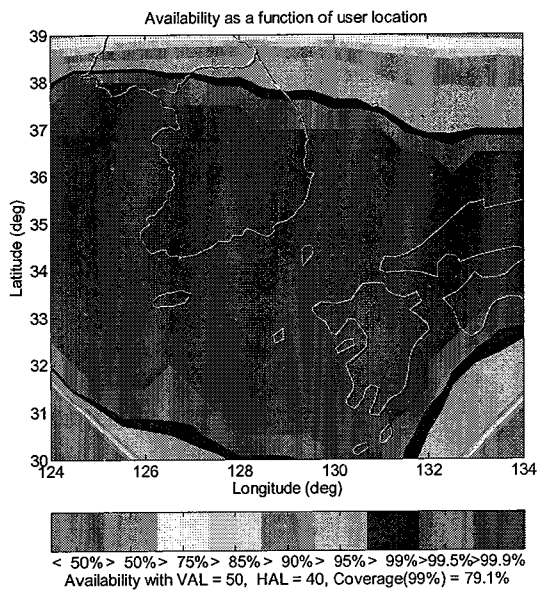


그림 3-1-4. 가용성

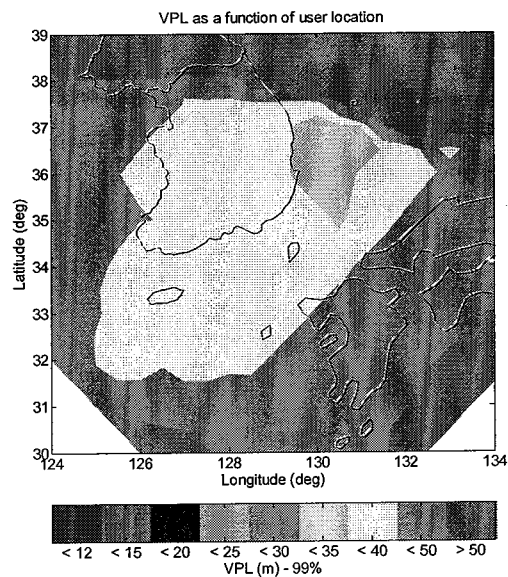


그림 3-1-5. VPL

2. 제주도 공항에 설치하는 경우

제주도 공항에 IMT 장비를 추가할 경우 가용성을 분석하면 우리나라 공역의 85.9%에서 APV-I의 요구 조건을 만족한다. 제주도 공항에 설치할 경우 가용성 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있다. 그림 3-1-6은 위성항법 무결성 상시 관측소의 분포를 나타내며, 그림 3-1-7은 가용성, 그림 3-1-8는 VPL을 나타낸다.

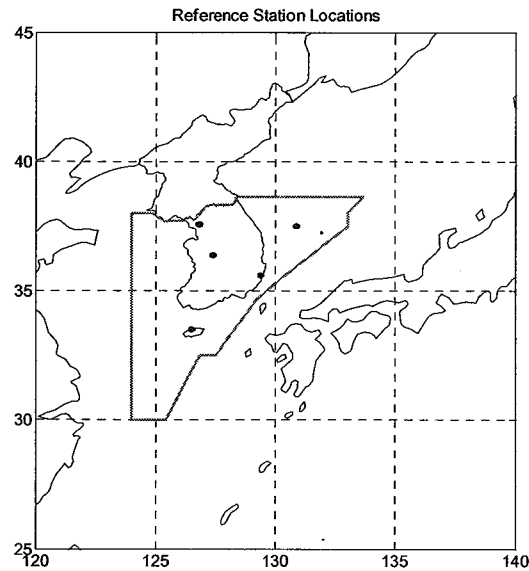


그림 3-1-6. 기준국 분포

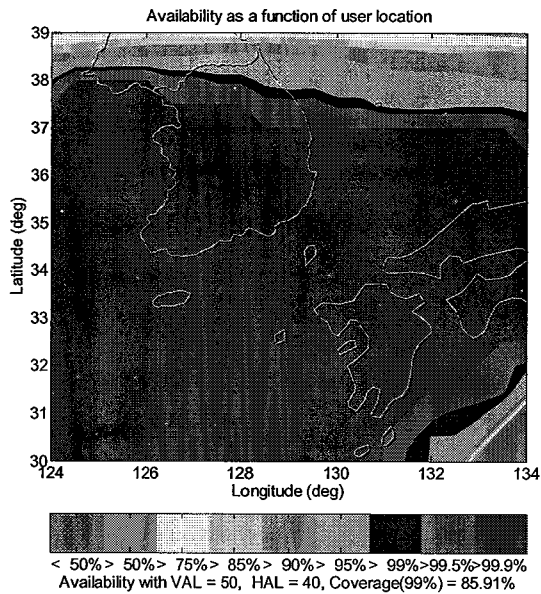


그림 3-1-7. 가용성

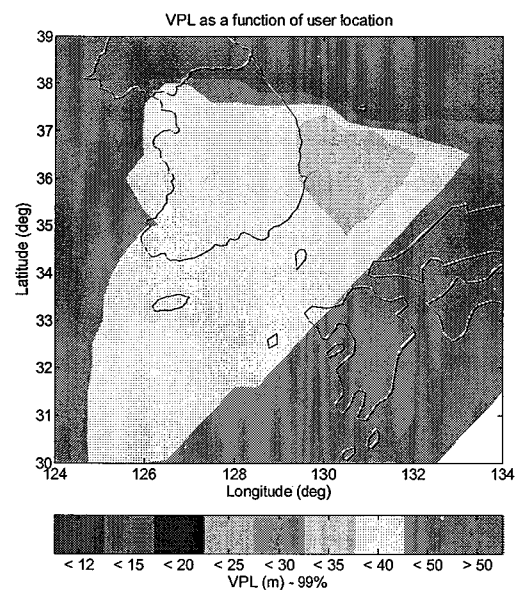


그림 3-1-8. VPL

제 2 절 IMT 개요 및 설치

IMT는 크게 GNSS 신호측정 장비, 데이터 처리 장비, VDB 통신 장비, 데이터 저장 장비로 구분된다. GNSS 신호측정 장비는 활주로 인근에 설치될 안테나 및 관련 장비로 활주로 인근에서 GNSS 신호를 측정하고 이를 데이터 처리 장비로 전송하는 역할을 담당한다. 데이터 처리 장비는 신호감시 알고리즘이 탑재되어 있는 장비로 실내에 설치될 예정이다. VDB 통신 장비는 데이터 처리 장비에서 생성된 보정 정보 및 무결성 정보를 사용자에게 전송하는 장비로 실내에 설치될 예정이다. 마지막으로 데이터 저장 장비는 데이터 처리 장비에서 만들어진 정보를 저장하는 역할을 담당하게 된다. 그림 3-2-1은 IMT 구성도이다.

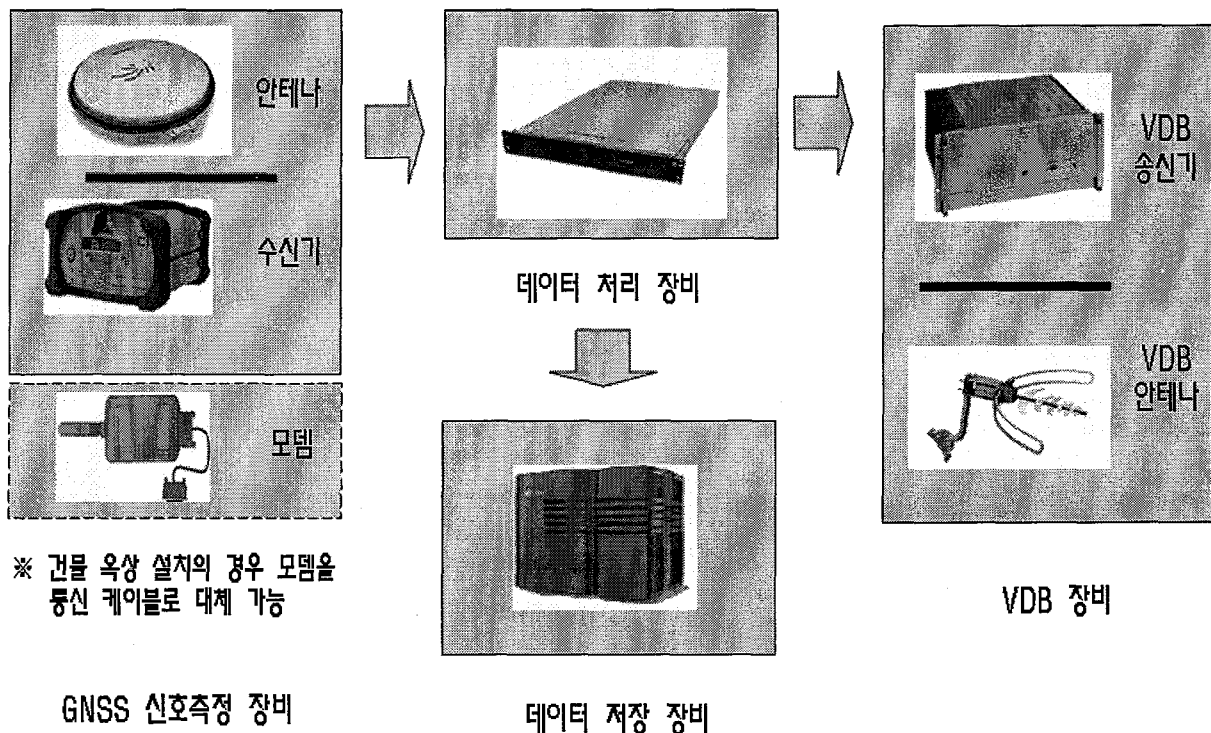


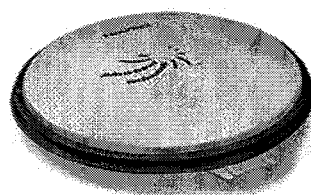
그림 3-2-1. IMT 구성도

1. GNSS 신호측정 장비

공항에 설치될 GNSS 신호측정 장비는 평지에 설치되는 경우와 건물의 옥상에 설치되는 경우에 따라 그 구성이 달라진다. 하지만 GPS 수신기와 GPS 안테나의 사양은 달라지지 않으므로 먼저 GPS 수신기와 GPS 안테나의 상세 설명을 정리하고 이후 안테나를 고정하는 구조물에 대한 설명을 하도록 한다.

GPS 수신기는 CANADA Novatel의 DL-V3를 채택하였다. DL-V3는 이중 주파수 수신 가능한 OEMV-3 카드를 사용하여 GPS뿐만 아니라 GLONASS 수신도 가능하고, GPS 수신기와 신호처리장치 사이의 기본 인터페이스인 Serial port 뿐만 아니라 Ethernet, USB, Bluetooth까지도 지원하여 추후 확장성을 고려하였다.

GPS 안테나는 CANADA Novatel의 GPS-702-GG 모델을 채택하였다. GPS-702-GG는 이중 주파수 수신 가능하고 안정된 위상 중심을 갖고 있으며, 별도의 초크링 (Choke Ring)이 없이도 다중경로 오차 제거가 가능한 고성능의 안테나이다. 그림 3-2-2는 사용되는 GPS 수신기와 안테나의 외관이다. 표 3-2-1와 표 3-2-2는 각각 GPS 수신기와 안테나의 사양을 정리한 것이다.



(가) GPS 수신기

(나) GPS 안테나

그림 3-2-2. 신호측정 장비의 GPS 수신기 및 안테나

표 3-2-1. GPS 수신기 사양

품 목	성 능 사 양
DL-V3	○ Channel Configuration - GPS: 14 L1, 14 L2, 6 L5 GPS - L1, 12 L2 GLONASS, 2 SBAS, 1 L-band ○ Data Rate of Measurements: 20 Hz ○ Time to First Fix (L1, L2) - Cold start: 60 s - Hot start: 35 s ○ Signal Reacquisition - L1: 0.5 s (typical) - L2: 1.0 s (typical) ○ Communication Ports: 3 RS-232 or 2 RS-422, plus 1 RS-232 serial port, 1 Bluetooth module, 1 Ethernet capable port, 1 USB 1.1 port

표 3-2-2. GPS 안테나 사양

품 목	성 능 사 양
GPS-702-GG	○ 3 dB Pass Band - L1: 1588.5 ± 23 MHz (typical) - L2: 1236 ± 18.3 MHz (typical) ○ Out-of-Band Rejection - L1 ± 100 MHz: 30 dBc (typical) - L2 ± 200 MHz: 50 dBc (typical) ○ LNA Gain: 29 dB (typical) ○ Noise Figure: 2.0 dB (typical) ○ VSWR: ≤ 2.0 : 1 ○ L1-L2 Differential Propagation Delay: 5 ns (maximum) ○ Nominal Impedance : 50 Ω ○ Altitude: 9,000 m

2. GNSS 데이터 처리 장비

데이터 처리장비는 GPS 수신기 및 안테나로부터 위성신호를 받아 지상 시스템의 모든 데이터의 입출력 및 처리를 담당하는 부분이다. GPS 신호를 입력 받아 차분 보정치를 생성하고, 데이터 송수신을 담당할 뿐만 아니라 무결성도 고려해야 하므로 고성능의 PC를 사용하여 구성하였다. GPS 수신기로부터 전달 받는 데이터는 raw measurement이므로 통신 성능을 고려하여 2대의 PC로 구성하였다. 즉, 1대의 PC에서 GPS 수신기 2조의 raw measurement를 입력 받는다. 또한 다른 1대의 PC는 데이터 백업 및 확장을 위하여 구성하였다. 신호처리장치의 운영체제는 Microsoft 社의 Windows XP를 채택하였다. 신호처리장치에 대한 세부 성능 사양은 표 3-2-3와 같으며, 데이터 처리 장치의 외관은 그림 3-2-3과 같다.

표 3-2-3. 데이터 처리 장비의 성능 사양

품 목	성 능 사 양
Signal Processing Unit	○ OS: Windows XP ○ CPU: Pentium D 3.0 GHz ○ RAM: 2GB ○ ODD: CD/DVD RW ○ CASE: 19 inch rack mount, (550W) 2U ○ HDD: SATA2 320GB 16MB

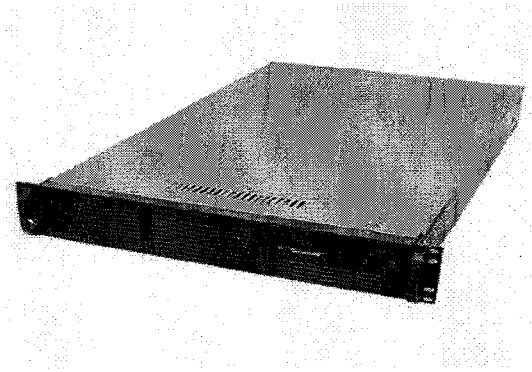


그림 3-2-3. 데이터 처리 장비

3. VDB 통신 장비

IMT 관련 장비에서 통신에 관련된 장비는 VDB (VHF Data Broadcast)이다. VDB 장비는 생성된 GBAS 메시지를 실시간으로 전송하기 위한 장치로서 지상 시스템의 전체적인 성능과 서비스 제공에 대한 중요 장비이다. 채택한 VDB 송신기는 현재 FAA (Federal Aviation Administration)의 LAAS (Local Area Augmentation System)에서 사용하고 있는 FRANCE Telerad 社의 EM9009 VDB Transmitter로서 표 3-2-4에 세부 사양을 명시하였으며, 외관은 그림 3-2-4와 같다.

표 3-2-4. VDB 송신기의 성능 사양

품 목	성 능 사 양
EM9009 VDB Transmitter	○ Frequency range: 108.025 ~ 117.950 MHz (25 kHz spacing channel) ○ Frequency stability: ≤ 1 ppm (-20 °C to +55 °C) ○ Modulation - 14K0G7DET - D8PSK with raised cosine filter ($\alpha=0.6$) - 10,500 symbol/sec ○ Output power: 10 W to 80 W into 50 Ω

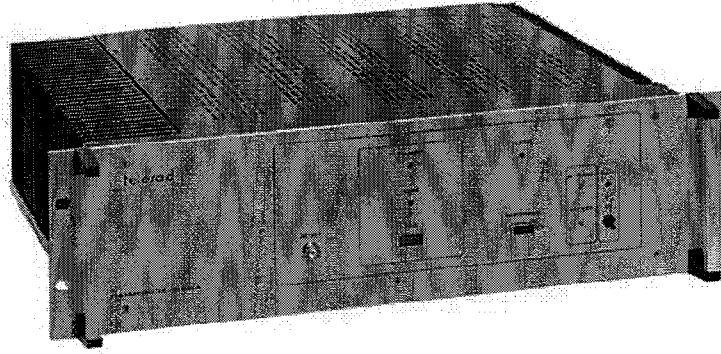


그림 3-2-4. VHF Data Broadcast Transmitter

VDB 장비의 주파수는 “항행안전무선시설의 설치 및 기술기준”을 따르며 주파수 할당은 제 주도 체신청을 통하여 허가 받게 된다. 이때 주파수 간섭이 없는 주파수를 허가 받게 된다.

아래의 내용은 “항행안전무선시설의 설치 및 기술기준”에서 GBAS VHF 장비에 대한 규정을 정리한 것이며, IMT 장비에서 지켜야하는 데이터 방송의 주요 특성을 설명하고 있다.

- 데이터방송 무선주파수는 108 ~ 117.975MHz 주파수대에서 선택되어야 하고, 가장 낮은 할당 가능한 주파수는 108.025MHz, 가장 높게 할당 가능한 주파수는 117.950MHz로 채널 간격은 25KHz이어야 한다.
- 접속기술은 시분할다중접속(TDMA)기술로 고정된 프레임 구조를 이용하여야 하며, 데이터 방송은 1 ~ 8 슬롯에 할당되어야 한다.
- GBAS 데이터는 D8PSK에 의해 초당 10,500개 심볼율로 데이터 방송 반송파에 변조되어 3 비트 심볼로 송신되어야 한다.

VDB 수신기 또한 지상 시스템의 VDB 송신기와 마찬가지로 FRANCE Telerad 社の RE9009 VDB Receiver로서 표 3-2-5에 세부 성능 사양을 명시하였다.

표 3-2-5. VDB 수신기의 성능 사양

품 목	성 능 사 양
RE9009 VDB Receiver	○ Frequency range: 108 ~ 117.975 Mhz (25 kHz spacing channel) ○ Frequency stability: ≤ 1 ppm (-20°C to $+55^{\circ}\text{C}$) ○ Modulation - 14K0G7DET - D8PSK with raised cosine filter ($\alpha=0.6$) - 10,500 symbol/sec ○ Sensitivity and dynamic range - BER $< 10^{-4}$ MFR $< 1/1,000$ over the dynamic range from -87 dBm to -1 dBm

4. GNSS 신호측정 장비 위치 선정

GNSS 신호측정 장비는 활주로 인근에서 GNSS 신호를 측정하고 이를 데이터 처리장치에 전송하는 역할을 담당하게 된다.

GNSS 신호측정 장비는 활주로 인근에 설치되기 때문에 항공법의 엄격한 설치 제약조건에 따르게 된다. GNSS 신호측정 장비는 항공법 시행규칙에 의거하여 설치 장소를 결정하여야 한다. 항공법 시행규칙에 따르면 전이표면에서 활주로까지의 길이와 높이의 비율이 1:7이하인 장애물을 설치할 수 있다. 그림 3-2-5는 장애물 제한표면 도면의 평면도이다.

그림 3-5-6은 장애물 제한표면 평면도면의 A-A' 단면도이며, 그림 3-2-7은 장애물 제한표면 평면도면의 B-B' 단면도이다.

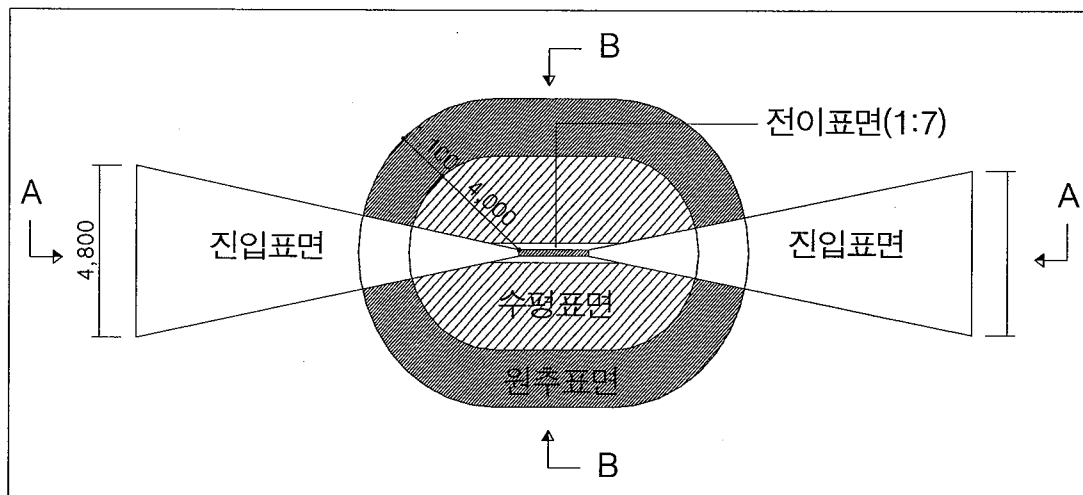


그림 3-2-5. 장애물 제한표면 평면도

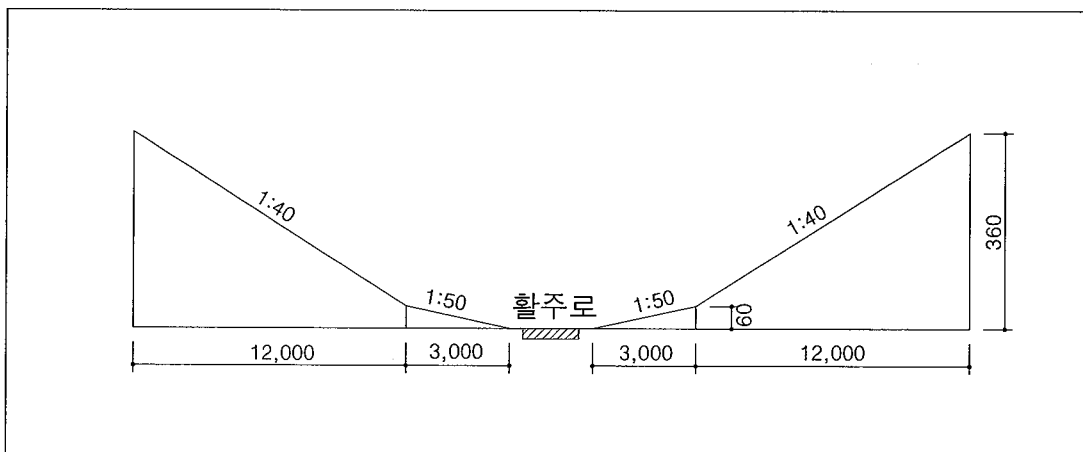


그림 3-5-6. A-A' 단면도

- 안테나 설치 고려 사항
 - 안테나 사이 200m 이상의 간격 유지
 - 두 개의 안테나 기선은 서로 90도 유지
 - 하나의 안테나 기선은 활주로와 평행

현재 GNSS 신호측정시설 설치에 있어서 가장 용이한 장소는 건물의 옥상 부분이다. 다중 경로 오차 등을 고려하여 타워 부근의 건물을 제외할 경우 가장 유력한 건물은 여객터미널과 화물터미널을 고려할 수 있다.

그림 3-2-9는 한국공항공사 제주지역본부, 항공안전본부, 제주항공관리사무소와 협의(2008년 8월 13일)를 통하여 GPS 안테나를 설치하기로 한 지점이다.

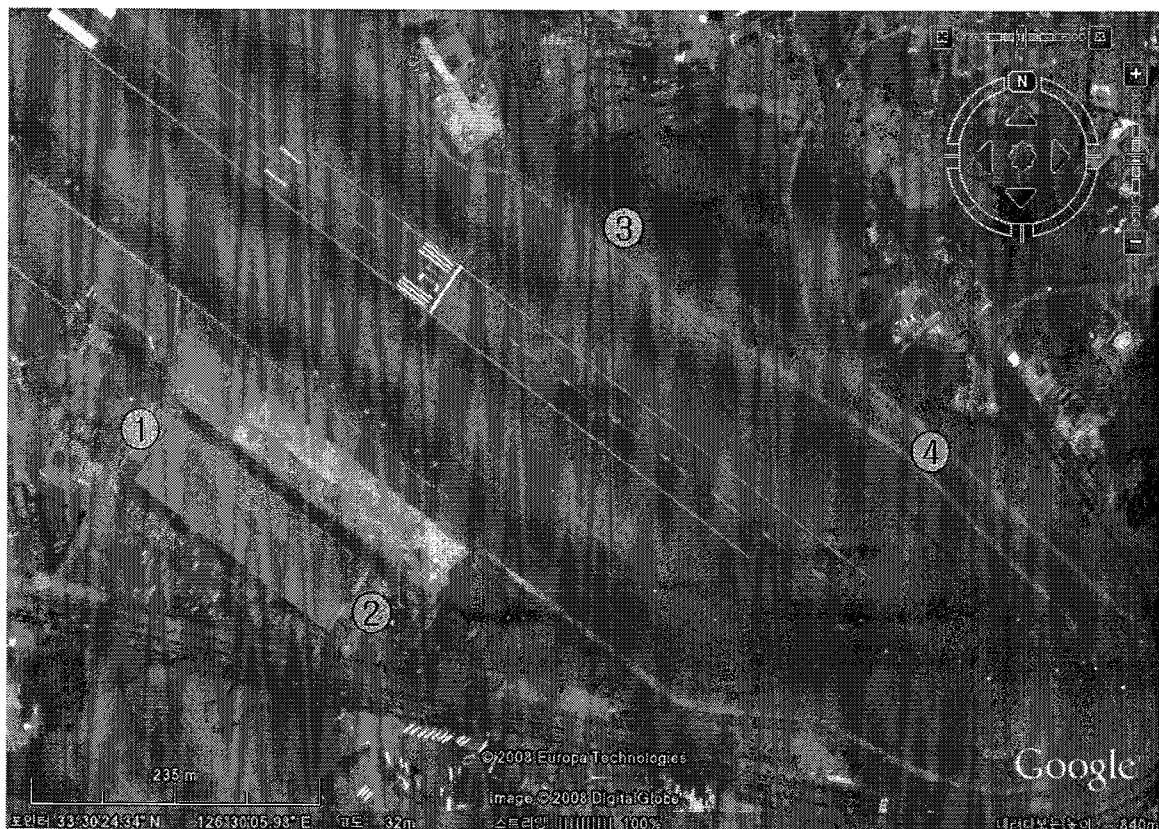


그림 3-2-9. GNSS 신호측정시설 설치 예상 지점

5. IMT 장비 설치 일정

IMT 장비를 설치하기 위한 한국공항공사 본사 및 제주지역본부, 항공안전본부와 협의 일정을 정리하면 아래와 같다.

- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 협의
 - 2008년 2월 24일, 한국공항공사 미래경영센터
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 실무 회의
 - 2008년 2월 29일, 한국공항공사 제주지역본부 항행안전시설팀
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 협조 의뢰
 - 2008년 4월 8일, 한국공항공사 미래경영센터
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 실무 회의
 - 2008년 6월 10일, 제주한국공항공사 제주지역본부 항행안전시설팀
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 실무 회의
 - 2008년 6월 23일, 제주한국공항공사 제주지역본부 항행안전시설팀
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 실무 회의
 - 2008년 7월 29일, 제주한국공항공사 제주지역본부 항행안전시설팀
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 협조 의뢰
 - 2008년 8월 1일, 항공안전본부
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 설치 실무 회의
 - 2008년 8월 12일, 제주한국공항공사 제주지역본부 항행안전시설팀
- GNSS 신호감시를 위한 IMT 장비 설치 및 운용 지원 의뢰
 - 2008년 9월 10일, 항공안전본부
- IMT 장비 설치 및 운용을 위한 입차신청서 제출
 - 2008년 9월 10일, 한국공항공사 제주지역본부
- GPS 위성 신호측정장비 설치 공사 계약
 - 2008년 9월 22일, (주) 월드씨앤에스
- IMT 장비 설치 및 운용을 위한 입차신청서 보완 서류 제출
 - 2008년 9월 24일, 한국공항공사 제주지역본부
- IMT 장비 이전
 - 2008년 10월 6-7일, 대전 항공우주연구원 -> 제주 제주항공관리사무소
- 화물청사 옥상 통신 및 전원 선로 공사
 - 2008년 10월 10-11일, 공항공사 통신실까지 선로 연결

- GNSS 신호감시를 위한 IMT 장비 운용의 전원사용 협조 의뢰
 - 2008년 10월 15일, 제주항공기상대
- 활주로 인근 초소 3번 신호수신장비 전원 선로 공사
 - 2008년 10월 17-18일, 도로절단 및 제주항공기상대 전원 분기
- 활주로 인근 초소 및 화물청사 옥상 지지봉 설치 공사
 - 2008년 10월 24-25일, 지지봉 기초공사 및 장비함 설치
- 신호측정장비함에 위성항법 수신기 장착
 - 2008년 10월 30일, 신호측정장비함 통신 및 전원 연결 작업
- 신호측정장비와 데이터처리장비 통신 연결 공사 및 시험
 - 2008년 11월 3-4일, 데이터처리장비 작동 상태 확인

6. IMT 장비 설치 공사

IMT 설치를 위한 전체 공사 개요는 그림 3-2-9와 같다. 4개의 신호측정장비를 한국공항공사 제주지역본부 화물청사옥상 및 활주로 인근 초소에 위치시키게 된다.

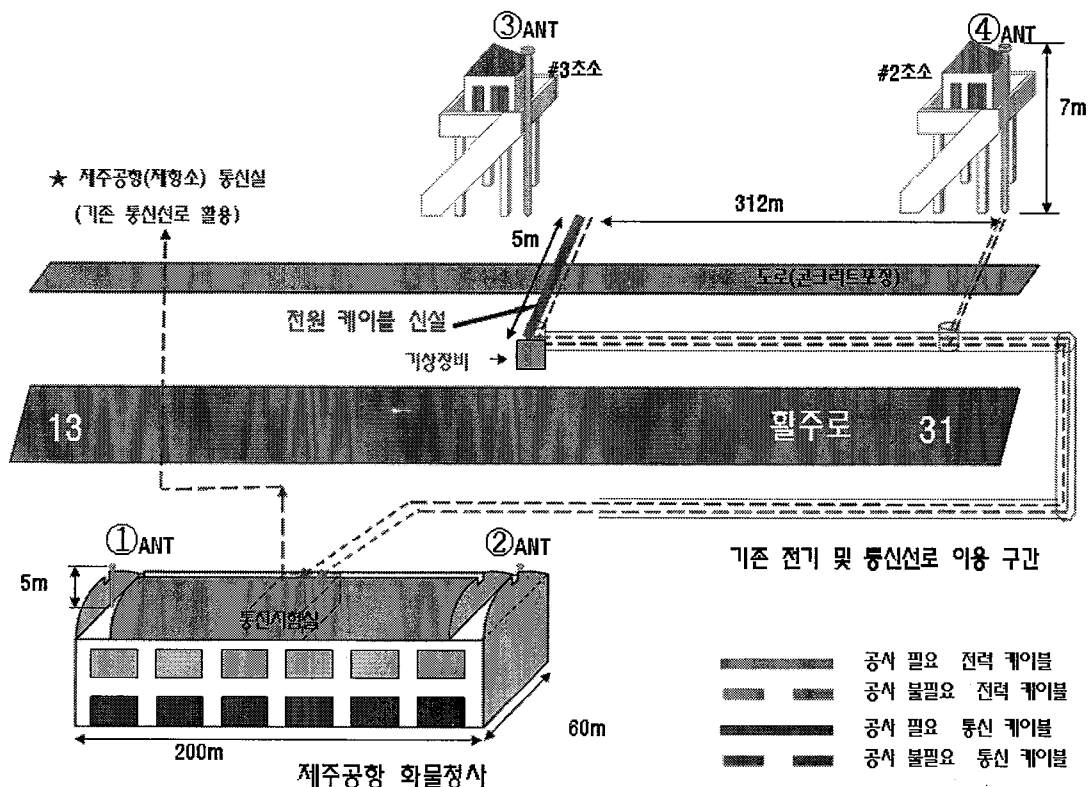
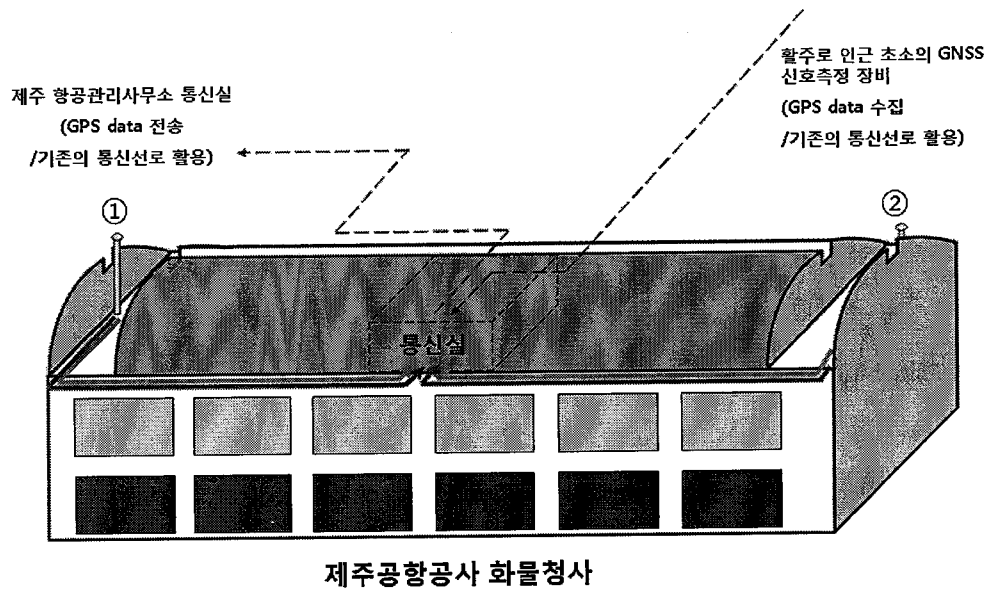


그림 3-2-9. GNSS 신호측정시설 설치 공사 개요도



——— 공사 필요 전력 케이블
——— 공사 필요 통신 케이블
——— 공사 불필요 통신 케이블

그림 3-2-10. 화물청사 옥상의 GNSS 신호측정시설 공사도

그림 3-2-11에서 3-2-14까지는 IMT 신호측정장비 설치를 위한 공사 진행 과정을 사진으로 기록한 것이다. IMT 신호측정장비의 설치를 위하여 한국공항공사 제주지역본부 화물청사의 옥상에 전원 및 통신 공사를 진행하였으며, 활주로 인근 초소에 설치되는 IMT 신호측정장비의 전원을 공급하기 위하여 도로를 절단하는 공사를 진행하였다.

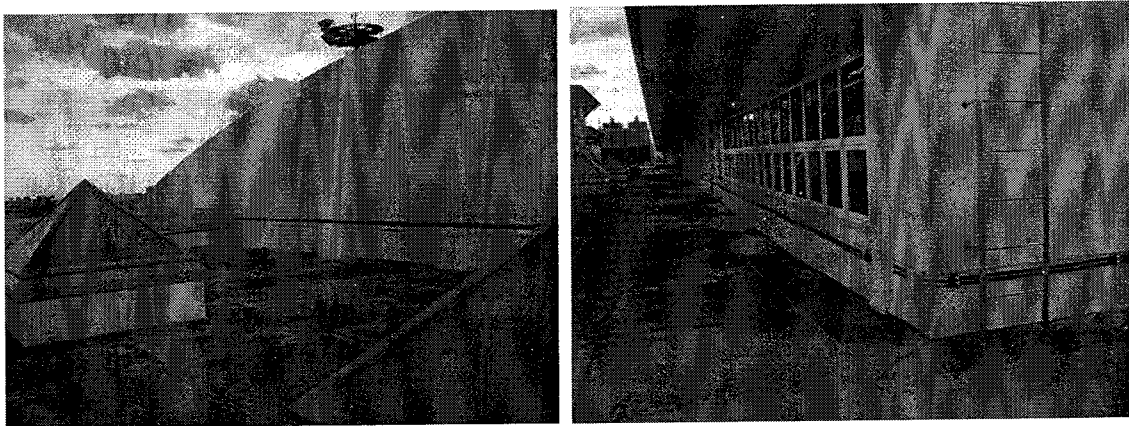


그림 3-2-11. 화물청사 옥상 통신 및 전원 선로 공사 후 사진

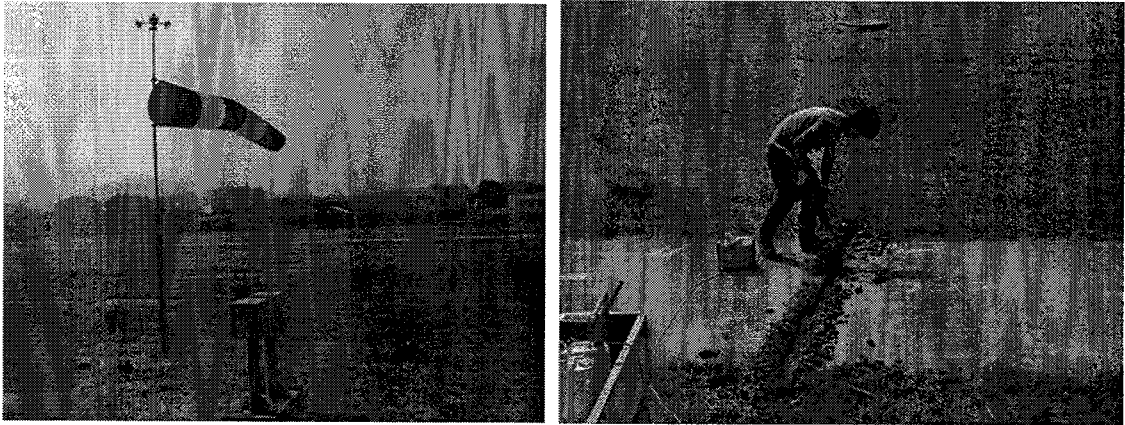


그림 3-2-12. 기상정 전원 분기함과 도로 절단 작업 사진

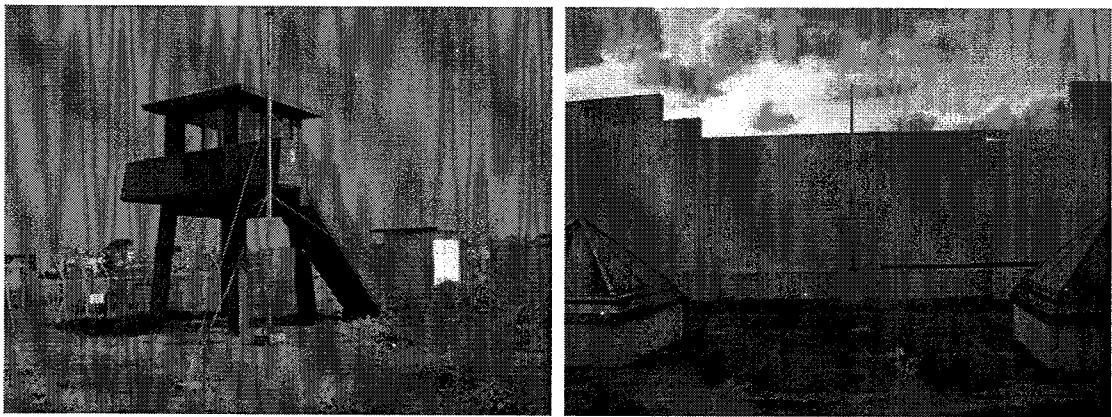


그림 3-2-13. 화주로 인근 초소 및 화물청사 옥상 지지봉 설치 공사 후 사진

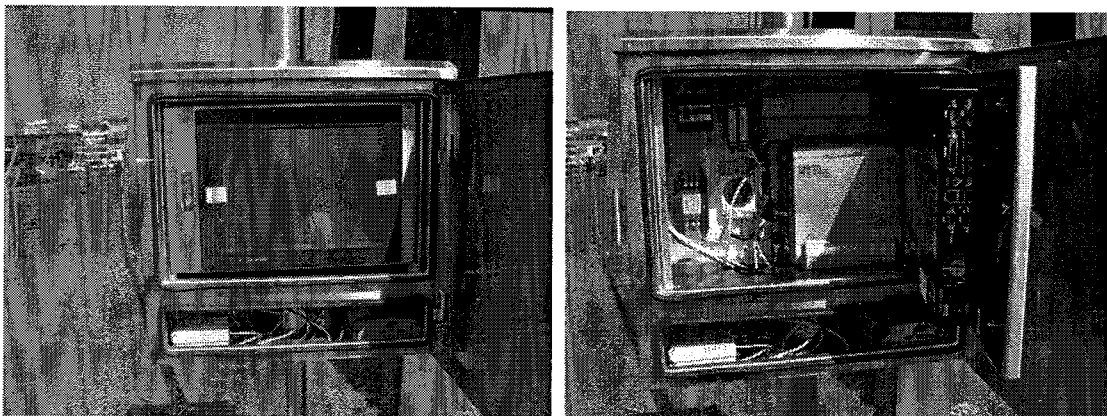


그림 3-2-14. 신호측정장비함 완성 후 사진

그림 3-2-15는 신호측정장비에서 데이터 처리장비까지 원거리 데이터 전송을 위한 통신장비의 설치 모습이며, 그림 3-2-16은 데이터 처리장비 설치 후 사진이며, 그림 3-2-17은 데이터 처리장비의 화면 구성이다.

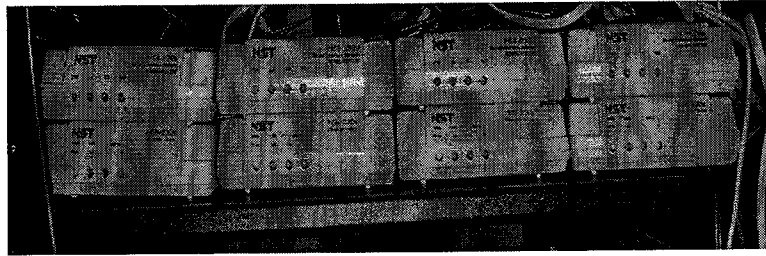


그림 3-2-15. 제주항공사무소의 통신장비 설치 후 사진

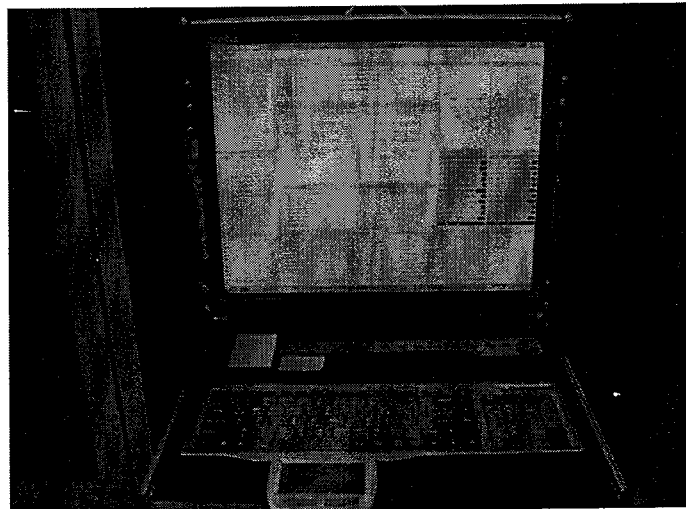
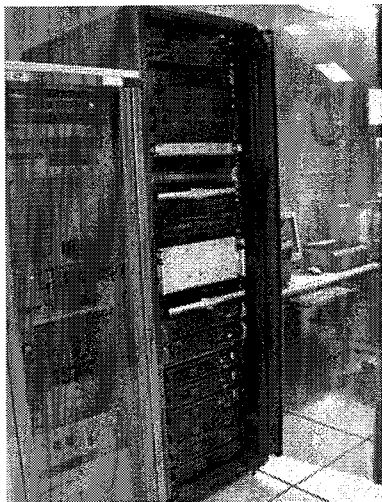


그림 3-2-16. 데이터처리장비 설치 후 사진

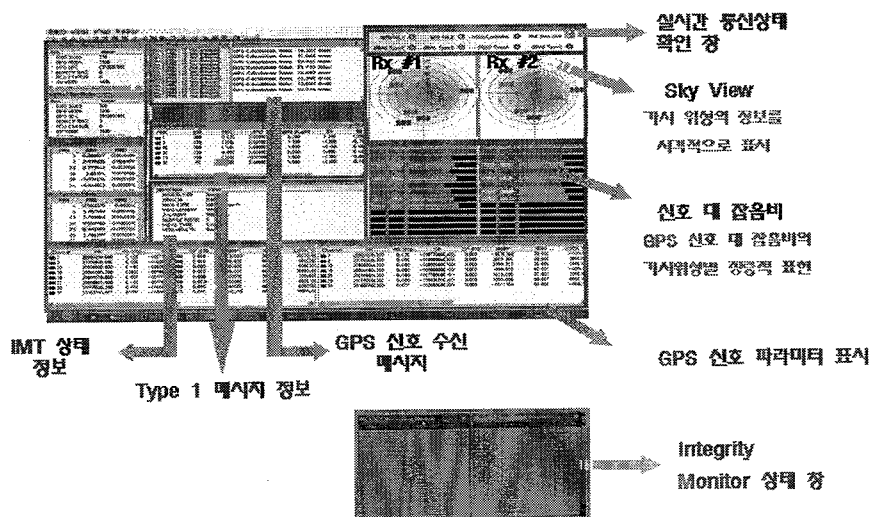


그림 3-2-17. 제주항공사무소의 통신장비 설치 후 사진

제 3 절 IMT를 활용한 신호 환경 분석

IMT를 설치하고 GPS 데이터를 연속적으로 저장하여 IMT 설치 지역에서 GPS 신호 수신 상태를 분석하였다. 본 절에서 사용된 데이터는 11월 20일 오전 9시부터 11월 21일 오전 9시까지 24시간 데이터를 분석한 것이다.

1. 화물청사 서쪽 수신기

그림 3-3-1에서 그림 3-3-8까지는 화물청사 서쪽에 위치하고 있는 1번 수신기에서 측정한 GPS 데이터를 분석한 결과이다. 그림 3-3-1은 모든 가시위성의 시간에 따른 C/No값의 변화이며, 그림 3-3-2는 모든 가시위성의 시간에 따른 방위각이다, 그림 3-3-3은 모든 가시위성의 시간에 따른 고도이며, 그림 3-3-4는 모든 가시위성의 방위각과 고도의 관계를 나타낸 것이다. 그림 3-3-5는 모든 가시위성의 고도에 따르는 C/No이며, 3-3-6은 모든 가시위성의 반송파와 위성의 차분값의 시간에 따른 변화이다. 그림 3-3-7은 시간에 따르는 DOP을 나타낸 것이며, 그림 3-3-8은 시간에 따르는 위성의 변화를 나타낸 것이다.

