

# 제 출 문

국토지리정보원장 귀하

본 보고서를 「위치보정신호를 이용한 스마트폰 측위기술 개발」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 4

(주)피피솔



### 참여연구진

박관동	피피솔	연구책임자
김미소	피피솔	연구원
김영국	피피솔	연구원
박준효	우리강산시스템	연구원
배대훈	우리강산시스템	연구원
장은미	지인컨설팅	연구원
박용재	지인컨설팅	연구원
김지원	지인컨설팅	연구원

### 자문위원

이흥규	창원대학교	교 수
조재명	송원대학교	교 수
최병규	한국천문연구원	책임연구원
김성진	한국자동차연구원	선임연구원
김성일	SK텔레콤	부 장
김종원	카카오모빌리티	박 사
김성범	LGU+	선임연구원

### 국토지리정보원

이진우	국토측량과	과장
김도영	국토측량과	주무관



본 사업에서는 정식 서비스 중인 SSR 보정정보 서비스의 민간 활용을 활성화하고 위치정보 서비스의 신뢰성 및 안정성을 향상하기 위한 목적으로 위치보정신호를 이용한 스마트폰 관측 데이터 기반 GNSS 측위기술 개발을 위한 연구를 수행하였다. 이 과정을 위해 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 안드로이드 OS 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스를 구현하고 실시간 측위 알고리즘을 개발하였다. 또한 개발 기술의 성능 확인을 위한 현장 테스트를 수행하고 스마트폰 SSR 측위 성능 시연회를 개최하였다. 더불어 해외 SSR 메시지의 표준 및 규격설명서를 비교 분석하여 국내 서비스 환경에 최적화된 SSR 메시지 전송규격을 선정하고 SSR 보정정보 기관표준안 마련을 위한 표준화 항목 도출 및 표준안을 수립하였다.

### SSR을 적용한 스마트폰 기반 GNSS 측위기술 개발

안드로이드 OS기반 스마트폰에서 제공하는 GNSS 관측데이터를 활용한 실시간 단독측위 알고리즘 및 SSR 보정정보를 적용하는 실시간 측위 알고리즘을 개발하였다. 본 과정을 위해 스마트폰 기종별 탑재되어 있는 GNSS 칩 및 제공 데이터를 조사하고 구글에서 제공하는 API를 활용하여 스마트폰 관측데이터를 디코딩하였다. 또한 스마트폰 관측데이터의 특징을 분석하고 측위 정확도 향상을 위한 관측데이터 모델링 및 오차모델을 구현하였다. SSR 보정정보 적용을 위해 클라우드 서비스를 활용하는 방법과 안드로이드 라이브러리를 이용하는 방법으로 SSR 취득 인터페이스를 구현하고 SSR을 적용하는 측위 알고리즘을 구현하였다.

### 개발기술 현장테스트 및 스마트폰 SSR 측위시연

스마트폰 GNSS 관측데이터 기반 SSR 측위의 성능 확인을 위해 현장테스트를 수행하고 측위 성능을 평가하였다. 현장테스트는 단독측위와 SSR 적용 측위에 대해 관측 환경별과 측위 모드별 수행하였으며 관측 환경별 성능 확인을 위해 개활지, 준도심지, 극도심지별 테스트 장소를 선정하고 각 관측 환경에 대해 정지와 보행, 주행 모드별 측위 성능을 확인하였다. 정지 테스트는 측지 장비를 통해 획득한 좌표를 기준으로 측위 정확도를 분석하였으며 보행 및 주행 테스트는 산출좌표를 지도에 표출하여 성능을 확인하였다. 추가적으로 개발 완료된 ‘SSR을 이용한 스마트폰 측위’ 기술 및 국토지리정보원 SSR 메시지의 홍보를 위한 시연회를 개최하였다. 시연회는 총 2회 진행하였으며 1차는 피피솔 연구진과 국토지리정보원이 참여하여 관측 환경별 정지와 보행 모드에 대한 측위 성능을 확인하였으며 2차는 이동통신사 및 위치기반 서비스 업체, 연구기관 등을 초대하여 현장테스트 결과 및 기관표준 제정 내용을 소개하고 국토지리정보원 인근에서 현장 시연을 수행하였다.

## 기관표준 제정을 위한 SSR 메시지 전송규격 선정

SSR 보정정보를 일괄적으로 서비스하기 위해 현재 서비스 중인 공개된 해외 SSR 메시지(QZSS Compact SSR, SAPCORDA SPARTN, GNSMART SSRG 등)의 규격 및 전송주기 등 다양한 측면에서 각 SSR 메시지의 특성을 비교 분석하고 분석 내용을 기반으로 국내 서비스 환경을 고려한 SSR 보정정보의 규격 및 전송주기를 선정하였다. 또한 선정된 SSR 보정정보 규격기반 GNSMART2 S/W를 이용한 서비스 전략을 수립하였다. 선정된 규격인 SSR 표준화 포맷은 생성되는 전체 메시지 중 사용자 측면에서 필요한 항목들을 선택하여 디코딩 한 형태로 사용자가 SSR을 활용하기 위해 별도로 디코딩을 구현할 필요가 없다는 측면에서 편의성이 뛰어나며 반드시 필요한 정보에 대해서만 제공함으로 데이터 용량이 감소되었다.

## SSR 보정정보 기관표준안 마련

국토지리정보원의 기관표준은 국토지리정보원의 실정에 맞게 프로파일 작업을 거친 수용표준이다. 위치보정신호에 대한 기관표준안을 마련하여 일관된 보정 서비스를 제공할 수 있도록 앞선 연구에서 조사된 해외 SSR 메시지 표준 및 규격설명서를 기반으로 기관표준 양식을 선정하였으며 이 과정을 통해 기관표준을 제정할 수 있도록 지원하였다.

제1장 연구개요 .....	1
1. 연구의 배경 및 목적 .....	3
2. 연구 내용 .....	5
3. 연구 조직 .....	7
제2장 SSR을 적용한 스마트폰 기반의 GNSS 측위기술 개발 .....	9
1. 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 오차모델 구현 .....	11
가. 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 구현 .....	11
나. 스마트폰 기반 측위오차모델 적용 .....	22
2. SSR 보정정보 취득 인터페이스 구현 및 실시간 측위 알고리즘 개발 .....	25
가. 안드로이드 OS기반 SSR 보정정보 취득 인터페이스 구현 .....	25
나. SSR 보정정보 적용 스마트폰 기반 실시간 측위 알고리즘 구현 .....	29
3. SSR 기반 스마트폰 측위 기술의 고도화를 위한 기술개발 로드맵 도출 .....	34
제3장 개발기술 성능 테스트 및 현장 시연 .....	37
1. 스마트폰 단독측위 기술 및 SSR 측위 기술의 성능 평가 .....	39
가. 최소제공법 기반 단독측위 기술 성능 평가 .....	39
나. 최소제공법 기반 SSR 측위 기술 성능 평가 .....	44
다. SSR 측위 기술 성능 평가 .....	47
2. 스마트폰 기반 SSR 서비스 적용 시연회 .....	60
제4장 SSR 메시지의 기관표준 제정을 위한 전송규격 선정 .....	65
1. 국제 SSR 메시지 관련 표준 조사 및 규격 분석 .....	67
가. QZSS Compact SSR .....	67
나. SAPCORDA SPARTN .....	70
다. GNSMART SSRG .....	72
라. 3GPP .....	74