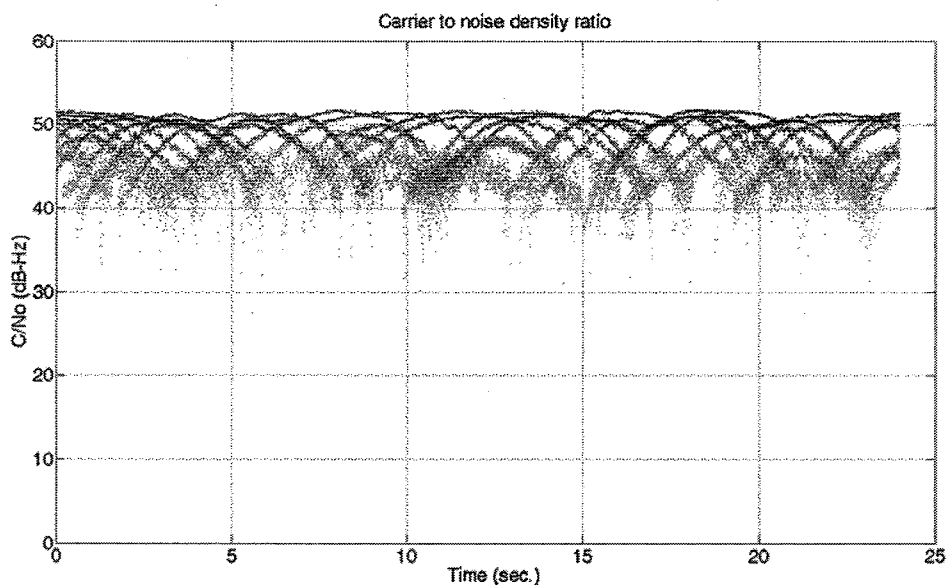


그림 3-3-1. 위성별 시간에 따른 C/No

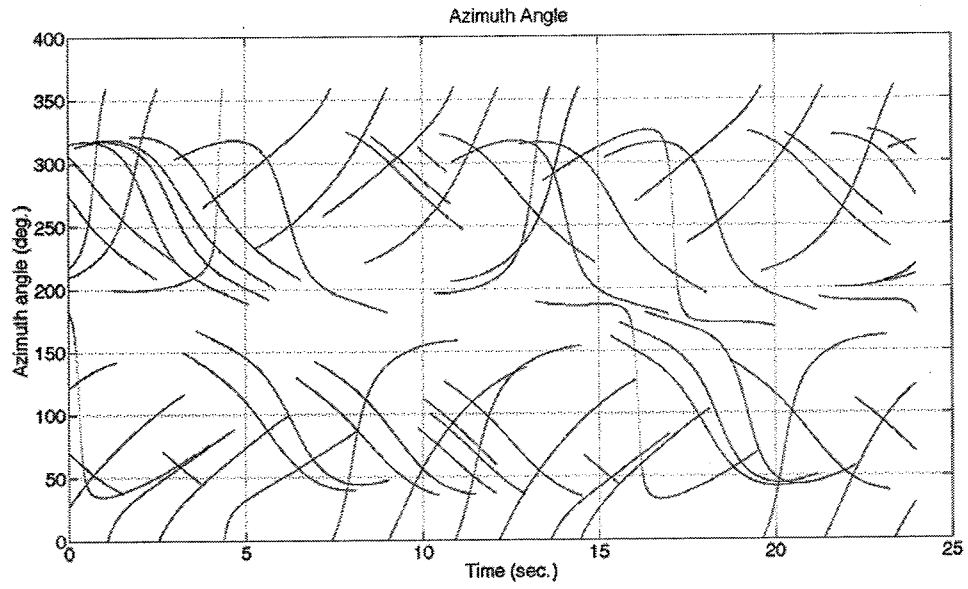


그림 3-3-2. 위성별 시간에 따른 방위각

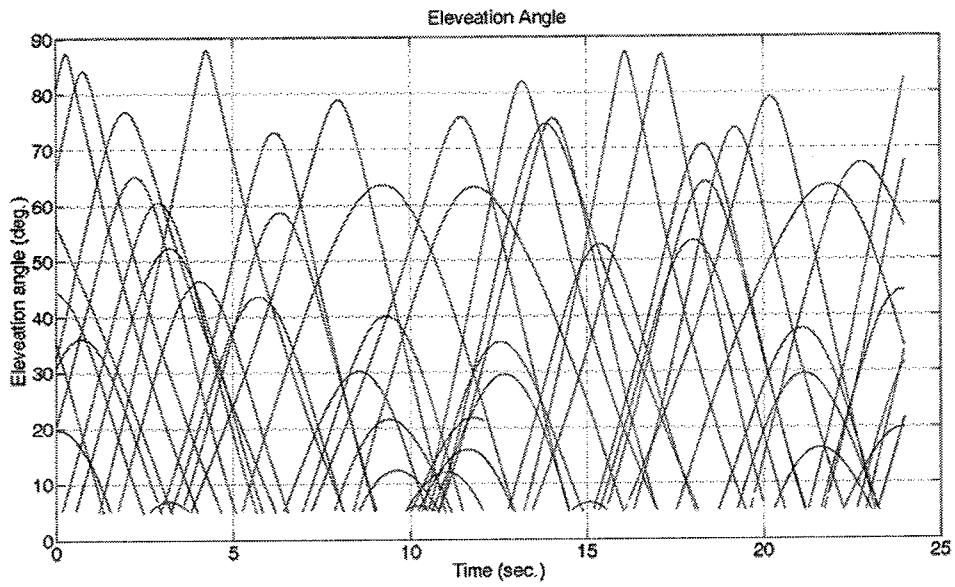


그림 3-3-3. 위성별 시간에 따른 고도

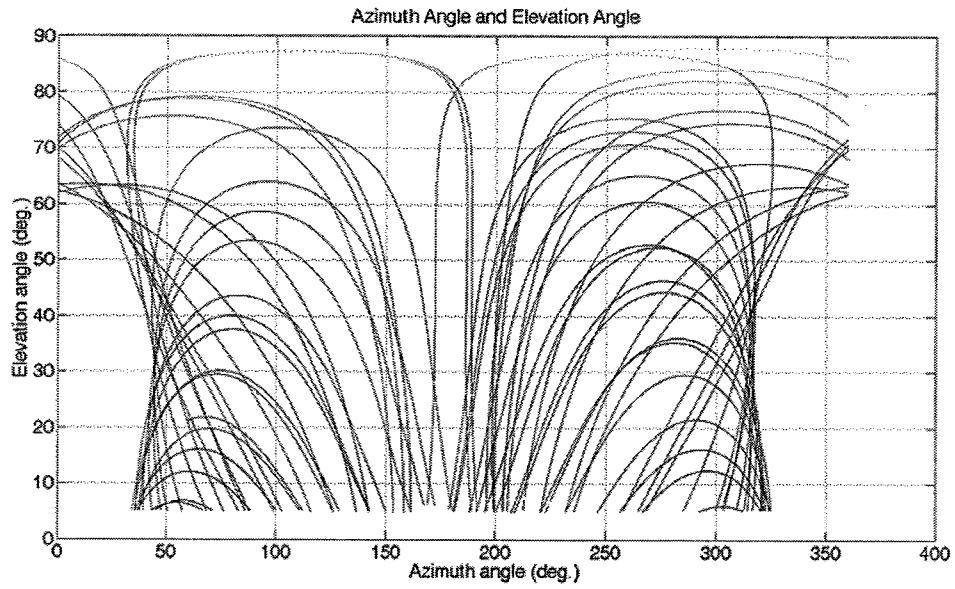


그림 3-3-4. 위성별 방위각과 고도

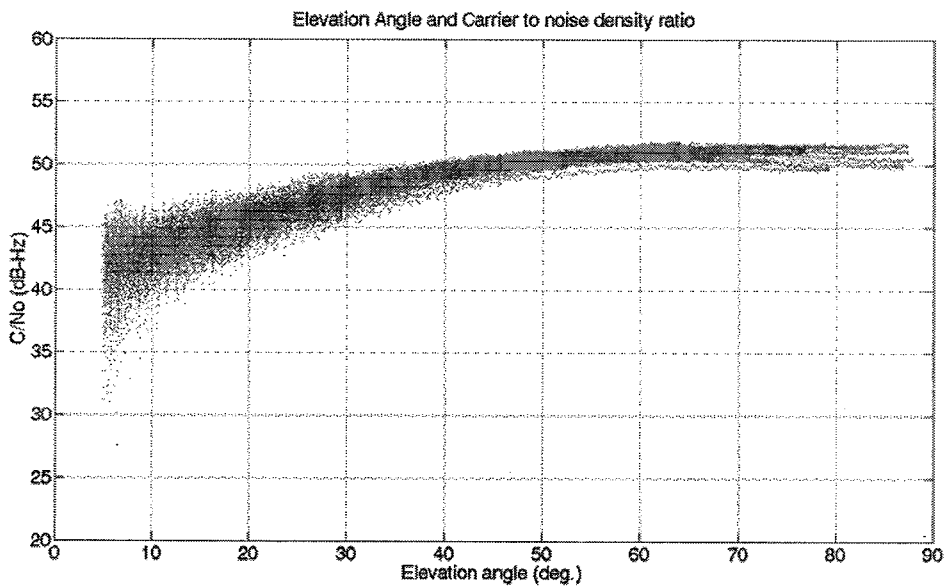


그림 3-3-5. 위성별 고도에 따른 C/N_0

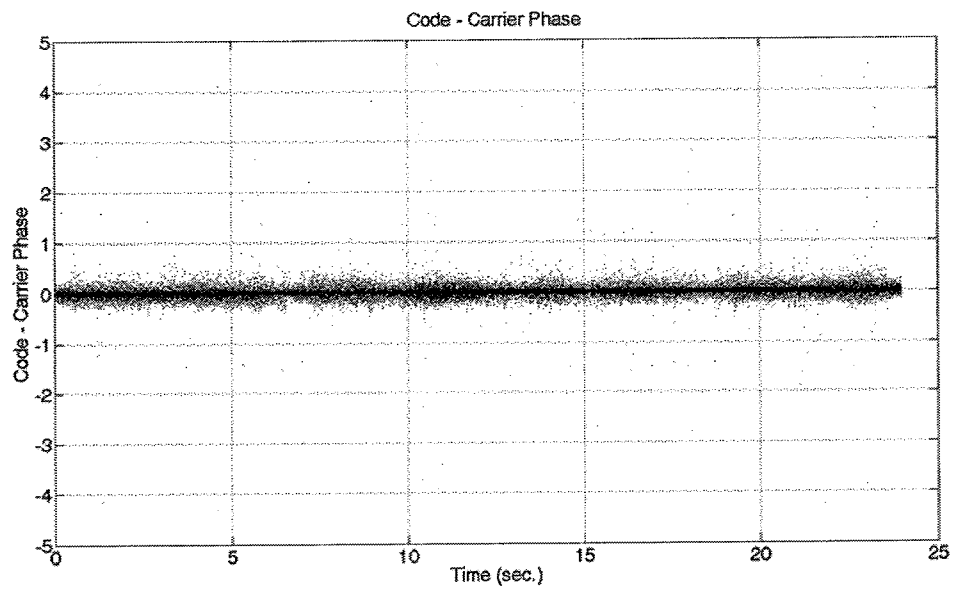


그림 3-3-6. 위성별 코드와 반송파 위상 차분

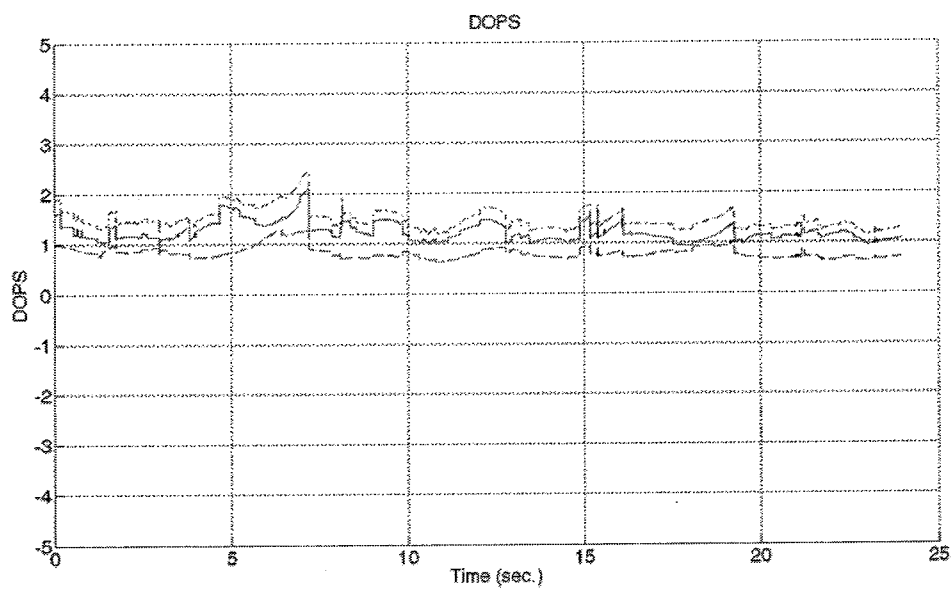


그림 3-3-7. 시간에 따른 DOP

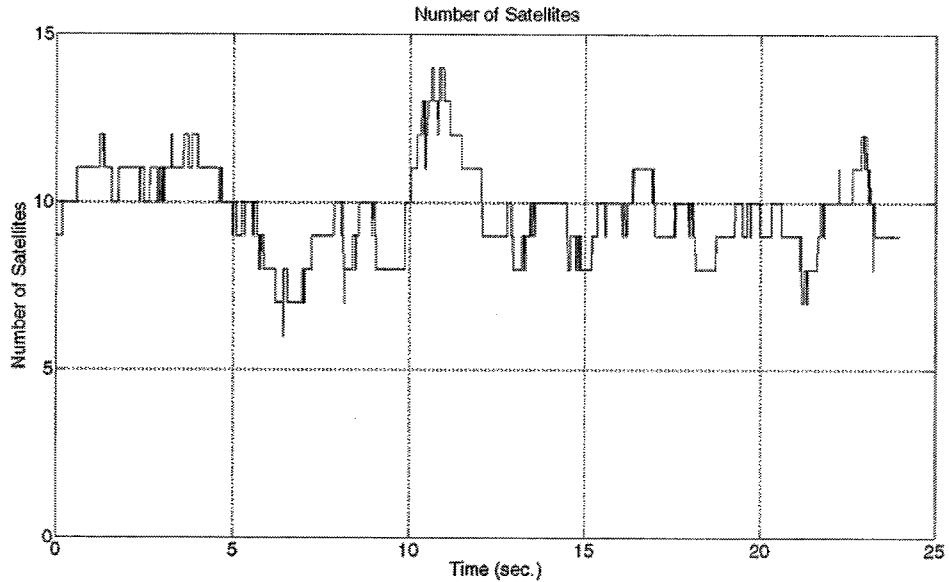


그림 3-3-8. 시간에 따른 위성 수

2. 화물청사 동쪽 수신기

그림 3-3-9에서 그림 3-3-16까지는 화물청사 동쪽에 위치하고 있는 2번 수신기에서 측정한 GPS 데이터를 분석한 결과이다. 그림 3-3-9는 모든 가시위성의 시간에 따른 C/No값의 변화이며, 그림 3-3-10은 모든 가시위성의 시간에 따른 방위각이다, 그림 3-3-11은 모든 가시위성의 시간에 따른 고도이며, 그림 3-3-12는 모든 가시위성의 방위각과 고도의 관계를 나타낸 것이다. 그림 3-3-13은 모든 가시위성의 고도에 따르는 C/No이며, 3-3-14는 모든 가시위성의 반송파와 위성의 차분값의 시간에 따른 변화이다. 그림 3-3-15는 시간에 따르는 DOP을 나타낸 것이며, 그림 3-3-16은 시간에 따르는 위성의 변화를 나타낸 것이다.

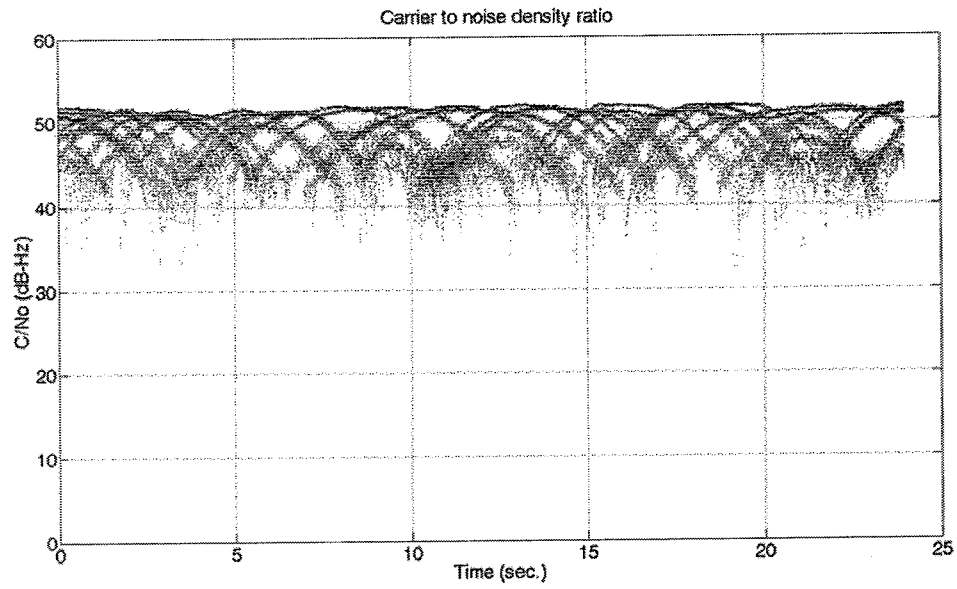


그림 3-3-9. 위성별 시간에 따른 C/No

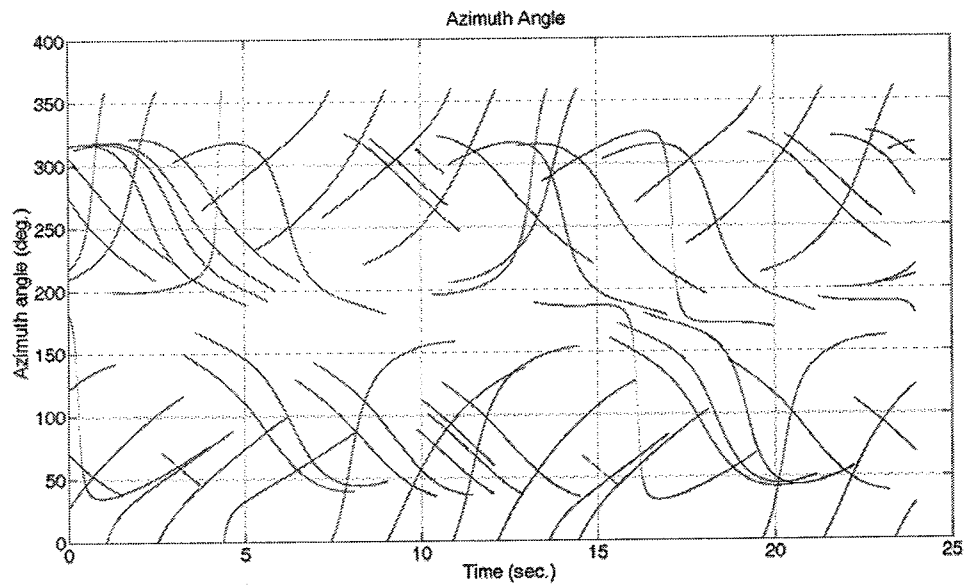


그림 3-3-10. 위성 별 시간에 따른 방위각

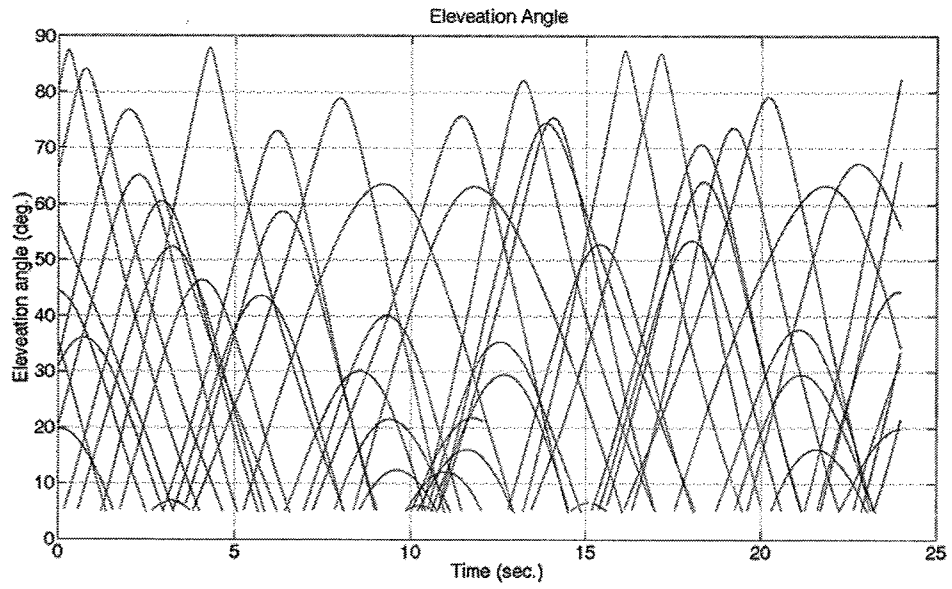


그림 3-3-11. 위성별 시간에 따른 고도

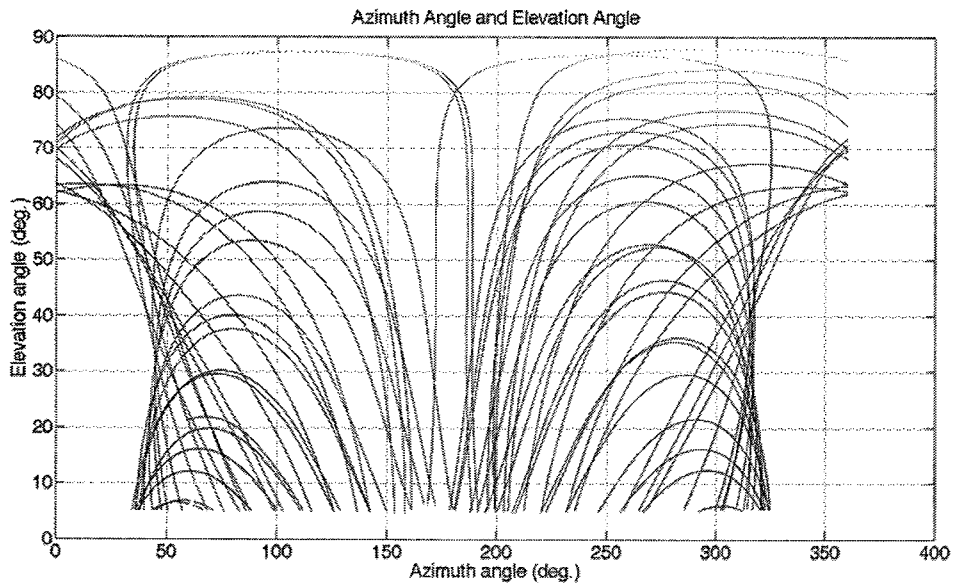


그림 3-3-12. 위성별 방위각과 고도

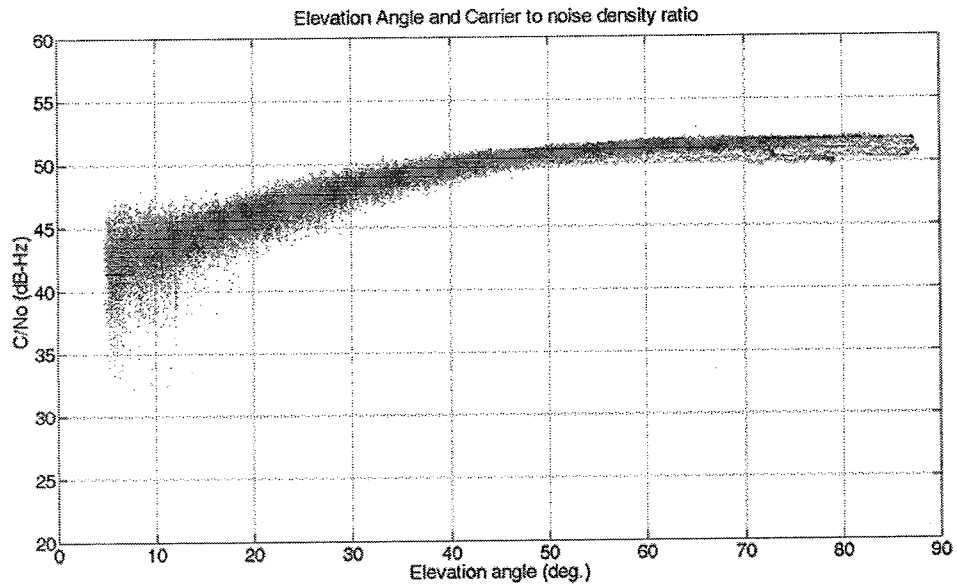


그림 3-3-13. 위성별 고도에 따른 C/N₀

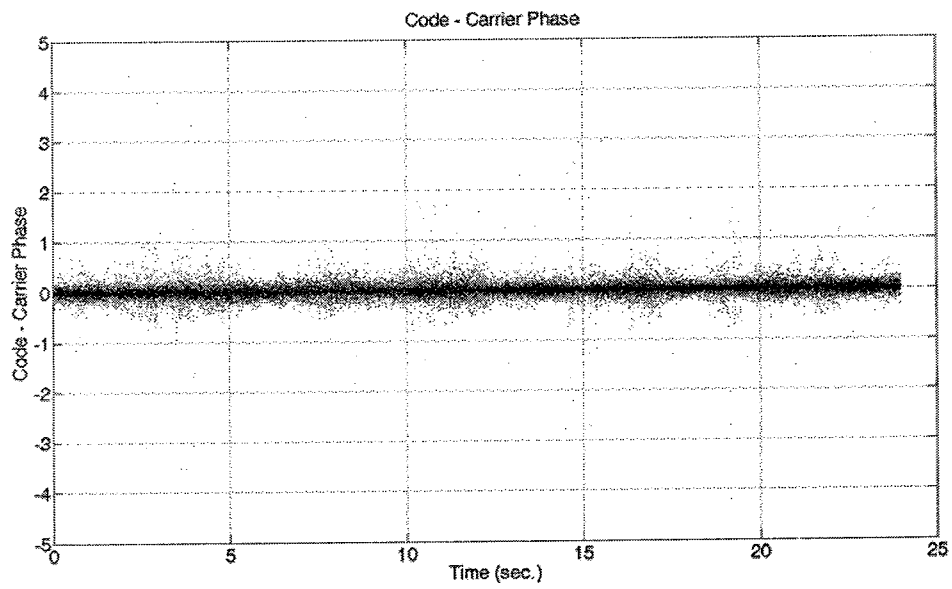


그림 3-3-14. 위성별 코드와 반송파 위상 차분

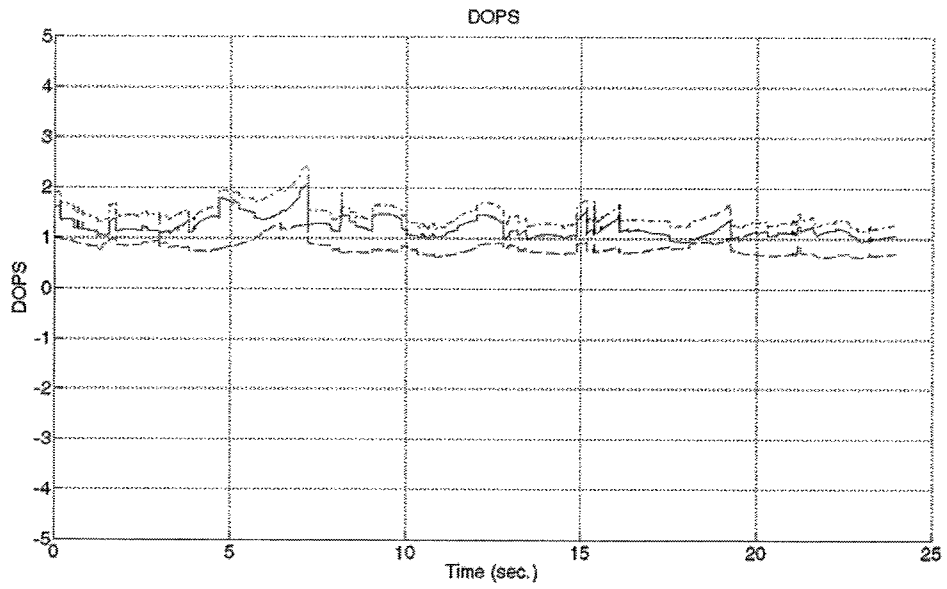


그림 3-3-15. 시간에 따른 DOP

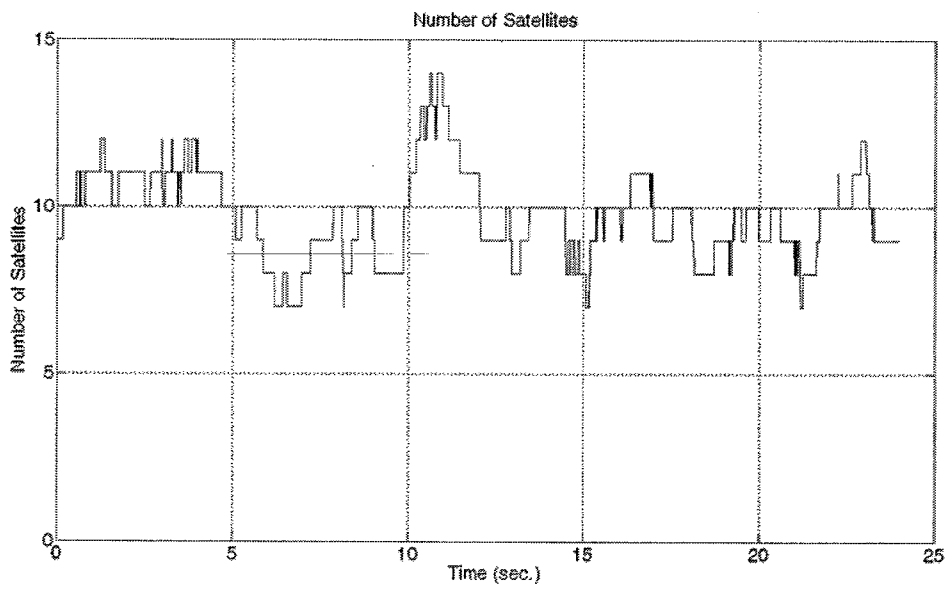


그림 3-3-16. 시간에 따른 위성 수

3. 활주로 인근 초소 서쪽 수신기

그림 3-3-17에서 그림 3-3-24까지는 활주로 인근 초소 서쪽에 위치하고 있는 3번 수신기에서 측정한 GPS 데이터를 분석한 결과이다. 그림 3-3-17은 모든 가시위성의 시간에 따른 C/No값의 변화이며, 그림 3-3-18은 모든 가시위성의 시간에 따른 방위각이다, 그림 3-3-19는 모든 가시위성의 시간에 따른 고도이며, 그림 3-3-20은 모든 가시위성의 방위각과 고도의 관계를 나타낸 것이다. 그림 3-3-21은 모든 가시위성의 고도에 따르는 C/No이며, 3-3-22는 모든 가시위성의 반송파와 위성의 차분값의 시간에 따른 변화이다. 그림 3-3-23은 시간에 따르는 DOP을 나타낸 것이며, 그림 3-3-24는 시간에 따르는 위성의 변화를 나타낸 것이다.

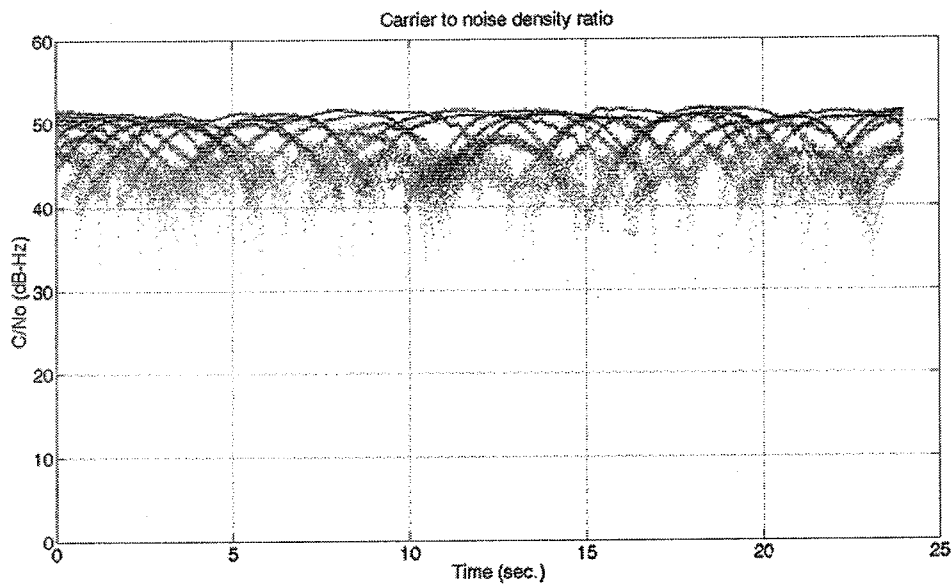


그림 3-3-17. 위성별 시간에 따른 C/N

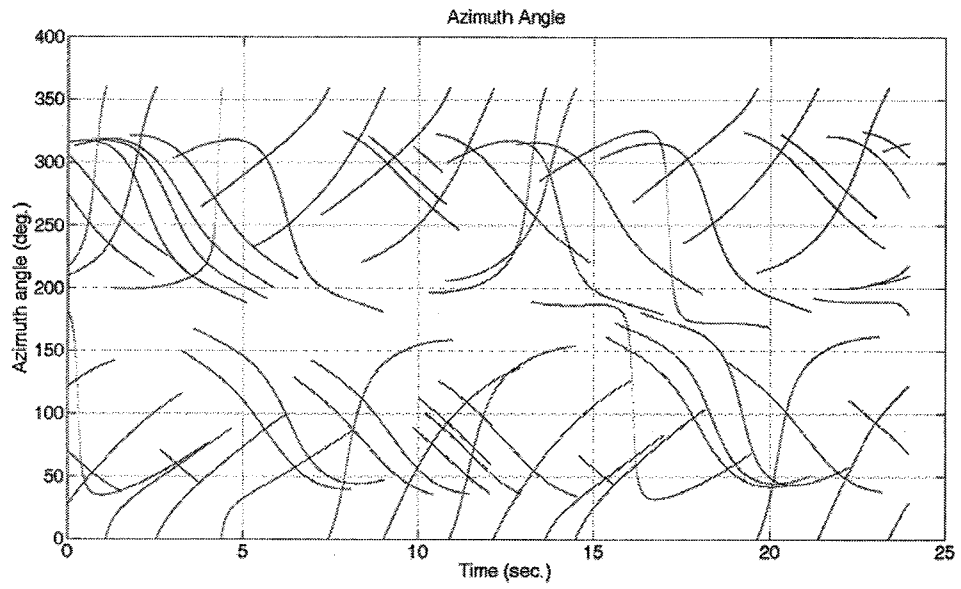


그림 3-3-18. 위성 별 시간에 따른 방위각

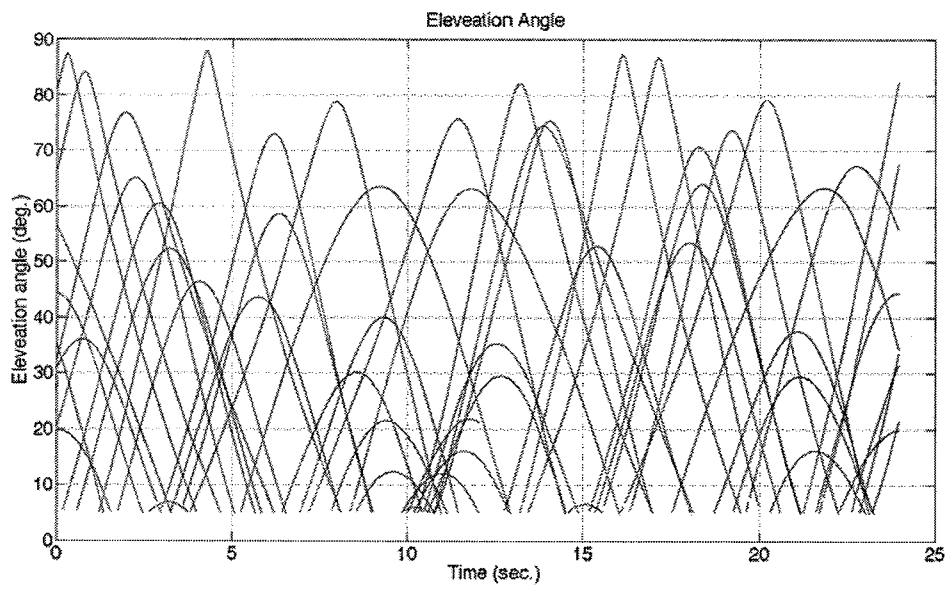


그림 3-3-19. 위성별 시간에 따른 고도

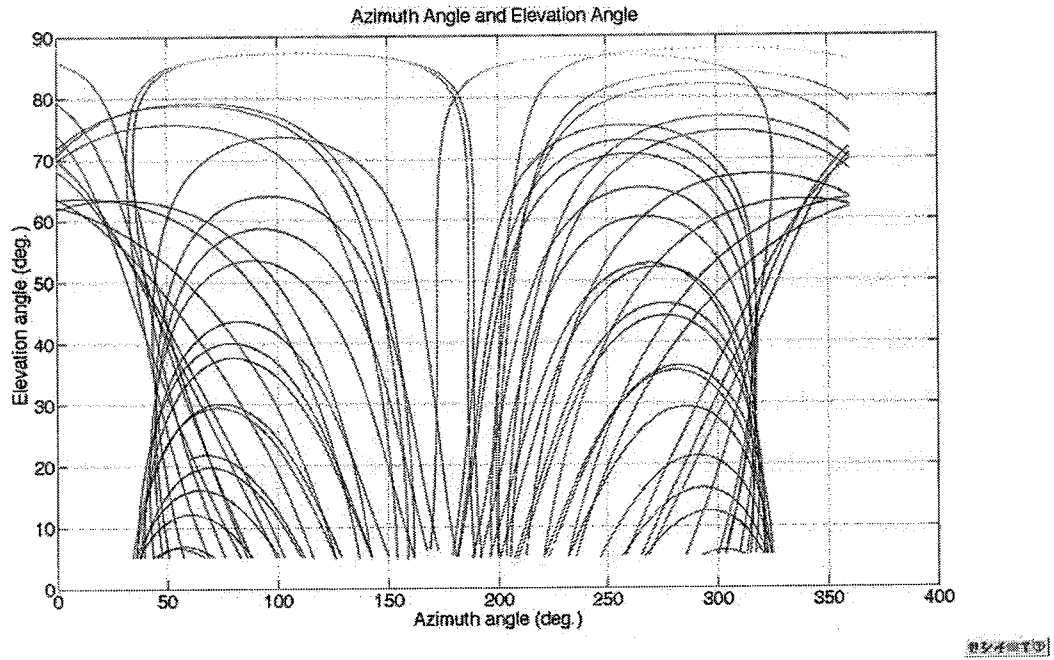


그림 3-3-20. 위성별 방위각과 고도

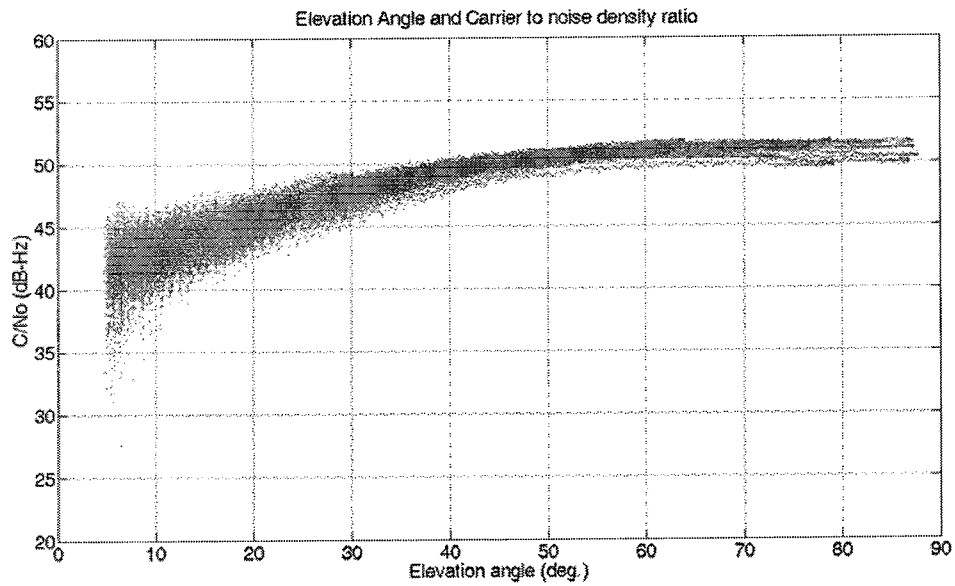


그림 3-3-21. 위성별 고도에 따른 C/N

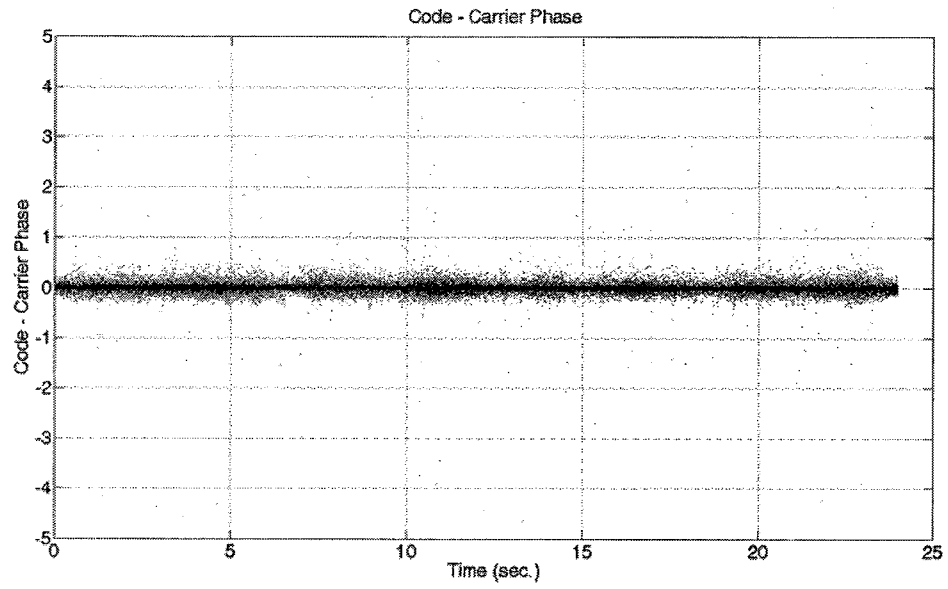


그림 3-3-22. 위성별 코드와 반송파 위상 차분

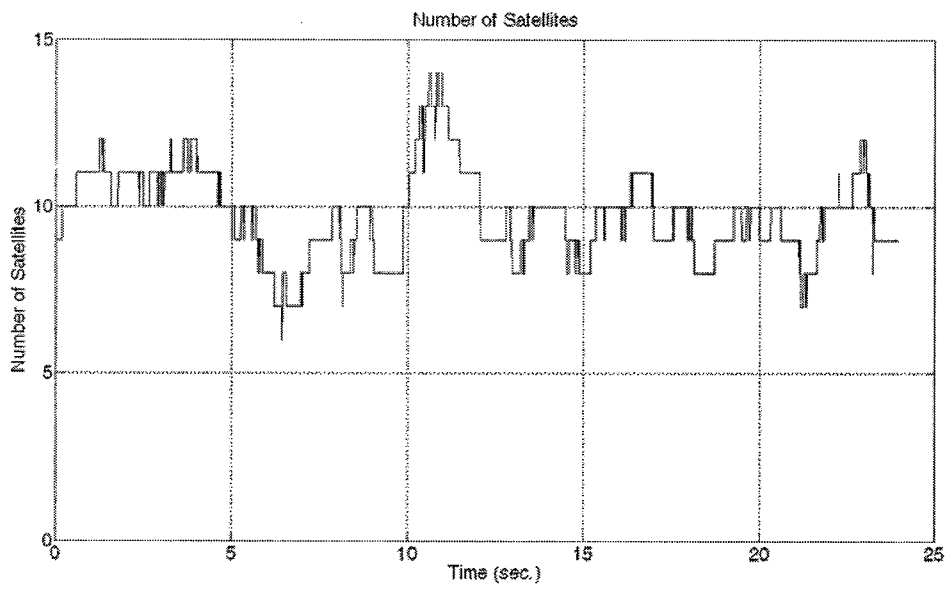


그림 3-3-23. 시간에 따른 DOP

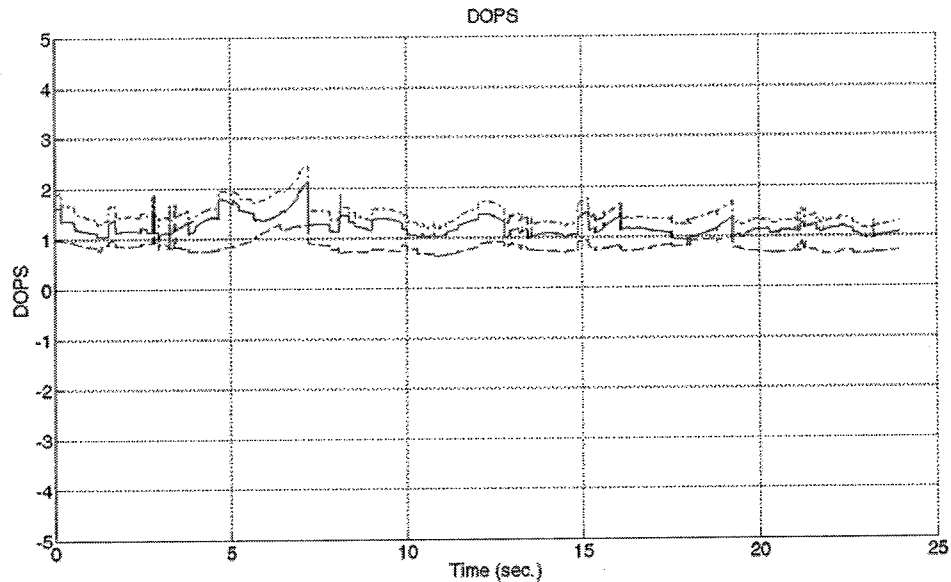


그림 3-3-24. 시간에 따른 위성 수

4. 활주로 인근 초소 동쪽 수신기

그림 3-3-25에서 그림 3-3-32까지는 활주로 인근 초소 동쪽에 위치하고 있는 4번 수신기에서 측정한 GPS 데이터를 분석한 결과이다. 그림 3-3-25는 모든 가시위성의 시간에 따른 C/No값의 변화이며, 그림 3-3-26은 모든 가시위성의 시간에 따른 방위각이다, 그림 3-3-27은 모든 가시위성의 시간에 따른 고도이며, 그림 3-3-28은 모든 가시위성의 방위각과 고도의 관계를 나타낸 것이다. 그림 3-3-29는 모든 가시위성의 고도에 따르는 C/No이며, 3-3-30은 모든 가시위성의 반송파와 위성의 차분값의 시간에 따른 변화이다. 그림 3-3-21은 시간에 따르는 DOP을 나타낸 것이며, 그림 3-3-32는 시간에 따르는 위성의 변화를 나타낸 것이다.