## Ⅰ 목차 Ⅰ

2. SSR 메시지 전송규격 선정 .....	76
가. 국내 환경에 적합한 SSR 보정정보 규격 선정 .....	76
나. GNSMART를 이용한 서비스 방안 마련 .....	80
<b>제5장 SSR 메시지 기관표준안 마련 .....</b>	<b>83</b>
1. SSR 메시지 기관표준안 방향 .....	85
가. 국토지리정보원 기관표준과 SSR 메시지 표준화 방향 .....	85
나. SSR 메시지 규격의 구조화 .....	89
2. SSR 메시지 기관표준안 작성 .....	91
가. SSR 메시지 규격 표준화 .....	91
나. 기관표준안 구성 .....	98
3. SSR 메시지 기관표준 기대효과 .....	101
<b>제6장 결 론 .....</b>	<b>103</b>
<b>참고문헌 .....</b>	<b>109</b>
<b>부록 .....</b>	<b>111</b>
부록 1. 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 오차모델 구현 .....	111
부록 2. 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 오차모델 구현 .....	148



<표 1-1> 연구 참여인력 .....	7
<표 1-2> 공정별 담당 및 작업 기간 .....	7
<표 1-3> 세부 공정표 .....	8
<표 2-1> 관측치 필터링 API 조건 .....	12
<표 2-2> PRN 및 관측치 지시자 .....	13
<표 2-3> Real-Time IGS Proudcts NTRIP 정보 .....	16
<표 2-4> 국토지리정보원 SSR NTRIP 연결 정보 .....	25
<표 2-5> 국토지리정보원 SSR 전리층 보정정보 상세 내용 .....	32
<표 2-6> 국토지리정보원 SSR 전리층 보정정보 상세 내용 .....	33
<표 3-1> Galaxy Note 10+, Galaxy S21+ 사양 .....	39
<표 3-2> 스마트폰 기반 단독 측위의 RMSE와 표준편차 .....	40
<표 3-3> 스마트폰 기반 SSR 측위의 RMSE와 표준편차 .....	44
<표 3-4> 측위 테스트 수행 장소 .....	47
<표 3-5> 개활지 정지테스트 결과 .....	48
<표 4-1> RTCM의 SSR 표준 현황 .....	67
<표 4-2> 세계적으로 공개된 SSR 표준 .....	67
<표 4-3> Compact SSR Subtype별 메시지 내용 .....	69
<표 4-4> SPARTN Type별 메시지 내용 .....	71
<표 4-5> SSRG의 SM별 메시지 내용 .....	73
<표 4-6> RTCM 번호별 메시지 내용 .....	74
<표 4-7> SSR 보정정보 데이터 규격: 위성 궤도 .....	77
<표 4-8> SSR 보정정보 데이터 규격: 위성 시계 .....	77
<표 4-9> SSR 보정정보 데이터 규격: 위성 바이어스 .....	77
<표 4-10> SSR 보정정보 데이터 규격: 전리층 .....	77
<표 4-11> SSR 보정정보 데이터 규격: 대류권 .....	77
<표 4-12> Compact SSR 보정정보 전송 주기 .....	78
<표 4-13> SPARTN 보정정보 전송 주기 .....	79
<표 5-1> 국토지리정보원 기관표준 현황 .....	85
<표 5-2> SSR 메시지와 타 공간정보 데이터 비교 .....	88

## Ⅰ 표 목차 Ⅰ

<표 5-3> SSR 메시지 표준안의 구성요소 설명 .....	92
<표 5-4> 오차 정보 메시지별 헤더정보 구성 .....	95
<표 5-5> 메시지 헤더 정보 속성 항목 구성 .....	95
<표 5-6> SSR 메시지 기관표준안 구성 .....	99