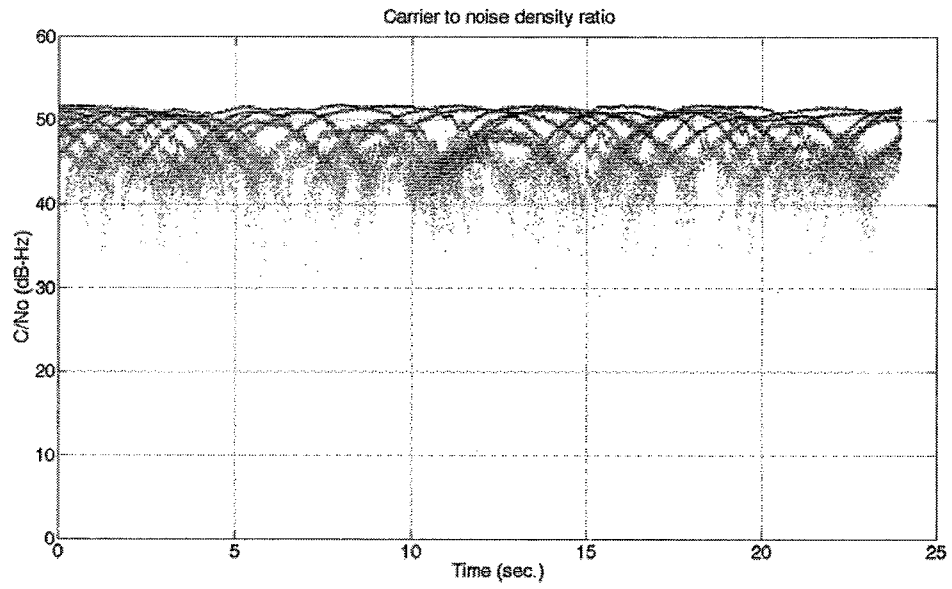


그림 3-3-25. 위성별 시간에 따른 C/N

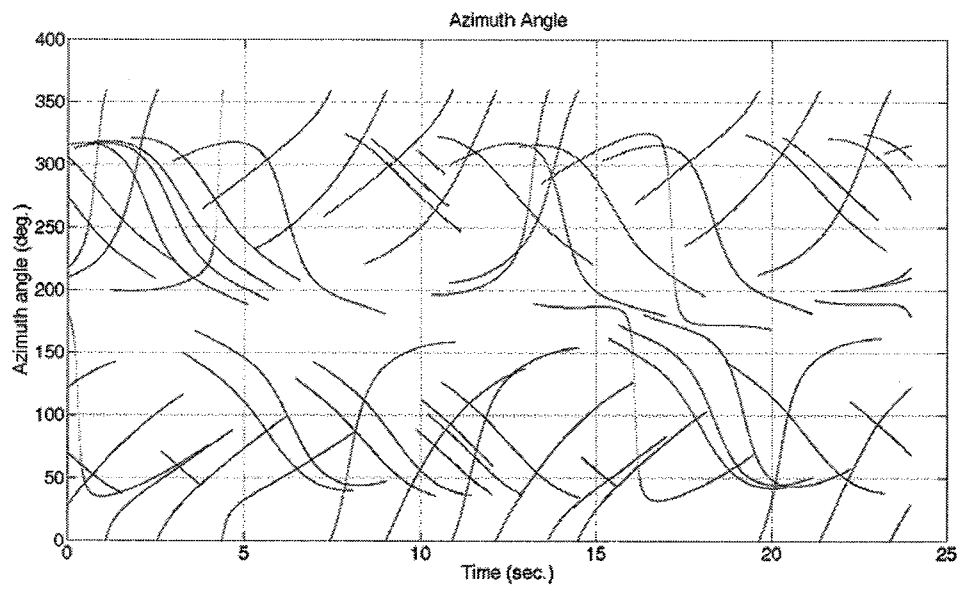


그림 3-3-26. 위성 별 시간에 따른 방위각

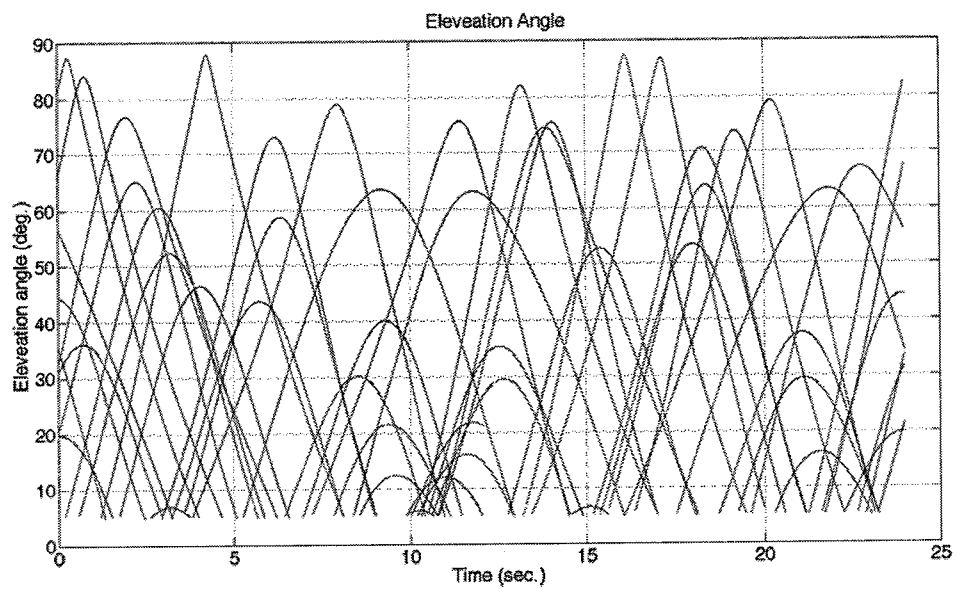


그림 3-3-27. 위성별 시간에 따른 고도

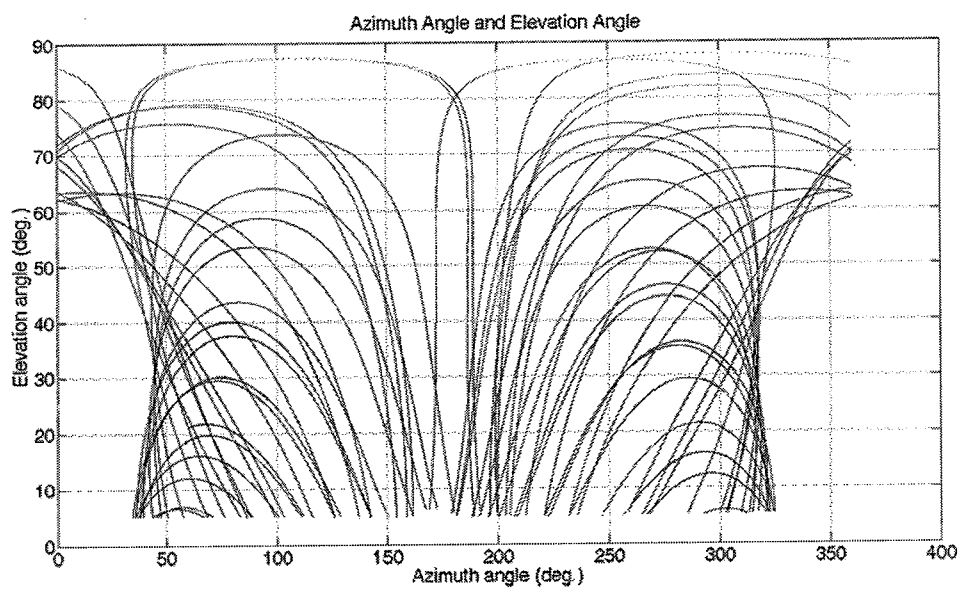


그림 3-3-28. 위성별 방위각과 고도

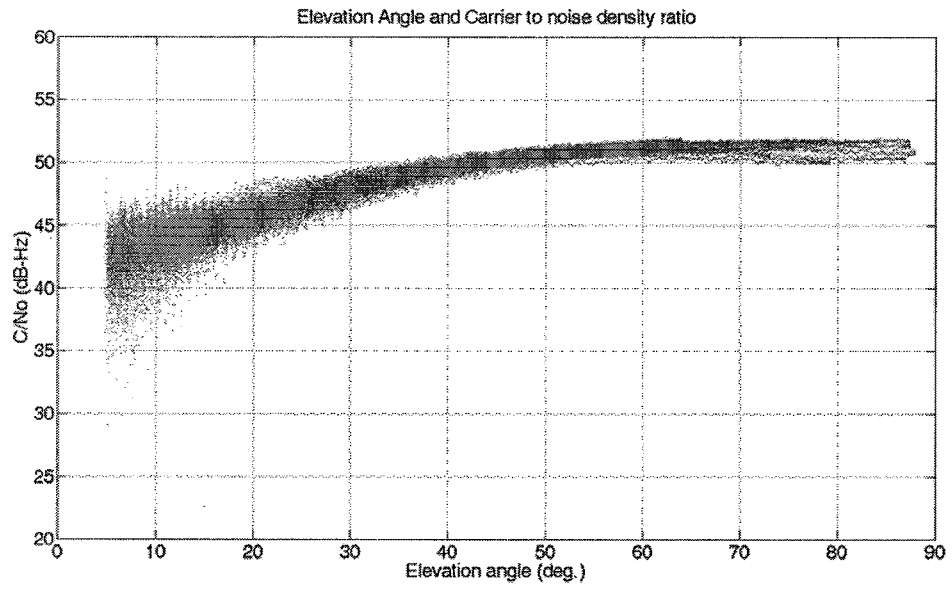


그림 3-3-29. 위성별 고도에 따른 C/N

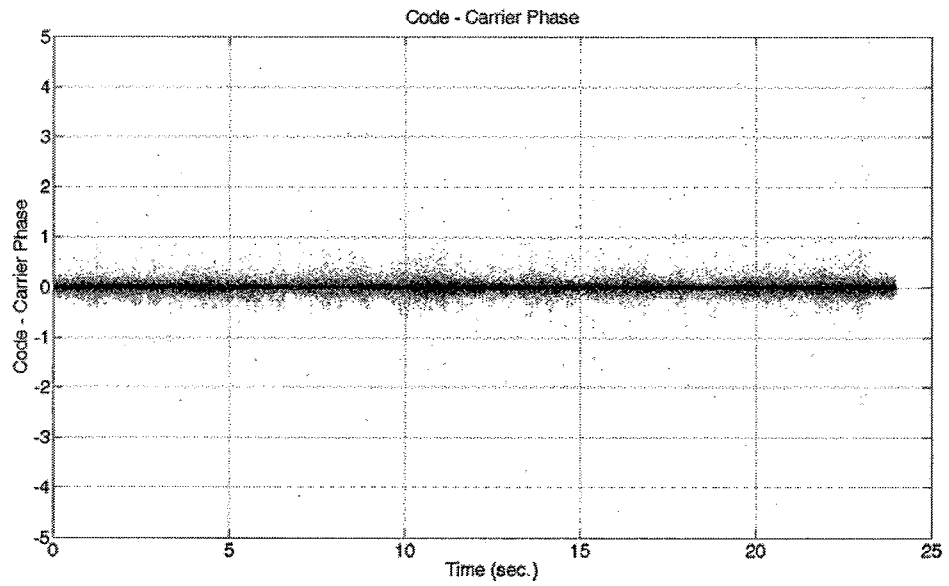


그림 3-3-30. 위성별 코드와 반송파 위상 차분

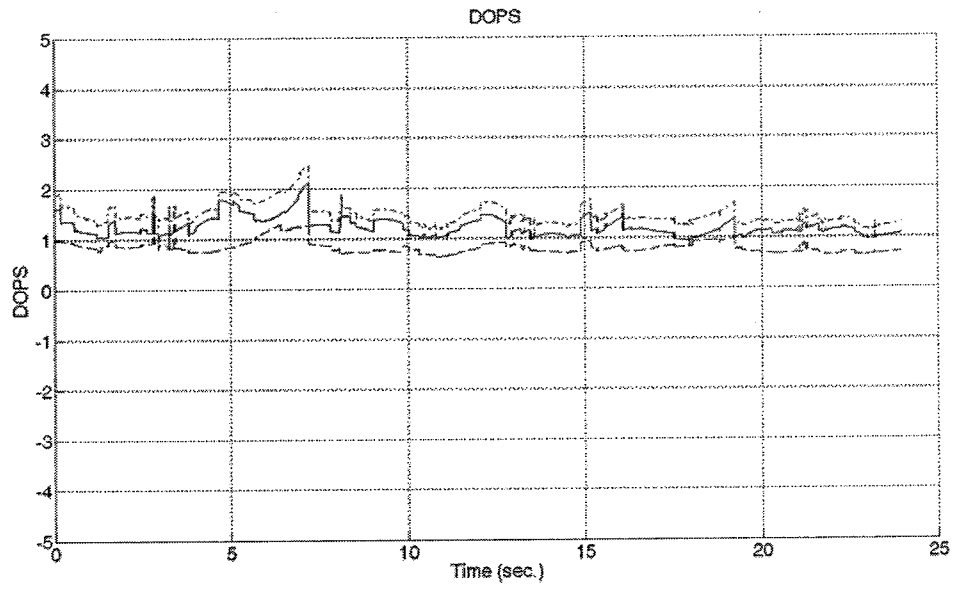


그림 3-3-31. 시간에 따른 DOP

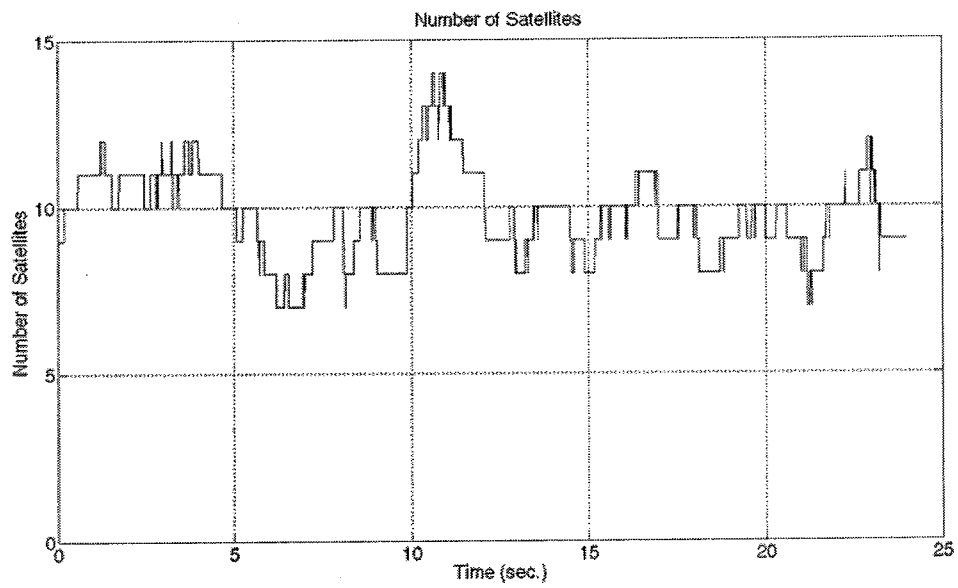
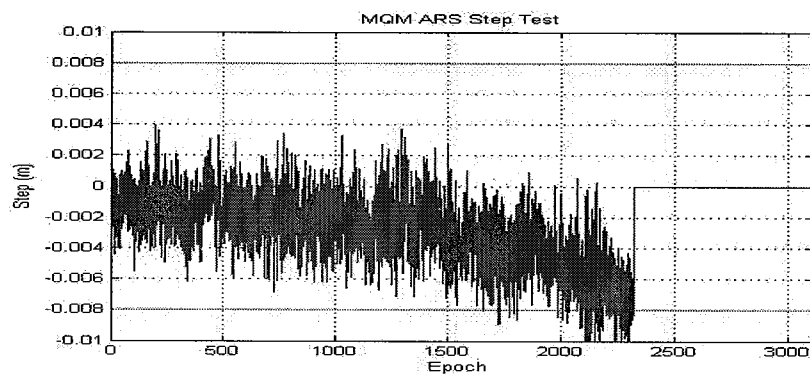
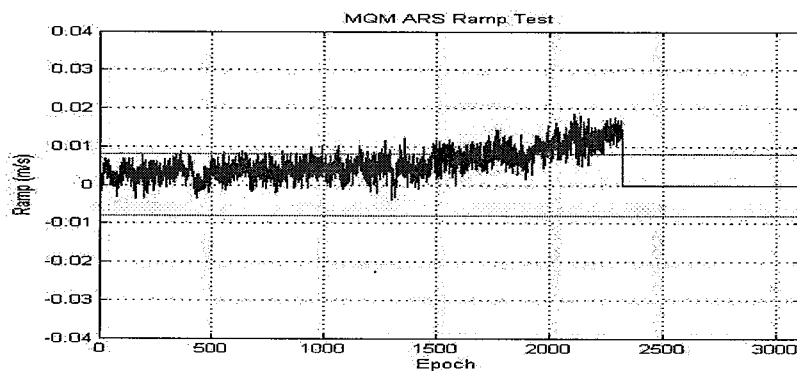
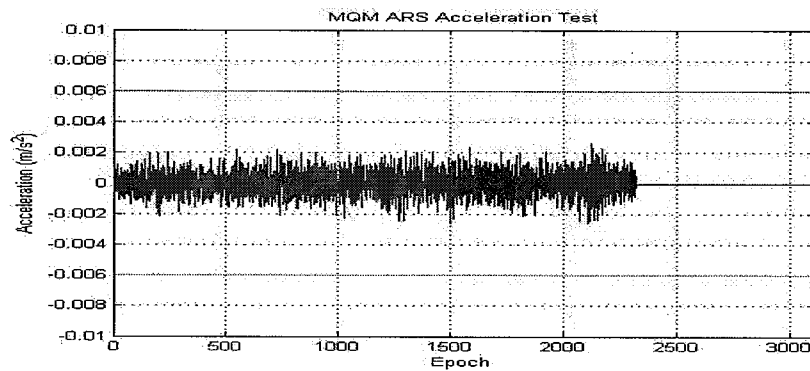


그림 3-3-32. 시간에 따른 위성 수

제 4 절 IMT를 시험 평가 수행

1. 정적 지상 시험 평가

2008년 11월 14일 1시 25분부터 약 52분 동안의 데이터를 사용하여 정적 지상 시험 평가를 수행하였다. 그림 3-4-1에서 그림 3-4-11은 화물청사 서쪽의 안테나 1번에서 관측된 GPS 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다. 그림 3-4-1은 GPS 3번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-2는 GPS 7번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-3은 GPS 8번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다.



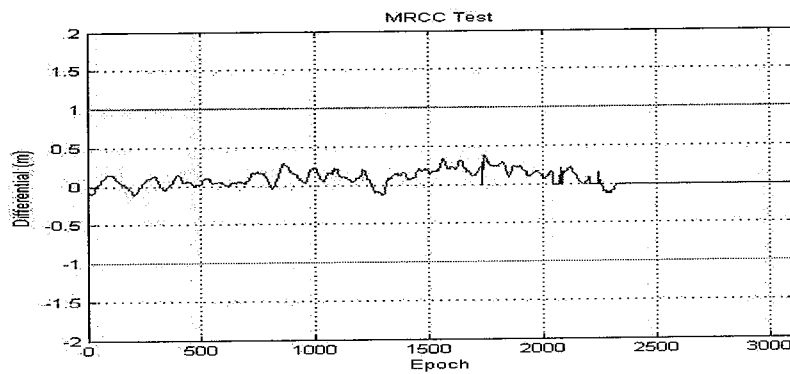
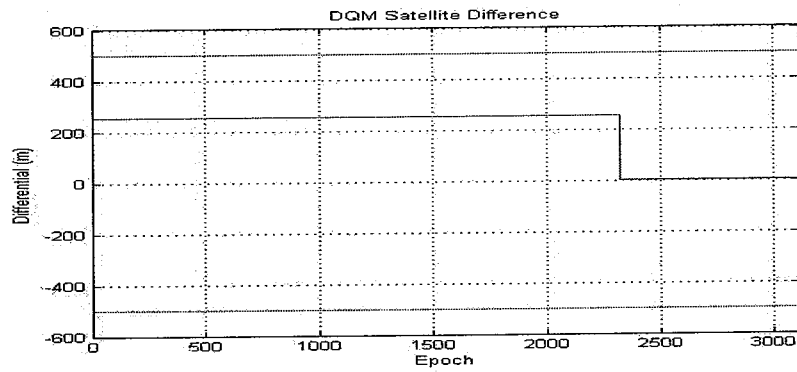
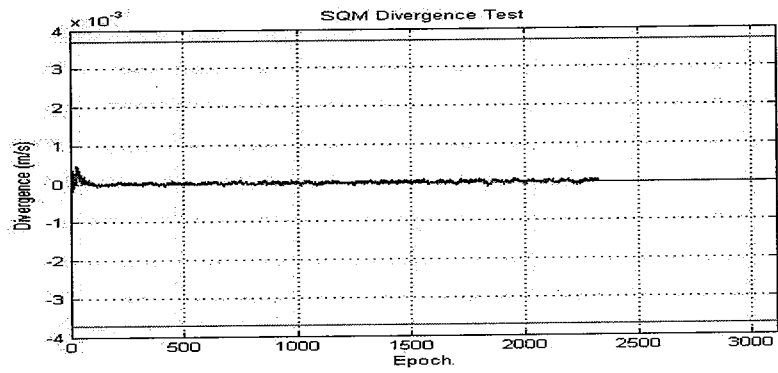
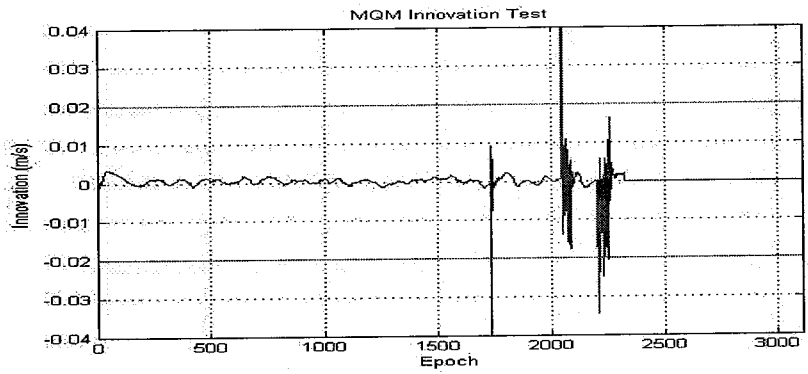
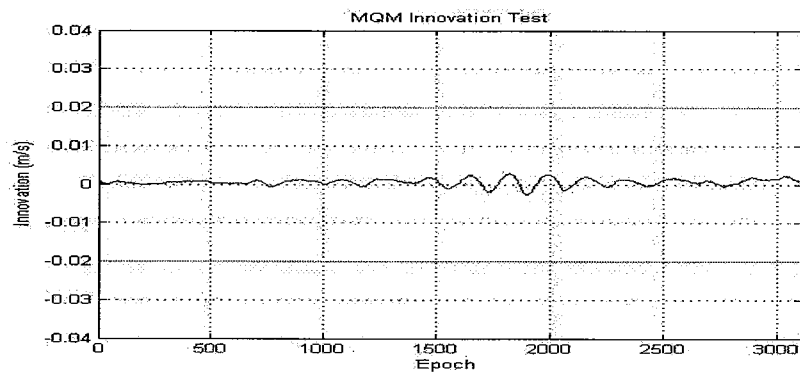
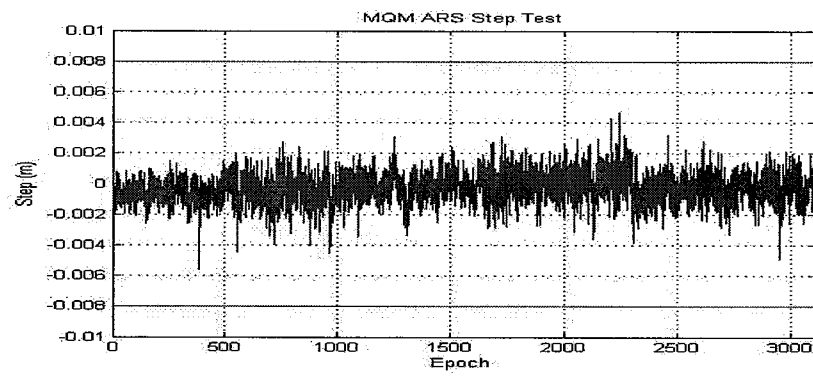
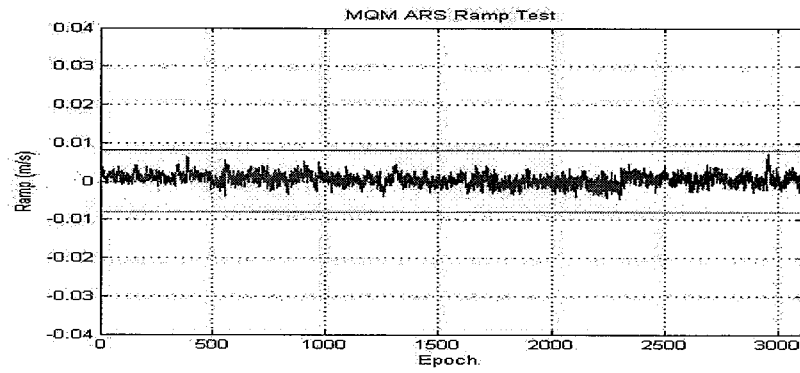
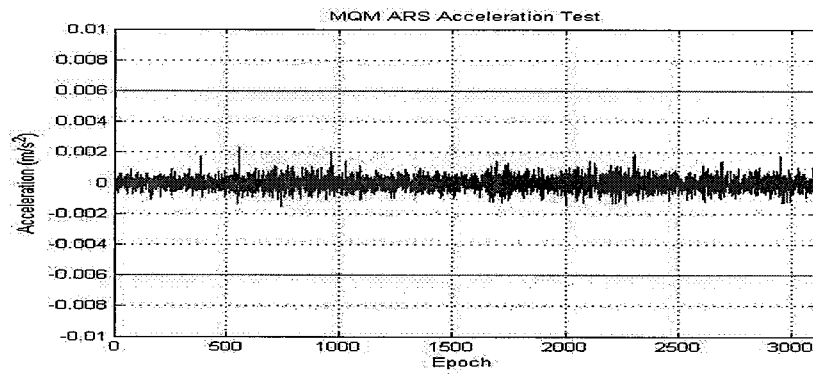


그림 3-4-1. 안테나 1번의 GPS 3번 위성 고장검출 결과



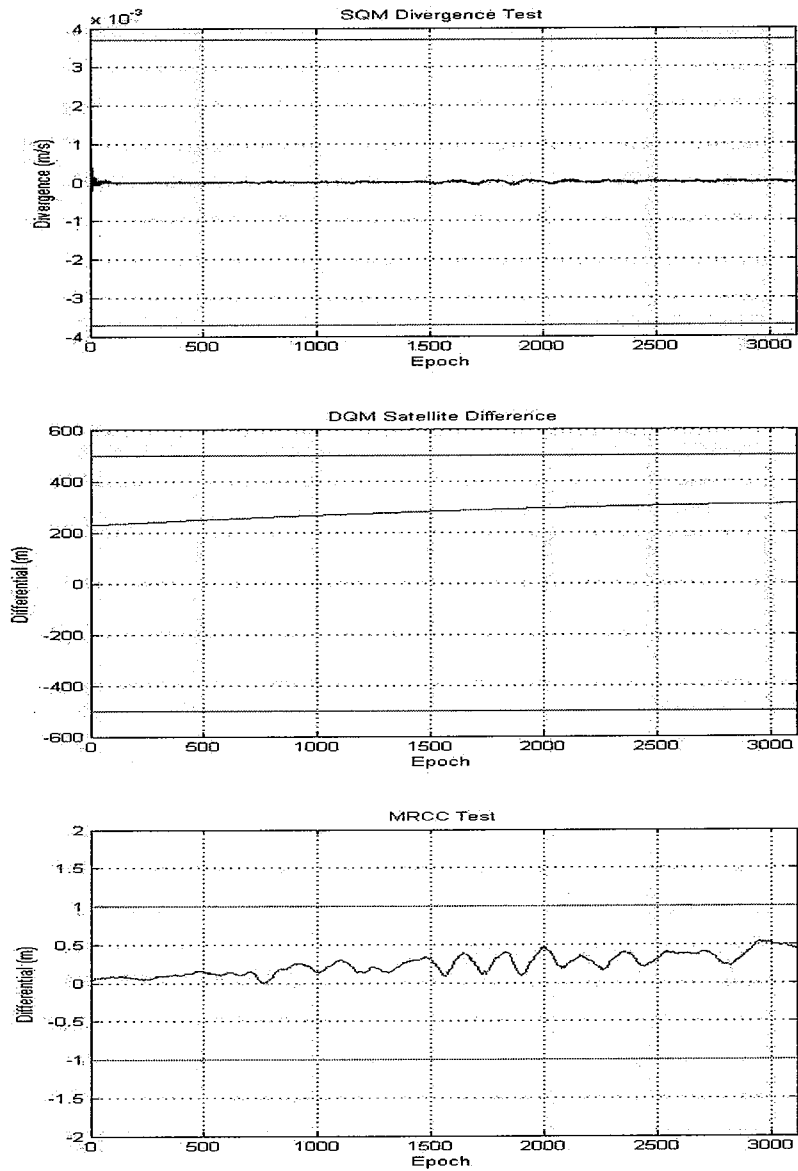
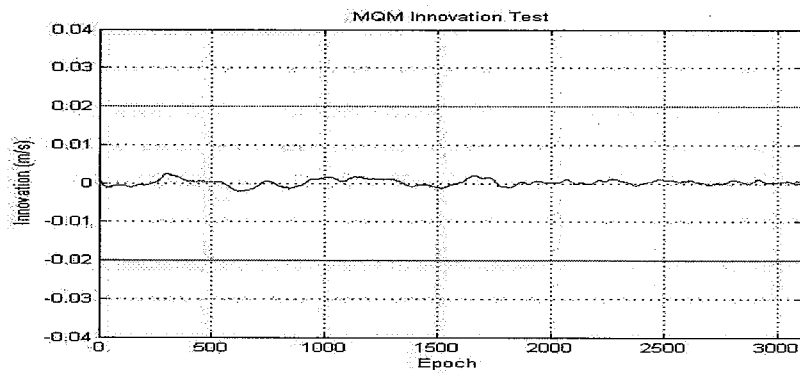
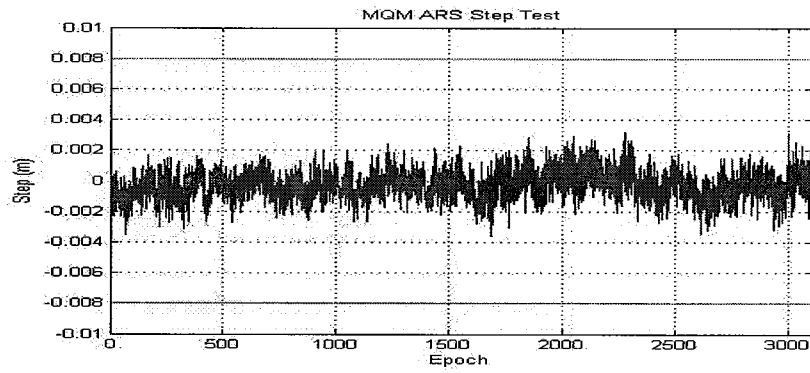
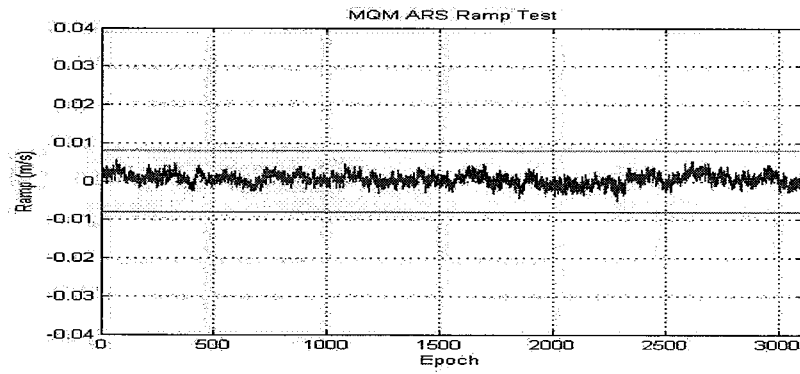
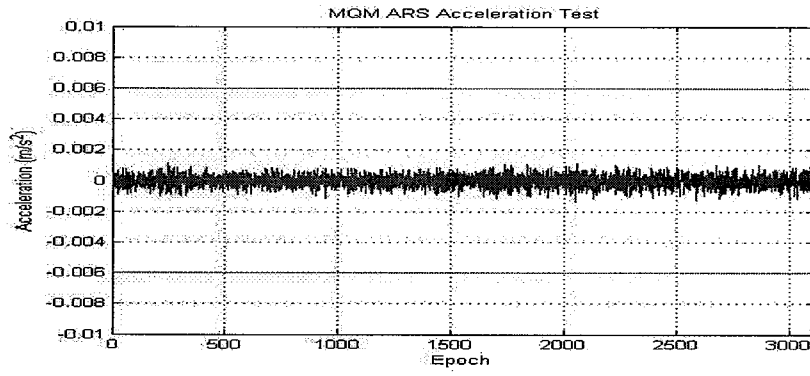


그림 3-4-2. 안테나 1번의 GPS 7번 위성 고장검출 결과



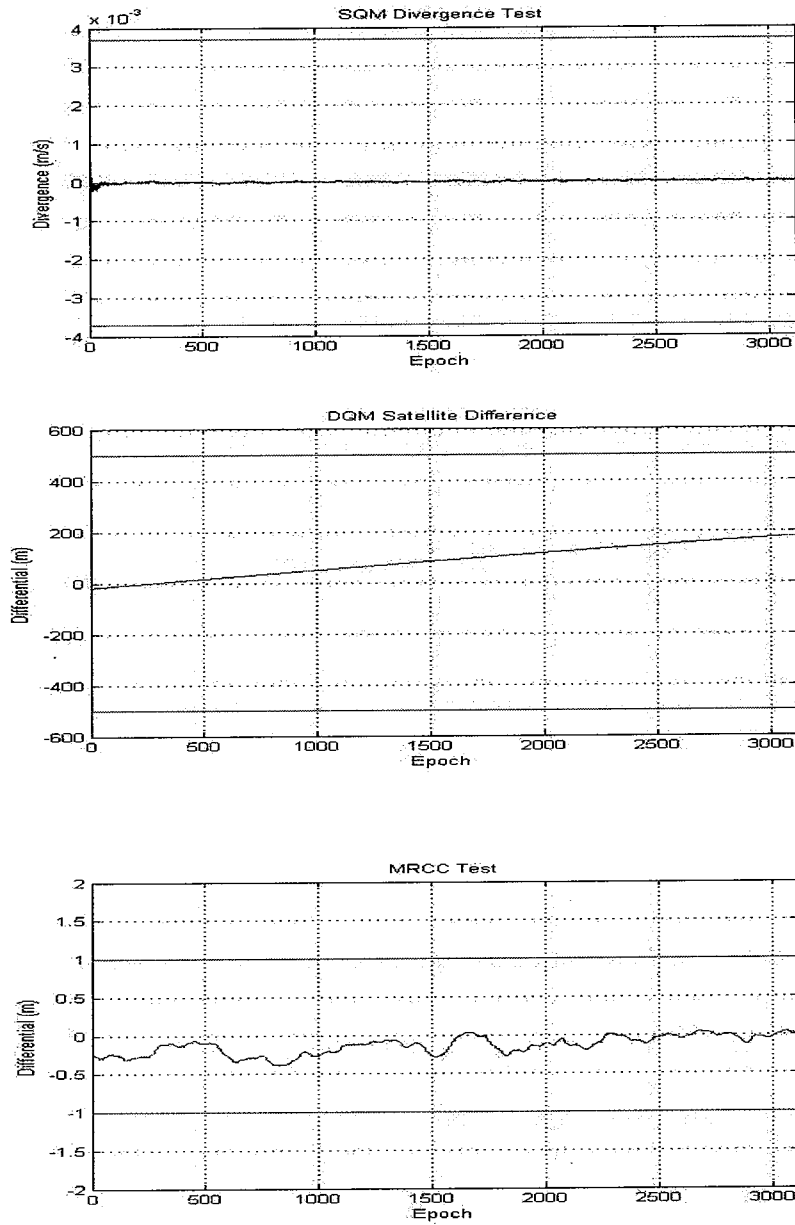
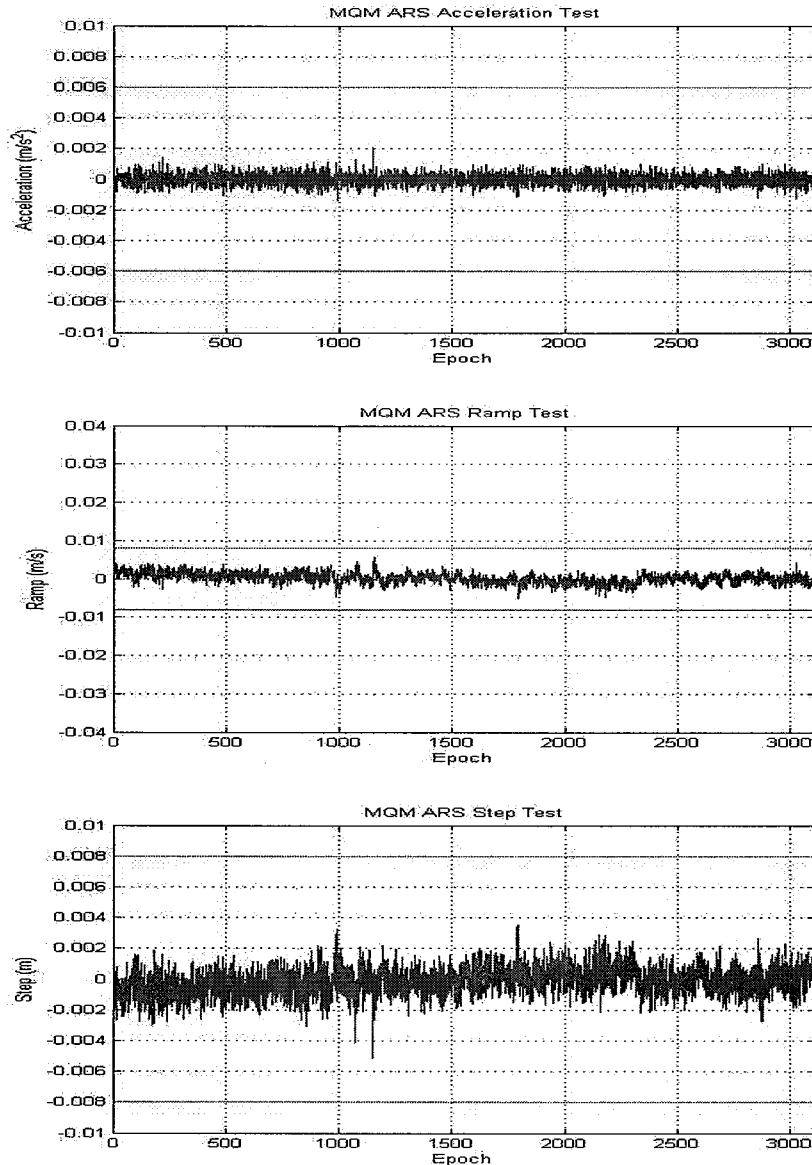


그림 3-4-3. 안테나 1번의 GPS 8번 위성 고장검출 결과

그림 3-4-4는 GPS 11번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-5는 GPS 17번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-6은 GPS 19번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-7은 GPS 20번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-8은 GPS 25번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-9는 GPS 27번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-10은 GPS 28번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다.



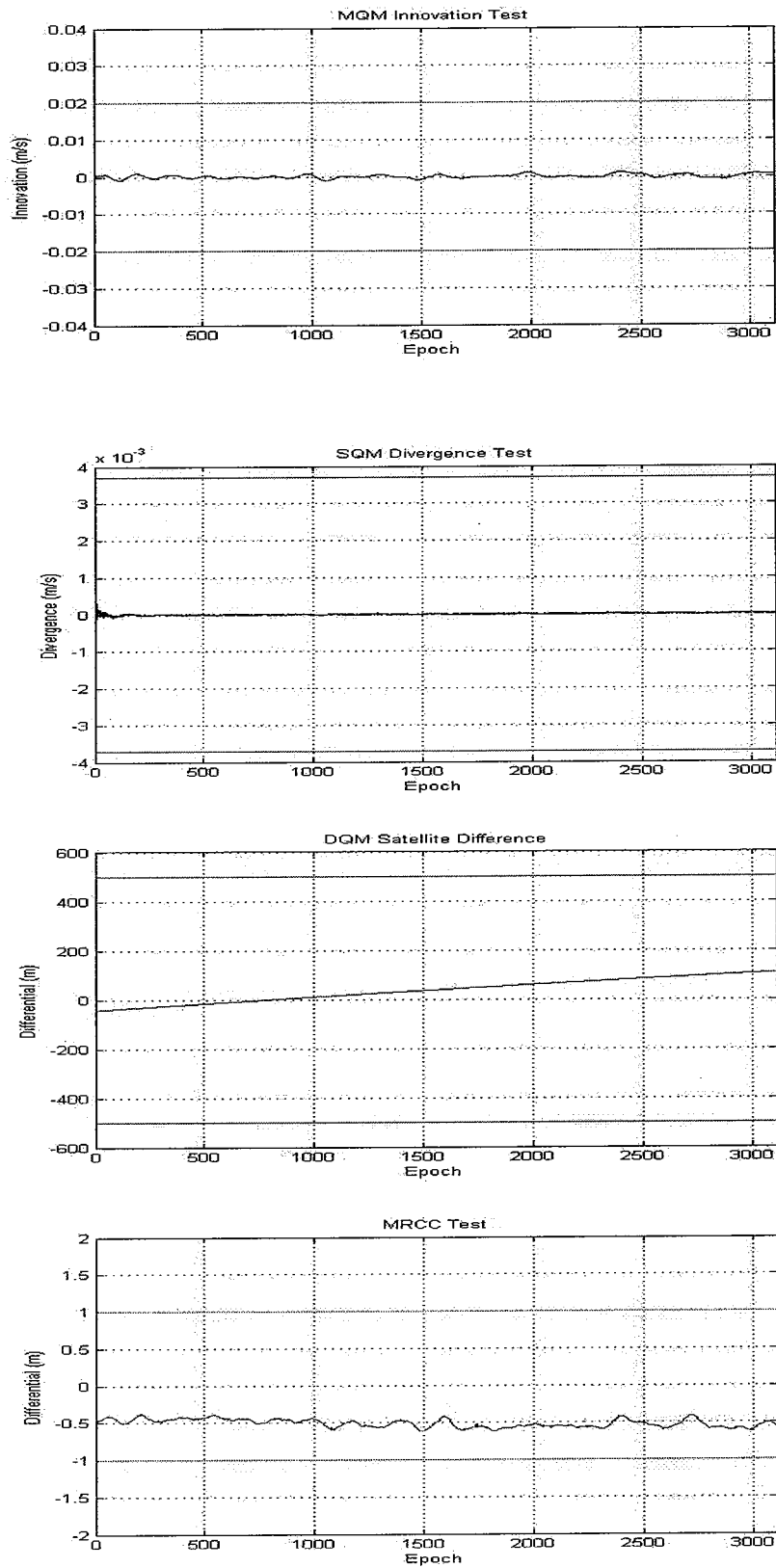
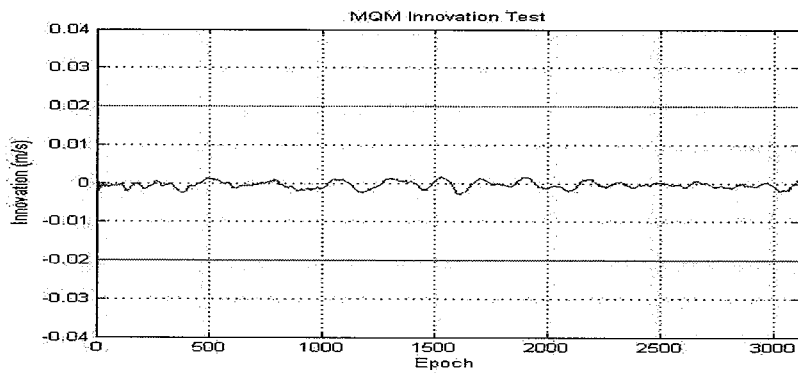
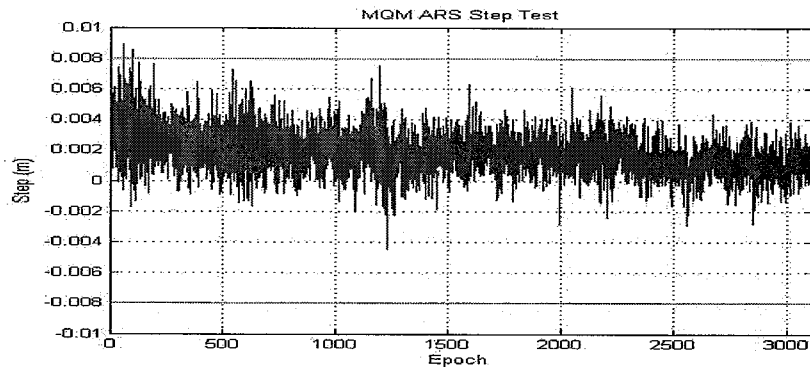
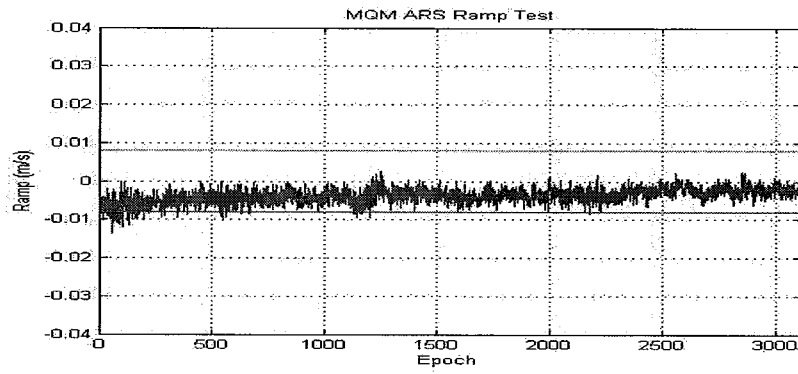
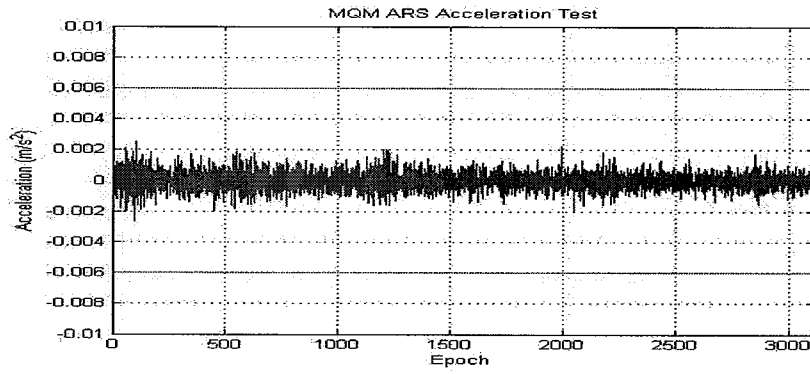


그림 3-4-4. 안테나 1번의 GPS 11번 위성 고장검출 결과



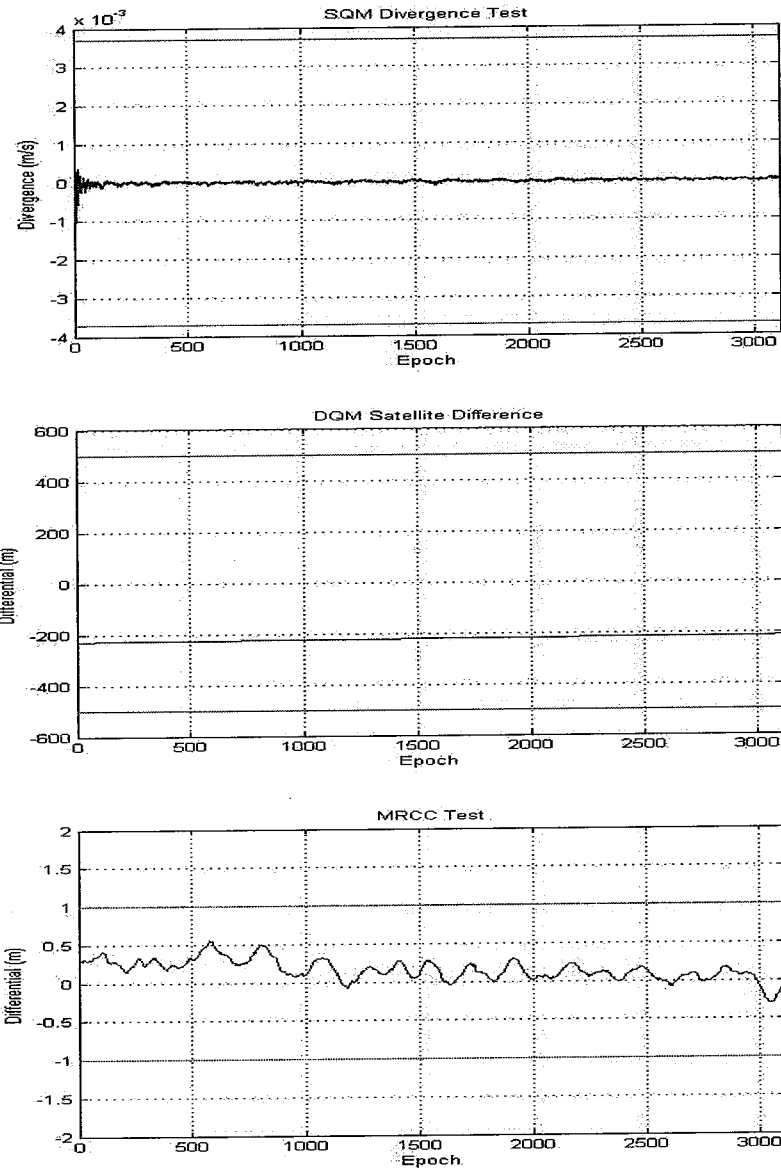
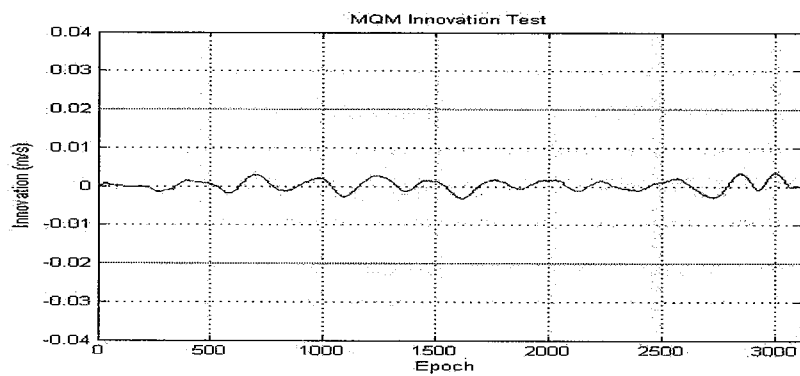
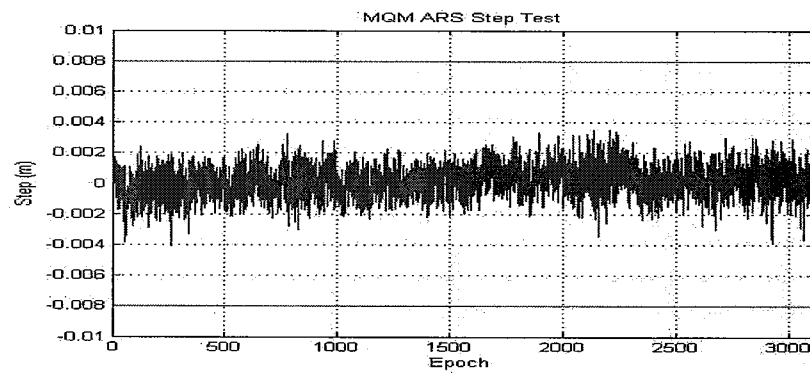
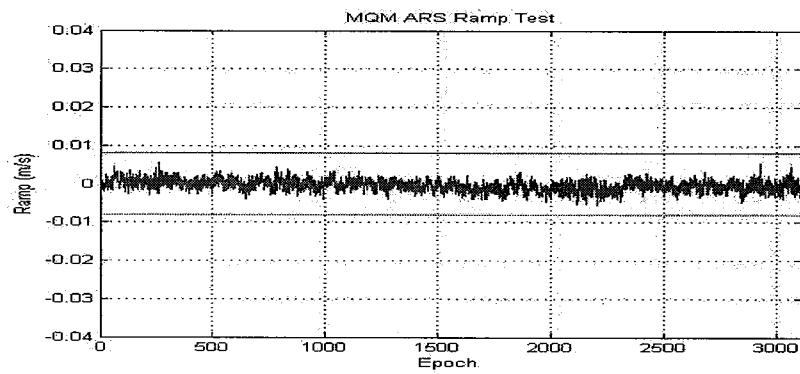
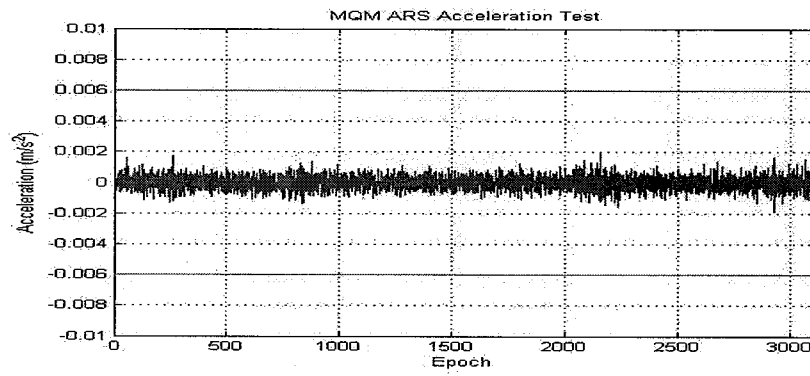


그림 3-4-5. 안테나 1번의 GPS 17번 위성 고장검출 결과



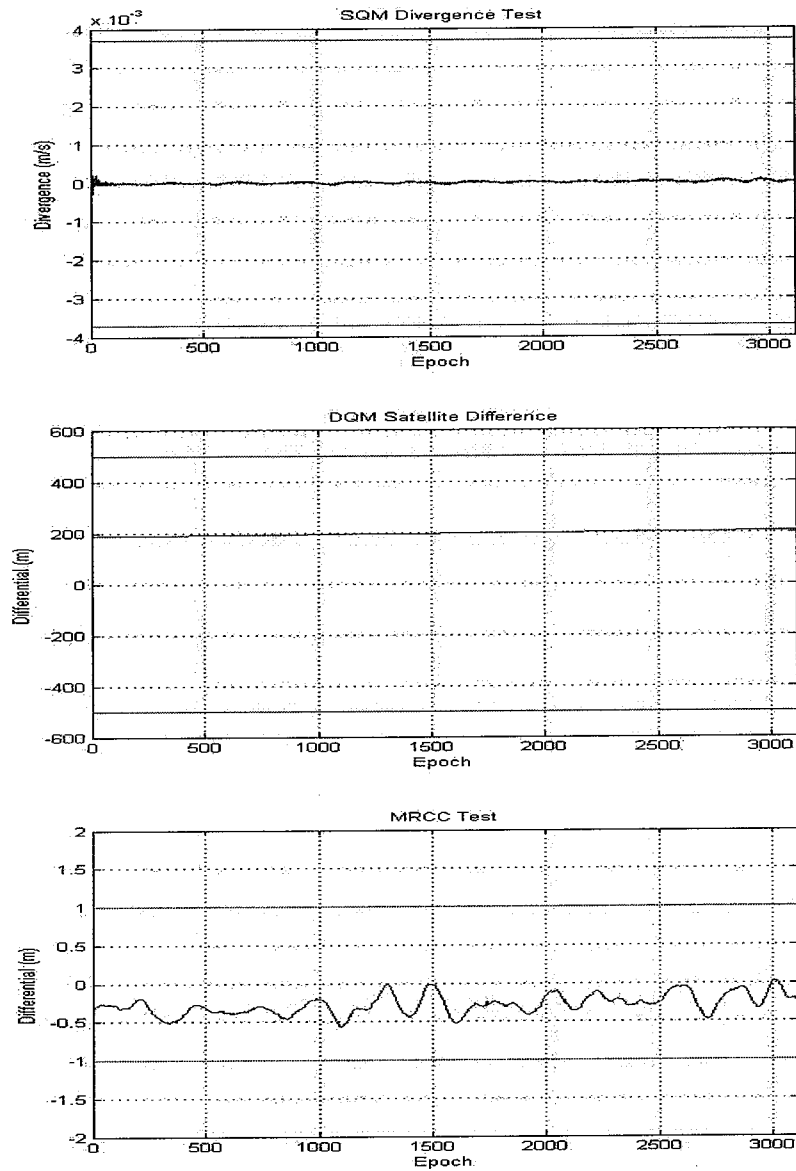
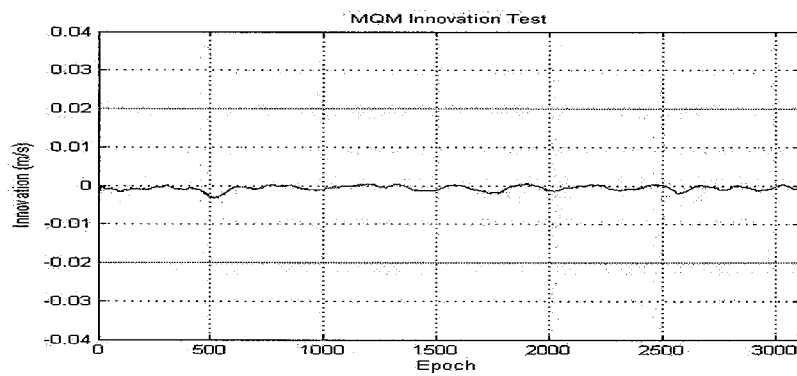
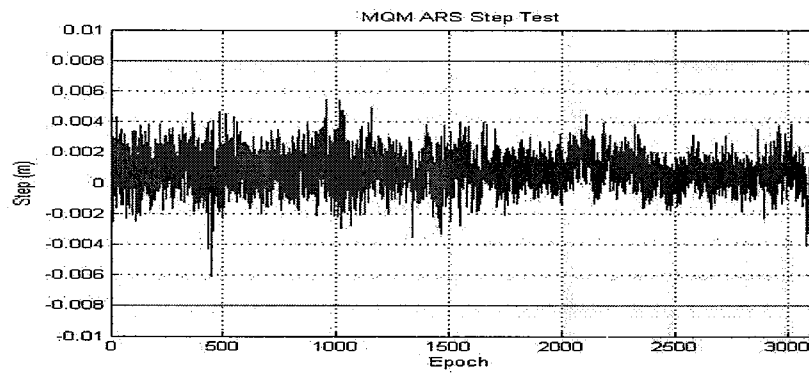
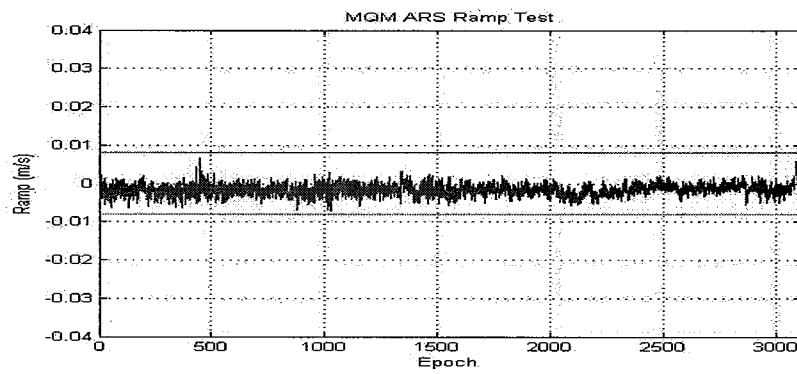
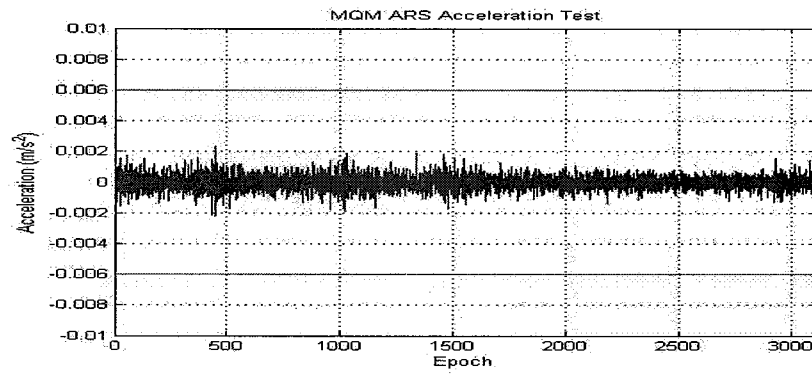