<그림 1-1> 국토지리정보원 SSR 서비스 추진 현황	3
<그림 1-2> 연구의 배경과 목적	4
<그림 2-1> GNSS 관측치 변환 블록도	12
<그림 2-2> 스마트폰에서 기록된 GNSS 관측치 데이터	13
<그림 2-3> Xiaomi MI8 관측치 및 의사거리 변화율(GPS 22)	15
<그림 2-4> Xiaomi MI8 관측치 및 의사거리 변화율(GPS 16)	15
<그림 2-5> GNSS 위성 궤도 정보 취득 및 제공을 위한 시스템 구성도	17
<그림 2-6> 클라이언트 서버에서 HTTP로 제공되는 위성 궤도 정보	17
<그림 2-7> 스마트폰 내부에 저장된 위성 궤도 정보	17
<그림 2-8> GNSS 수신기 및 스마트폰의 고도각-관측 잡음	20
<그림 2-9> 스마트폰의 신호 세기-관측 잡음(Zhang et al. 2018)	20
<그림 2-10> 스마트폰 기반 단독 측위 알고리즘 흐름도	21
<그림 2-11> Klobuchar, GPT 모델로 추정된 대기 오차(GPS 31)	24
<그림 2-12> 안드로이드 라이브러리 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스	26
<그림 2-13> 안드로이드 라이브러리 기반으로 취득된 SSR 보정정보	26
<그림 2-14> 웹 서버 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스	27
<그림 2-15> 클라이언트 서버에서 HTTP로 제공되는 SSR 보정정보	27
<그림 2-16> 웹 서버 기반으로 취득된 SSR 보정정보	28
<그림 2-17> 칼만 필터 알고리즘 순서도(김성필, 2010)	29
<그림 2-18> 스마트폰 측위 기술개발 로드맵	34
<그림 3-1> 성능 평가를 위해 사용된 GNSS 신호 수신 구성도	40
<그림 3-2> 최소제곱법 기반 단독 측위 수행 결과(Note10+)	41
<그림 3-3> 최소제곱법 기반 단독 측위 수행 결과(S21+)	42
<그림 3-4> 최소제곱법 기반의 SSR 측위 수행 결과(Note10+)	45
<그림 3-5> 최소제곱법 기반 SSR 측위 수행 결과(S21+)	46
<그림 3-6> 개활지 정지테스트 장소	47
<그림 3-7> 개활지 정지테스트 결과	48
<그림 3-8> 준도심지 정지테스트 장소 및 환경	49
<그림 3-9> 준도심지 정지테스트 결과	49

## Ⅰ 그림 목차 Ⅰ

<그림 3-10> 극도심지 정지테스트 장소 .....	50
<그림 3-11> 극도심지 테스트 (a) 환경 .....	50
<그림 3-12> 극도심지 테스트 (b) 환경 .....	51
<그림 3-13> 극도심지 정지테스트 피피솔 앱 출력 결과 .....	51
<그림 3-14> 극도심지 정지테스트 결과 비교 .....	52
<그림 3-15> 보행테스트 한강 잠원지구 장소 및 환경 .....	53
<그림 3-16> 보행테스트 한강 잠원지구 결과1 .....	53
<그림 3-17> 보행테스트 한강 잠원지구 결과2 .....	54
<그림 3-18> 보행테스트 압구정로데오역 장소 및 환경 .....	54
<그림 3-19> 보행테스트 압구정로데오역 골목 결과1 .....	55
<그림 3-20> 보행테스트 압구정로데오역 골목 결과2 .....	55
<그림 3-21> 주행테스트 서울대학교 장소 및 환경 .....	56
<그림 3-22> 주행테스트 스마트폰 거치 모습 .....	56
<그림 3-23> 주행테스트 서울대학교 결과1 .....	57
<그림 3-24> 주행테스트 서울대학교 결과2 .....	57
<그림 3-25> 주행테스트 압구정로데오역 인근 골목 환경 .....	58
<그림 3-26> 주행테스트 압구정로데오역 골목 결과1 .....	59
<그림 3-27> 주행테스트 압구정로데오역 골목 결과2 .....	59
<그림 3-28> 개활지 보행테스트 시연결과 .....	60
<그림 3-29> 도심지 정지테스트 시연 모습 .....	61
<그림 3-30> 도심지 보행테스트 시연 결과 .....	61
<그림 3-31> 극도심지 정지테스트 시연 모습 .....	62
<그림 3-32> 현장시연 발표회 모습 .....	63
<그림 3-33> 현장시연 보행테스트 경로 .....	63
<그림 3-34> 현장시연 보행테스트 중간 결과 .....	63
<그림 3-35> 현장시연 보행테스트 모습 .....	64
<그림 4-1> CLAS의 네트워크 구성 .....	68
<그림 4-2> SPARTN 서비스 대상 .....	70
<그림 4-3> 국토지리정보원 GNSMART 관측망 .....	72