그림 3-4-6. 안테나 1번의 GPS 19번 위성 고장검출 결과



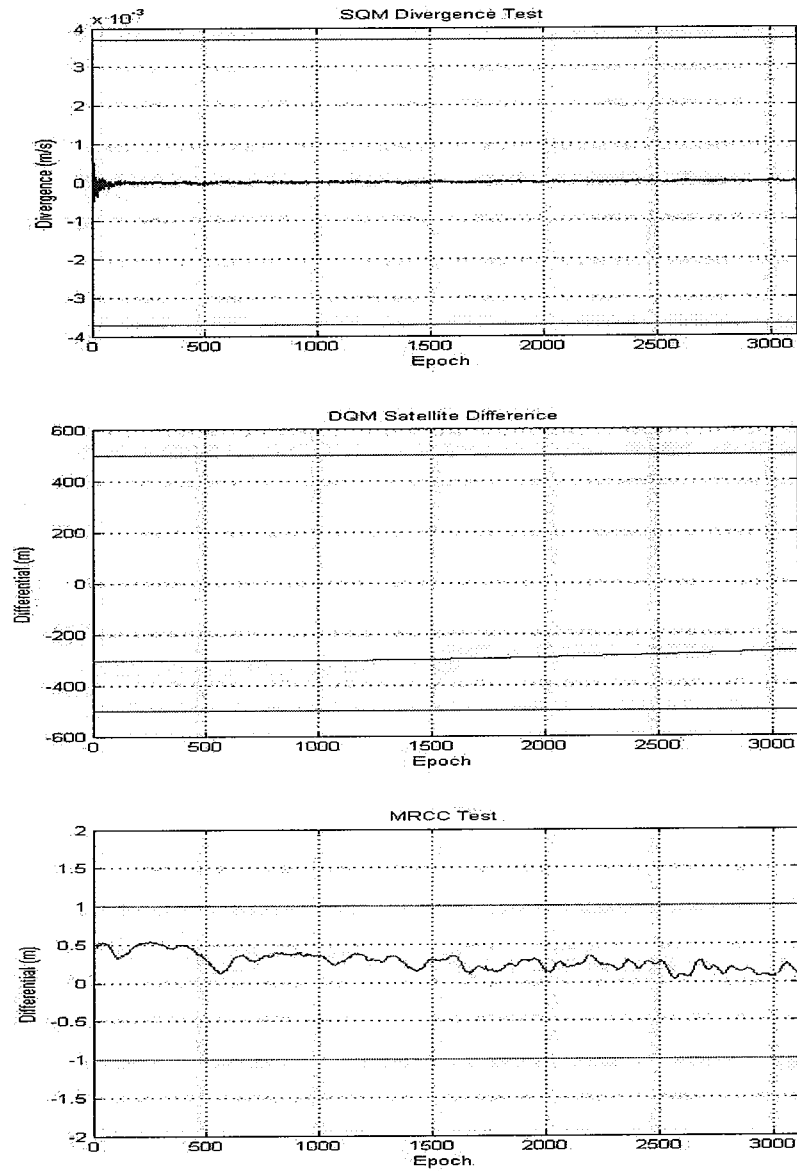
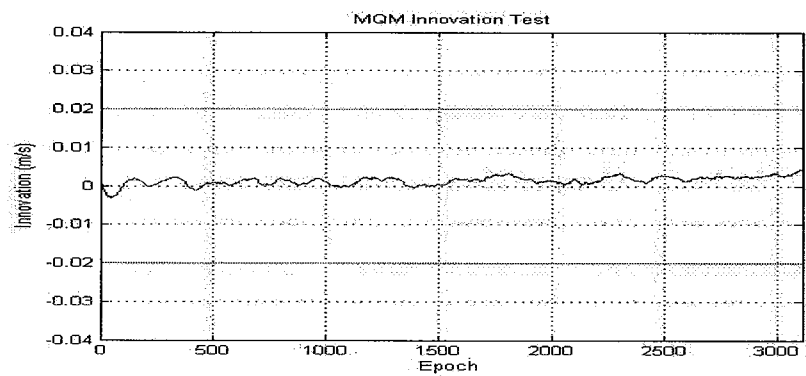
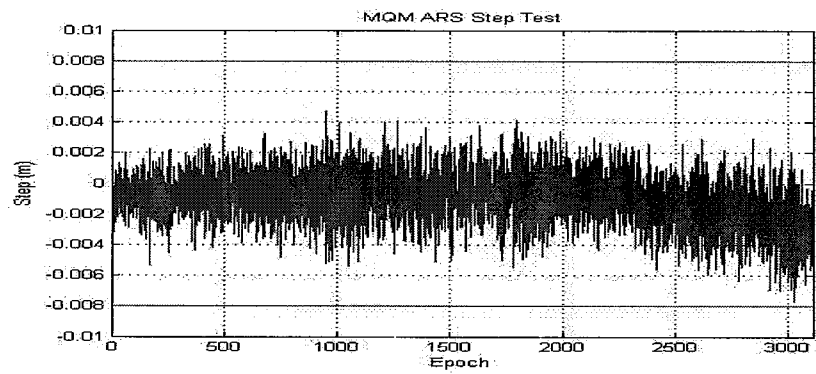
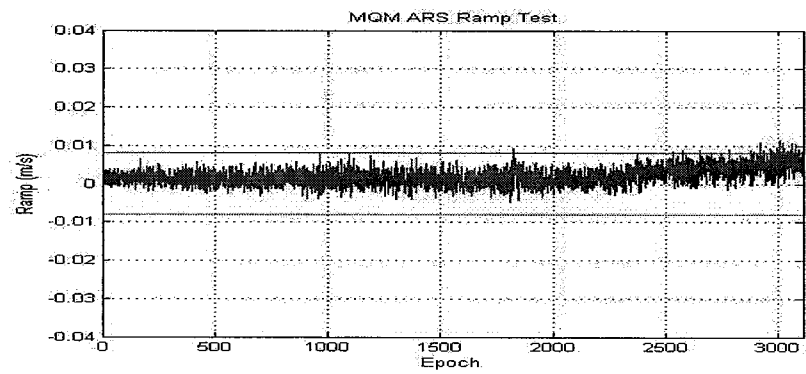
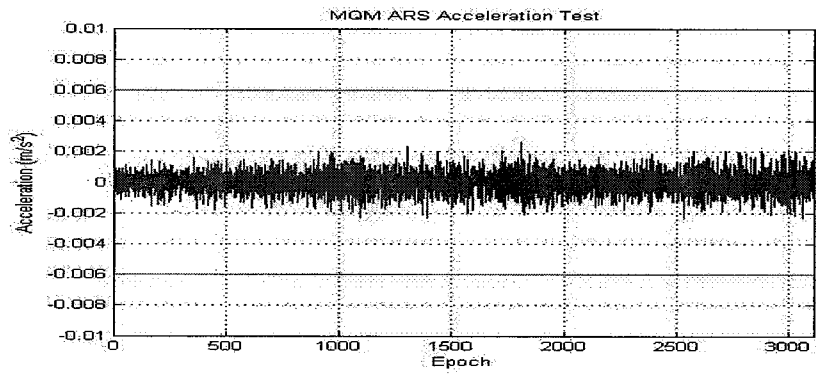


그림 3-4-7. 안테나 1번의 GPS 20번 위성 고장검출 결과



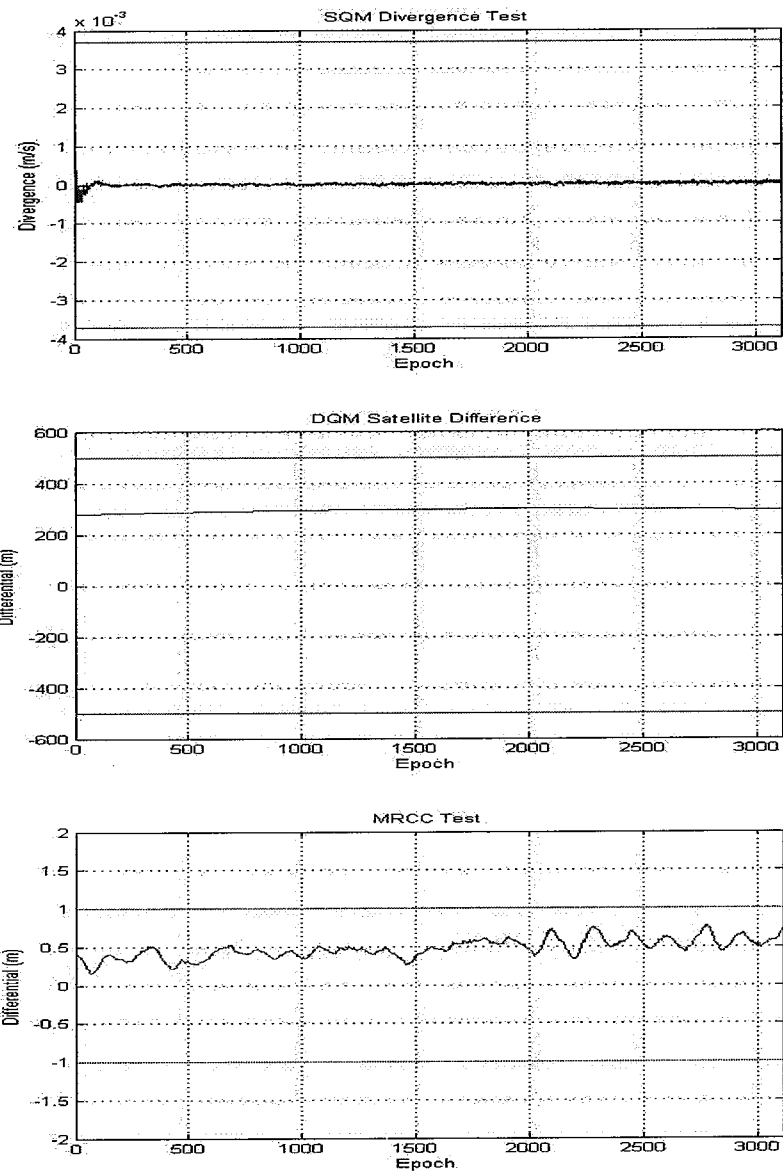
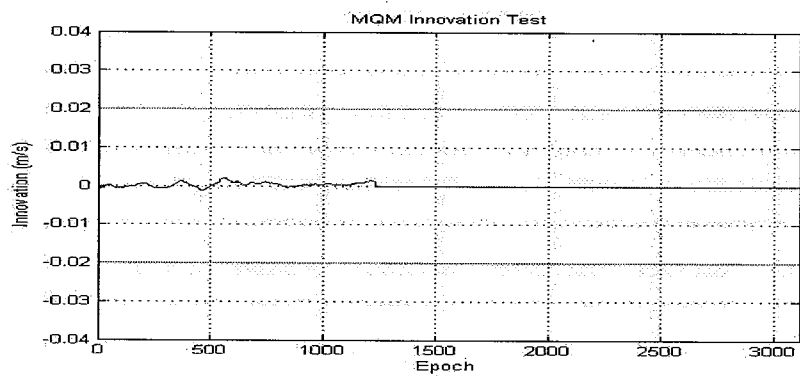
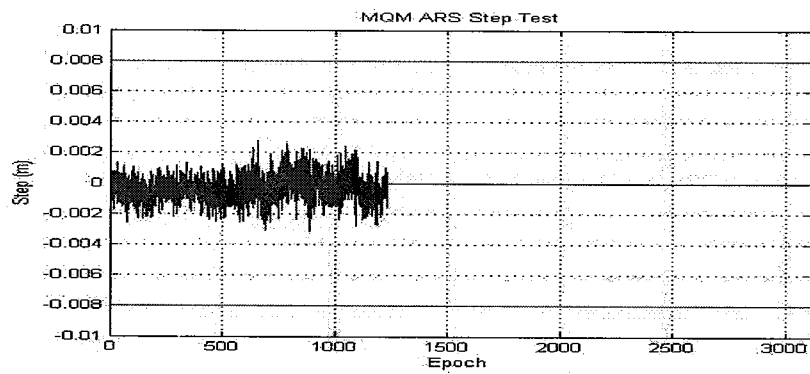
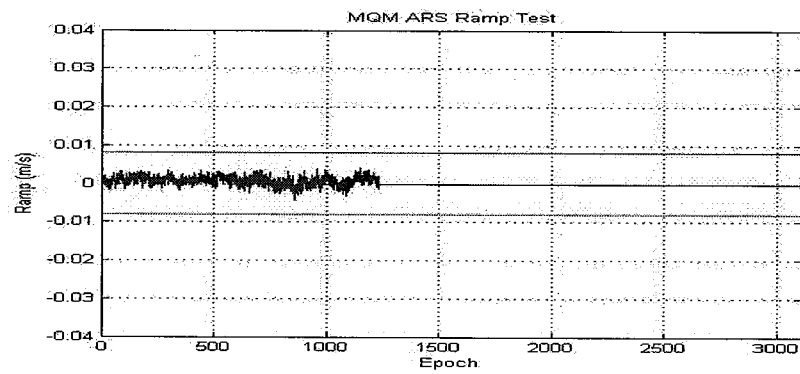
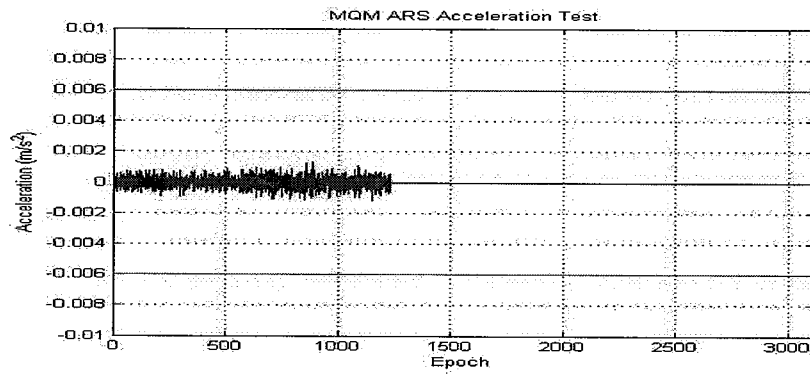


그림 3-4-8. 안테나 1번의 GPS 25번 위성 고장검출 결과



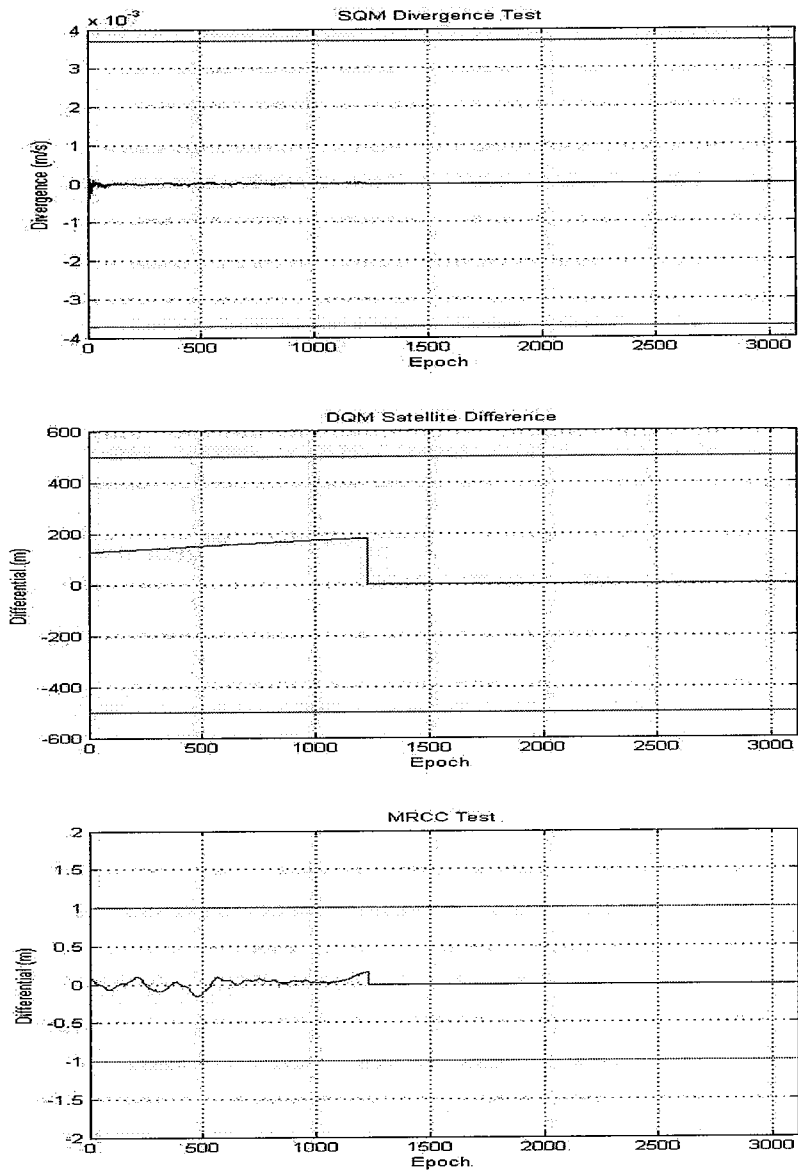
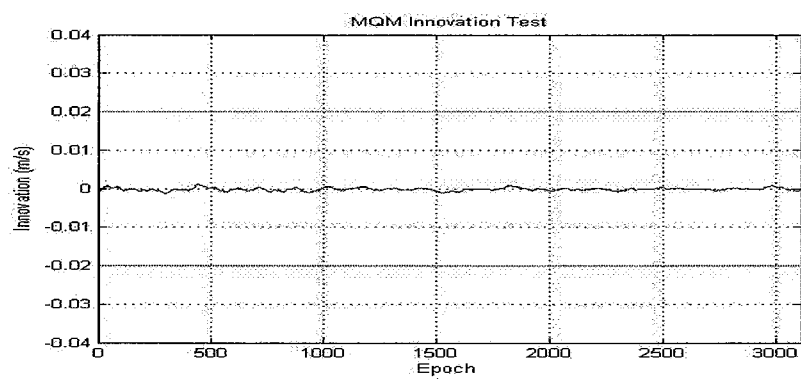
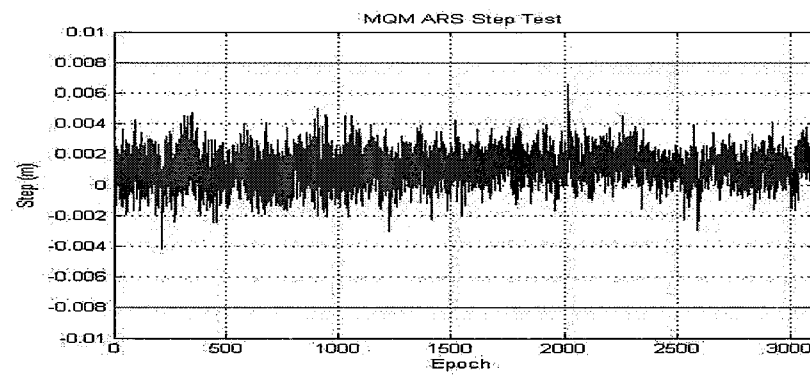
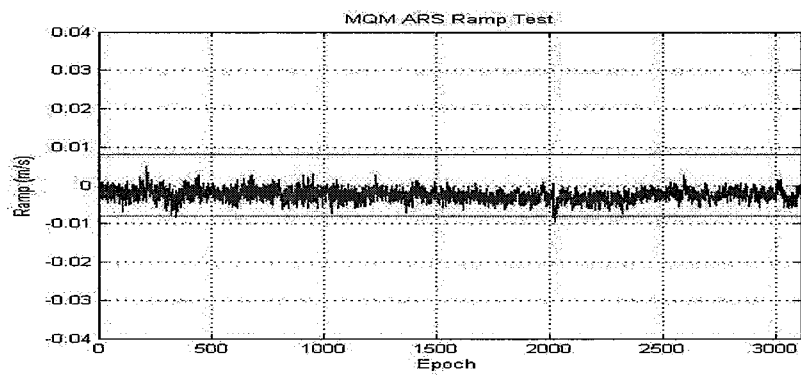
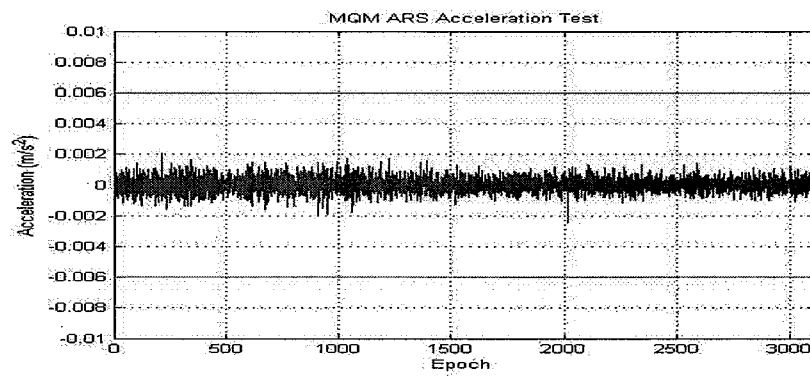


그림 3-4-9. 안테나 1번의 GPS 27번 위성 고장검출 결과



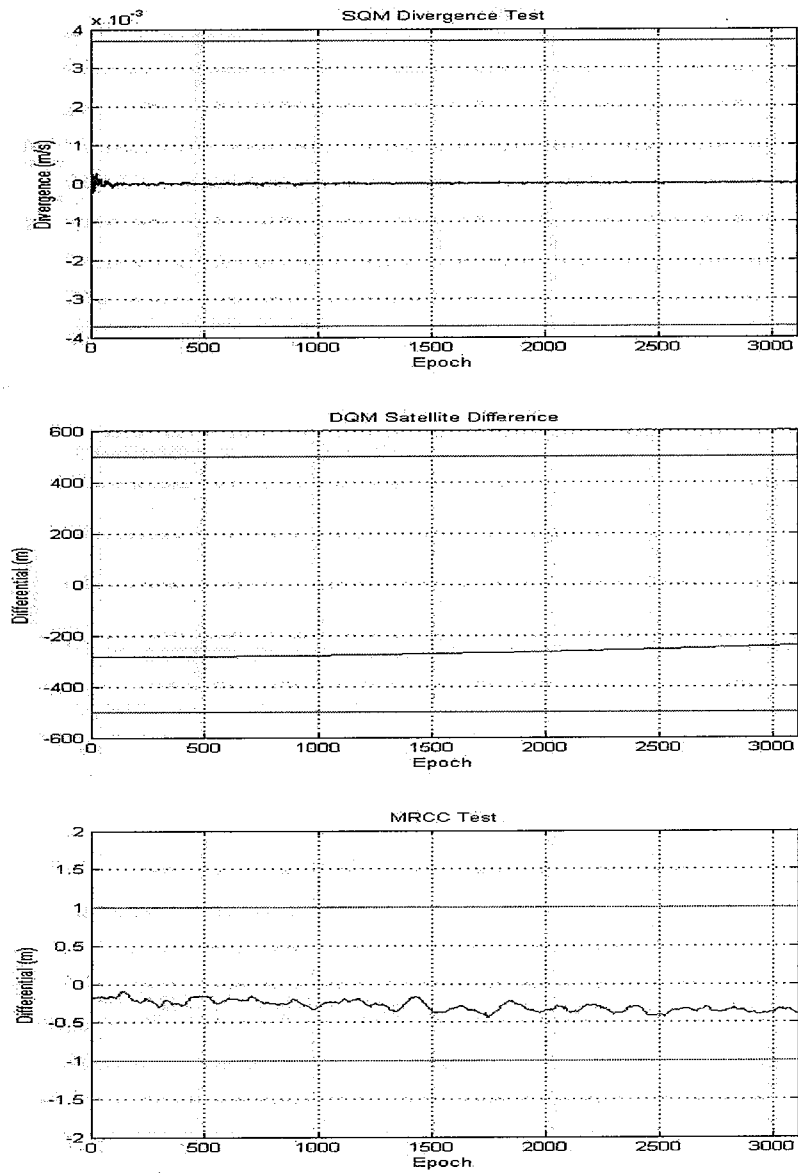


그림 3-4-10. 안테나 1번의 GPS 28번 위성 고장검출 결과

제주공항에 설치된 IMT를 활용하여 정적 시험 평가 수행한 결과는 그림 3-4-11이다. 그림 3-4-11의 위쪽 그림은 수평오차 이며, 아래쪽 그림은 수직오차이다. IMT를 적용한 이후 위치 오차가 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

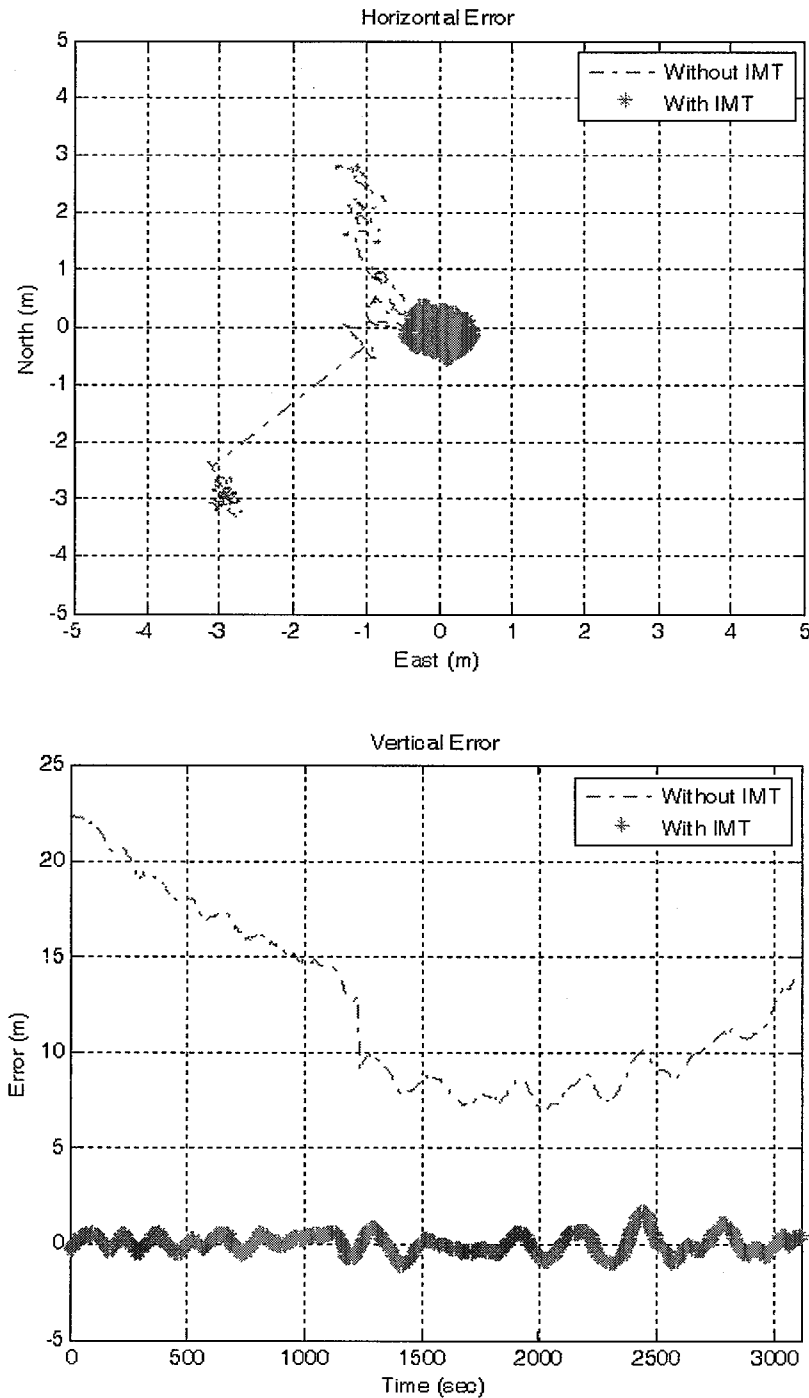
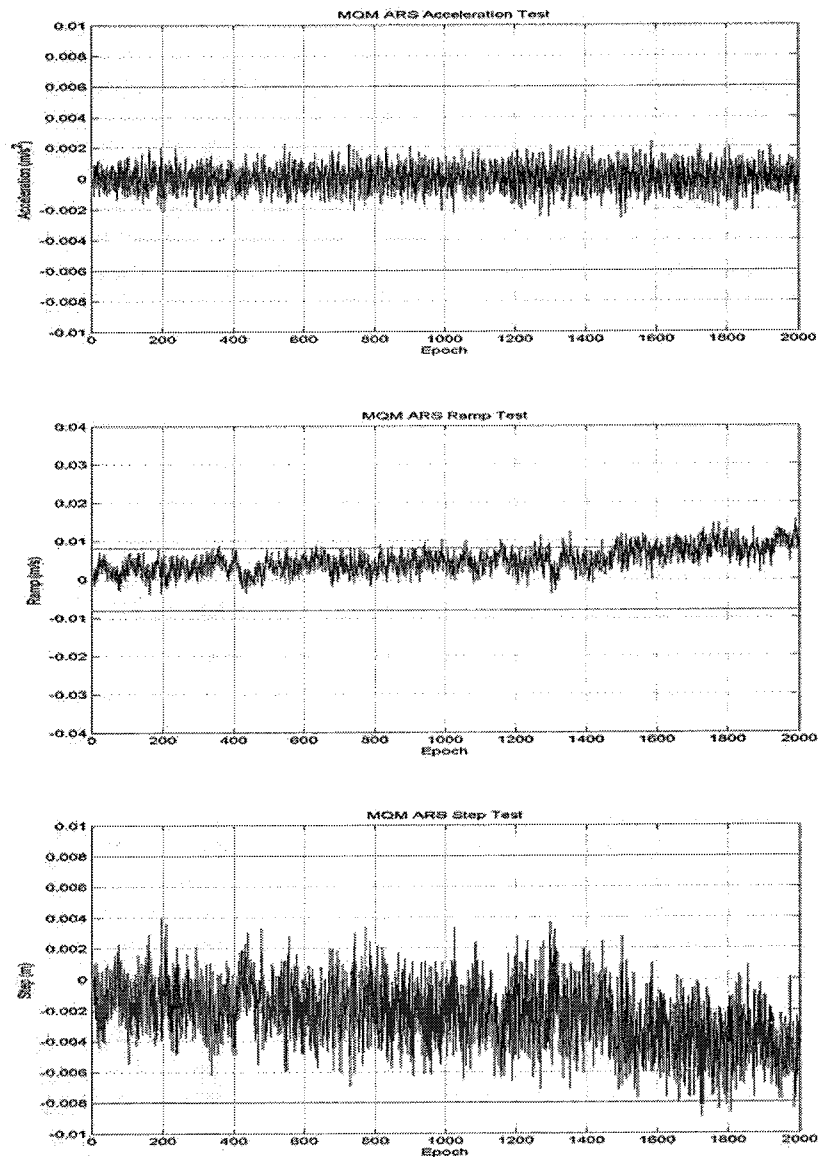


그림 3-4-11. 위성항법신호 감시시설을 적용하기 전후의 수평 위치오차 (상)와 수직 위치오차 (하)

2. 동적 지상 시험 평가

2008년 11월 14일 1시 25분부터 약 33분 동안의 데이터를 사용하여 동적 지상 시험 평가를 수행하였다. 그림 3-4-12에서 그림 3-4-21은 화물청사 서쪽의 안테나 1번에서 관측된 GPS 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다. 그림 3-4-12는 GPS 3번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-13은 GPS 7번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-14는 GPS 8번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다.



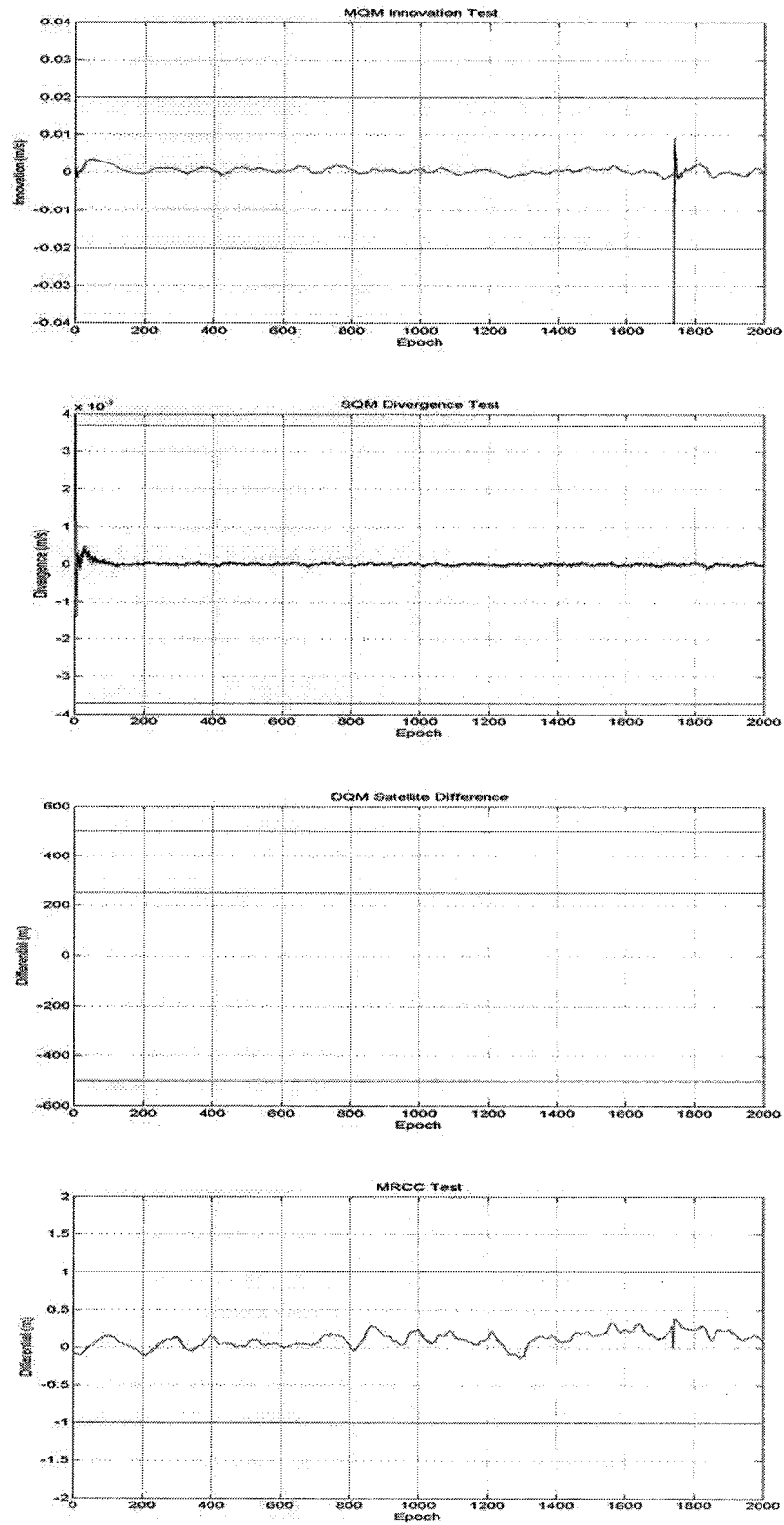
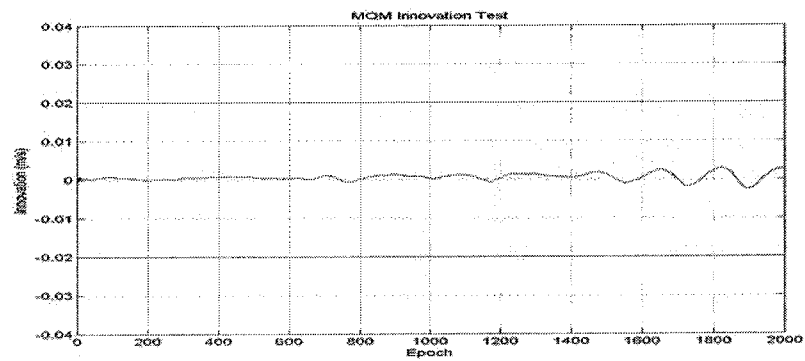
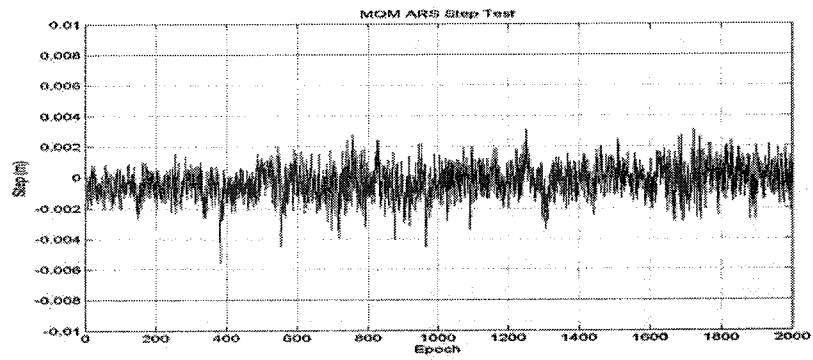
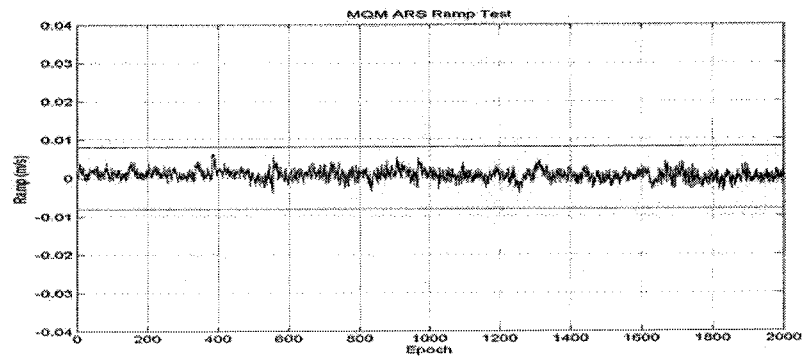
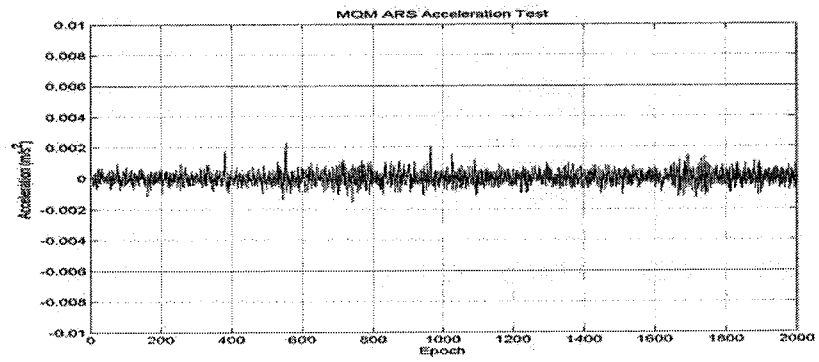


그림 3-4-12. 안테나 1번의 GPS 3번 위성 고장검출 결과



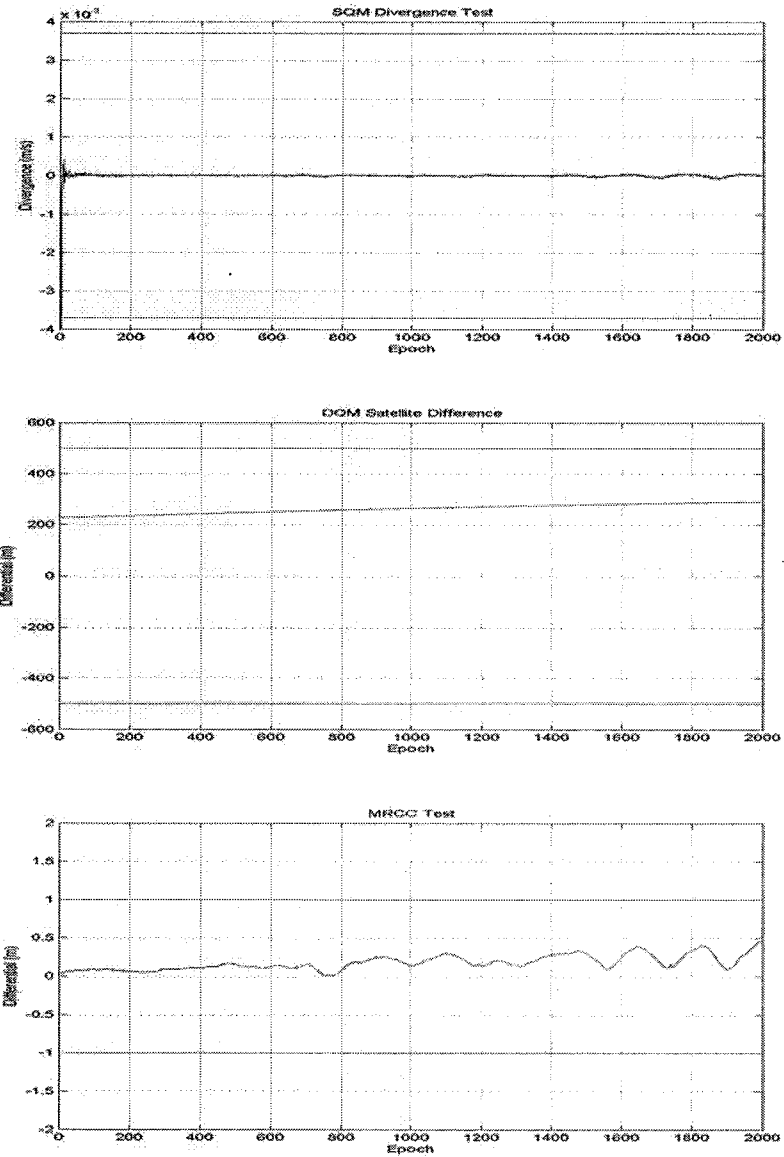
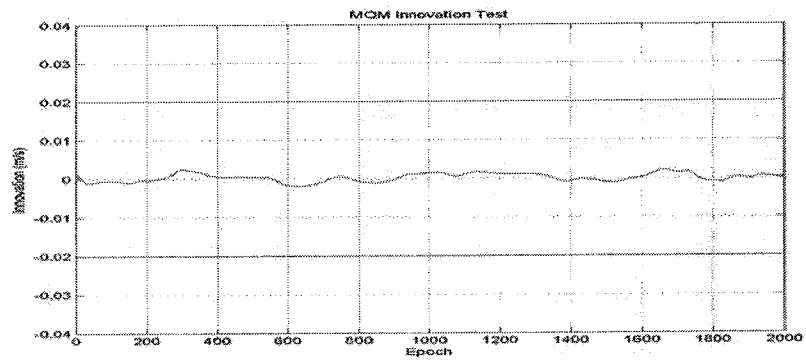
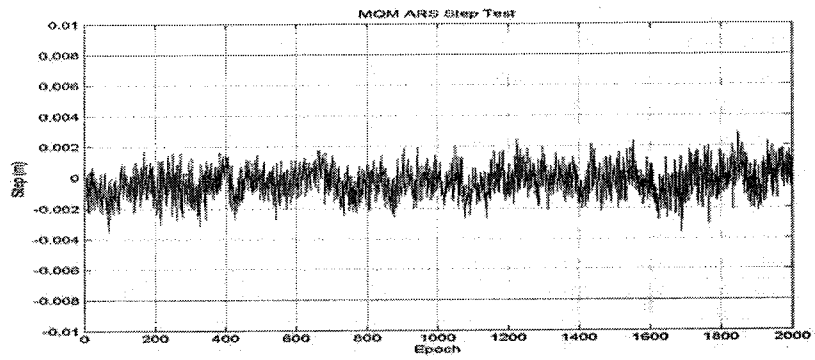
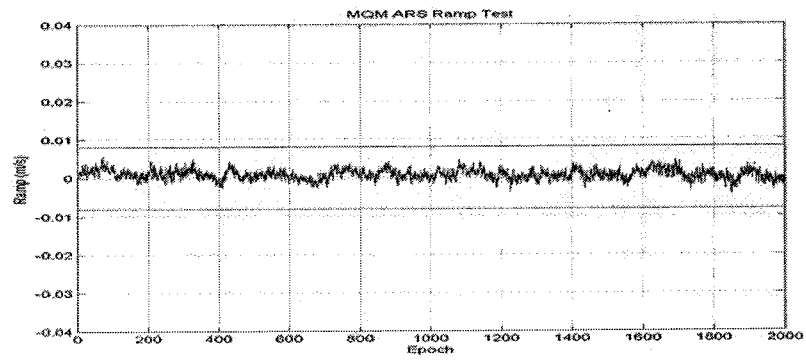
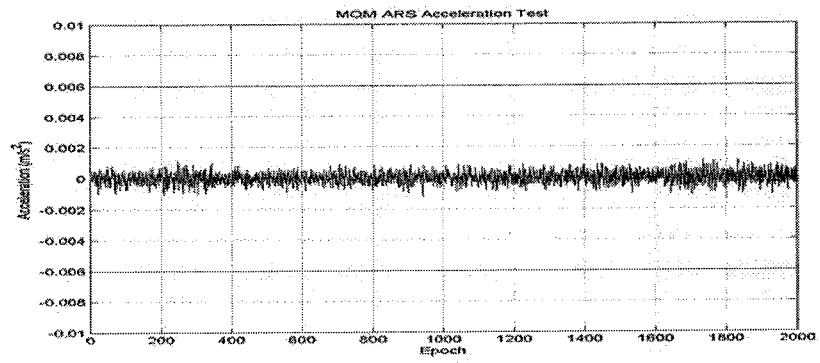


그림 3-4-13. 안테나 1번의 GPS 7번 위성 고장검출 결과



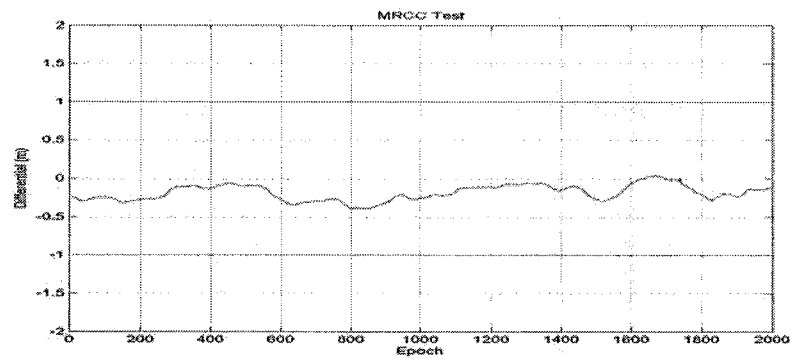
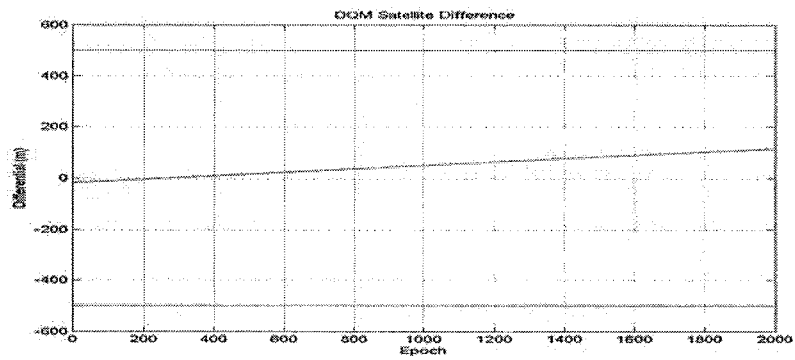
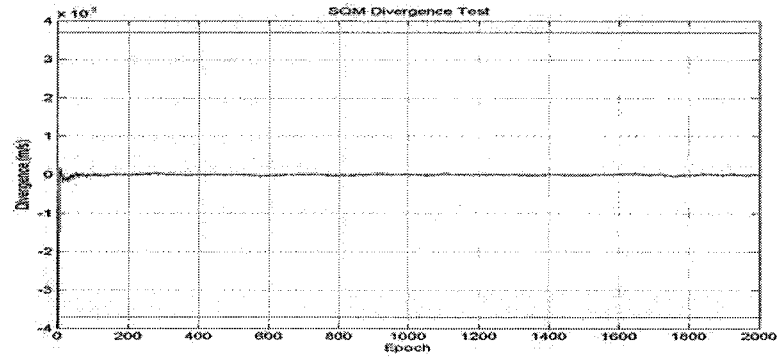
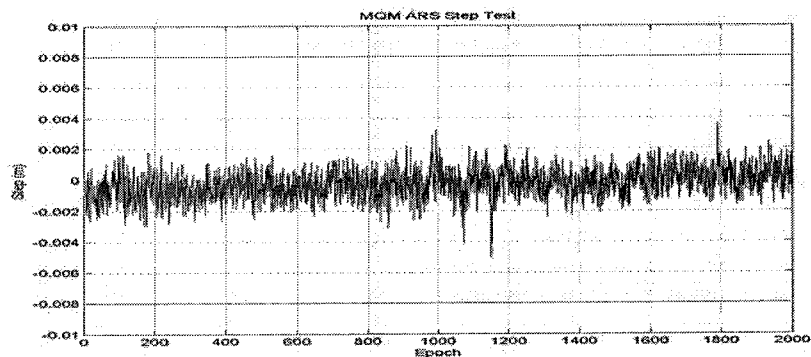
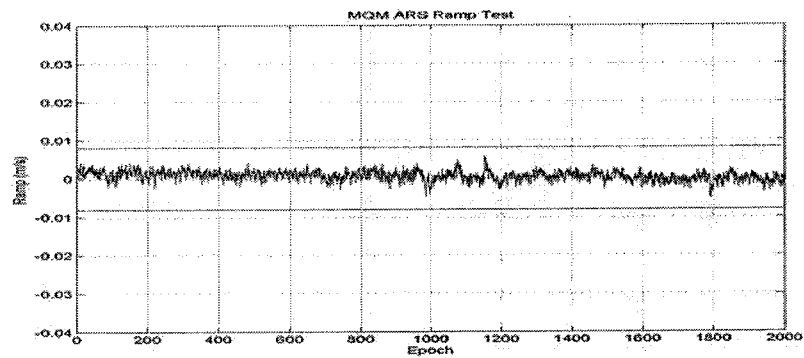
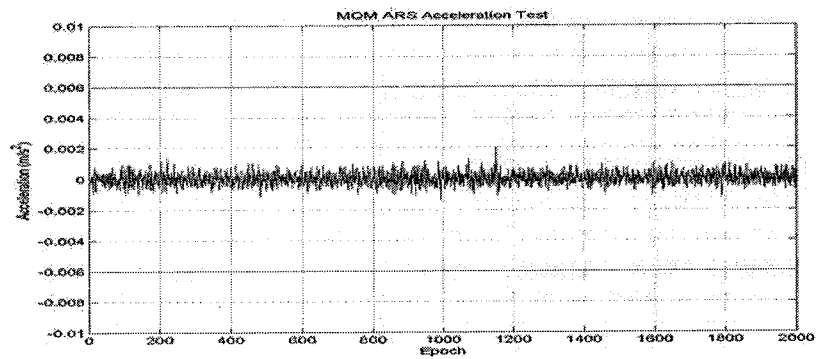


그림 3-4-14. 안테나 1번의 GPS 8번 위성 고장검출 결과

그림 3-4-15는 GPS 11번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-16은 GPS 17번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-17은 GPS 19번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-18은 GPS 20번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-19는 GPS 25번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-20은 GPS 27번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-21은 GPS 28번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다.



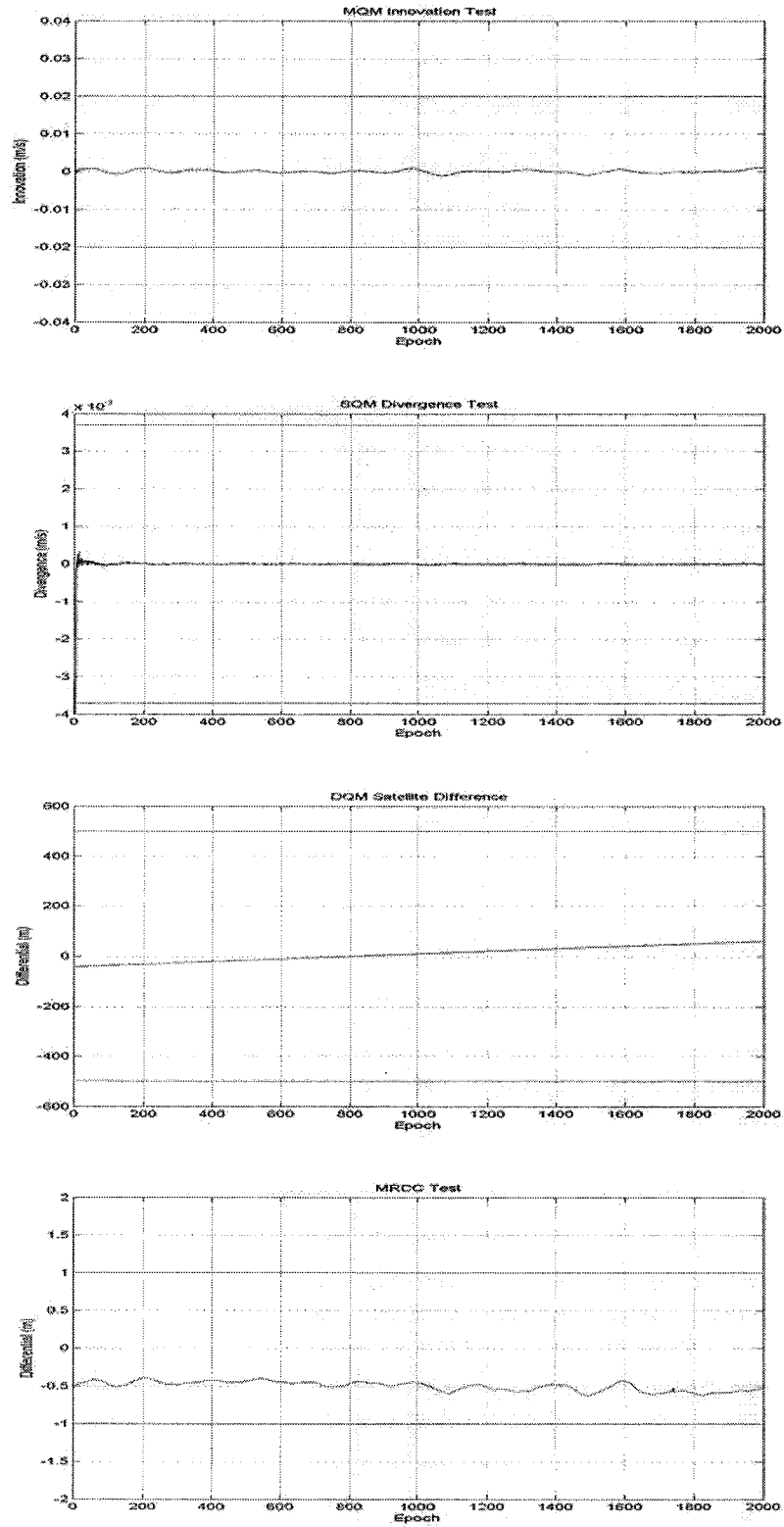
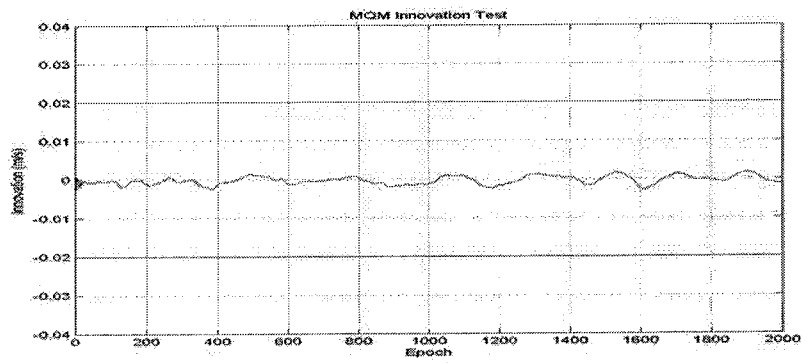
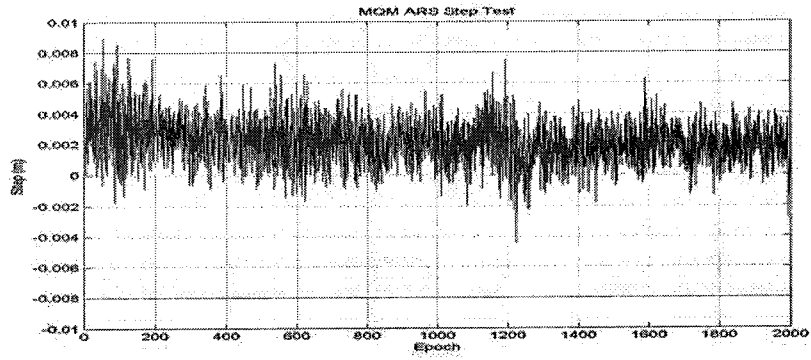
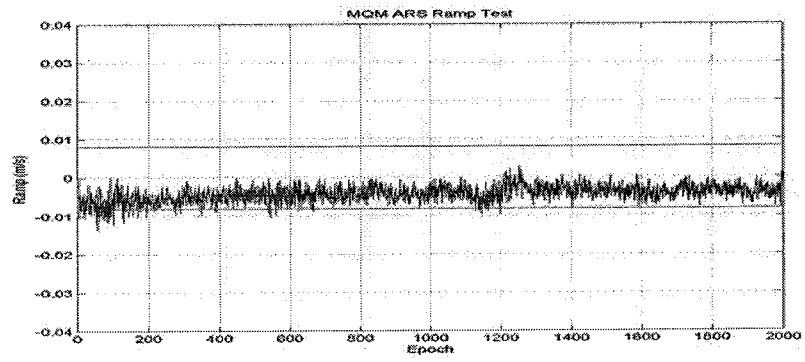
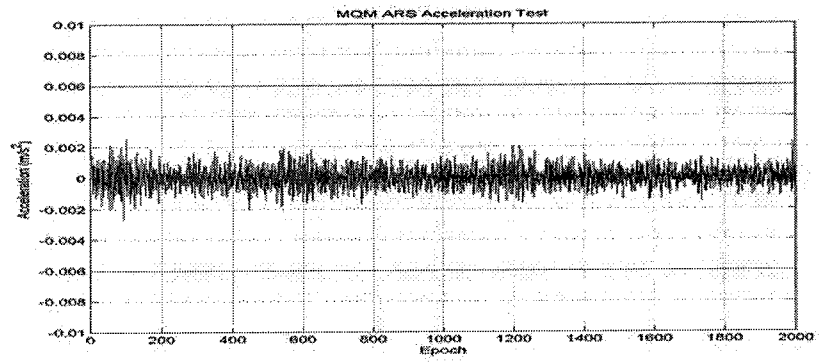


그림 3-4-15. 안테나 1번의 GPS 11번 위성 고장검출 결과



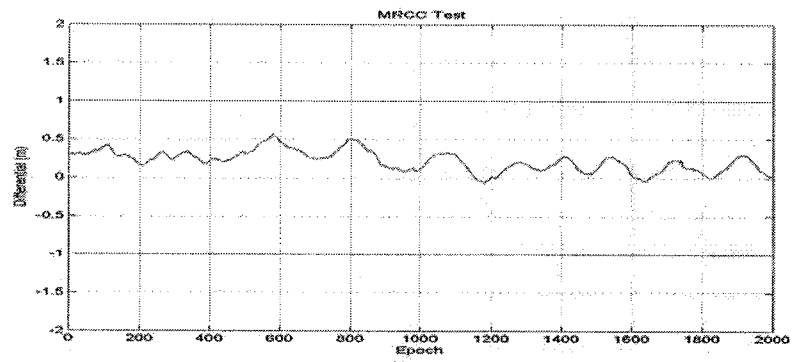
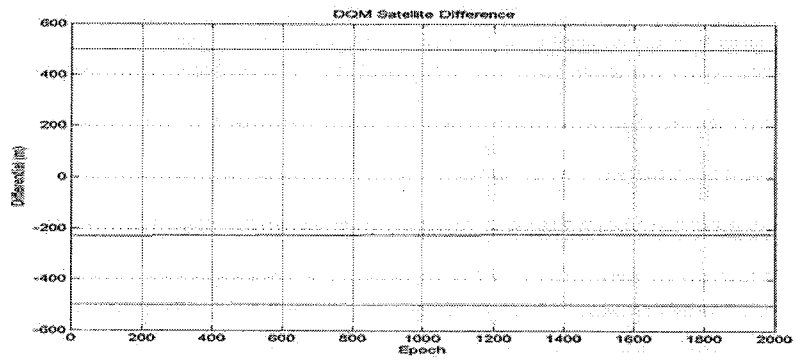
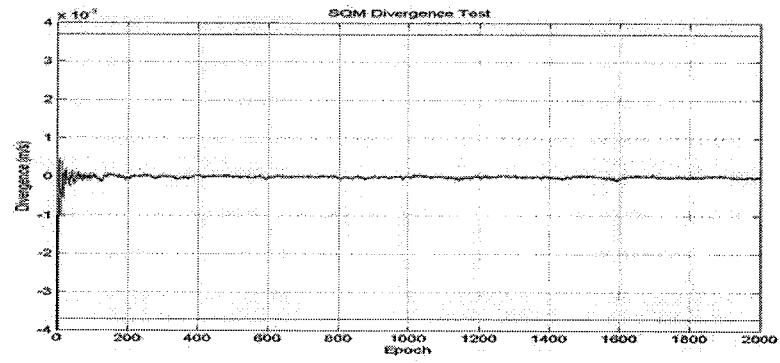
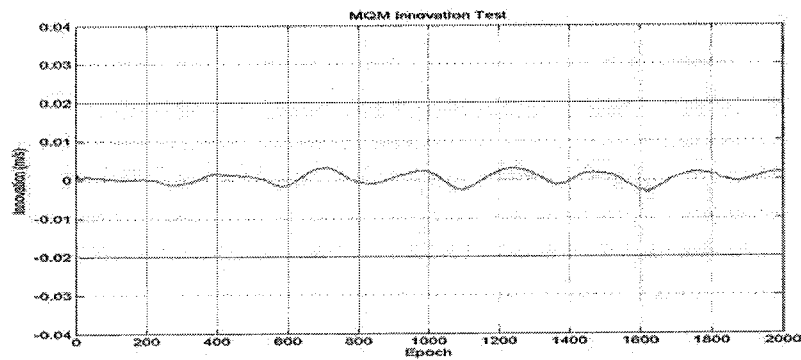
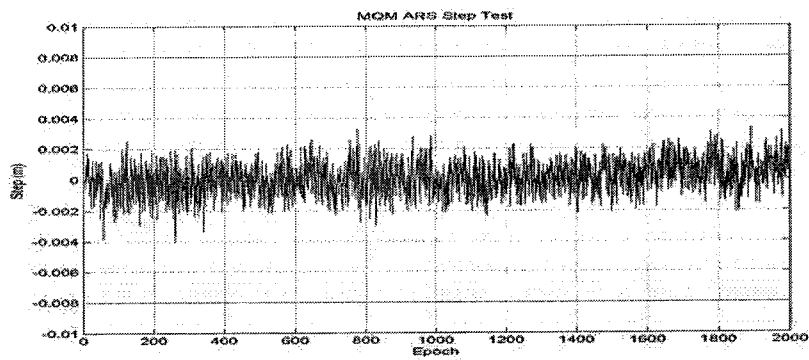
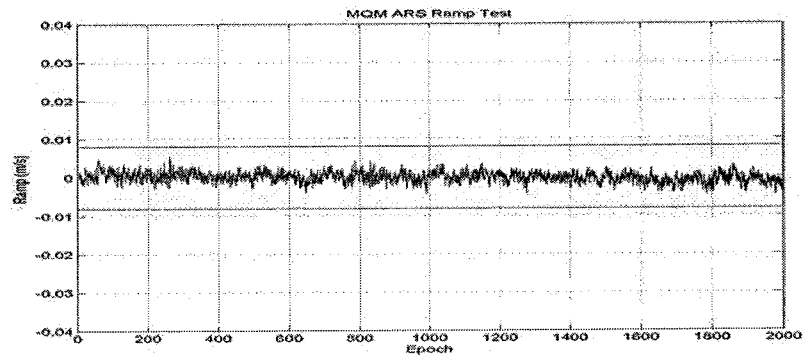
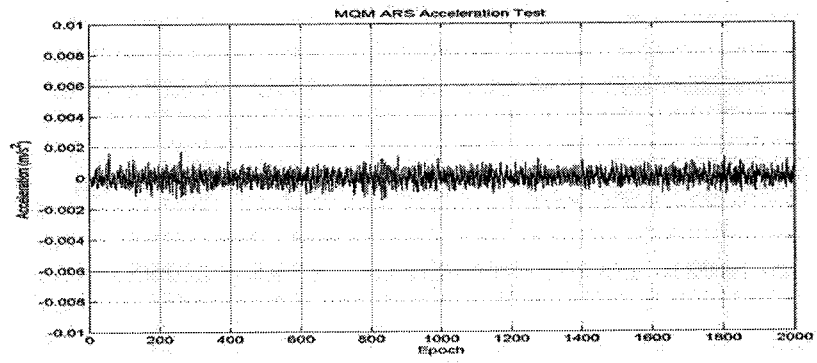


그림 3-4-16. 안테나 1번의 GPS 17번 위성 고장검출 결과



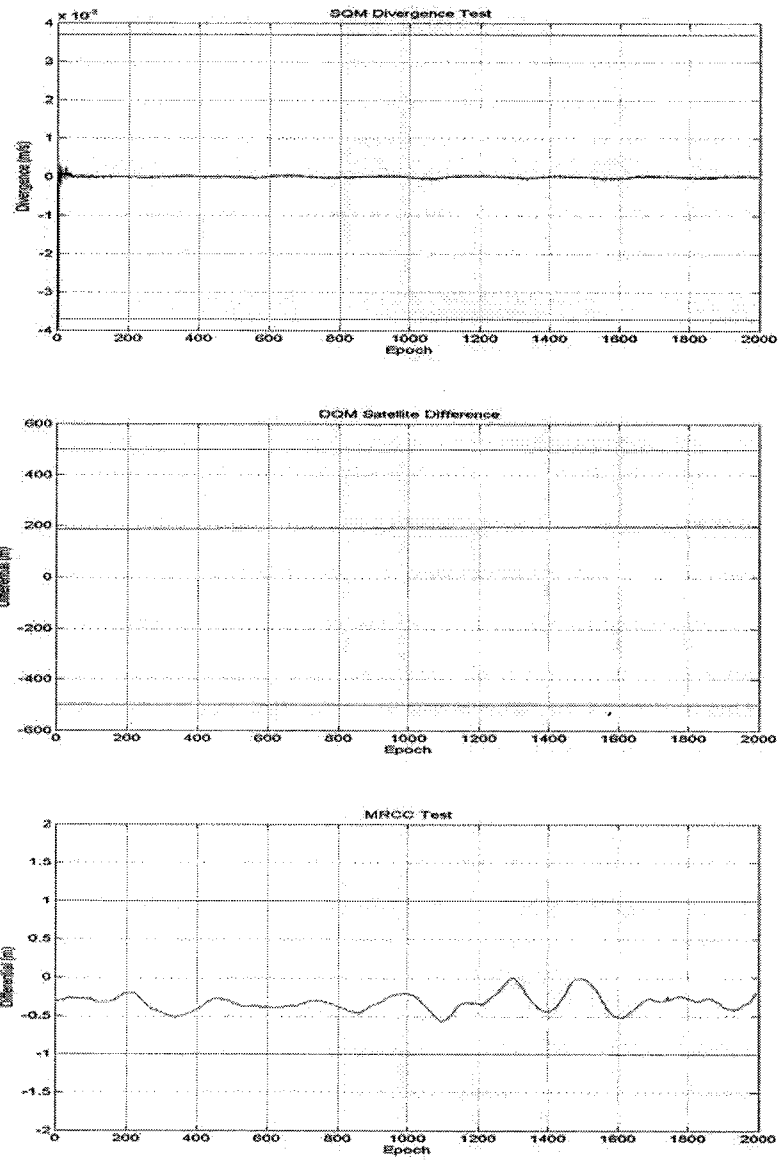
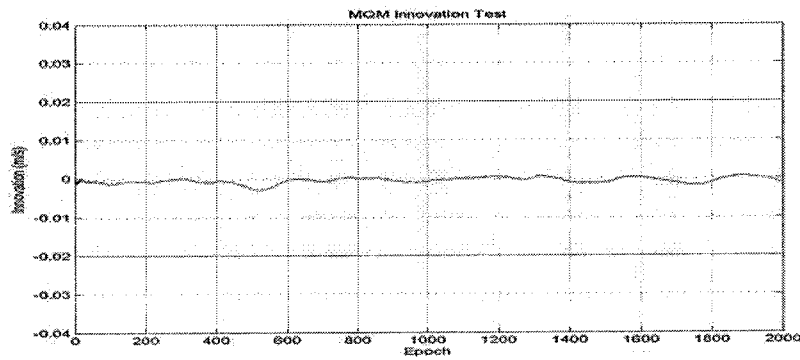
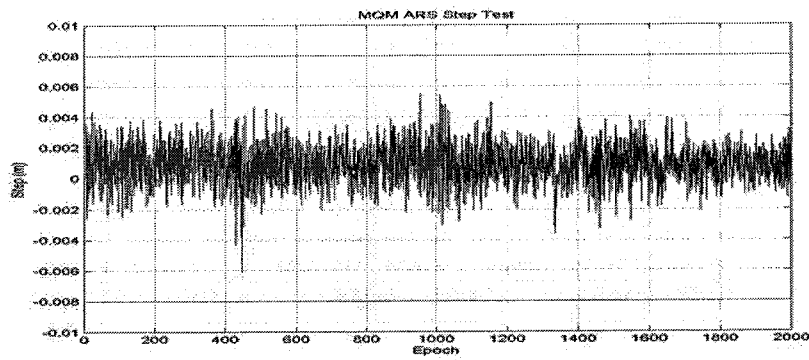
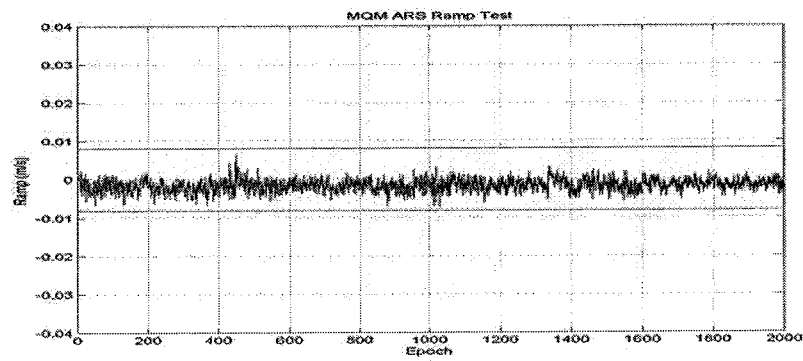
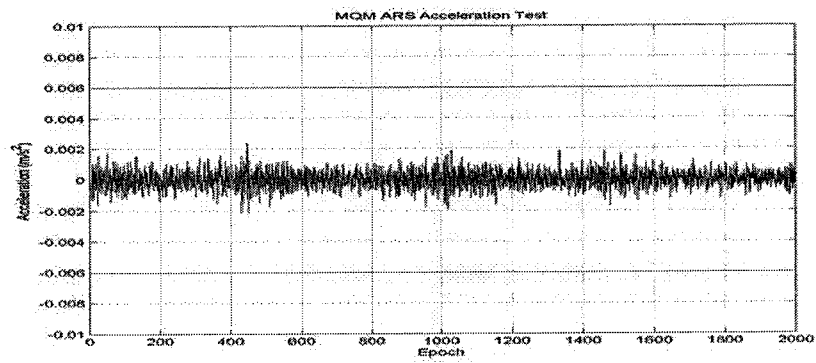


그림 3-4-17. 안테나 1번의 GPS 19번 위성 고장검출 결과



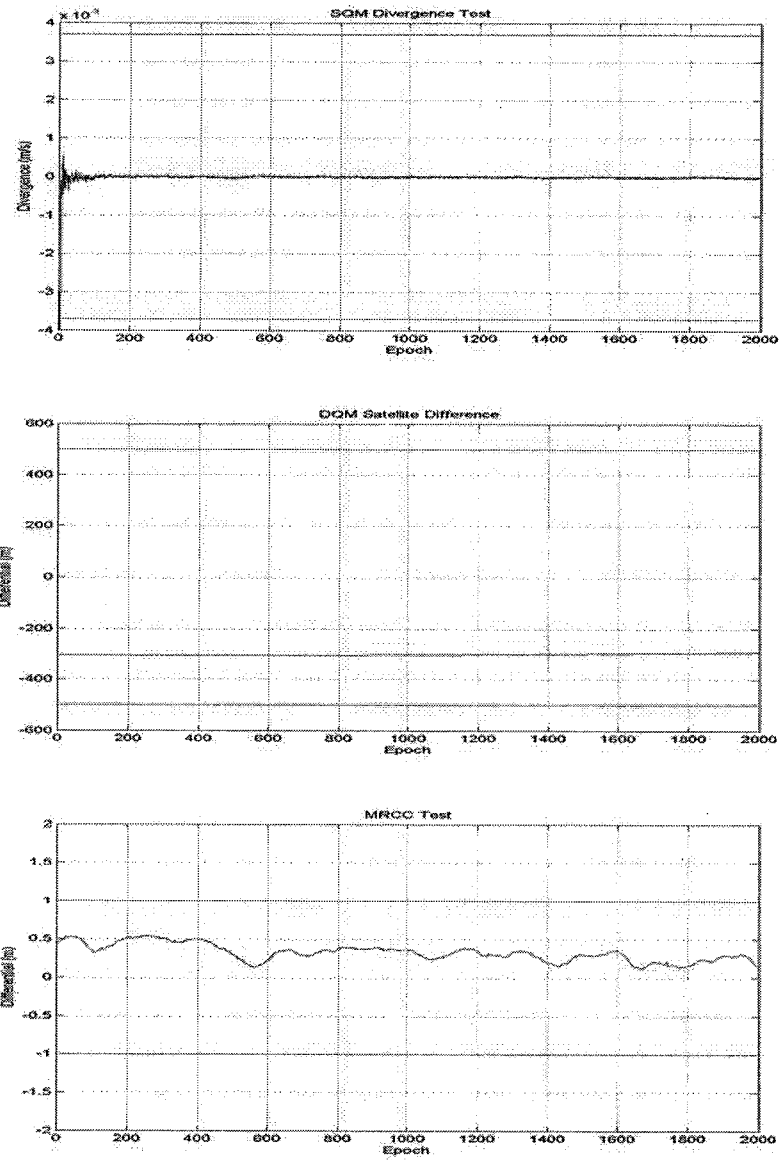
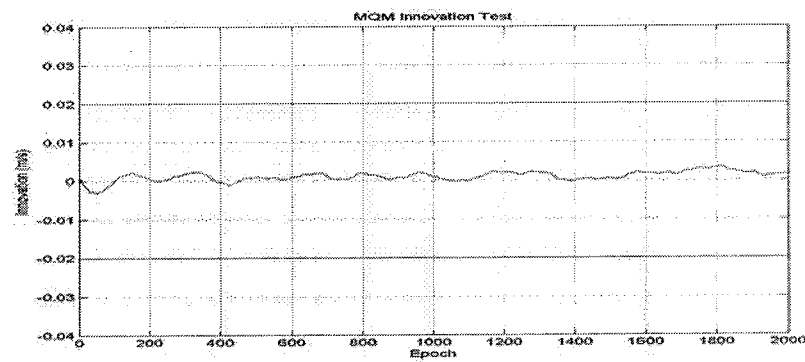
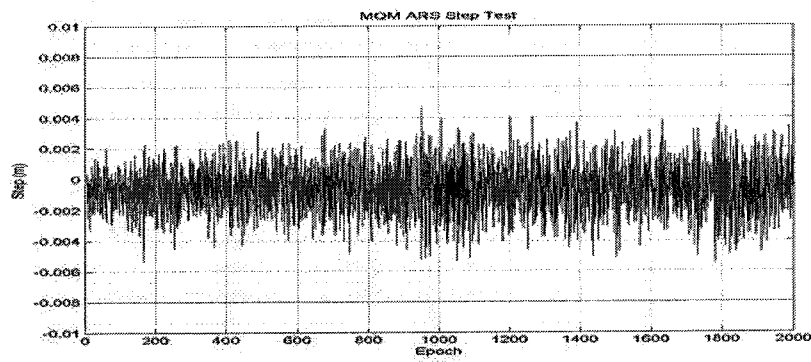
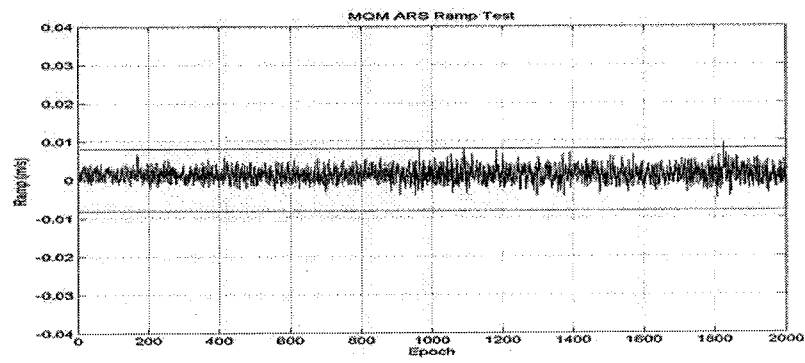
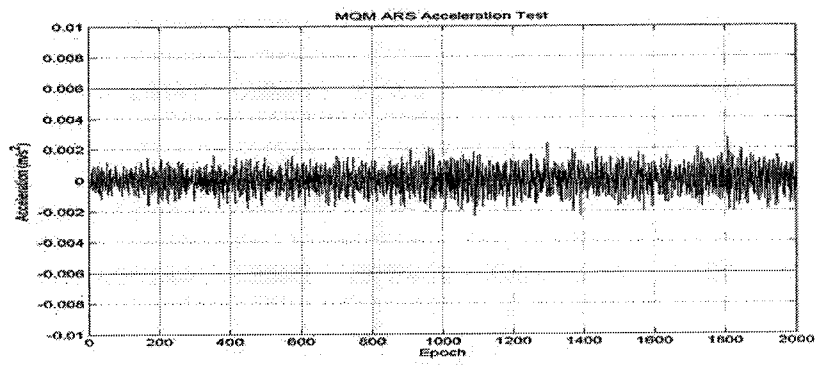


그림 3-4-18. 안테나 1번의 GPS 20번 위성 고장검출 결과



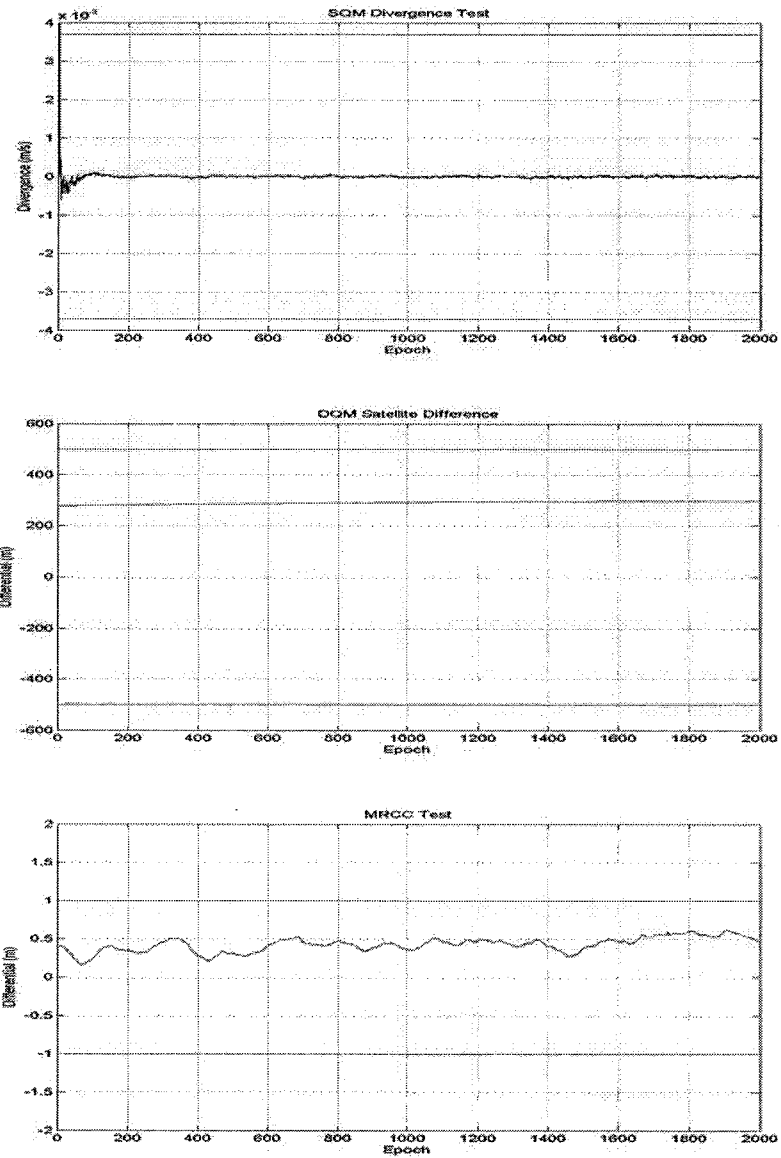
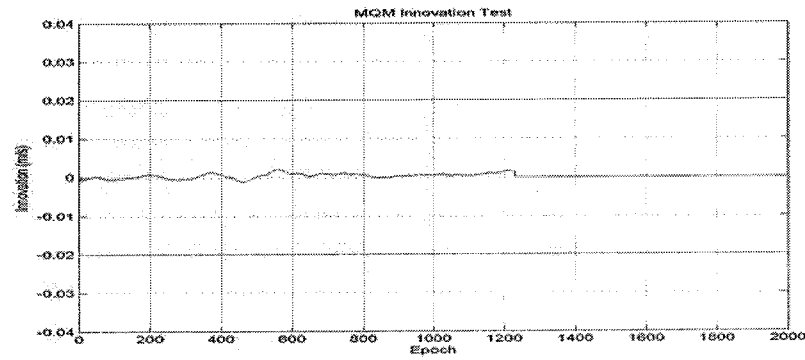
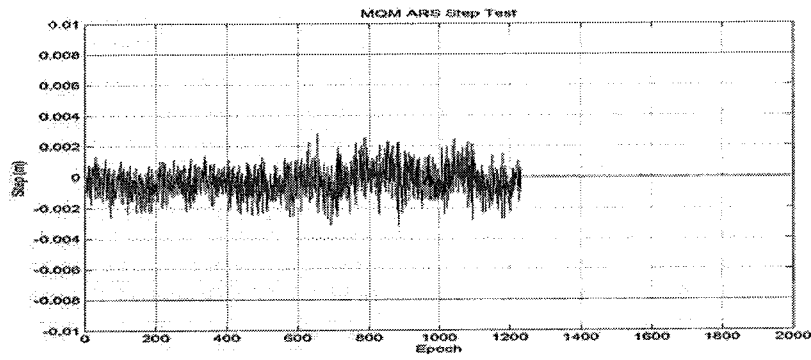
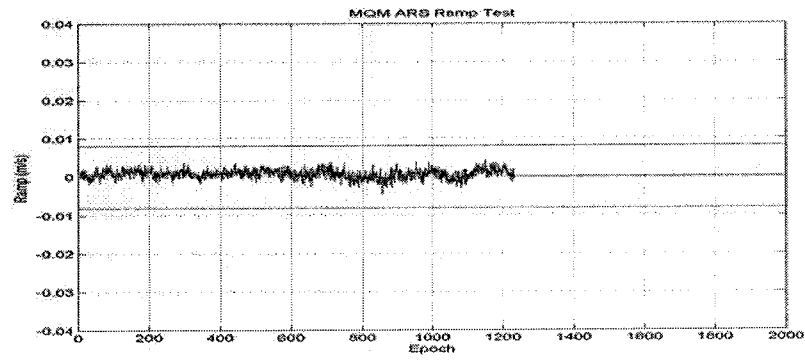
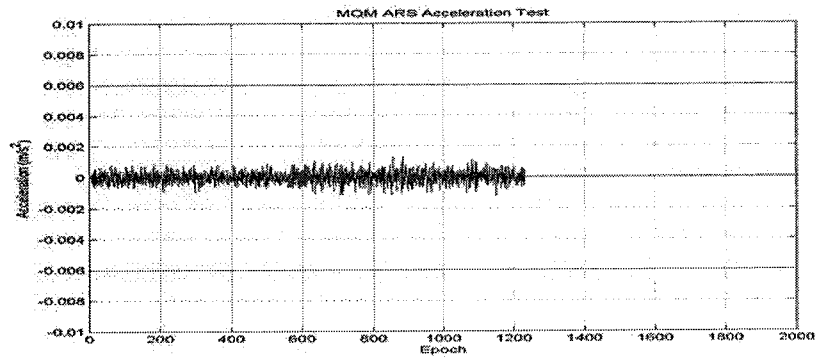


그림 3-4-19. 안테나 1번의 GPS 25번 위성 고장검출 결과



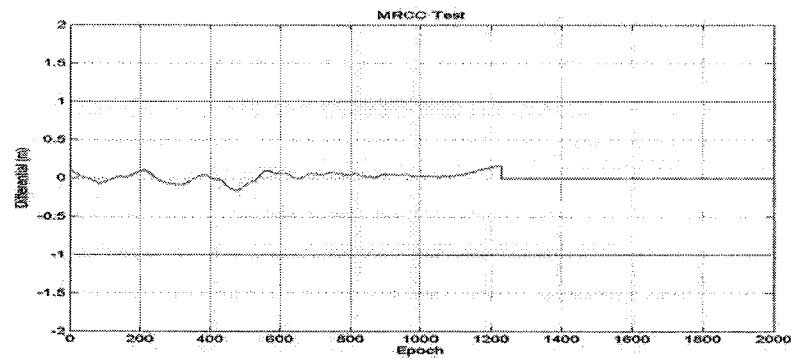
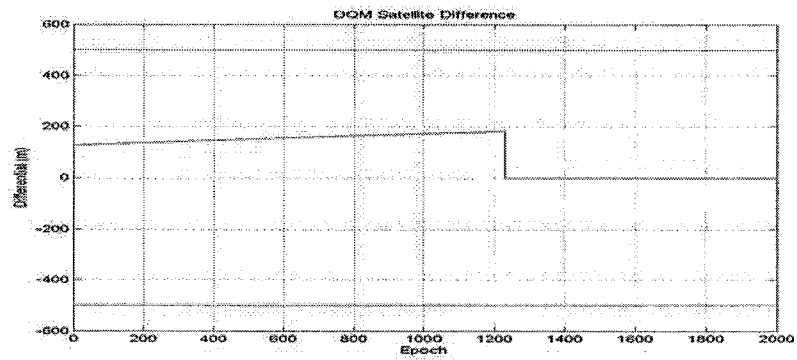
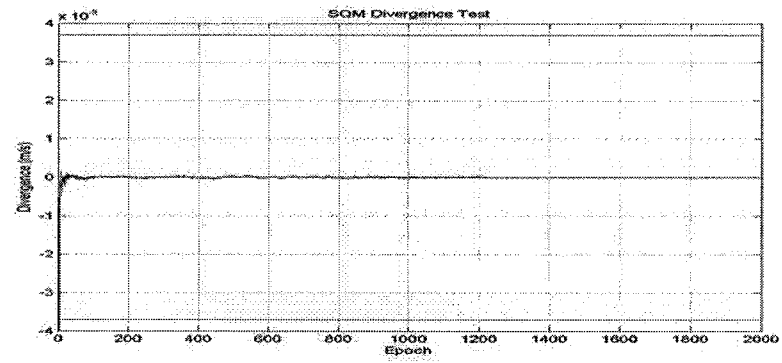
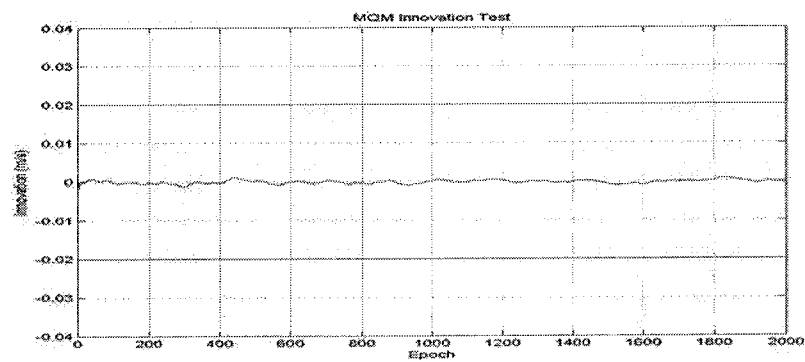
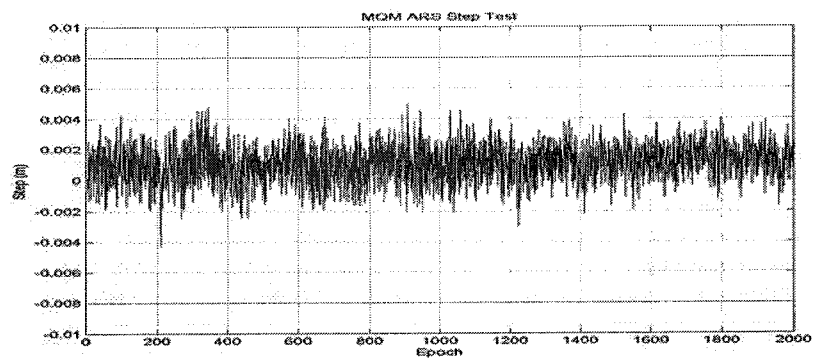
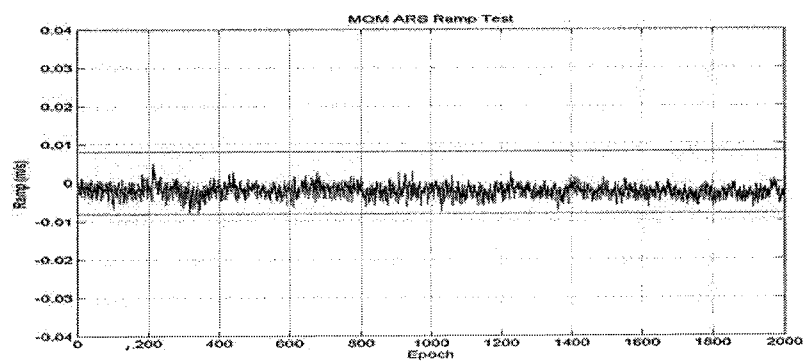
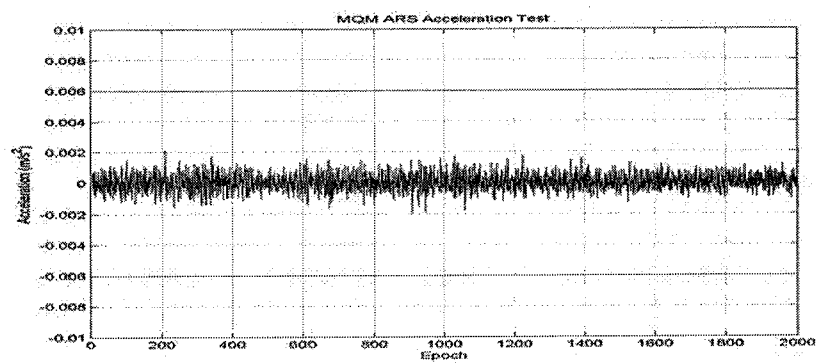


그림 3-4-20. 안테나 27번의 GPS 3번 위성 고장검출 결과



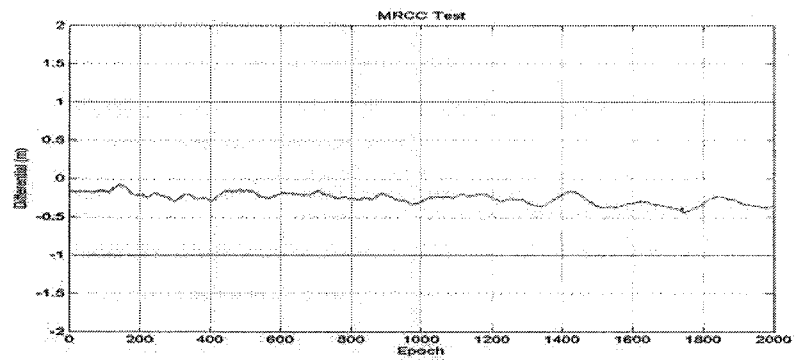
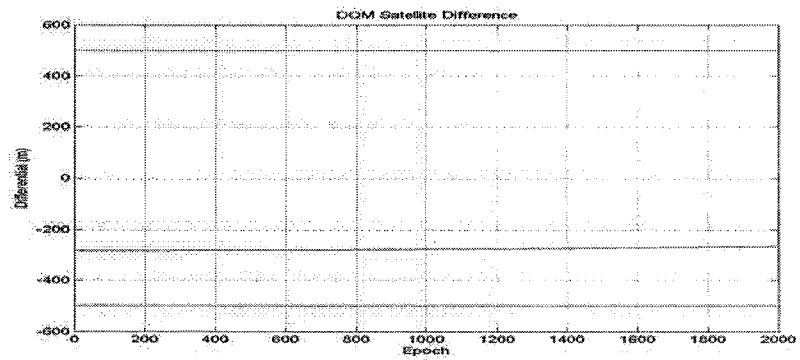
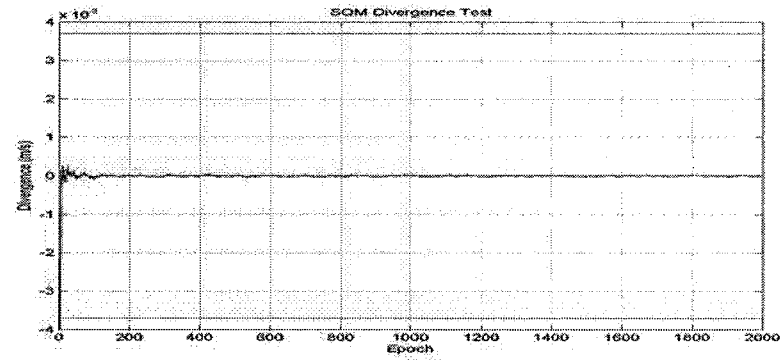


그림 3-4-21. 안테나 1번의 GPS 28번 위성 고장검출 결과

제주공항에 설치된 IMT 장비를 활용하여 동적 차량 시험 평가 수행하였으며, 차량에 GPS 수신기를 탑재하고 제주공항 주변 도로를 순회하였다. 그림 3-4-22에서 보는 것과 같이 IMT를 적용한 이후 위치변화율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 3-4-23은 차량이 순회한 제주공항 주변도로에 이동 궤적을 투영한 것이다.

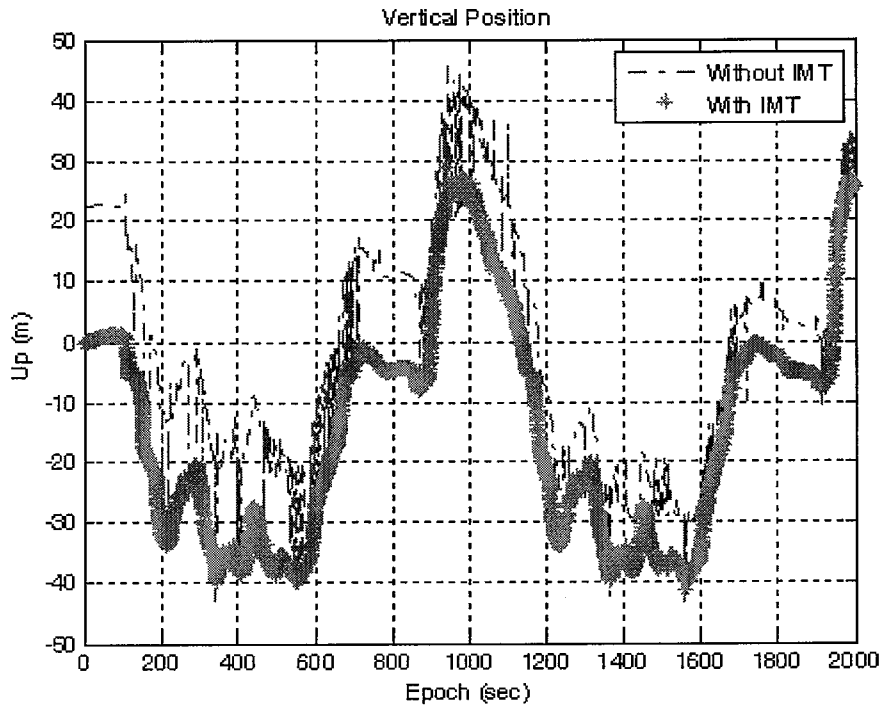


그림 3-4-22. IMT를 적용하기 전후의 수직 위치

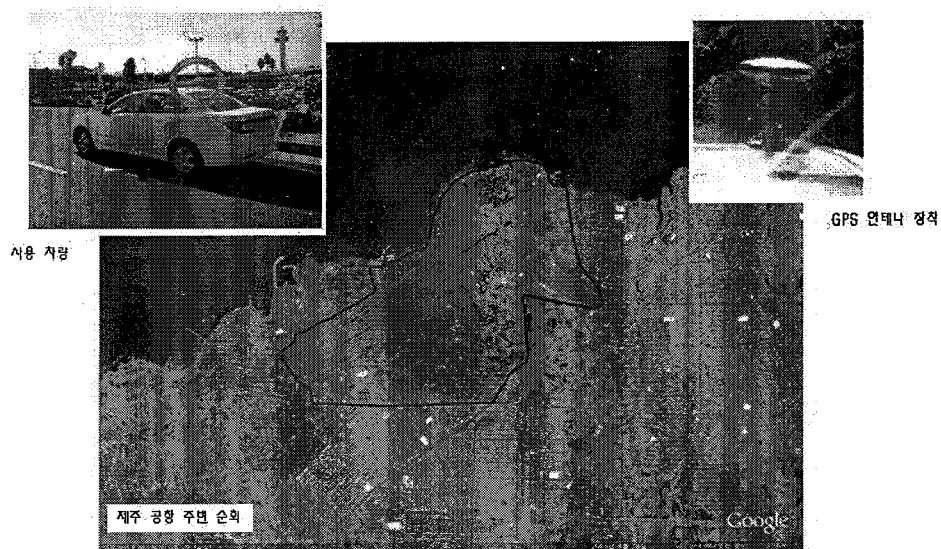
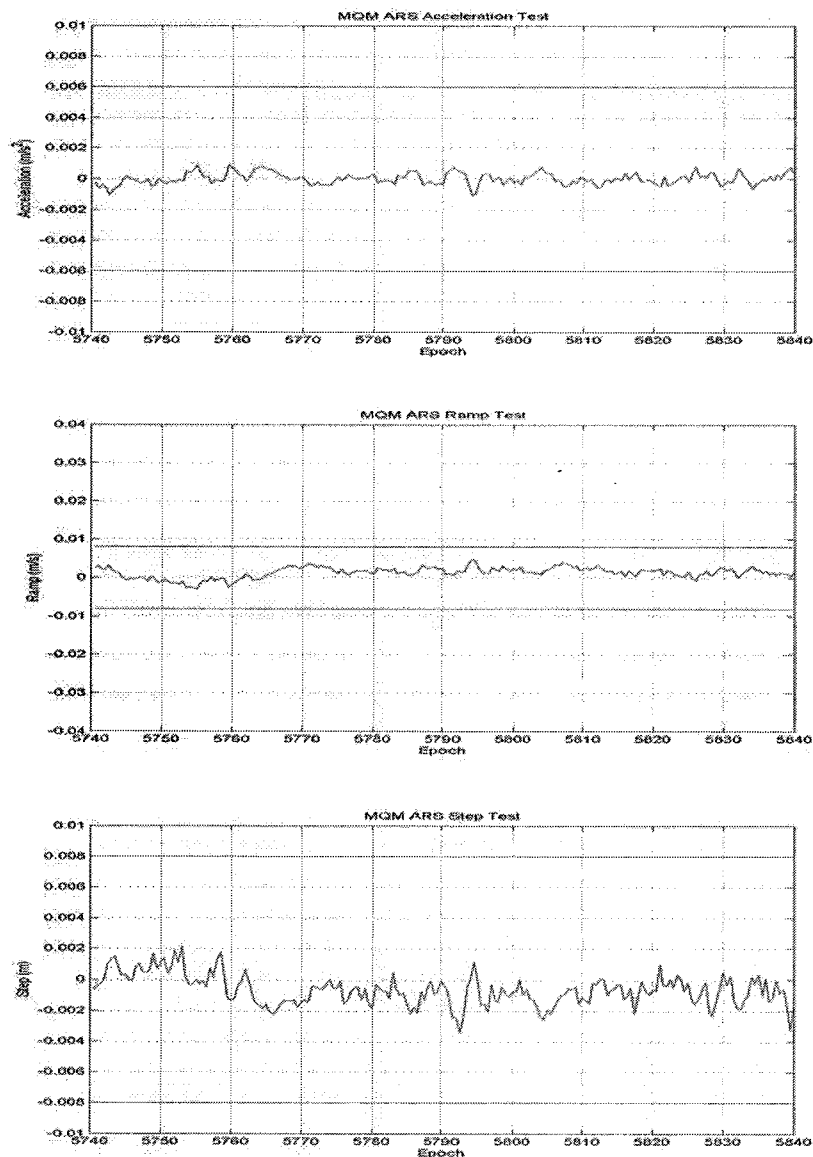


그림 3-4-23. 동적 차량 시험 경로 및 실험 장비

3. 비행 시험 평가

2008년 11월 21일 8시 25분부터 16시 25분까지 한서대학교의 항공기를 사용하여 태안 한서대학교 활주로에서 시작하여 제주, 부산, 양양, 김포를 경유하여 태안 한서대학교 활주로에 착륙하는 시험을 수행하였다. 이를 활용하여 비행 시험 평가를 수행하였다. 그림 3-4-24에서 그림 3-4-32는 화물청사 서쪽의 안테나 1번에서 관측된 GPS 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 항공기가 제주공항에 착륙하는 순간을 전후로 100초 동안의 고장검출 결과를 나타낸 것이다. 그림 3-4-24는 GPS 3번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-25는 GPS 7번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다.