<그림 4-4> Swift Navigation Skylark 서비스 대상 .....	75
<그림 4-5> Ntrip을 통한 GNSMART 접속 .....	80
<그림 4-6> AWS 서버의 구성 .....	81
<그림 4-7> AWS 접속 화면 .....	81
<그림 4-8> AWS를 통해 획득한 SSR 보정정보 .....	82
<그림 4-9> GNSMART S/W기반 서비스 전략 .....	82
<그림 5-1> 국토지리정보원의 작업규정과 기관표준 관계 .....	86
<그림 5-2> GNSS 기반 정밀측위 개념 .....	87
<그림 5-3> SSR 메시지 데이터 형태 .....	87
<그림 5-4> SSR 메시지의 표준화 기본원칙 .....	89
<그림 5-5> 데이터 포맷 매뉴얼과 기관표준의 차이 .....	90
<그림 5-6> SSR 메시지 데이터의 구조 분석 .....	91
<그림 5-7> SSR 메시지 표준안의 전체 구조 .....	92
<그림 5-8> SSR_GridMessage 클래스의 상세 구조 .....	93
<그림 5-9> 오차 정보 메시지별 내부 구조 .....	94
<그림 5-10> 오차 정보 메시지의 속성항목 구성 .....	94
<그림 5-11> 메시지 헤더 정보 구조 .....	96
<그림 5-12> 메시지 데이터영역 속성항목 구성 .....	96
<그림 5-13> 바이어스 오차 정보 메시지의 데이터 공통규격 .....	97
<그림 5-14> 데이터의 반복되는 속성항목에 대한 처리 .....	97
<그림 5-15> UML 다이어그램 작성방법 .....	98
<그림 5-16> UML 및 데이터 사전 예시(궤도 오차 정보 메시지) .....	99
<그림 5-17> SSR 메시지 기관표준안 .....	100
<그림 5-18> 기관표준의 기대효과 .....	101