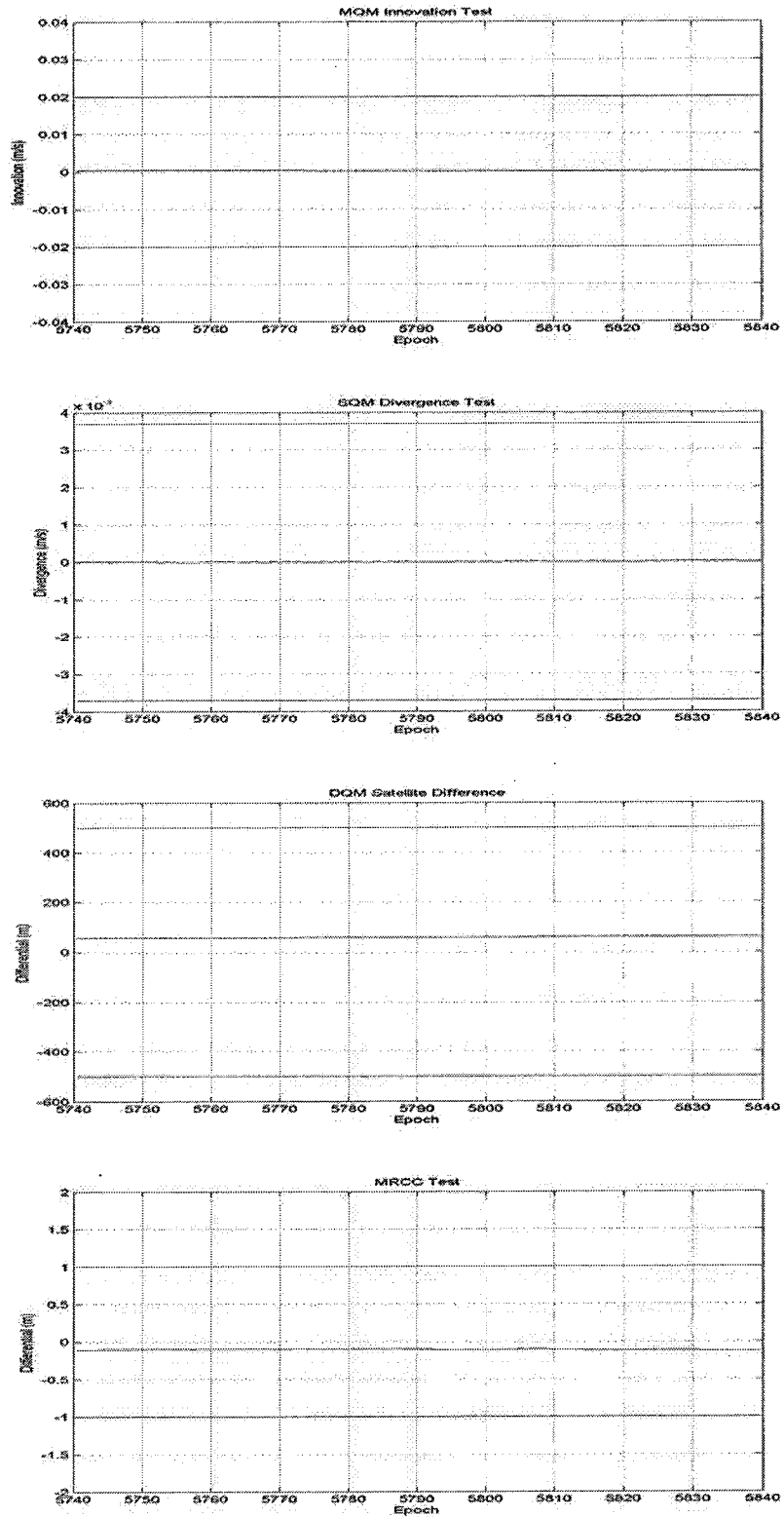
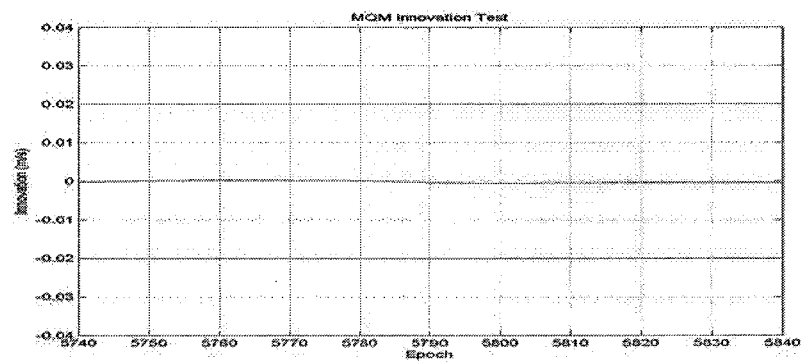
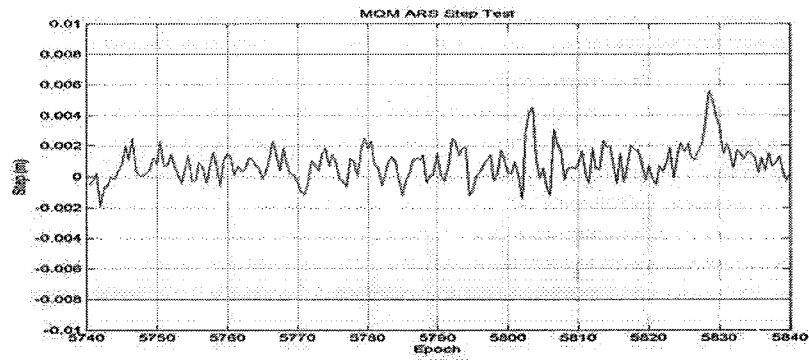
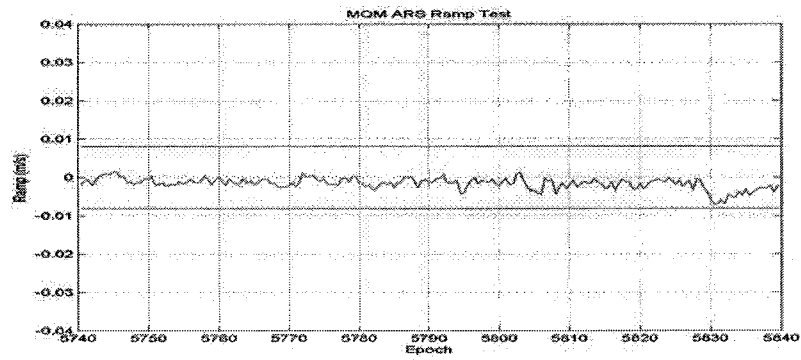
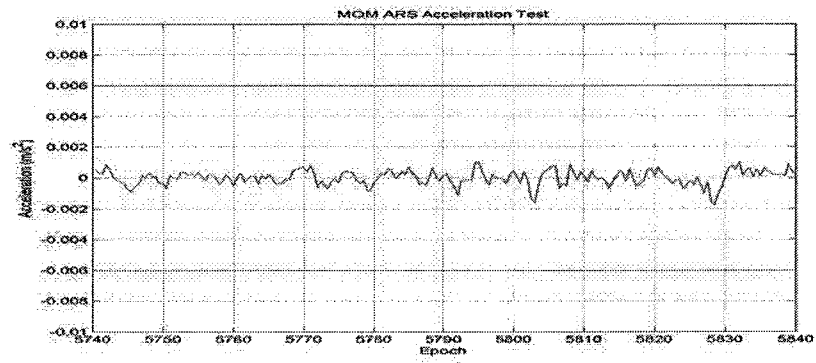


그림 3-4-24. 안테나 1번의 GPS 3번 위성 고장검출 결과



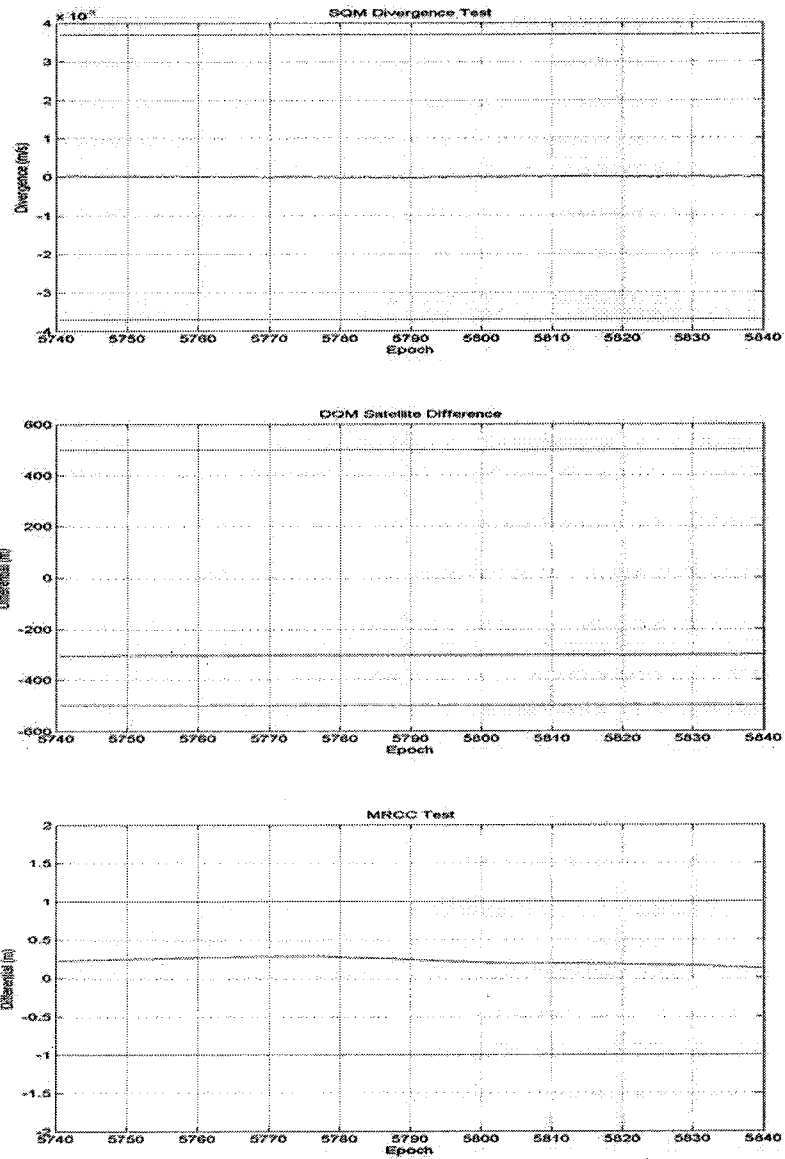
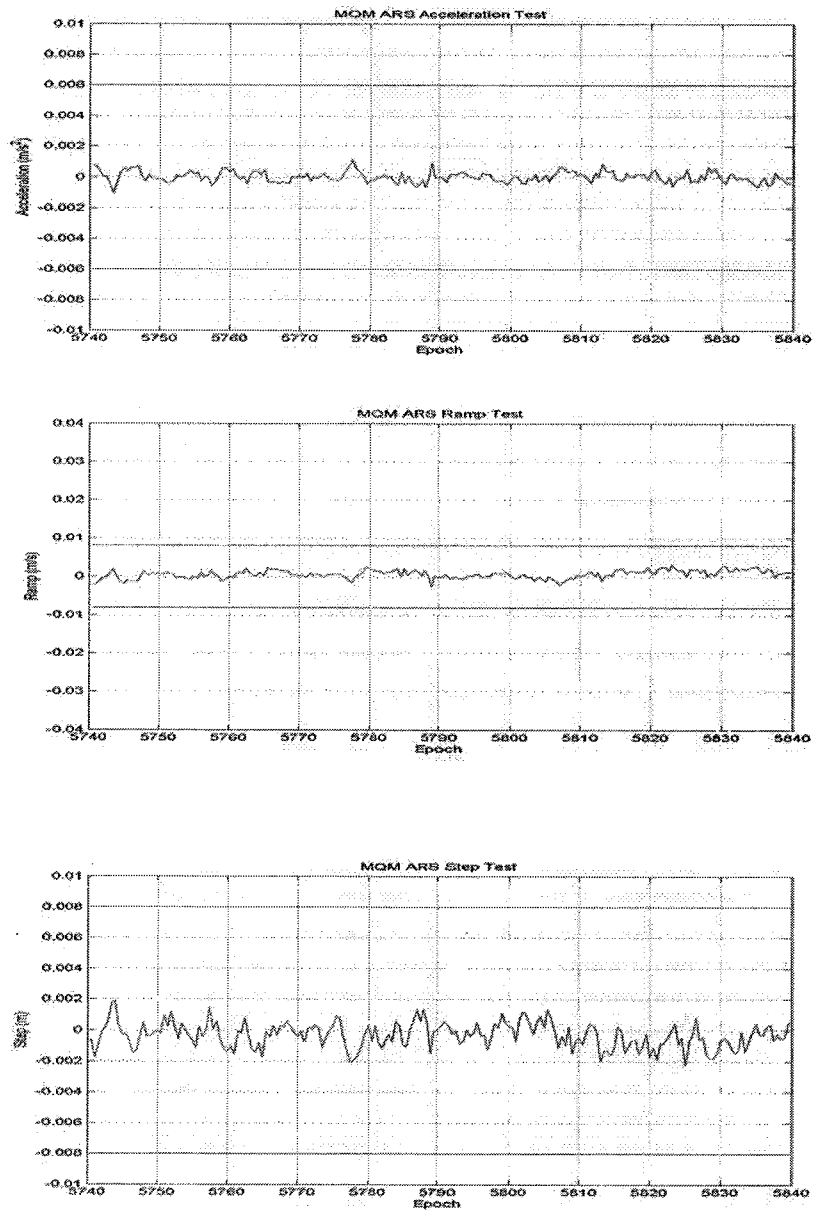


그림 3-4-25. 안테나 1번의 GPS 7번 위성 고장검출 결과

그림 3-4-26은 GPS 13번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-27은 GPS 16번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-28은 GPS 19번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-29는 GPS 21번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-30은 GPS 23번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-31은 GPS 25번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이며, 그림 3-4-27은 GPS 28번 위성의 신호의 고장검출을 수행한 결과이다.



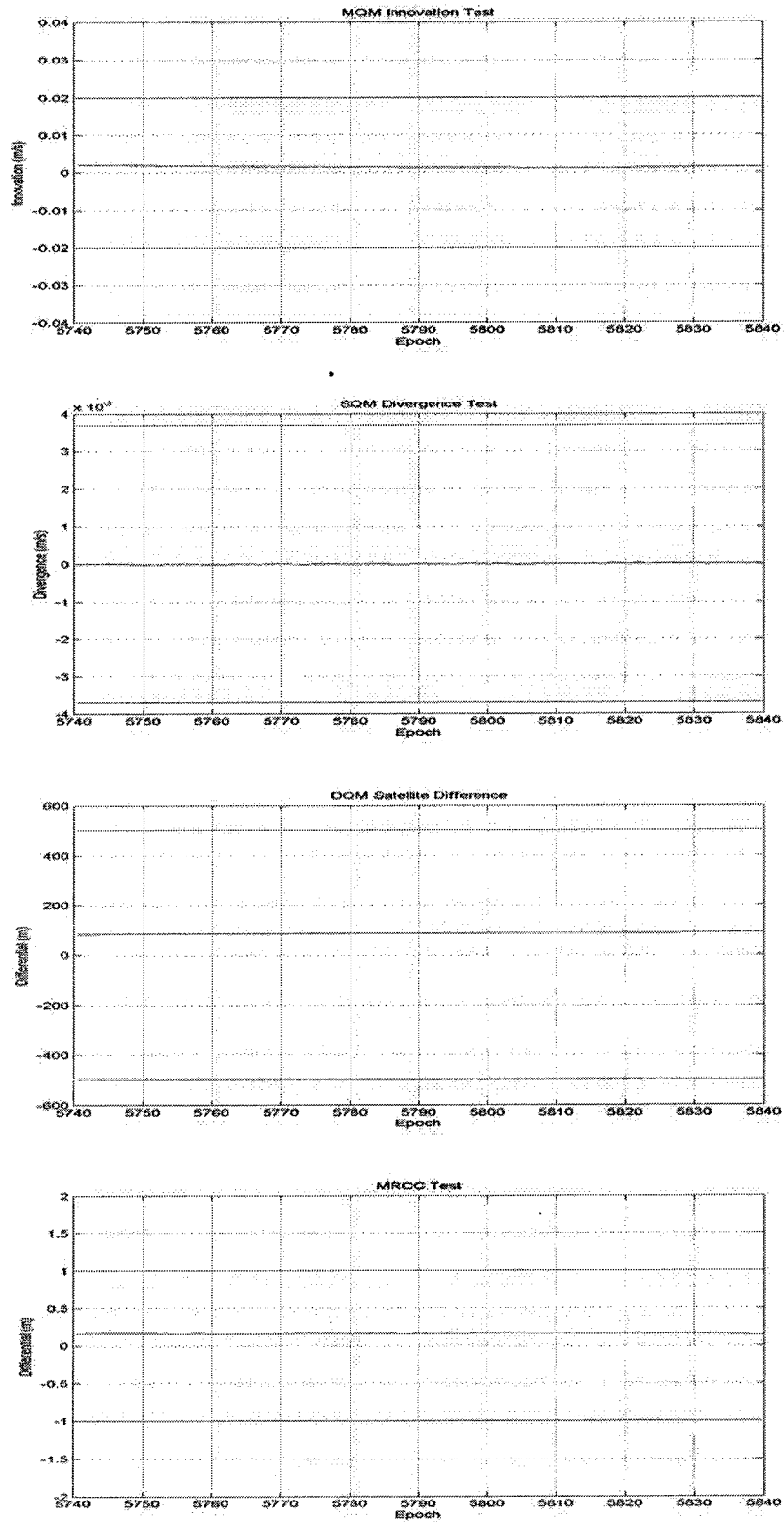
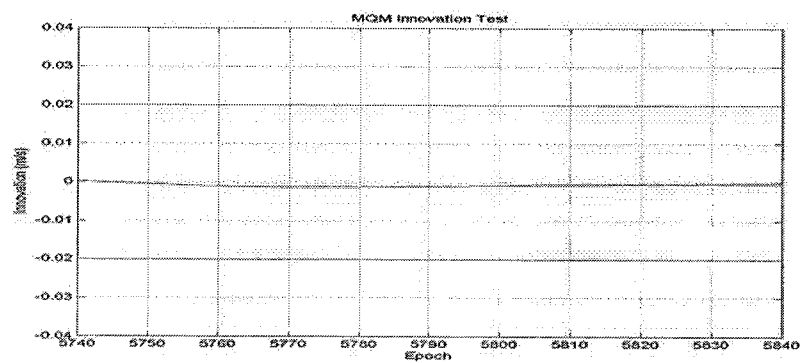
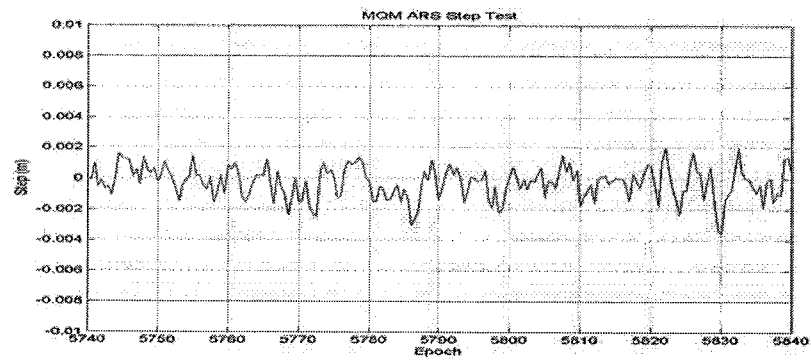
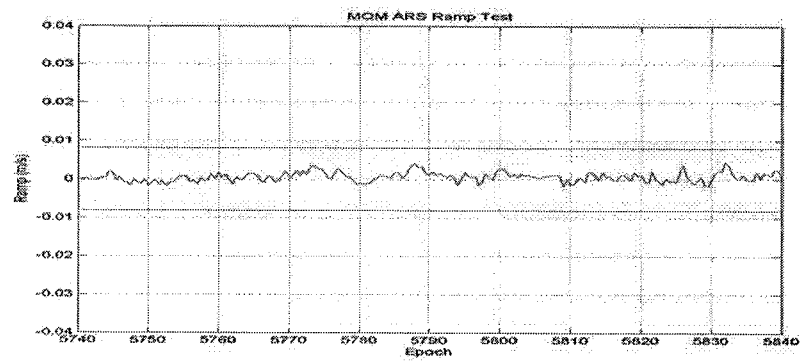
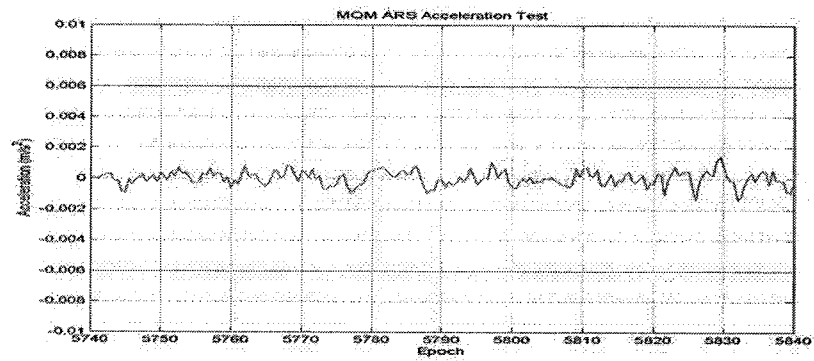


그림 3-4-26. 안테나 1번의 GPS 13번 위성 고장검출 결과



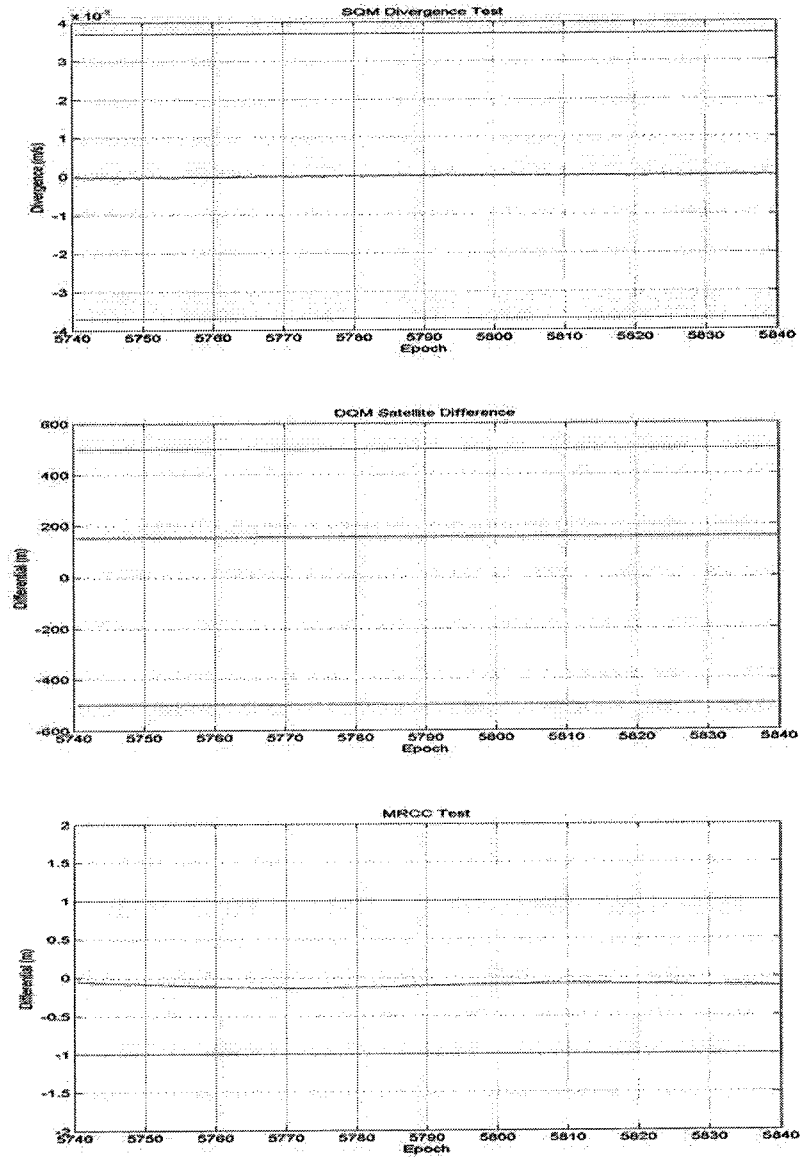
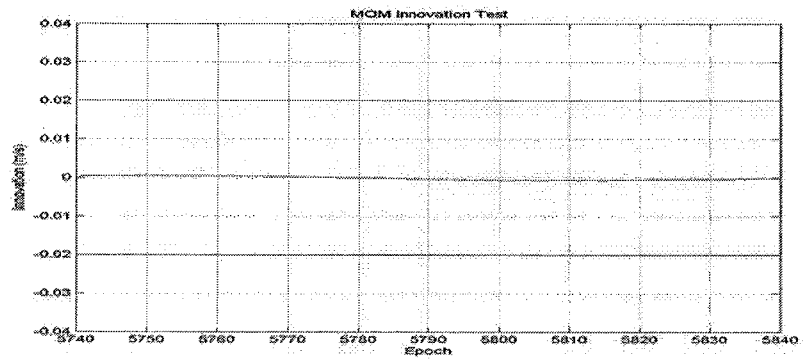
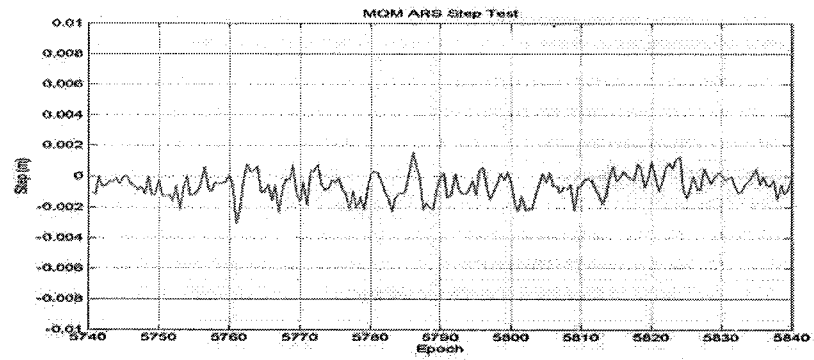
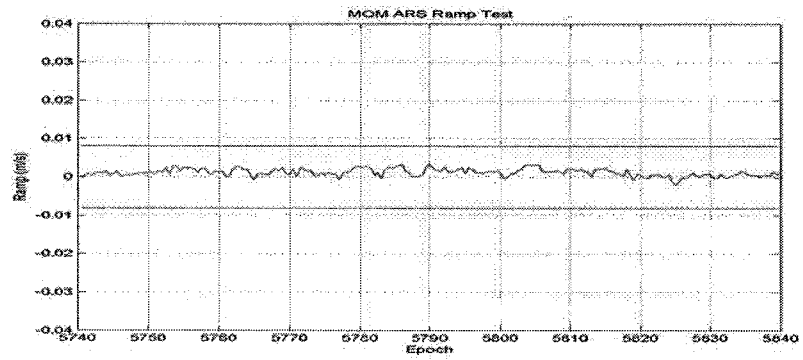
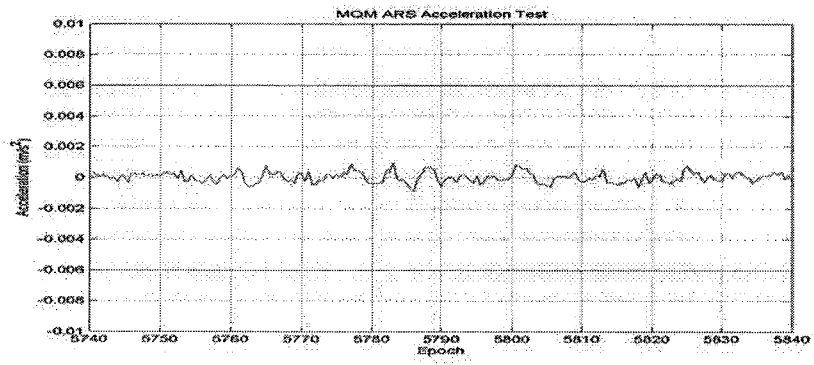


그림 3-4-27. 안테나 1번의 GPS 16번 위성 고장검출 결과



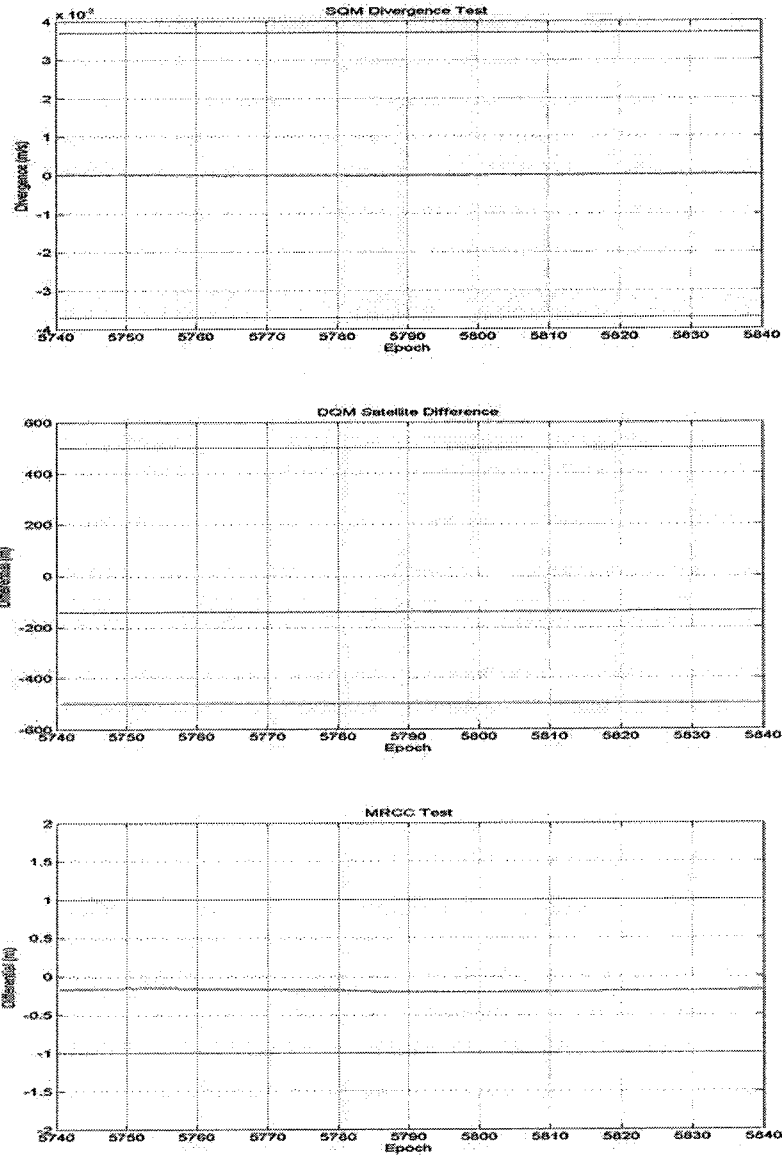
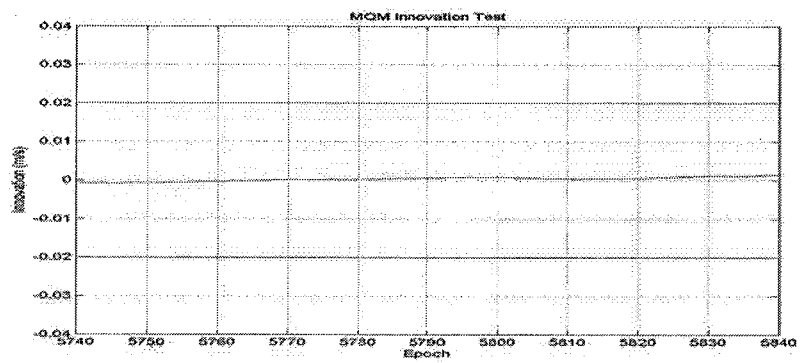
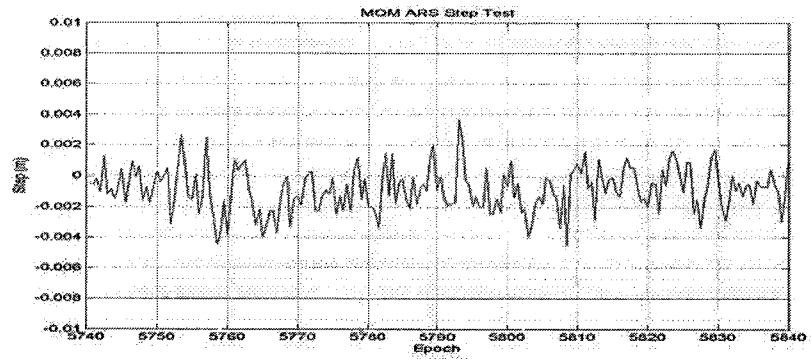
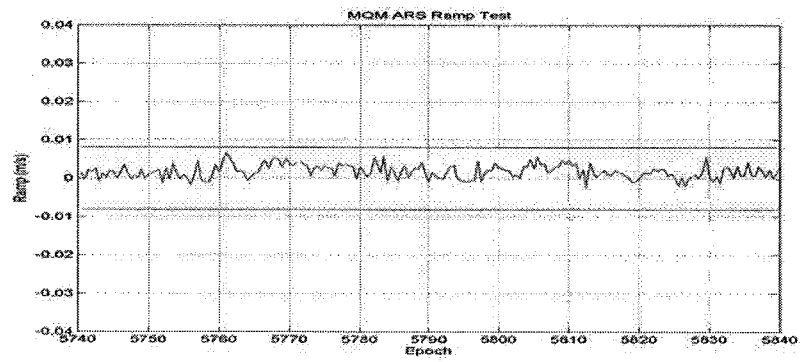
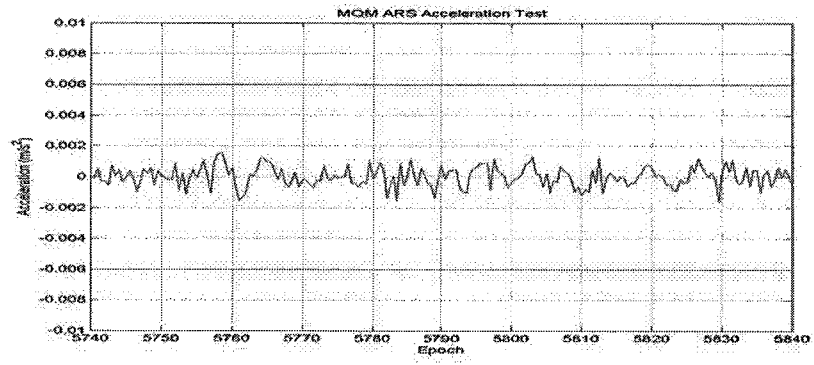


그림 3-4-28. 안테나 1번의 GPS 19번 위성 고장검출 결과



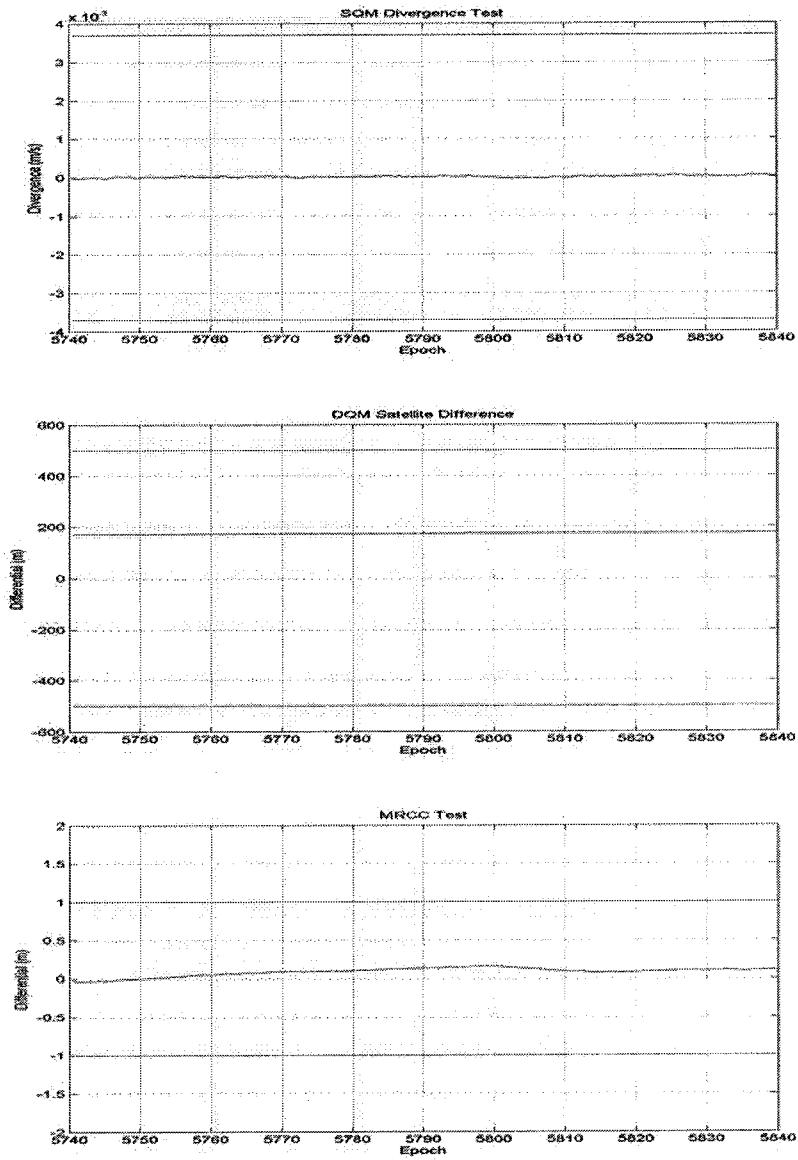
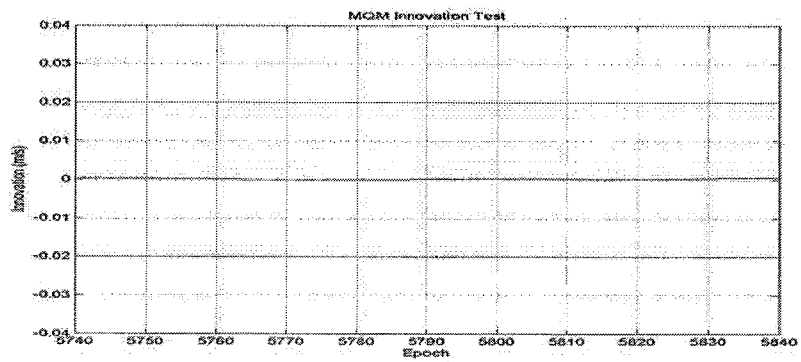
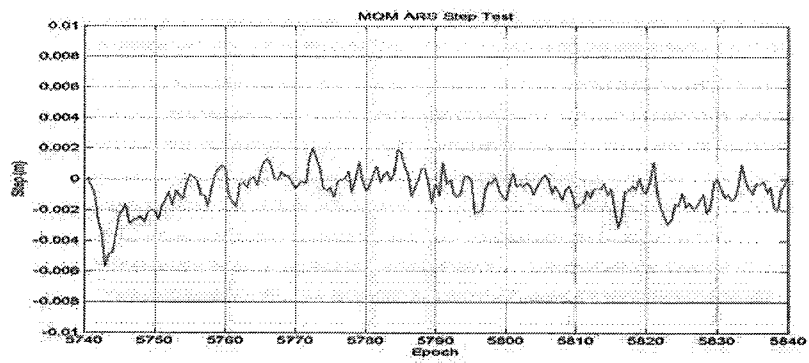
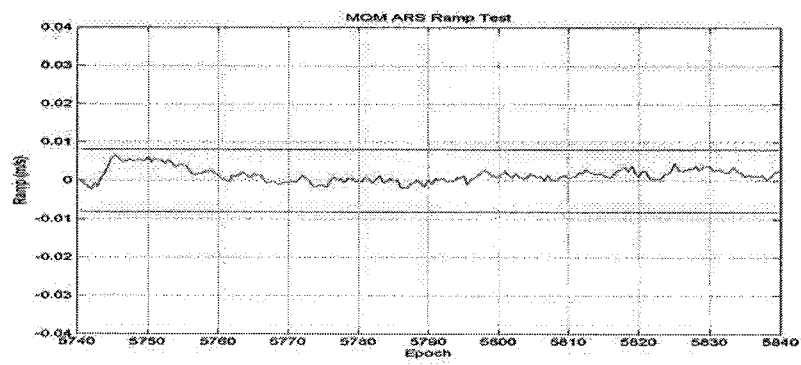
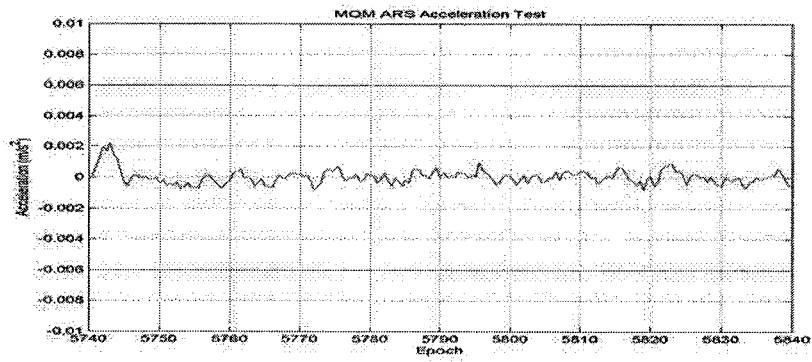


그림 3-4-29. 안테나 1번의 GPS 21번 위성 고장검출 결과



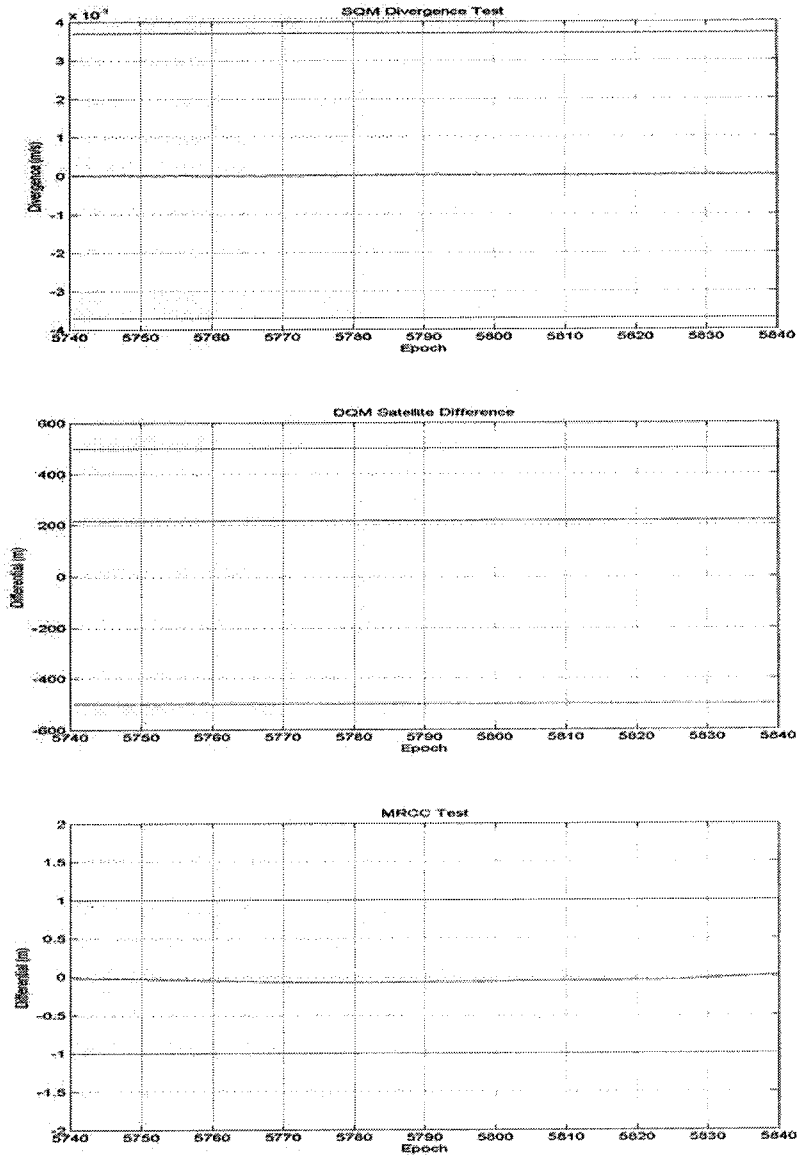
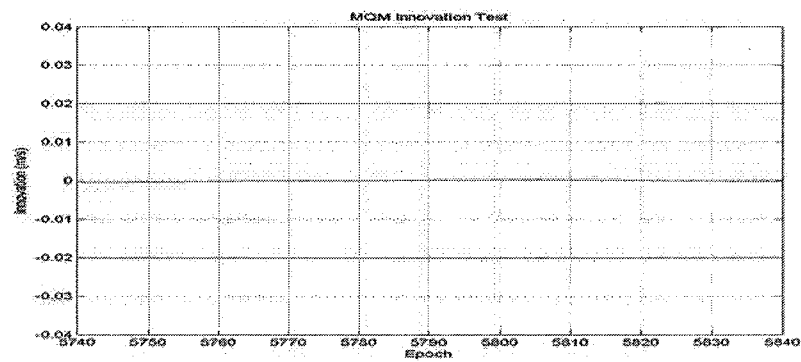
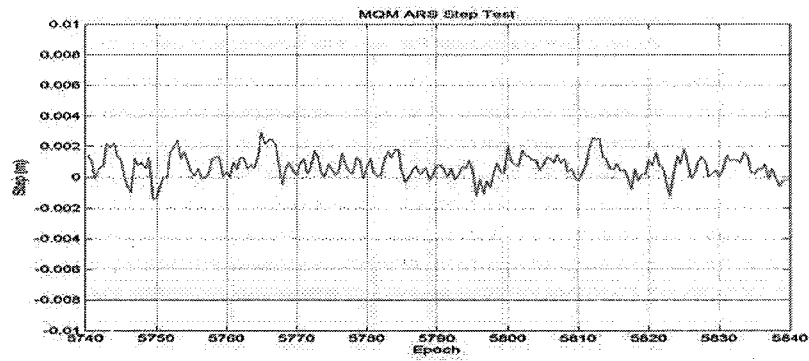
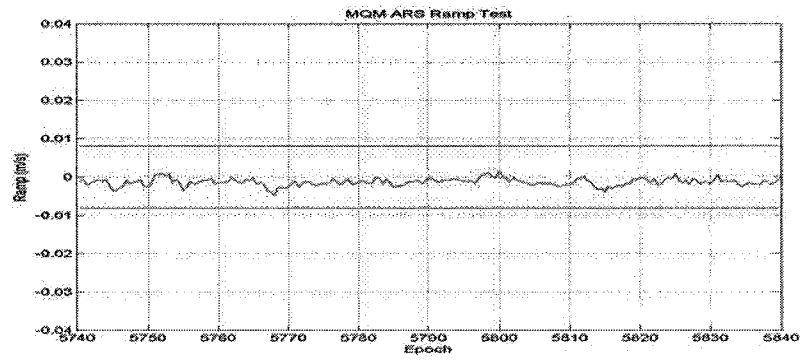
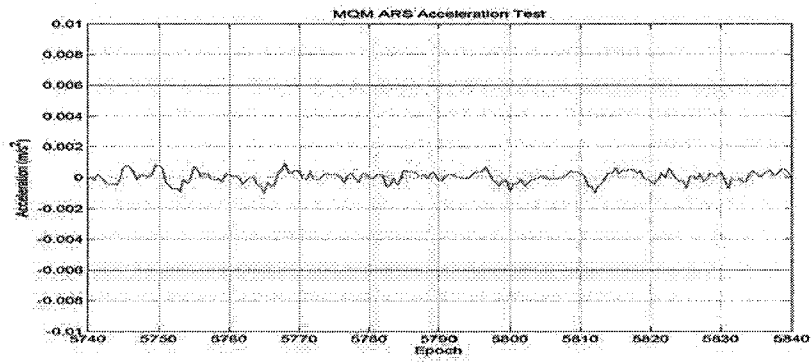


그림 3-4-30. 안테나 1번의 GPS 23번 위성 고장검출 결과



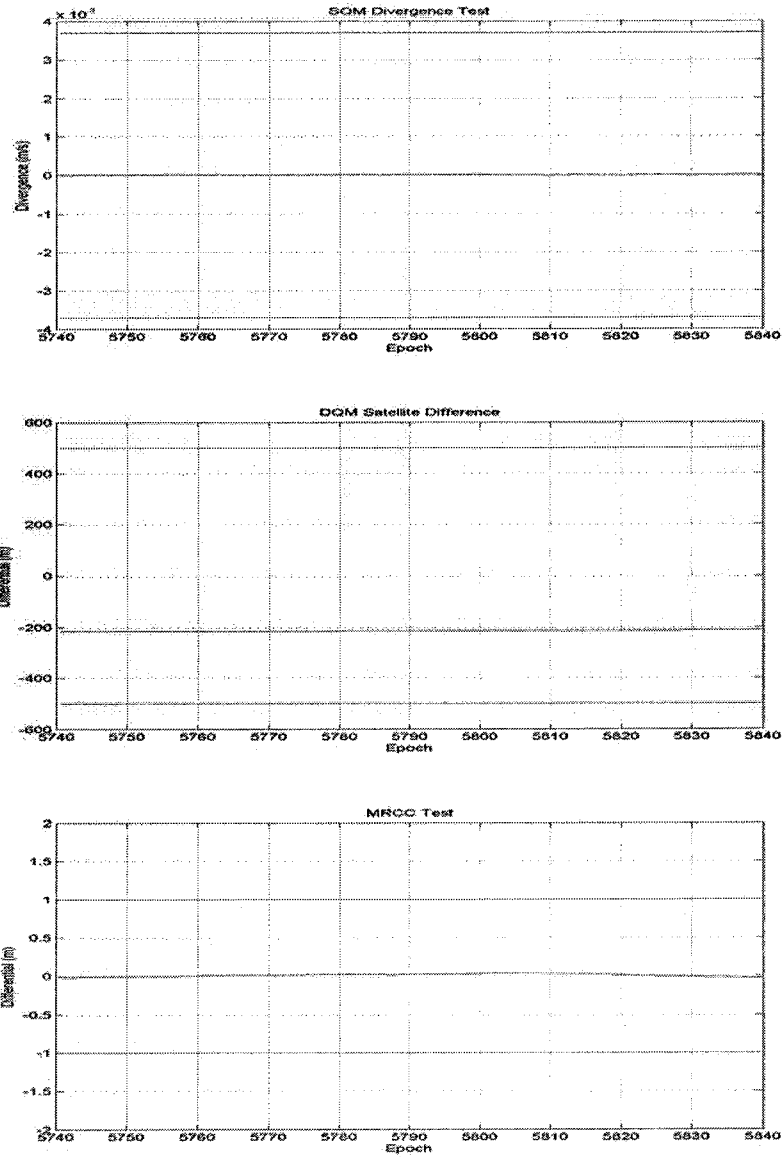
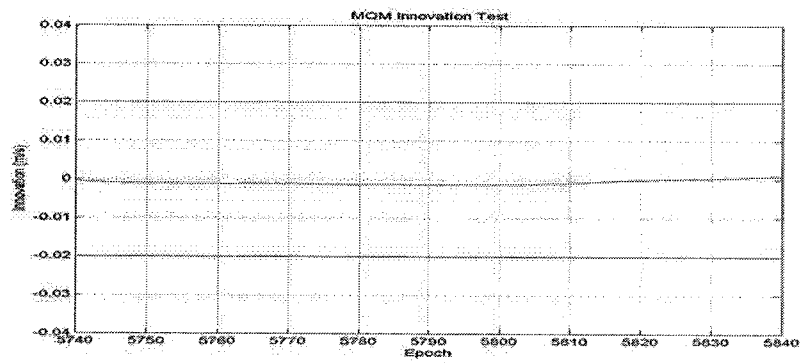
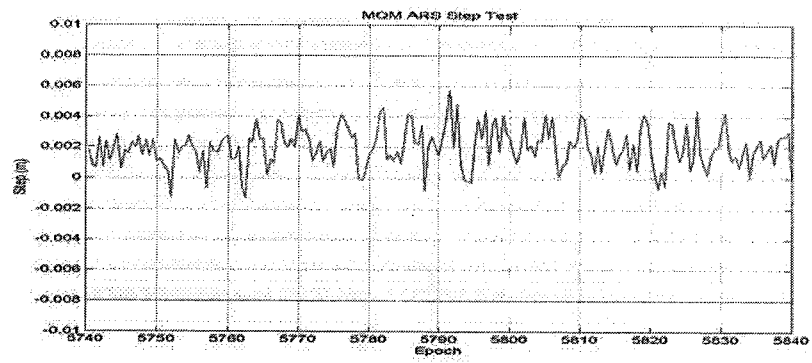
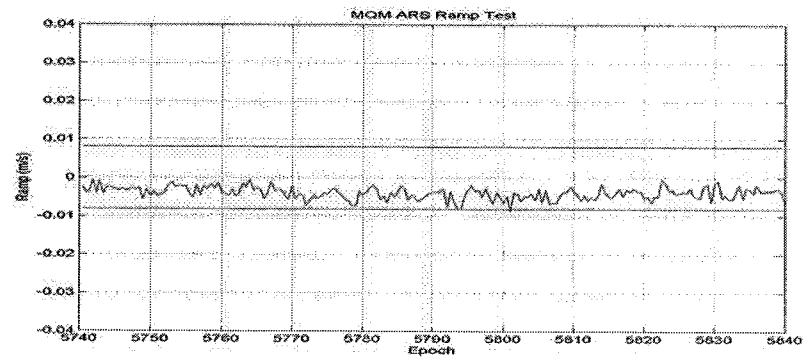
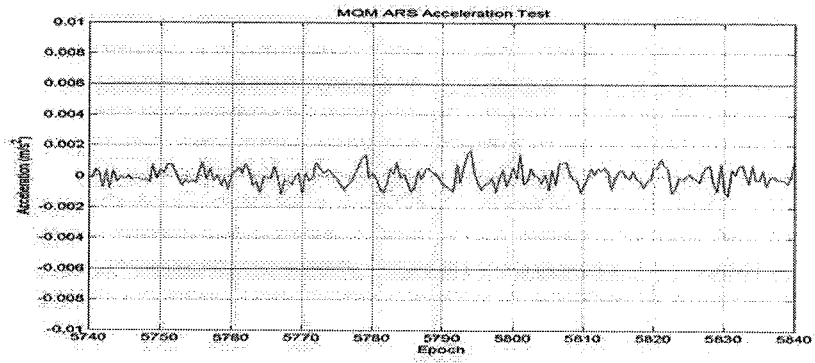


그림 3-4-31. 안테나 1번의 GPS 25번 위성 고장검출 결과



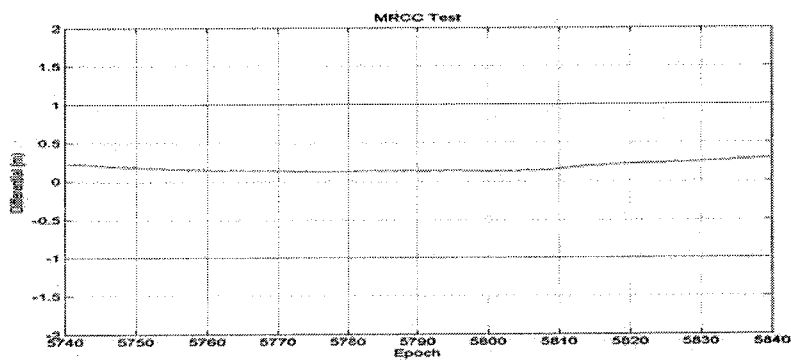
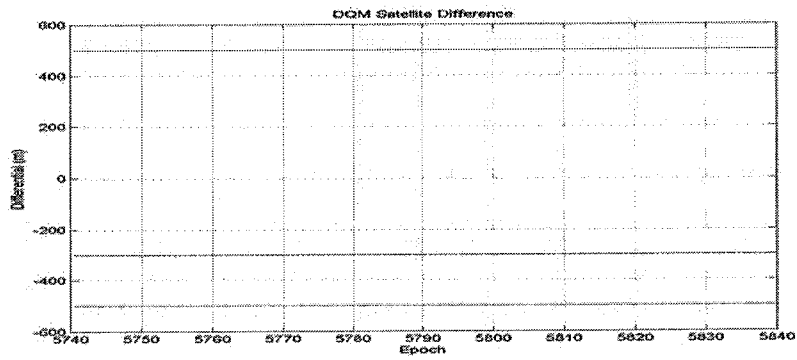
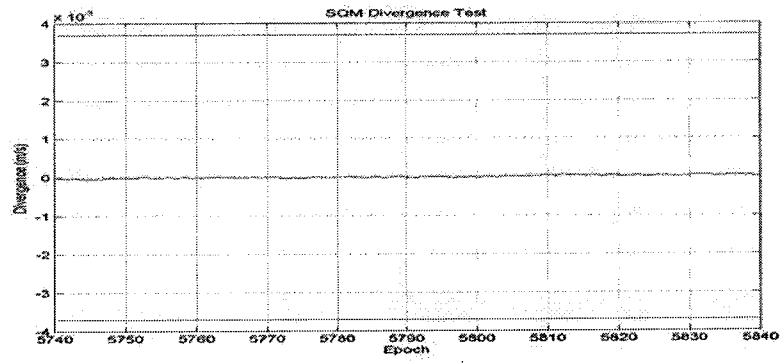


그림 3-4-32. 안테나 1번의 GPS 27번 위성 고장검출 결과

항공기에 GPS 수신기를 탑재하고 GPS 데이터 수신하여 한반도 상공을 순회한 모습은 그림 3-4-33의 좌측에 나타난 것과 같다. 그림 3-4-33의 위쪽에 그림은 시험에 사용된 항공기이며, 그림 3-4-33의 아래쪽의 그림은 태안 비행장 모습이다.

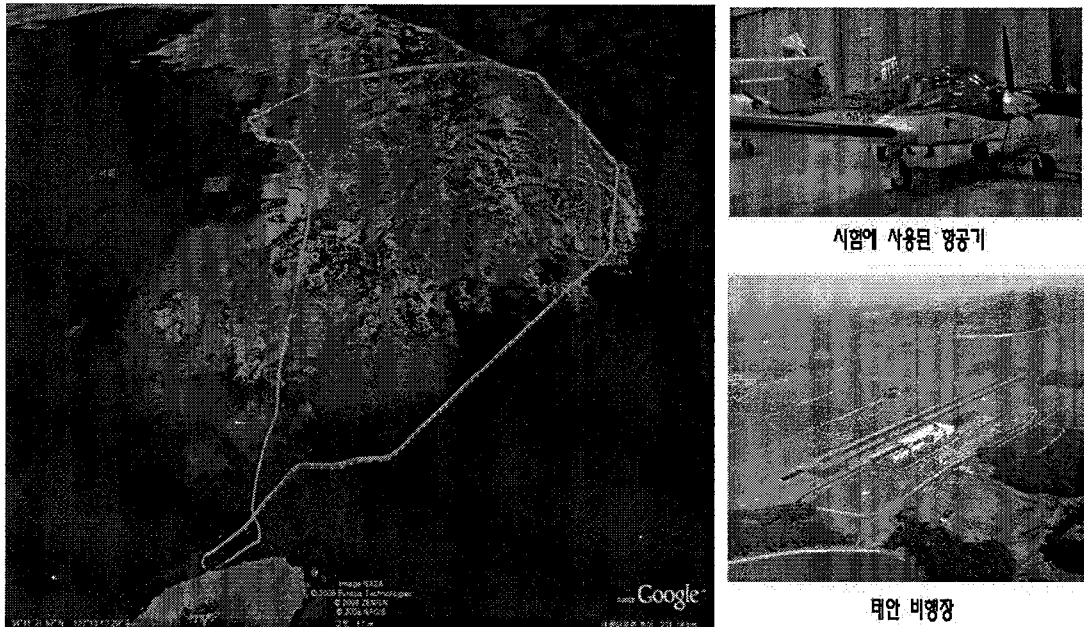


그림 3-4-33. 비행 시험의 궤적 (좌), 항공기 (상), 태안 비행장 (하)

그림 3-4-34는 항공기가 제주공항에 착륙하고 이륙하는 동안의 궤적으로 항공기는 동서로 놓여있는 활주로로 착륙하여 공항에서 주유를 한 이후 북서로 놓여있는 활주로로 이륙하였다. 그림 3-4-35는 착륙하는 시점의 전후 100초 동안 IMT를 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우에 대하여 수직위치를 계산한 그래프이다.

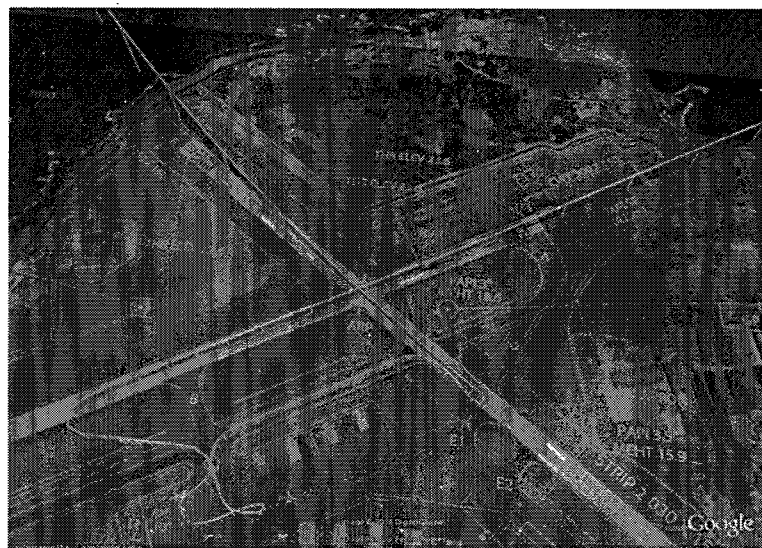


그림 3-4-34. 비행 시험의 착륙 및 이륙 궤적

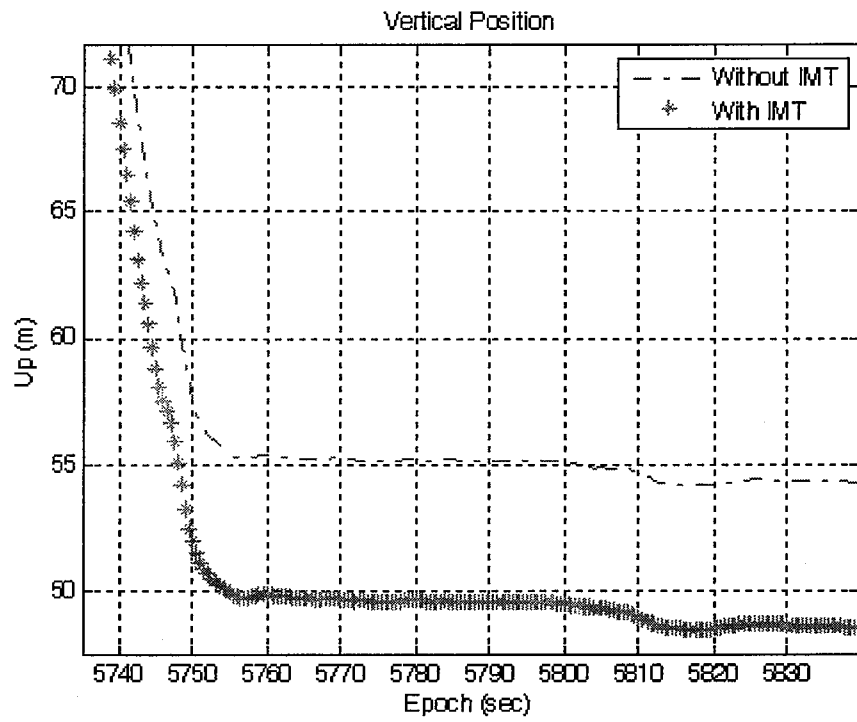


그림 3-4-35. 착륙 시점 전후 수직 위치

제 5 절 IMT 장비의 성능 향상

공항과 같이 지역이 넓고 출입에 통제가 많은 곳에서 위성항법시스템 항법위성 신호의 상태를 감시하기 위한 장비의 통신 선로를 구성하기 위해서는 많은 어려움이 발생한다. 항공기의 이착륙과 같은 매우 높은 무결성을 요구하는 응용분야에 위성항법 신호를 사용하는 경우 항법위성 신호의 감시를 위해서는 3개 이상의 수신기를 각각 서로 100m 이상의 거리에 배치하여야 한다. 또한 각각의 수신기에서 획득한 항법위성의 신호는 한 곳의 컴퓨터에 집결시켜야 하며, 이 컴퓨터에게 신호감시 과정을 수행하게 된다. 그러나 이 컴퓨터를 공항과 같은 지역에서 수 km 이상 떨어진 수신기와 통신하게 하는 방법으로 일반 시리얼 통신은 사용할 수 없다. 최근에 상용화된 위성항법 수신기의 경우 TCP/IP 통신 방법에 의하여 원거리 통신이 가능하지만, 공항의 통신 선로와 같이 일반 통신회선을 사용하는 경우 사용이 불가능하다.

일반적으로 효과적인 위성항법 신호의 감시를 위해서는 약 12년 이상의 데이터가 필요하며, 이를 위하여 위성항법 지속적인 데이터의 축적이 필요하다. 기존의 수신기를 사용하여 통신이 불가능한 지역의 데이터를 축적하기 위해서는 독립된 컴퓨터를 각각의 수신기에 직접 연결하여 지속적으로 데이터를 저장하고 일정한 주기로 데이터 수집 인력이 통신 불능지역에 출입을 하여야 한다. 이 경우 수신기의 신속한 유지보수가 어려우며, 수신기에 연결된 컴퓨터에 오류가 발생하여 위성항법 신호를 획득하지 못하는 경우 귀중한 데이터를 손실하는 문제가 발생한다. 그러므로 기존의 방법들은 공항과 같은 넓은 지역과 출입의 통제가 심한 지역에 사용하기에는 한계가 있다.

본 보고서에서는 제안한 통신시스템을 구성하는 경우, 지속적으로 위성항법 신호를 축적할 수 있으며, 3중의 백업 시스템이 구성되어 단일 통신시스템으로 구성되는 경우보다 안정적으로 위성항법 신호를 축적할 수 있는 방법을 설명한다. 또한 공항과 같은 위성항법 신호를 감시하기 위한 지역에 놓이는 컴퓨터뿐만 아니라 인터넷이 가능한 전 세계 어디에서나 위성항법 신호의 감시 상태를 확인할 수 있다.

그림 3-5-1의 통신선로 구성방법은 일련의 위성항법 신호의 감시 과정을 처리하기 위한 컴퓨터로부터 원거리에 위성항법 수신기가 설치되는 경우 수신기와 이 컴퓨터 사이에 통신이 가능하도록 한다. 출입이 자유스럽지 못한 지역에 위성항법 신호 감시를 위한 시스템을 구성할 경우 원격으로 수신기를 제어하여야 하는데 그림 3-5-1과 같은 통신선로 구성은 이러한 어려움을 해결해 주며, 데이터의 결손 없이 지속적으로 위성항법 신호를 축적하여 향후 수년 동안의 데이터를 활용한 위성항법 신호 감시 연구를 하기 위하여 사용할수 있게 한다.

그림 3-5-1의 구성은 크게 3개 이상의 위성항법 신호수신 장비, 위성항법 데이터 처리 및 감시를 위한 장비, 원거리 컴퓨터로 이루어져 있다. 위성항법 신호수신 장비와 위성항법 데이터 처리 및 감시를 위한 장비는 일반 통신 선로로 연결되어 있으며, 위성항법 데이터 처리 및 감시를 위한 장비와 원거리 컴퓨터는 인터넷 회선으로 연결되어 있다.

위성항법 신호수신 장비는 위성항법 수신기, 2개의 DSL 모뎀, 데이터 저장용 및 전송을 위한 컴퓨터로 구성되어 있으며, 이때 2개의 DSL 모뎀은 각각 원거리 Serial 통신을 지원해주는 모델과, 원거리 TCP/IP 통신을 지원해주는 모델로 구분 된다.

위성항법 데이터 처리 및 감시를 위한 장비는 위성항법 신호수신 장비에 비례하는 DSL 모뎀과 데이터 처리, 저장, 신호감시 기능을 구현하는 컴퓨터, 인터넷 허브로 구성된다. 이때 DSL 모뎀은 위성항법 신호수신 장비에 있는 원거리 Serial 통신을 지원해주는 모델과 원거리 TCP/IP 통신을 지원해주는 모델로 구성 된다. 또한 TCP/IP를 지원해주는 모델의 모뎀은 인터넷 허브를 통하여 인터넷에 접속이 된다.

원거리 컴퓨터는 위성항법 신호수신 장비에 인터넷 회선을 통하여 직접 접속이 가능하며, 데이터 처리, 저장, 신호감시 기능을 구현하게 된다.

본 보고서에 제안된 형태의 통신시스템을 구성하는 경우 데이터 처리 및 신호감시 장비의 컴퓨터의 이상으로 직접적인 위성항법 신호 감시가 수행되지 않는 경우에도, 원거리 컴퓨터에 의하여 위성항법 신호를 감시할 수 있어 끊임없이 기능을 수행할 수 있다.

일반 통신 선로의 이상으로 위성항법 데이터 처리 및 신호감시 장비의 컴퓨터에 데이터가 축적되지 않는 경우, 위성항법 신호수신 장비의 컴퓨터에서 데이터를 축적하게 되며, 인터넷 회선에 문제가 없는 경우 원거리 컴퓨터에서 데이터를 축적하게 된다. 데이터 축적의 경우 3중의 백업 시스템이 구성되어 단일 통신시스템으로 구성되는 경우보다 안정적으로 위성항법 신호를 축적할 수 있다.

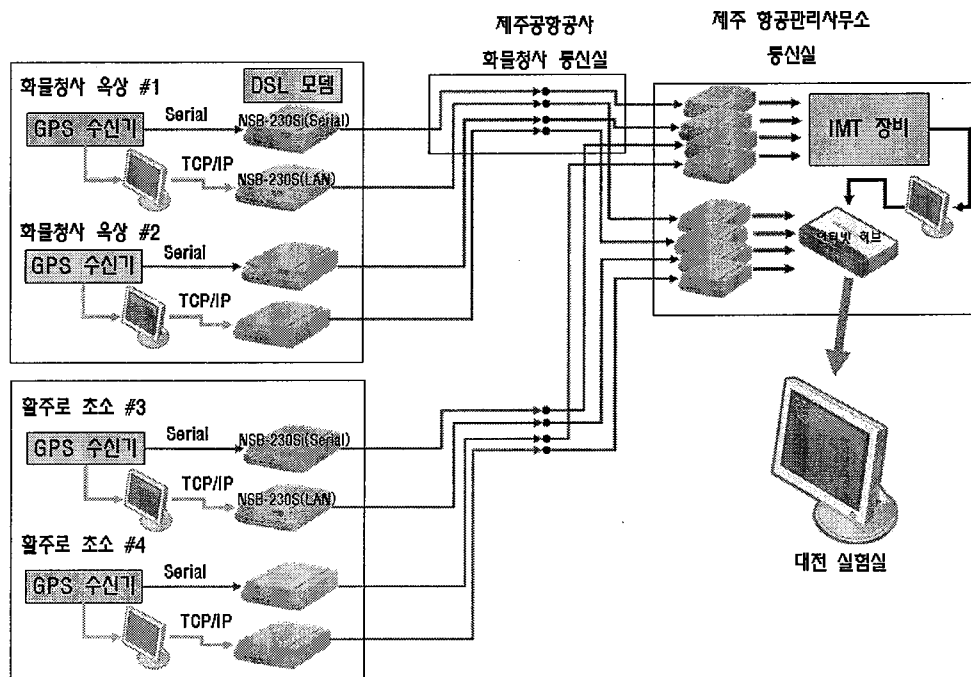


그림 3-5-1. IMT 장비의 데이터 획득 이중화

제 6 절 위성항법 지상기반 보강시스템 국내 구축 방안 연구

1. FAA의 LAAS 시험 운용 사례 분석

미국 FAA (Federal Aviation Administration) 휴즈 기술센터 (William J. Hughes Technical Center)의 LAAS 시험평가탑은 아틀란틱 국제공항(Atlantic City International Airport)에 LAAS (Local Area Augmentation System)을 시험평가할 수 있는 LTP (LAAS Test Prototype)을 운영 중에 있다. 그림 3-6-1은 아틀락틱 공항의 LTP 전경을 나타낸 것이다. 아틀란틱 공항에 설치된 LTP의 구성도는 그림 3-6-2와 같다.

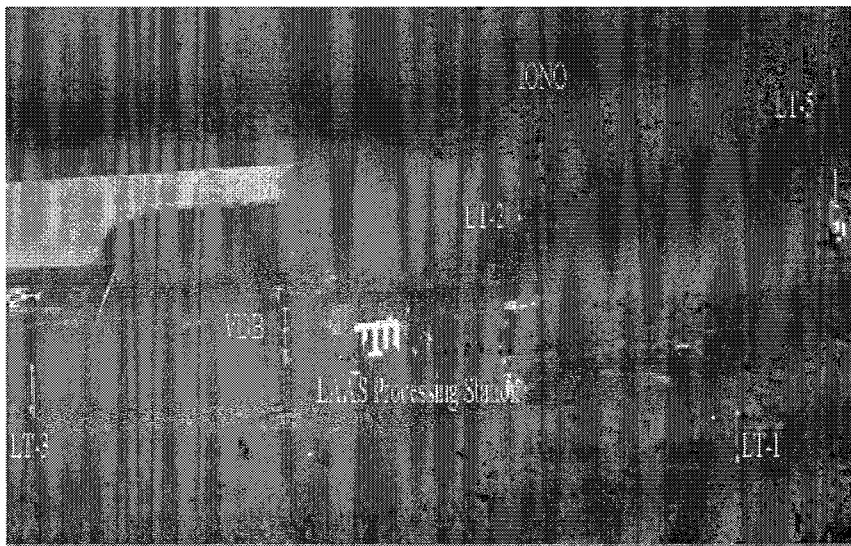


그림 3-6-1. 미국 아틀란틱 공항의 LTP (자료 : 미국 FAA)

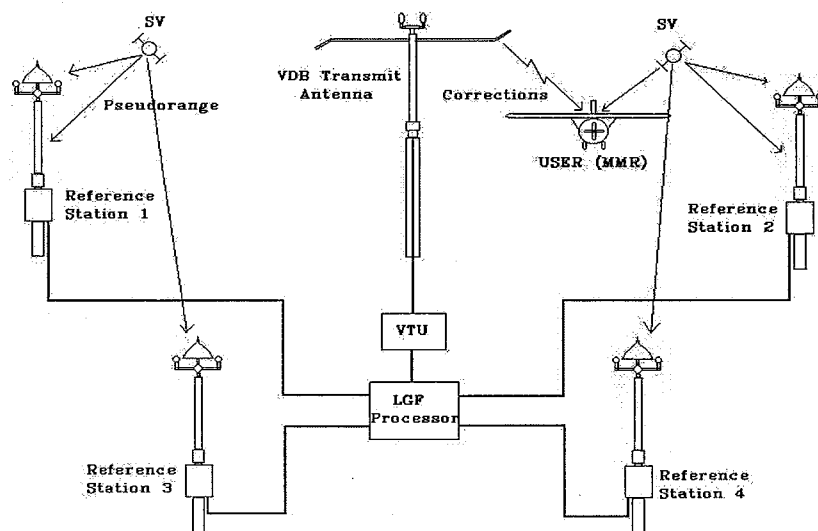


그림 3-6-2. 미국 아틀란틱 공항의 LTP의 구성도 (자료 : 미국 FAA)

LAAS 시험평가팀은 LTP를 활용하여 LAAS의 하드웨어 및 소프트웨어의 성능을 평가하고 있다. LAAS 시험평가팀은 개발된 LAAS의 알고리즘을 검증하고 새로운 변화가 발생하는 경우 혹은 문제점이 발생하는 경우에 대하여 분석하는 역할을 담당하고 있다. LAAS 시험평가팀은 미국 멤피스 (Memphis) 공항에 설치되어 있는 Honeywell LAAS 장비를 시험 평가하는 역할도 담당하고 있다. 이러한 연구 개발 활동은 보고서 형태로 출판되어 인터넷을 통하여 공지되고 있다.

또한 LAAS 시험평가팀은 인터넷 홈페이지 <http://www.gps.tc.faa.gov/acylaas1.asp>에서 LTP의 데이터를 1분 간격으로 그림 3-6-3과 같이 공지하고 있다.

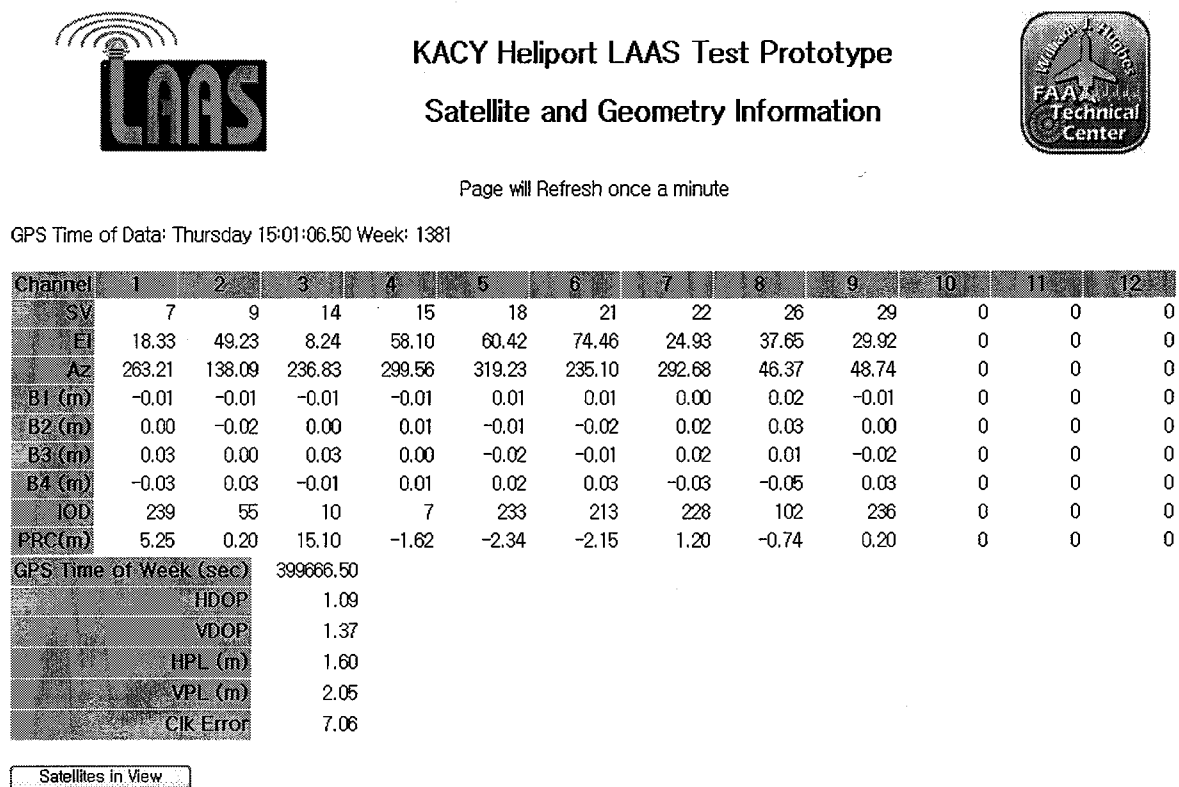


그림 3-6-3. 미국 아틀란틱 공항의 LTP의 구성도 (자료 : 미국 FAA)

2. 인증을 위한 시험 평가 방안 조사 및 자료 분석

GBAS 지상 장비를 국내 공항에 설치하기 위해서는 인증 과정이 필수적이다. 우리나라의 경우 GBAS 관련 장비를 인증한 선례가 없기 때문에, 미국 FAA의 LAAS 장비 인증을 참고 인증을 위한 방법을 마련할 필요가 있다. 이를 위하여 본 보고서에서는 미국 FAA의 LAAS 장비 인증에 대한 내용을 정리한다.

GBAS 관련 장비의 인증을 위해서는 그림 3-6-4의 순서로 인증 절차를 거치게 된다. 그림 3-6-4의 인증절차에 대한 설명은 아래와 같이 정리할 수 있다. 표 3-6-1은 인증의 각 단계에서 필요한 검토 사항을 정리한 것이다.

- Avionics Approval
 - GBAS 항공기 탑재장비의 인증 (항공기 탑재장비 제작업체 책임)
- System Design Approval
 - GBAS 지상장비 인증 (지상장비 제작업체 책임)
- Facility Approval
 - GBAS 지상장비 사용에 대한 인증 (공항이 책임)
- Service Approval
 - GBAS 서비스 제공에 대한 인증 (공항이 책임)
 - GBAS 탑재장비 및 항공기 운영에 대한 인증 (항공사가 책임)

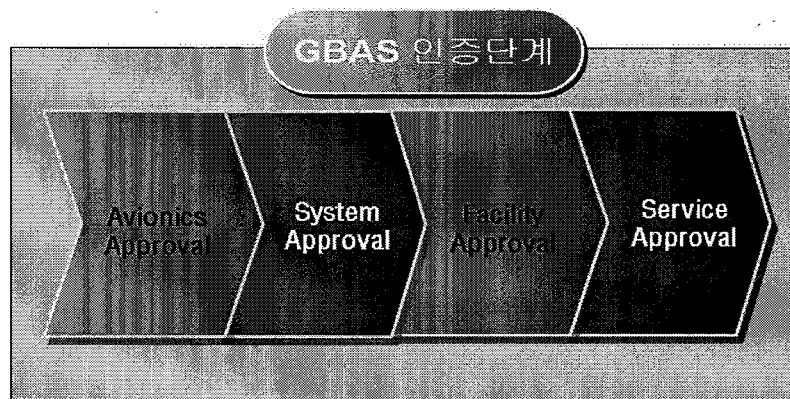


그림 3-6-4. GBAS 인증단계

표 3-6-1. GBAS 인증을 위한 세부 확인 항목

대분류	업무내용
Avionic Approval	탑재장비 개발은 본 과제의 연구 분야가 아님
System Design Approval	System Engineering
	System Safety Assessment
	System Level Verification
	Software Design Assurance
	Complex Electronic Hardware Design Assurance
	Commercial Instruction Book
Facility Approval	Training
	Pre-installation
	Installation
	Integration and Commissioning
	Transfer to operations
Service Approval	Post-implementation
	GBAS sponsor must be concerned with service plans
	Air carrier applicant must submit their airborne avionics/aircraft certification request through established certification channels

3. 국내 LAAS 시스템 구축 방안 연구

미국을 비롯하여 브라질, 스페인, 호주, 독일 등은 이미 GBAS 관련 장비를 설치하여 자국의 위성항법신호 특성을 분석하고 있으며, 향후 사용될 GBAS에 대하여 사전 연구를 진행하고 있다. 그림 그림 3-6-5는 해외 GBAS 관련 연구개발 설비 현황을 나타낸 것이다.

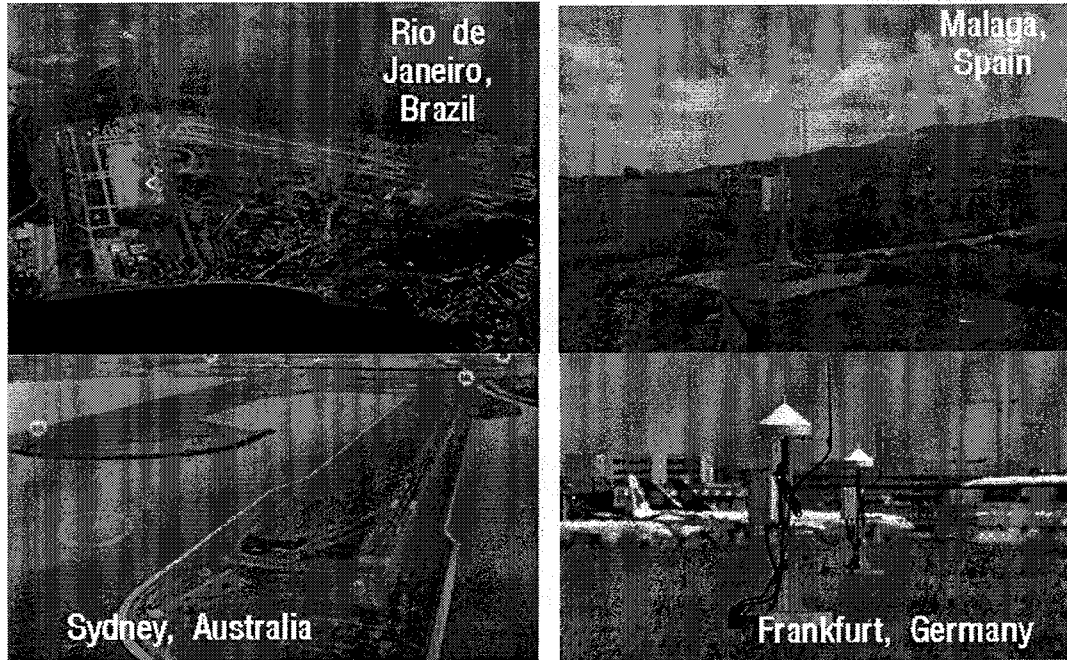


그림 3-6-5. 해외 GBAS 관련 설비 현황

미국 FAA의 LAAS 개발 비용의 예상액은 1992년 개발 초기 5억3천만 달러로 추정되었으나 현재까지 31% 이상 초과 예산 소요가 있었으며 현재 6억9천6백만 달러가 개발비로 사용되었다. 이것은 FAA가 LAAS 개발계획을 추진하면서 개발 내용의 어려움을 잘못 평가하여 초기 예상 연구비에 대비해 증가를 가져왔기 때문이다. 미국의 회계감사원은 FAA의 초기 LAAS 연구개발자들이 무결성 요구사항의 어려움을 예측하지 못하여 개발비를 저평가한 것으로 지적하였으며, 기업체와 같은 투자자의 충분하지 않은 참여가 LAAS 개발의 속도를 저하시킨 것으로 지적하였다(참조 : 미국 회계감사원 (Government Accountability Office)의 2004년, 2005년 보고서).

2005년 LAAS 지상장비를 개발하는 Honeywell은 기존의 LAAS 지상장비의 무결성 알고리즘을 업그레이드 하는데 만 무려 4백5십만 달러를 사용하였으며, FAA는 LAAS 지상장비를 개발하였던 기존의 기술을 활용하여 CAT-II 시스템을 개발하는데 2천5백만 달러, CAT-III 시스템을 개발하는데 5천만 달러가 소요될 것으로 현재 예상하고 있으나, 상황에 따라 비용은 증가할 수 있을 것으로 여기고 있다(참조 : Flt Tech Online, 2005년 6월 20일, Avionics Magazine, 2002년 9월 1일). 미국 LAAS 개발의 역할 분담은 아래와 같다.

- FAA의 역할
 - RNP 기발의 접근 및 착륙절차의 개발 및 승인
 - 처리능력의 증가 및 효율성의 향상을 위한 연구
- 산업체 및 사용자의 역할
 - 위성항법 장비를 장착한 항공기의 제공 및 운용
 - 항공용 위성항법 장비의 개발
 - Honeywell LAAS 지상장비의 설치

기존의 국내 연구개발 수행업무는 장비개발에 소요되는 핵심 알고리즘을 개발하고 이를 시현하기 위한 Testbed를 제작하는 수준이다. 위성항법시스템 선진국인 미국의 FAA의 기술진도 새로운 시스템의 복잡성과 구현의 어려움을 예측하지 못하여 LAAS 개발에서 어려움에 봉착하였는데, 국내 기술로 LAAS에 대응하는 기술을 단기간에 개발하는 것은 불가능하다. GBAS 장비를 개발하여 수익을 단기간에 창출할 수 있는 국내 기업의 참여가 없을 것으로 예상하는 여건에서 적은 국가 연구개발 비용만으로 GBAS 장비를 독자적으로 개발하는 것은 불가능한 것을 판단된다. 전 시스템 개발을 위해서 미국의 FAA가 지출한 비용은 6억9천6백만 달러였으며, 현재까지 관련 연구에 투입된 국내 개발비는 30억4천2백만원에 불과하다. 연구비를 비교하면 국내 연구개발비는 미국의 연구개발비의 0.3%에 해당한다.

우리나라의 GBAS 개발 방안은 아래와 같이 3가지 방안으로 요약할 수 있다.

- 1안 : 해외기술에 전적으로 의존하며 도입 및 구축
 - 연구개발의 기회 상실
- 2안 : 국내 기술로 독자 개발
 - 천문학적 비용 발생
 - 미국의 경우 6억 9천 6백만불 사용
 - 연구개발의 시행 착오로 투자 대비 효과 미비
- 3안 : 장비를 해외에서 도입하며, 국내 기술력을 활용
 - 현지화에 필요한 기술들의 독자 확보
 - 장비성능 적부 능력 등 국가 인증에 대한 독립성 확보
 - 수정보완 작업을 자체 수행함으로 외화 손실 방지
 - 차세대 항공기 정밀착륙장비 개발 기반 확보

위에서 나열한 3가지 대안 중에서 3안이 가장 유력한 개발 방안이며, GBAS 지상장비 System 개발을 독자적으로 수행하기 위해서는 막대한 연구비와 상당한 시간이 소요될 것으로 판단되는 상황에서 가장 효율적인 방법으로 여겨진다.

연구개발 추진 전략

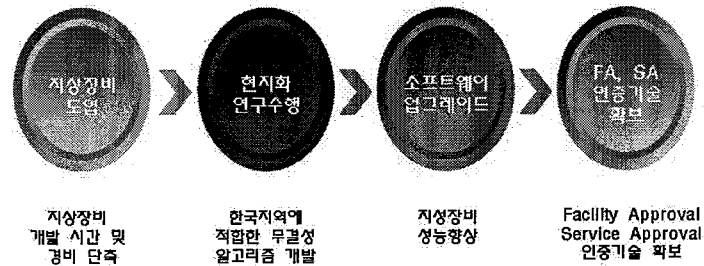


그림 3-6-5. GBAS 개발 단계

국내 여건을 감안할 때 비용대 효과 측면에서 바람직한 GBAS 시스템 개발 방안은 선진국의 지상장비를 도입하여 지상장비의 현지화 연구를 수행하는 것으로 판단되며, 미국 Honeywell과 협의에 의하면, 전리층, 대류권, 다중경로 오차로 발생하는 무결성 위험요소에 관한 연구를 한국에서 수행할 수 있으며, 이를 기반으로 한국지역에 적합한 무결성 검출 모델을 개발하고 이 알고리즘을 활용하여 GBAS 지상장비의 성능을 향상시킬 수 있다. 지상장비의 성능개선 과정에서 Facility Approval 및 Service Approval 인증기술을 확보할 수 있는 수준의 Testbed 구축하는 것이 가능하다.

제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 대외 기여도

제 1 절 연구개발 목표 달성도

본 연구의 최종목표는 “IMT를 활용한 위성항법 신호의 신뢰성을 분석” 이다. 이를 위하여 IMT를 설치하고, 지상 및 비행 시험을 수행하며, 개선방안을 연구하는 것이 본 연구의 주요 연구 내용이다. 연구개발 목표 및 달성도는 표 4-1-1과 같다.

표 4-1-1. 1차년도 연구개발 목표 및 달성도

구분	연구개발 목표	연구 성과	달성도 (%)
1차년도 (2007)	위성 항법 시스템 IMT 시험평가와 무결성 성능향상을 위한 연구	○ 위성항법시스템 IMT 시험평가 · IMT 장비 제주도 이전 및 설치 · 정적 시험 평가 · 동적 시험 평가 · 비행 시험 평가 · IMT 기능 성능 향상 방법 연구 ○ GBAS 구축 방안 연구 · GBAS 해외 구축 사례 분석 · 국내 구축 방안 연구 · 인증을 위한 자료 조사 및 방법 분석	100

제 2 절 관련분야 기여도

1. 위성항법시스템 IMT 시험 평가

세계적으로 국제민간항공기구 (ICAO)의 새로운 항행시스템 구축계획에 부합하는 항공용 위성항법 보강시스템의 연구가 진행되고 있으며 국내에서도 그 연구가 필요하다. 우리나라 대부분의 지방공항은 군사적인 이유로 매우 제한된 공역만을 사용할 수 있으며, 우리나라 국토의 70%가 산악 지형이므로 계기착륙시설을 설치하고 운영하기에 용이하지 않은 환경에서 위성항법을 활용한 연구는 큰 의의가 있다. 국내외 여건을 고려하여 항공용 위성항법 보강시스템의 개발이 필요하며, 이를 위하여 위성항법신호의 신뢰성 분석 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 국내 최초로 실제 항공기 이착륙 공항에 IMT 장비를 설치하였으며, 실제 항공기 이착륙 공항의 위성항법신호를 측정함으로써 연구의 실효성을 확보하였다.

2. GBAS 구축 방안 연구

본 연구를 진행하면서 차세대 항행안전기술 연구개발 로드맵이 확정되었으며, 그 로드맵에 따르면 위성항법 지상기반 보강항법시스템 개발이 최우선 과제로 선정되었다. 향후 위성항법 지상기반 보강항법시스템 개발이 본격화 할 경우 무결성 연구에 본 연구의 결과가 필요할 것으로 예상 된다.

GBAS를 국내에 구축하는 경우 장비를 해외에서 도입하며, 국내 기술력을 활용하는 방법이 가장 타당한 것으로 여겨진다. 이 경우 현지화에 필요한 기술들의 독자 확보할 수 있으며, 장비성능 적부 능력 등 국가 인증에 대한 독립성 확보할 수 있고, 수정보완 작업을 자체 수행함으로써 외화 손실 방지할 수 있고, 차세대 항공기 정밀착륙장비 개발 기반 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

제 5 장 향후 연구개발 계획

항공용으로 위성항법시스템을 활용하기 위하여 신뢰성 분석이 요구되며 이를 위하여 장주기 변화에 대한 연구가 필요하다. 위성항법신호의 가장 큰 주기변화는 태양활동에 따른 변화로 약 11년마다 반복되며, 보강시스템의 신뢰성 정보의 성능을 보장받기 위해서는 장시간의 데이터 분석을 통하여 장주기 변화를 감지 알고리즘에 반영시켜야한다.

또한 국가인프라의 안전한 사용을 지원하기 위한 위성항법신호 감시 연구가 필요하다. 위성항법신호를 감시하지 않고 사용하는 경우 그 성능을 보증할 수 없으며, 실제로 다수의 위성항법신호에 이상 현상이 발생하는 것으로 보고되고 있다. 이러한 감시를 위하여 관측된 데이터를 바탕으로 위성항법 감시시설의 성능을 개선할 필요가 있다.

본 연구 결과를 활용하여 지역마다 특성이 다른 위성항법신호를 분석하여 제주지역에 적합한 감시모델을 제작하고 이를 활용하여 보다 효과적인 위성항법신호 감시 성능을 확보하여야할 수 있을 것으로 판단된다. 이를 위하여 아래와 같은 추가 연구를 수행할 계획에 있다.