## 제1장

# 연구개요

1. 연구 배경 및 목적
2. 연구 내용
3. 연구 조직





## 1. 연구의 배경 및 목적

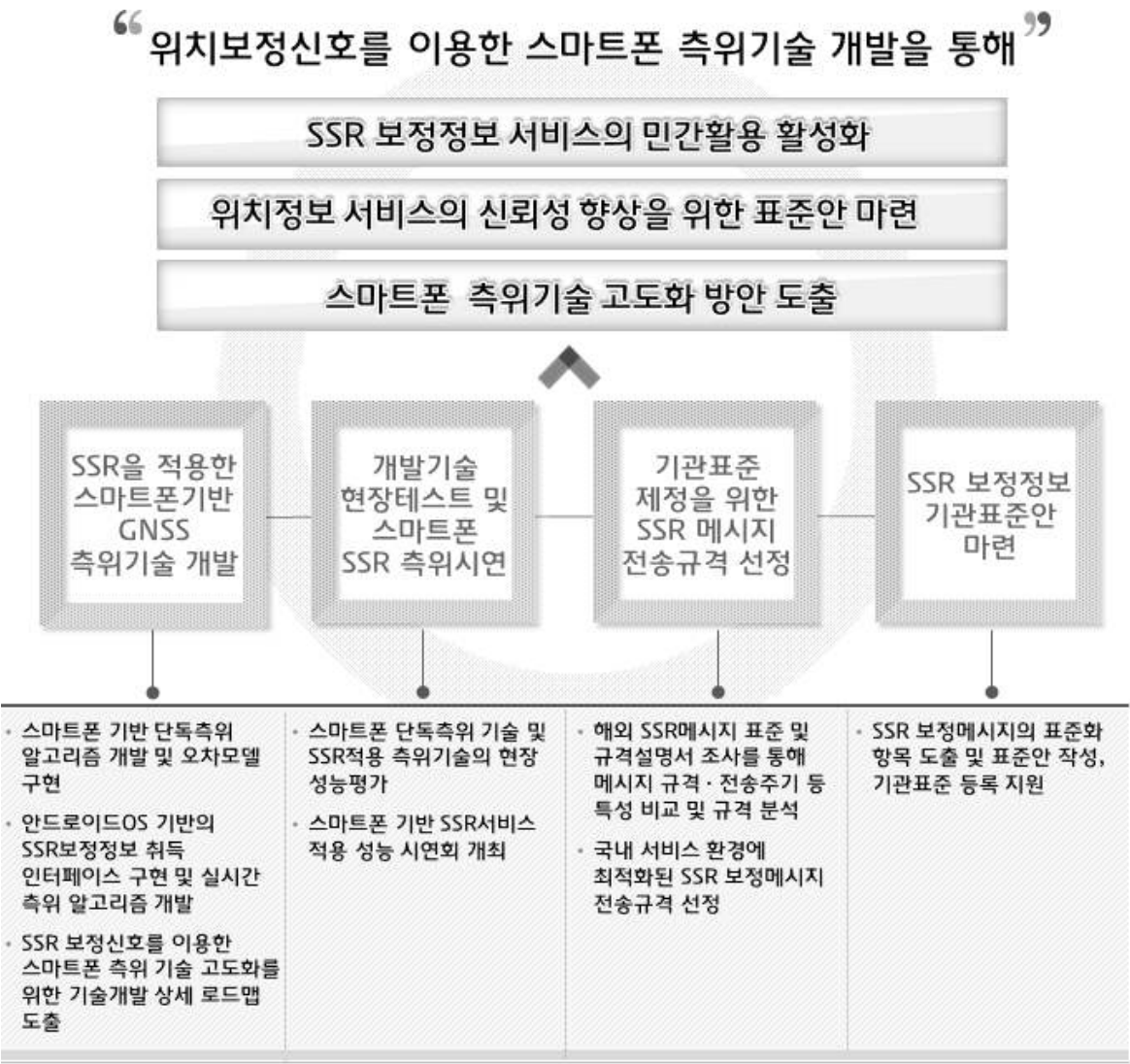
SSR 보정정보는 현재 서비스 중인 OSR 보정정보에 비해 통신용량과 안정성 측면에서 향상된 신 개념 고정밀 보정신호로서, 국토지리정보원에서는 민간분야에서의 정밀위치 활용을 촉진시키기 위해 2020년 하반기에 SSR 보정정보 정식 서비스를 시작하고 서비스 안정화 및 최적화를 진행하였다. 이처럼 SSR 기술은 민간 수요를 위한 기술로 대두되고 있지만 SSR 보정신호에 대한 국제표준이 제정되어 있지 않아 국가별 또는 기관별로 각기 다른 서비스 형태 및 표준을 사용하고 있다. 따라서 국내에서 SSR 보정정보 서비스의 활성화를 위해서는 민간에서 손쉽게 활용할 수 있도록 하는 서비스 적용기술 개발이 필요하며 민간 활용을 위한 수신장비 및 어플리케이션 개발에 필요한 기관 표준 마련이 필요하다.



<그림 1-1> 국토지리정보원 SSR 서비스 추진 경과

따라서 본 사업에서는 정식 서비스를 시작한 SSR 보정정보 서비스의 민간 활용을 활성화하고 위치정보 서비스의 신뢰성 및 안정성을 향상하기 위한 목적으로, 위치보정신호를 이용한 스마트폰 기반 GNSS 측위기술 개발을 위한 연구를 수행하였다. 이를 위한 과정으로 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 안드로이드 OS 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스를 구현하여 실시간 측위 알고리즘을 개발하였다. 또한 개발 기술의 현장 테스트를 수행하여 측위 성능을 평가하였다. 현장 테스트는 단독측위와 SSR 적용 측위에 대해 관측 환경별과 사용자 모드별 수행하였으며 관측 환경별 성능 확인을 위해 개활지, 준도심지, 극도심지별 테스트 장소를 선정하고 각 관측 환경에 대해 정지와 보행, 주행 모드별 측위 성능을 확인하였다. 추가적으로 개발 완료된 ‘SSR을 이용한 스마트폰 측위’ 기술 및 국토지리정보원 SSR 메시지의 홍보를 위한 시연회를 개최하였다. 시연회는 총 2회 진행하였으며 1차는 퍼피솔 연구진과 국토지리정보원이 참여하여 관측 환경별 정지와 보행 모

드에 대한 측위 성능을 확인하였으며 2차는 이동통신사 및 위치기반 서비스 업체, 연구기관 등을 초대하여 현장테스트 결과 및 기관표준 제정 내용을 소개하고 국토지리정보원 인근에서 현장 시연을 수행하였다. 더불어 SSR 보정정보를 일괄적으로 서비스하기 위해 현재 서비스 중인 공개된 해외 SSR 메시지(QZSS Compact SSR, SAPCORDA SPARTN, GNSMART SSRG 등)의 규격 및 전송주기 등 다양한 측면에서 각 SSR 메시지의 특성을 비교 분석하고 분석 내용을 기반으로 국내 서비스 환경을 고려한 SSR 보정정보의 규격 및 전송주기를 선정하여 기관표준 제정을 위한 표준안을 수립하였다.



<그림 1-2> 연구의 배경과 목적

## 2. 연구 내용

본 연구는 2020년 8월 26일부터 2021년 4월 22일까지 총 240일 동안 진행되었으며, 연구의 주요 내용은 다음과 같다.

### 1) SSR을 적용한 스마트폰 기반 GNSS 측위기술 개발

#### □ 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 오차모델 구현

- GNSS 데이터(코드의사거리) 수신에 가능한 스마트폰을 이용한 단독측위 알고리즘 구현
- 스마트폰의 측위 정확도 향상을 위한 오차모델 구현 및 단독측위 적용

#### □ 안드로이드OS 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스 구현 및 실시간 측위 알고리즘 개발

- 안드로이드OS의 스마트폰 기반 국토지리정보원의 실시간 SSR 보정정보 취득 프로세스 구현
- 수신한 SSR 보정신호 적용 스마트폰 기반의 실시간 측위 알고리즘 구현

#### □ SSR 보정신호를 이용한 스마트폰 측위 기술 고도화를 위한 기술개발 상세 로드맵 도출

### 2) 개발기술 현장테스트 및 스마트폰 SSR 측위시연

#### □ 스마트폰 단독측위 기술 및 SSR 적용 측위 기술의 현장 성능평가

- 테스트 지역과 성능검증 방안 등 구체적 테스트 계획은 감독관과 협의하여 수립

#### □ 스마트폰 기반 SSR 서비스 적용 성능 시연회 개최

- 개발 완료된 ‘SSR을 이용한 스마트폰 측위’ 기술 및 국토지리정보원 SSR 메시지의 홍보를 위한 현장 시연회 개최

### 3) SSR 메시지의 기관표준 제정을 위한 전송규격 선정

#### □ 해외 SSR메시지 표준 및 규격설명서 조사를 통해 메시지 규격·전송주기 등 특성 비교 및 규격분석

- QZSS(Compact-SSR), SAPCORDA(SPARTN) 등 서비스중인 SSR 보정정보의 메시지 규격 분석 및 전송주기와 규격 등 메시지 특성 분석

#### □ 국내 서비스 환경에 최적화된 SSR 메시지 전송규격 선정

- 국내 환경에 적합한 SSR보정정보 규격 선정 및 GNSMART2 S/W를 이용한 서비스 방안 마련

#### 4) SSR 보정정보의 기관표준안 마련

##### □ SSR 메시지의 표준화 항목 도출 및 표준안 작성, 기관표준 등록 지원

- 국토지리정보원 기관표준 등록을 위해 정해진 포맷에 따라 SSR보정정보의 표준(안) 작성

### 3. 연구 조직

본 연구에 참여하는 인력은 <표 1-1>, 참여 인력 및 작업 기간은 <표 1-2>와 같다. 세부 공정별 추진일정은 <표 1-3>에 따라 진행하였다.