- 항공용 위성항법신호 감시시설을 활용한 연구 및 시설 유지관리
 - 감시시설을 활용한 항공분야의 위성항법신호 감시 연구 수행
 - 지속적인 위성항법신호의 데이터 축적을 위하여 데이터 백업 작업 수행
- 위성항법신호 감시시설 성능지표의 실시간 인터넷 공지를 위한 성능 개선 작업 수행
 - 제주 및 대전의 위성항법신호 감시시설의 실시간 항법신호 모니터링 결과 자동 산출을 위한 하드웨어 설치 작업
 - 제주 및 대전의 위성항법신호 감시시설의 실시간 항법신호 모니터링 결과 자동 산출을 위한 프로그램 작업
- 장시간 축적된 위성항법신호 데이터 베이스를 활용하여 위성항법 보강시스템의 현지화 알고리즘 개발
 - 획득된 위성항법신호를 기반으로 제주 및 대전의 위성항법신호 감시시설의 알고리즘을 개선
 - 시간에 따라 주기적으로 달라지는 위성항법신호의 특성을 분석하여 제주 및 대전에 적합한 고장검출 모델 개발
 - 지역적 고장검출 모델을 적용하여 위성항법신호 감시시설의 성능을 개선
- 위성항법신호 데이터를 지속적으로 감시하기 위하여 감시시설을 유지관리하며 감시시설의 성능 강화를 위하여 위성항법신호 데이터를 분석
 - 위성항법신호 감시시설의 유지보수를 위하여 주기적으로 제주공항에 인력을 파견
 - 획득한 위성항법신호를 처리하여 감시시설의 성능 분석
- 복합 위성항법시스템을 위한 신호감시 장비 성능 개선
 - 현재 러시아의 GLONASS 위성 정상화 작업 중

- 2013년 유럽의 갈릴레오 위성항법시스템 시험운영 예정
- 2015년 미국의 GPS 시스템의 현대화로 인하여 GPS 위성항법시스템에서 L2c, L5신호를 송출할 예정
- 다양한 위성항법시스템의 위성항법신호를 수신하고 감시하기 위하여 지속적인 장비의 교체가 필요
- 제주공항 확장으로 위성항법신호 감시시설의 이전 준비
 - 제주공항의 위성항법신호 감시시설은 현재 제주항공관리사무소 통신실에 위치하고 있으나, 2010년이후 제주공항 확장공사로 인하여 제주항공관리사무소 통신실을 이전할 계획
 - 제주의 위성항법신호 감시시설의 연속적인 사용을 위해서는 장비 이전이 필요하며 이에 따르는 통신 및 전력 공사가 필요

[참고문헌]

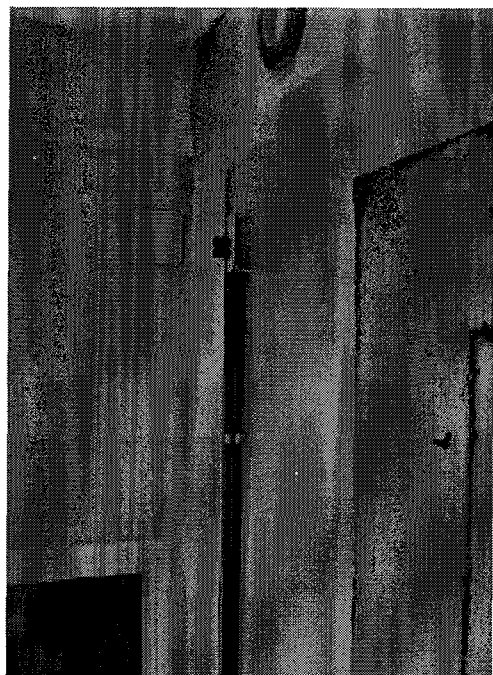
- [1] U.S. Coast Guard Navigation Center, Internet URL : <http://www.navcen.uscg.gov>
- [2] Global Positioning System (GPS) Standard Positioning Service (SPS) Performance Analysis Report, FAA, July 31, 2007
- [3] European Space Agency, Internet URL : <http://www.esa.int/>
- [4] GLONASS IAC (INFORMATION – ANALYTICAL CENTRE),
Internet URL : <http://www.glonass-ianc.rsa.ru/>
- [5] JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency),
Internet URL : http://www.jaxa.jp/projects/sat/qzss/index_e.html
- [6] A. Chen, D.D. Lorenzo, P. Enge, G.X. Gao and S. Lo, GNSS Over China: The Compass MEO Satellite Codes, Inside GNSS, Vol. JULY/AUGUST, pp. 36–43, 2007
- [7] K. Raghu, India to build a constellation of 7 navigation satellites by 2012, livemint news, Sep 5 2007
- [8] Federal Aviation Administration, Internet URL : <http://gps.faa.gov>
- [9] AIRSERVICES AUSTRALIA
Internet URL : <http://www.airservicesaustralia.com/pilotcentre/projects/gnss/>
- [10] Satoshi KOGURE, QZSS/MSAS Status, CGSIC – 47th Meeting , Fort Worth, Texas. September 25, 2007
- [11] GPS Aided GEO AUGMENTED NAVIGATION (GAGAN) – INDIA, Worldwide Symposium on Performance of the Air Navigation System, Montreal, Canada, March 26–30, 2007
- [12] Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces (IS–GPS–200D), Mar. 7, 2006
- [13] Navstar GPS Space Segment/User Segment L5 Interfaces (IS–GPS–705), Sep. 22, 2005
- [14] Hofmann–Wellenhof, Lichtenegger, Wasle, GNSS – GPS, GLONASS, Galileo & more, SpringerWienNewYork, 2007
- [15] E. D. Kaplan, C. J. Hegarty, Understanding GPS Principles and Applications. 2nd Edition, Artech House, 2005.
- [16] ICAO (International Civil Aviation Organization). Internet URL : <http://www.icao.int>
- [17] CAA Paper 2003/9 GPS Integrity and Potential Impact on Aviation Safety Report
Internet URL : <http://www.caa.co.uk>
- [18] Interface Control Document–GPS–200C
- [19] C. Hernandez, C. Caralan, M. A. Fernandez, A.J. Gavin, E. Dardon, J.R. Martin, GMV Aerospace and Defence S.A. "GALILEO Integrity : The Ground Segment Computation Algorithm Perspective" Proceedings of the ION 2006 International Technical Meeting. FortWorth, TX, Sep. 2006.
- [20] Todd Walter, Per Enge, Sanford University. Bruce DeCleene, FAA. "Integrity

Lesson from WAAS Integrity Performance Pannel (WIPP)"

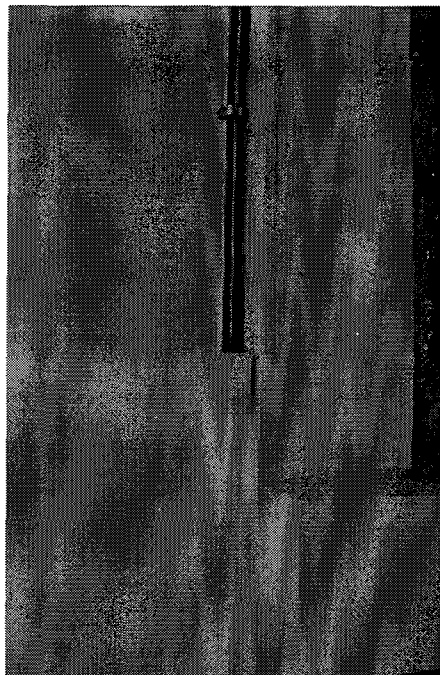
- [21] D. Brocard, T. Maier, C. Busquet "EGNOS Ranging and Integrity Monitoring Station (RIMS)"
- [22] Minimum Operational Performance Standards for GPS/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment. Washington, D.C., RTCA SC-159, WG-4A, DO-229C, Nov. 28, 2001
- [23] J. Lee, "GPS-Based Aircraft Landing Systems with Enhanced Performance : Beyond Accuracy, "in Electrical Engineering, Stanford University, 2005
- [24] G. Xie, "Optimal On-Airport Monitoring of the Integrity of GPS-Based Landing Systems," in Electrical Engineering, Stanford University, 2004
- [25] Lawrence Lau, "Use of Signal-to-Noise Ratios for Real-Time GNSS Phase Multipath", in Geomatic Engineering, University College London, 2005
- [26] 한국항공우주연구원, "항공용 위성항법 기반 기술 개발 - 1차년 사업보고서", 2005, 8
- [27] U.S. Federal Aviation Administration. Internet URL : <http://www.faa.gov>
- [28] European Organization for Safety of Air Navigation. Internet URL : <http://www.eurocontrol.int>
- [29] D. Akos, R. E. Phelts, S. Pullen, and P. Enge, "GPS Signal Quality Monitoring : Test Result, " presented at ION 2000 National Technical Meeting, Anaheim, CA, Jan 26-28, 2000

부록

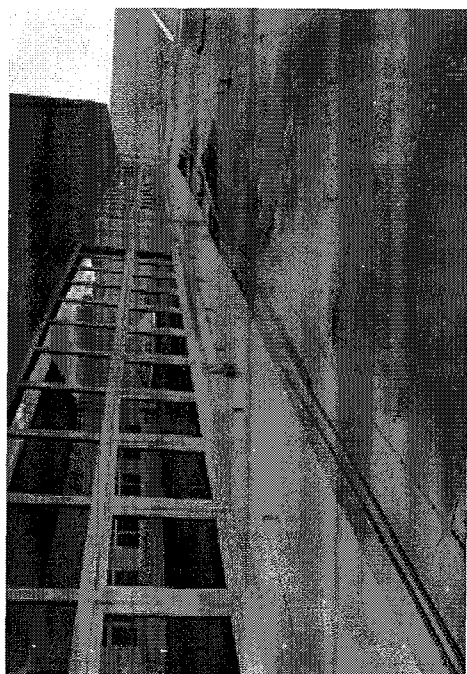
공사사진



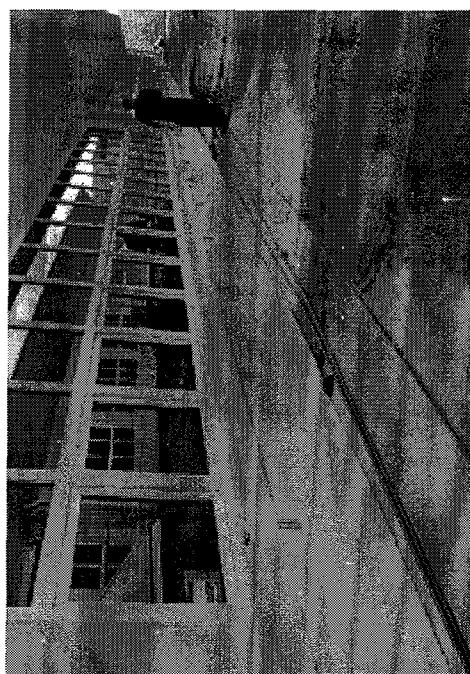
서쪽 폴바스



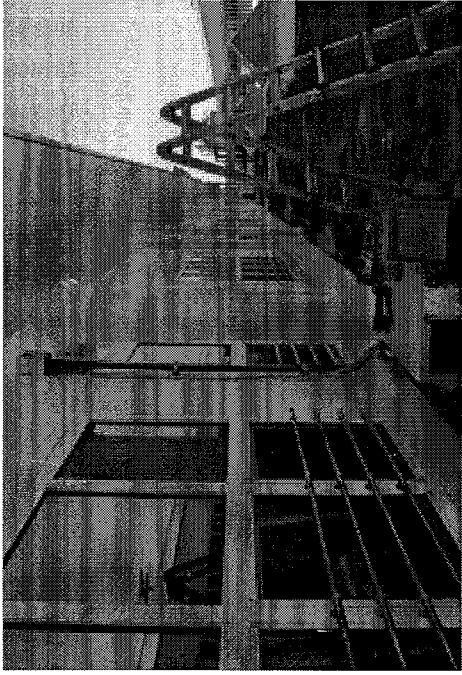
서쪽 폴바스



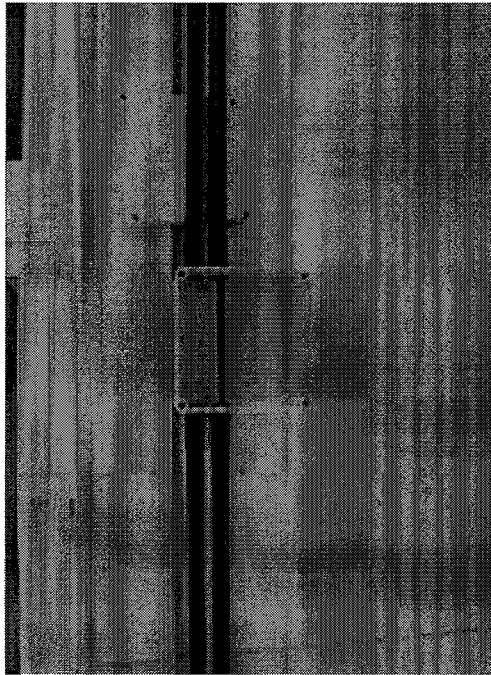
관배동 시청물화



관배동 시청물화



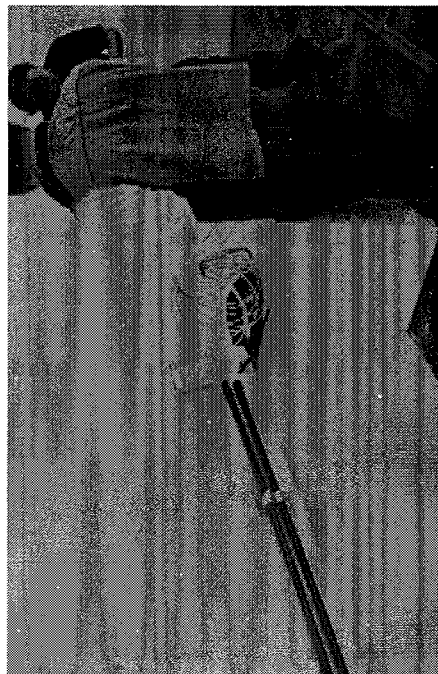
입진
좌측



입진
우측



입진
서쪽



입진
서쪽



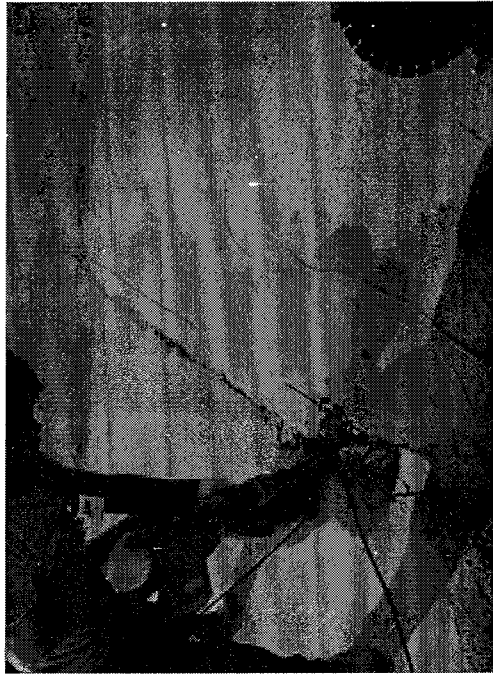
터파기



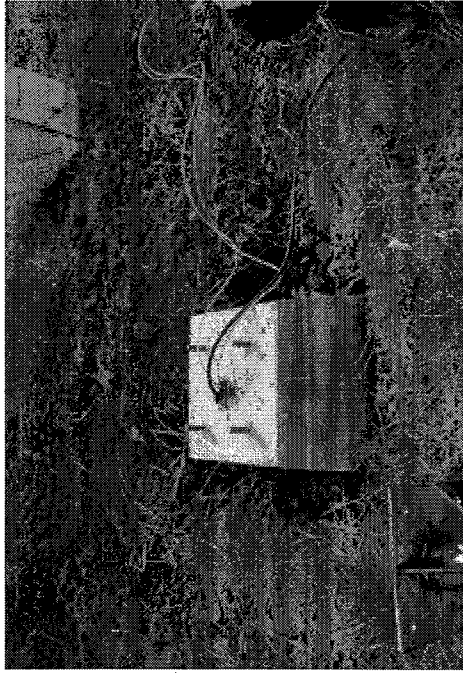
터파기



도로건설



컷팅후 햄머작업



베이스라인



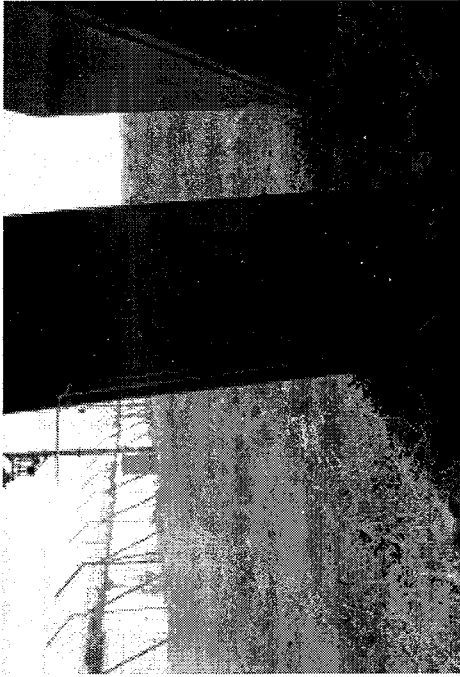
베이스라인작업후



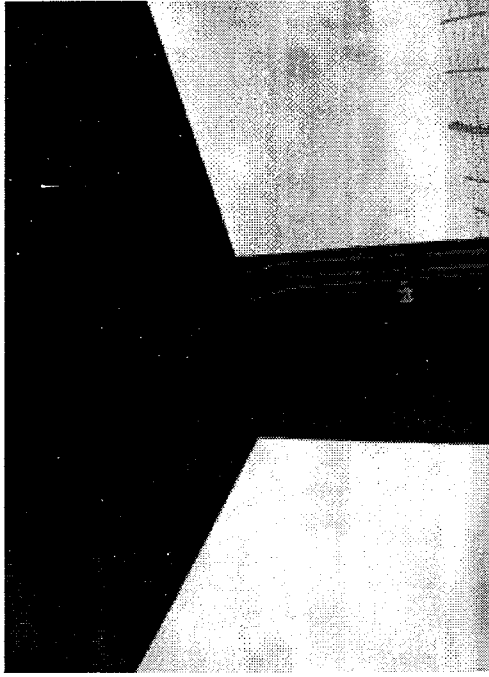
와이어지지대작업



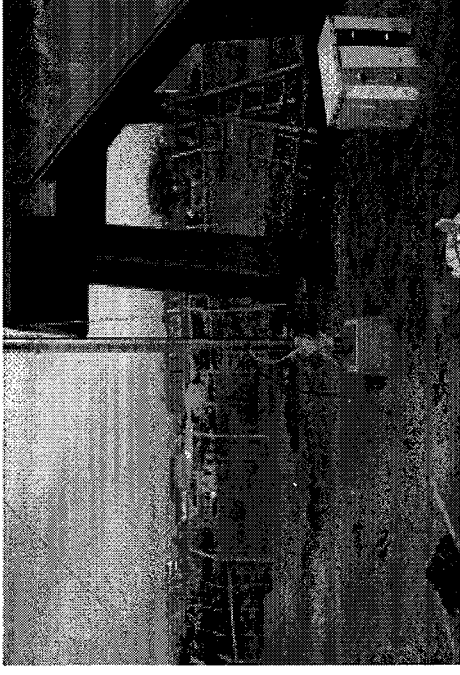
와이어지지대작업



2번 초소 진입배관



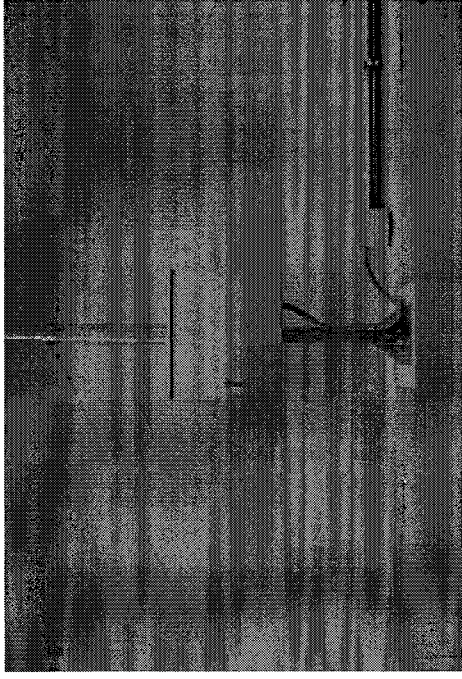
2번 초소 진입배관



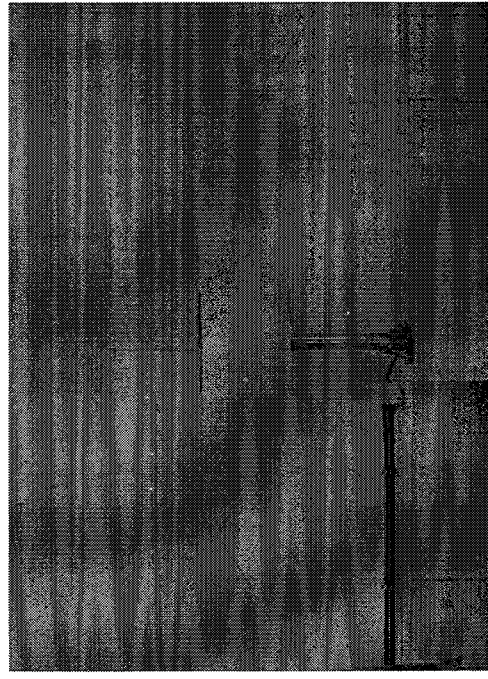
3번 초소 폴대건설



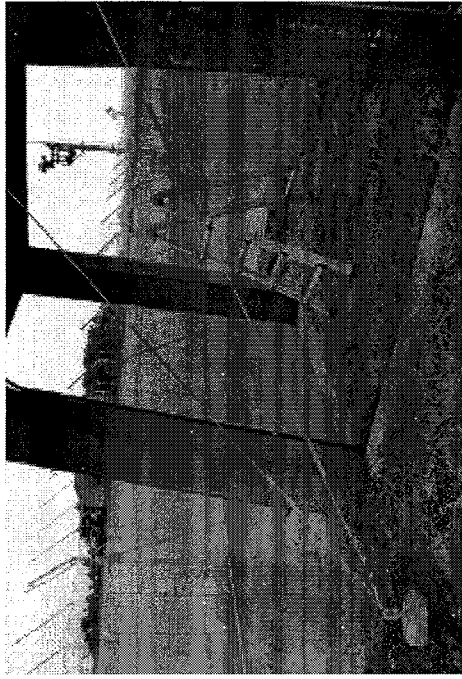
3번 초소 폴대건설



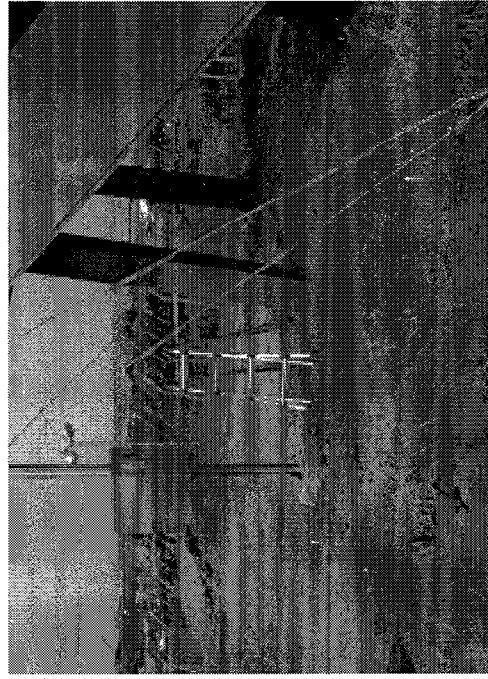
화물정사서쪽합체무작



화물정사동쪽합체무작



와이어경고테이프



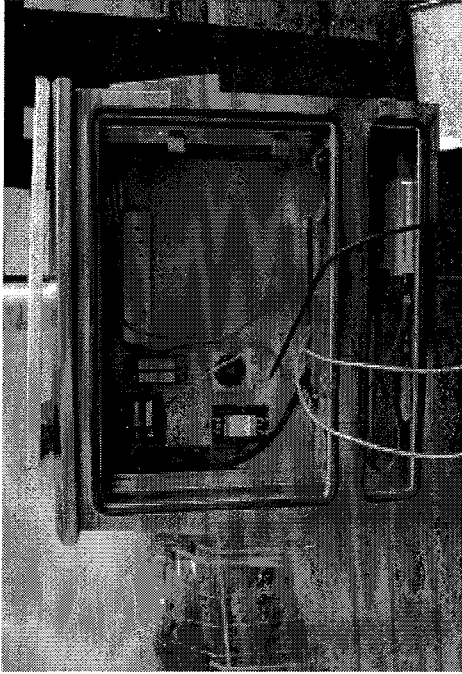
와이어경고테이프



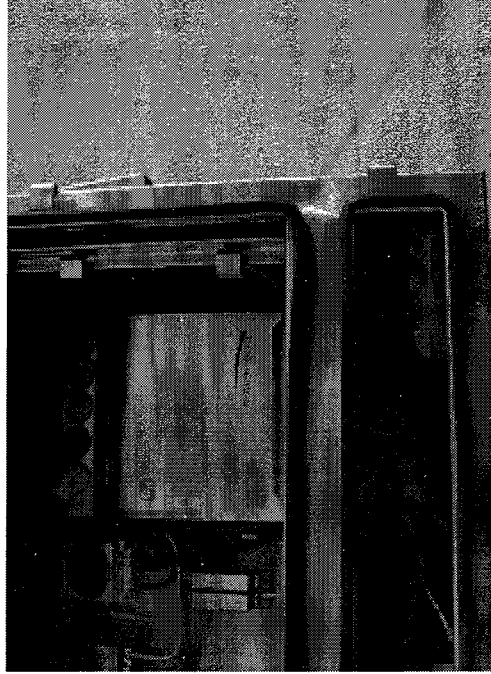
화물청사서쪽배관



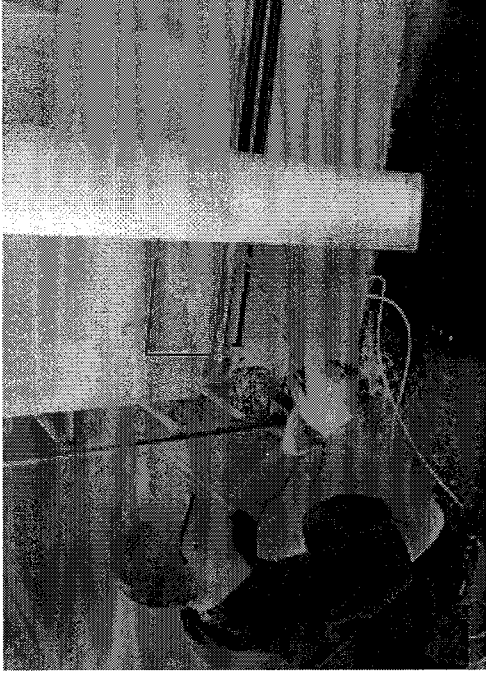
화물청사서쪽배관



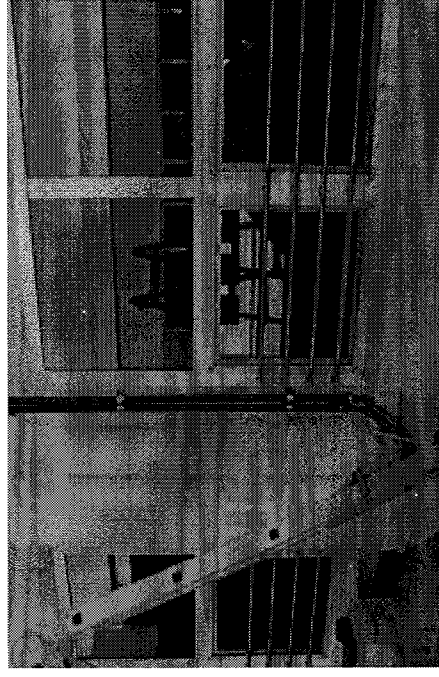
합체내장비파작



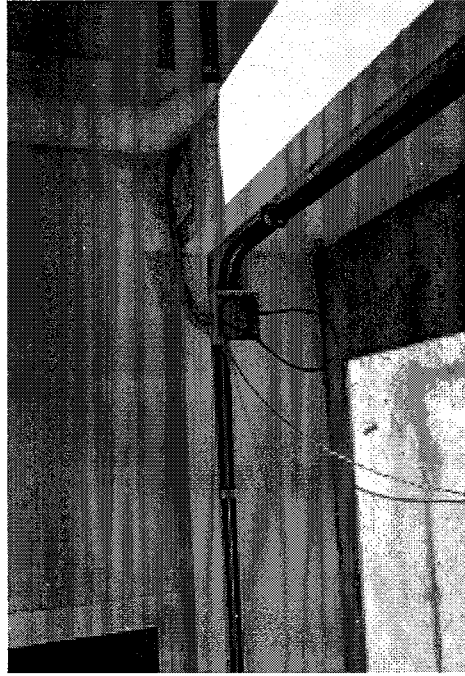
합체내장비파작



화물청사통신선로입선



화물청사배관



화물청사전원부입선



화물청사전원부입선



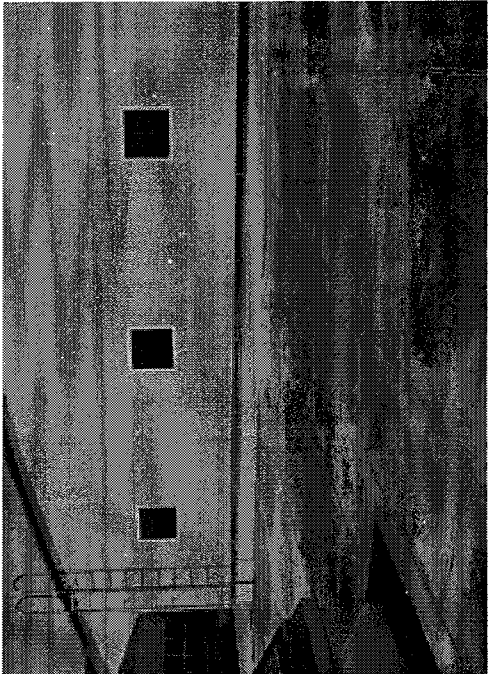
컷팅후터파기



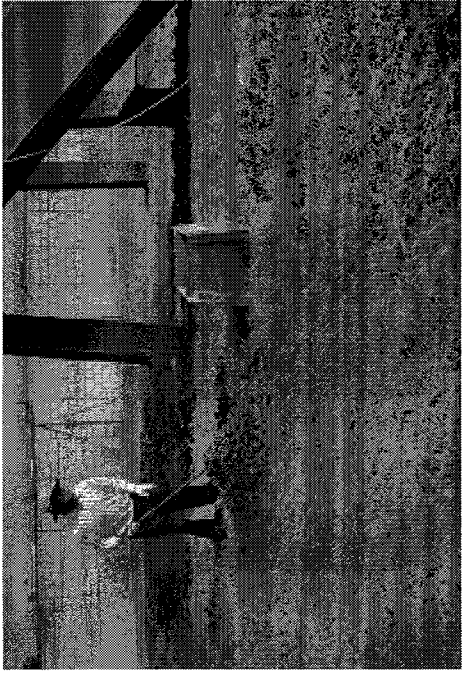
컷팅후터파기



화물청사등쪽배관



화물청사등쪽배관



기초터파기



기초터파기



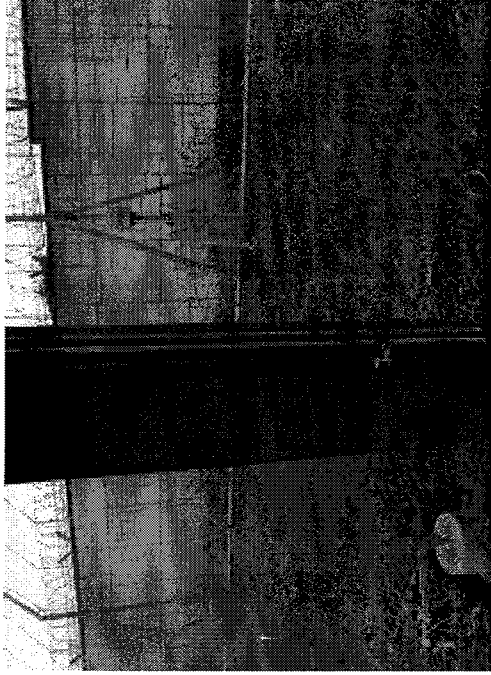
터파기후배관



터파기후배관



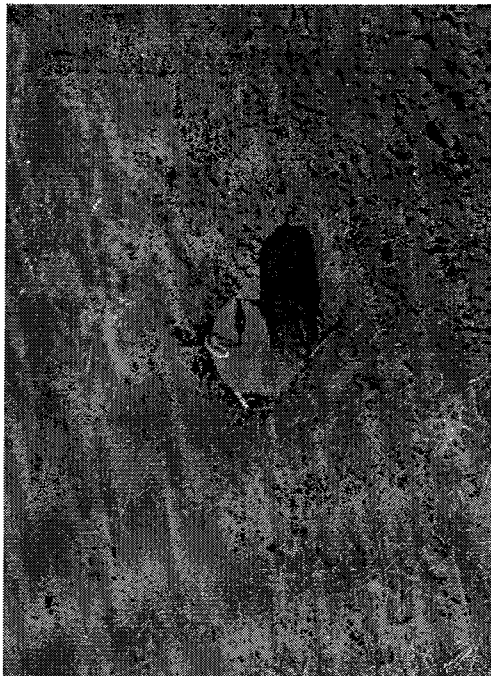
2. 피초소전원배관



2. 피초소전원배관



와이어지지물탈착업



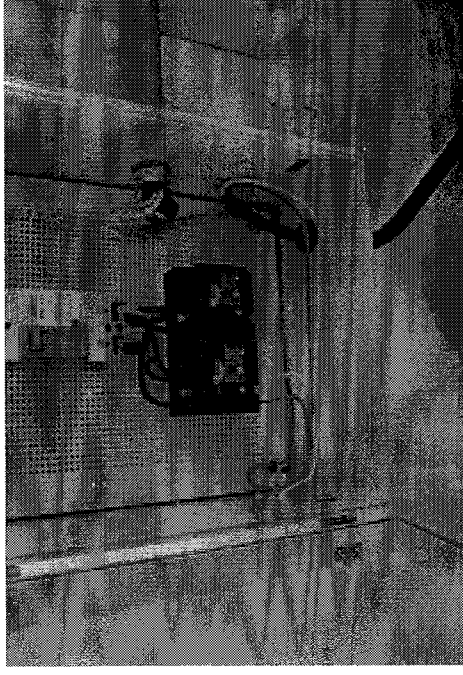
와이어지지물탈착업



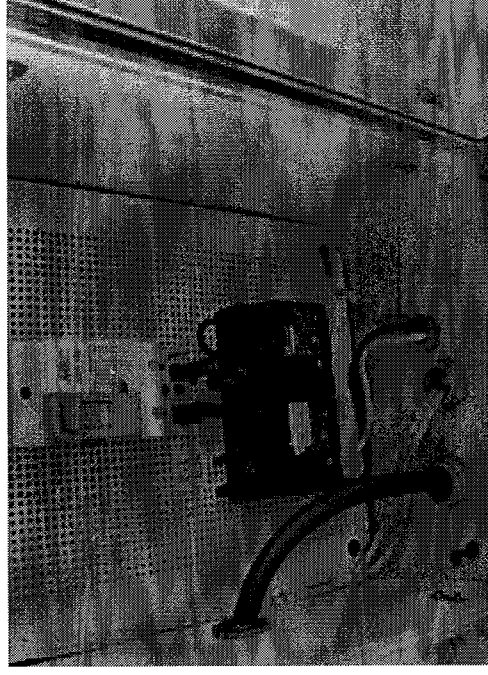
3번 초소합체 부착



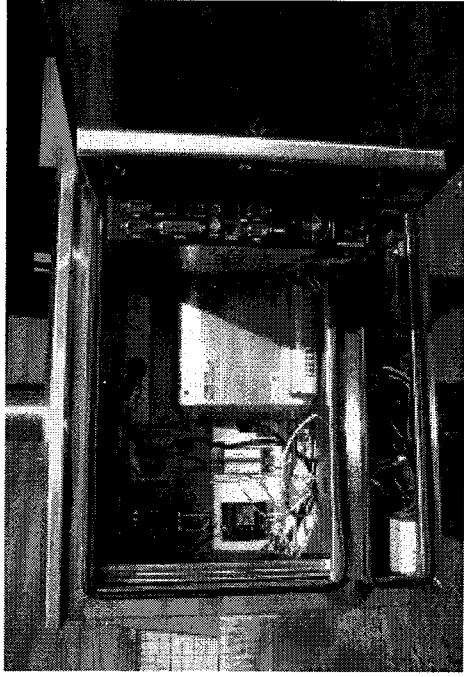
3번 초소합체 부착



전원부ELB부착



전원부ELB부착



합체내 정비부작



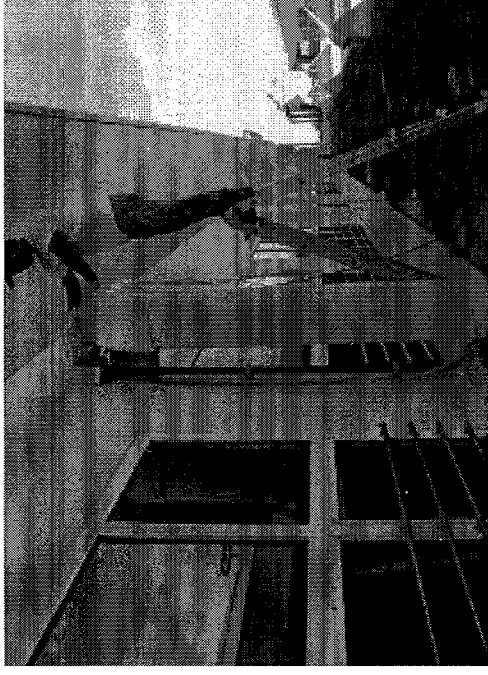
합체내 정비부작



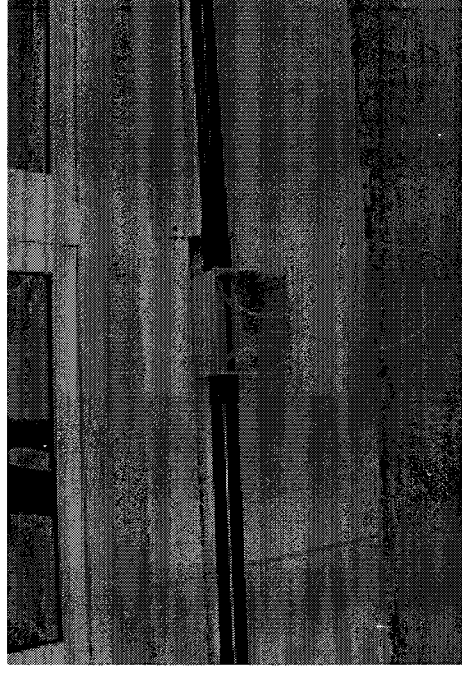
화물청사합체부작



화물청사합체부작



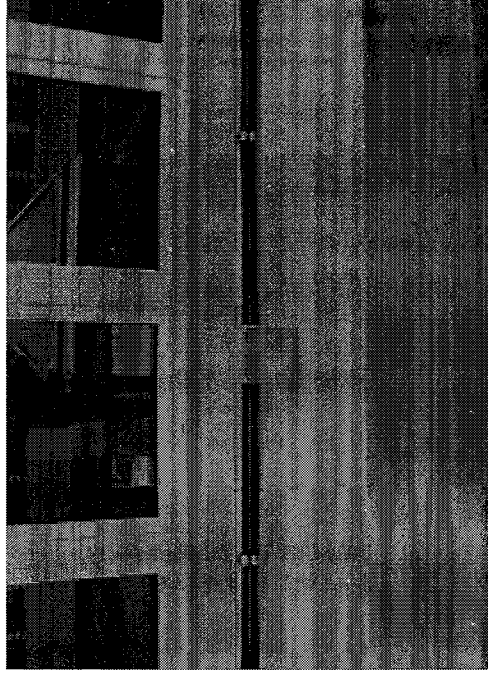
화물청사신로입선



화물청사통신신로입선



후렉수블처리



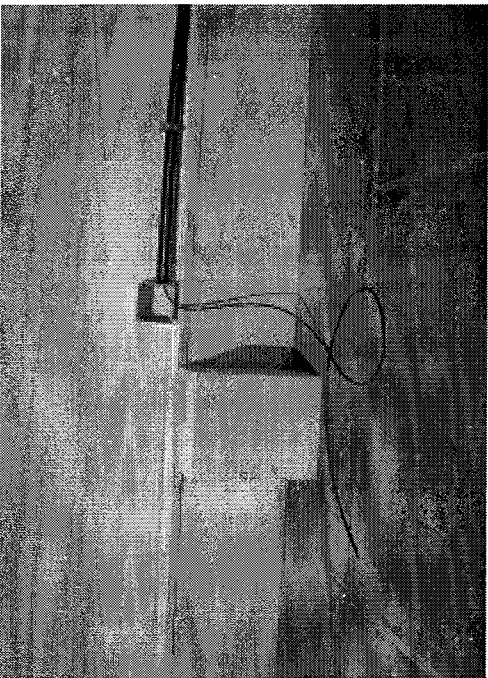
배관중물박스설치



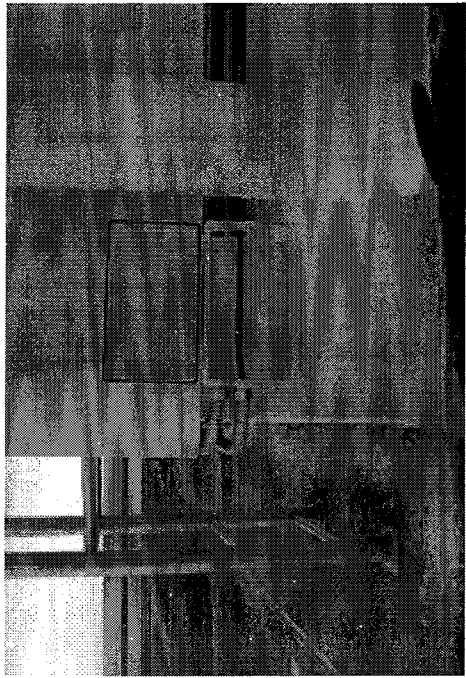
컷팅후터파기



컷팅후터파기



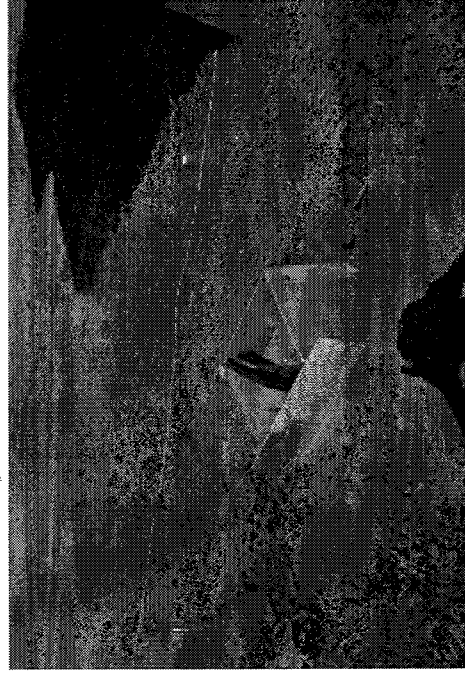
전원케이블입선



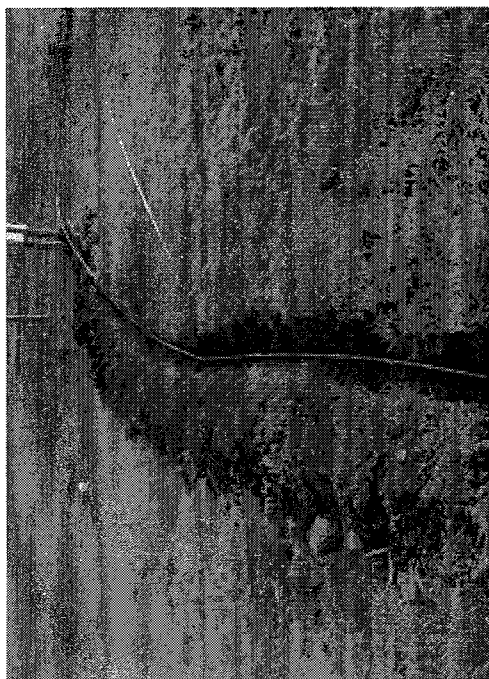
전원케이블입선



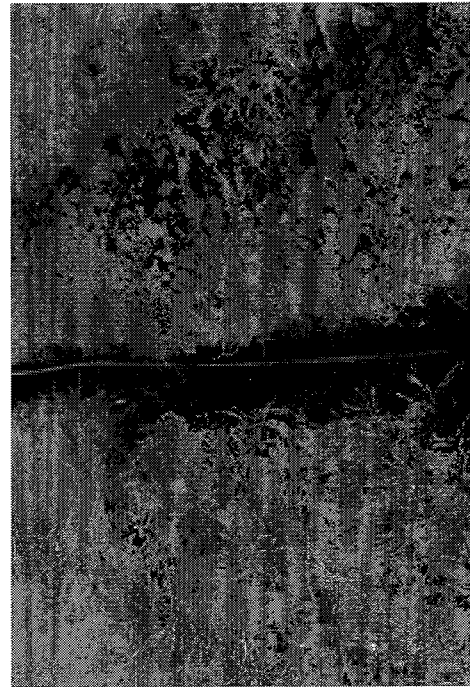
기초를 탐작업



기초를 탐작업



터파기 후배관



터파기 후배관



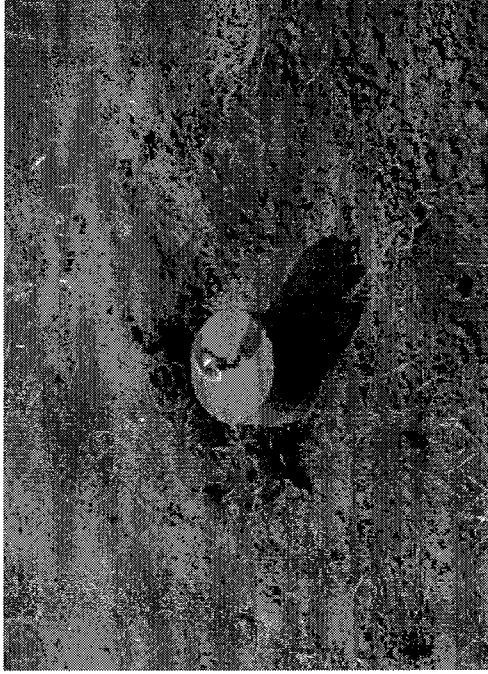
최소양물대 작업



최소양물대 작업



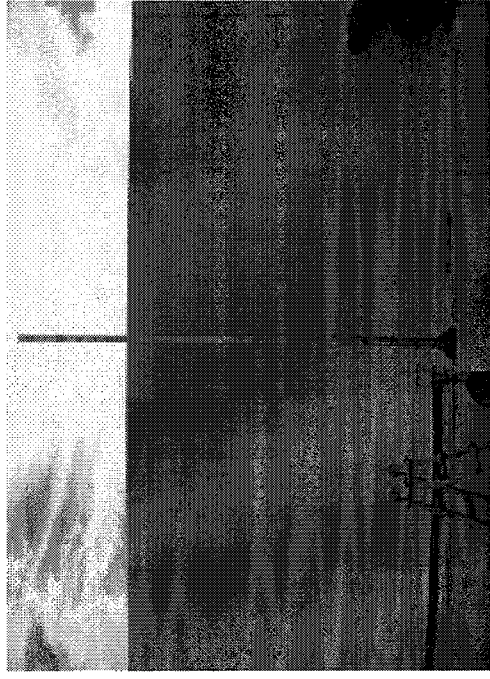
와이어지지물탈출



와이어지지물탈출



화물청사등쪽플대건식



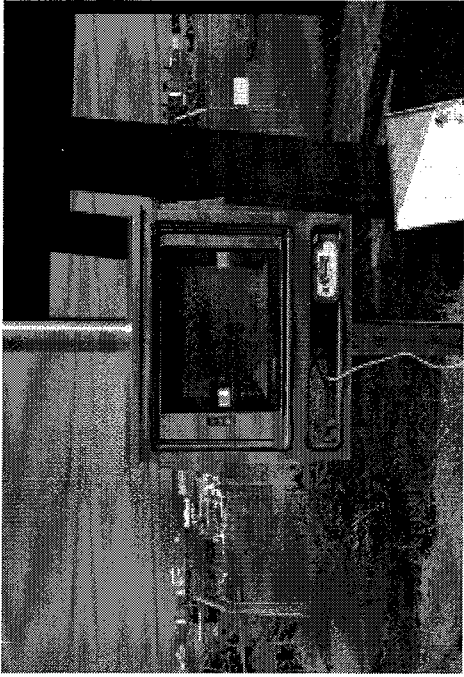
화물청사등쪽플대건식



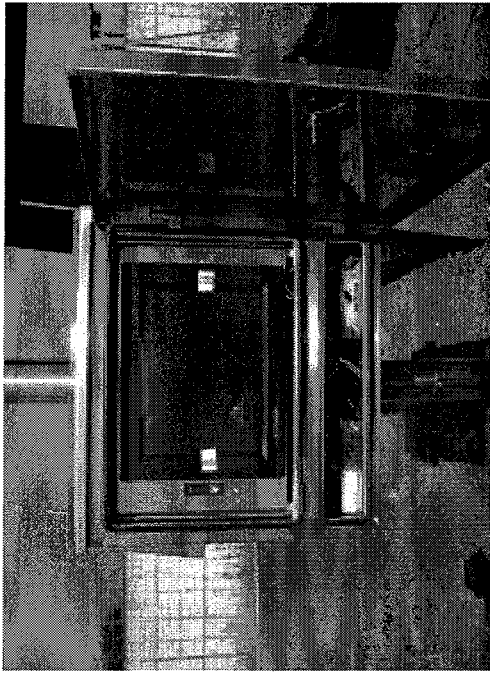
초소앞합체부착



초소앞합체부착



합체내모터작업



합체내모터작업



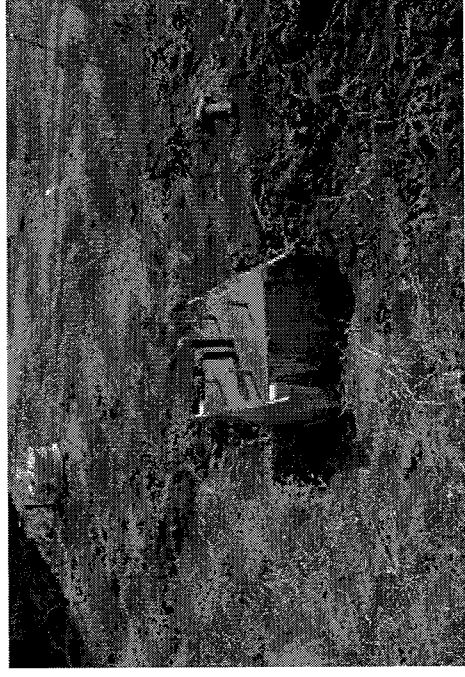
와이어지지양작업



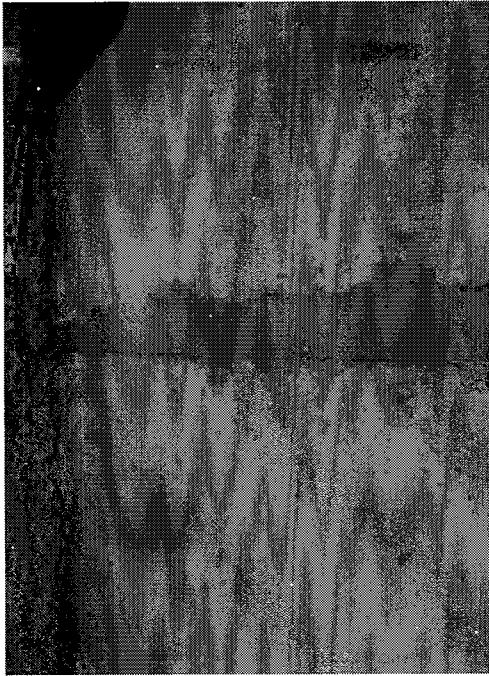
와이어지지양작업



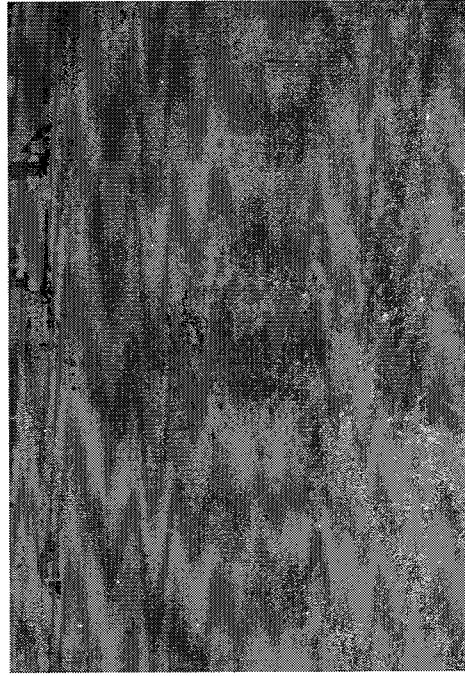
기초물탈작업



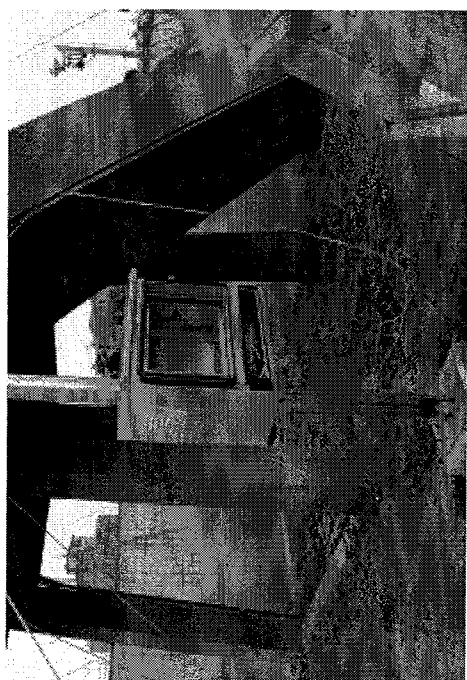
기초물탈작업



첫팅후물탈시공



배관후메우기



파
체
대
관



수
소
관
대
관



관
대
관
관



관
대
관
관



잉키작업후다비클



잉키작업후다비클