<표 1-1> 연구 참여인력

업 종	성 명	직 책	자격 등급	비 고
연구 개발	박관동	대표이사	책임연구원	(주)피피솔
	김미소	팀장	연구원	
	김영국	연구원	연구원	
측량	박준호	책임연구원	연구원	(주)우리강산시스템
	배대훈	연구원	연구원	
연구 개발	장은미	대표이사	연구원	(주)지인컨설팅
	박용재	연구원	연구원	
	김지원	연구원	연구보조원	

<표 1-2> 공정별 담당 및 작업 기간

공 정	담 당	작업 기간	비 고
SSR을 적용한 스마트폰기반 GNSS 측위기술 개발	(주)피피솔	2020.08.26 ~2021.04.22	240일
개발기술 현장테스트 및 스마트폰 SSR 측위시연	(주)피피솔 (주)우리강산시스템	2020.10.24. ~2021.01.21	90일
기관표준 제정을 위한 SSR 메시 지 전송규격 선정	(주)피피솔 (주)우리강산시스템	2020.11.23. ~2021.03.22	120일
SSR 보정정보 기관표준안 마련	(주)지인컨설팅	2020.12.23. ~2021.04.22	120일

<표 1-3> 세부 공정표

	2020. 08. 26 ~ 2021. 04. 22							
	30일	60일	90일	120일	150일	180일	210일	240일
SSR을 적용한 스마트폰 기반 GNSS 측위 기술 개발								
1) 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 오차모델 구현								
- GNSS데이터(코드의사거리) 수신에 가능한 스마트폰을 이용하여 단독측위 알고리즘 구현								
- 스마트폰의 측위 정확도 향상을 위한 오차모델 구현 및 단독측위 적용								
2) 안드로이드OS 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스 구현 및 실시간 측위 알고리즘 개발								
- 안드로이드OS 스마트폰 기반 국토지리정보원 실시간 SSR 보정정보 취득 프로세스 구현								
- 수신한 SSR 보정신호를 적용하는 스마트폰 기반 실시간 측위 알고리즘 구현								
3) SSR 보정신호를 이용한 스마트폰 측위 기술 고도화를 위한 기술개발 상세 로드맵 도출								
- SSR 보정신호 기반 스마트폰 측위 기술 정확도 및 안정성 향상을 위한 기술개발 로드맵 수립								
개발기술 현장 테스트 및 스마트폰 SSR 측위성능 현장시연								
1) 스마트폰 단독측위 기술 및 SSR적용 측위기술의 현장 성능평가								
- 테스트 지역과 성능검증 방안 등 구체적인 테스트 계획은 감독관과 협의하여 수립								
2) 스마트폰 기반 SSR서비스 적용 성능 시연회 개최								
- 개발 완료된 'SSR을 이용한 스마트폰 측위'기술 및 국토지리정보원 SSR 메시지의 홍보를 위한 시연회 개최								
SSR 메시지의 기관표준 제정을 위한 전송규격 선정								
1) 해외 SSR메시지표준 및 규격설명서 조사를 통해 메시지 규격·전송주기 등 특성 비교 및 규격 분석								
- QZSS(Compact-SSR), SAPCORDA(SPARTN) 등 서비스 중인 SSR 보정정보 메시지 규격 분석 및 전송주기와 규격 등의 메시지 특성 분석								
2) 국내 서비스 환경에 최적화된 SSR 메시지 전송규격 선정								
- 국내에 적합한 SSR 보정정보 규격 선정 및 GNSMART2 S/W를 이용한 서비스 방안 마련								
SSR 보정정보의 기관표준안 마련								
1) SSR 메시지의 표준화 항목 도출 및 표준안 작성, 기관표준 등록 지원								
- 국토지리정보원 기관표준 등록을 위해 정해진 포맷에 따른 SSR 보정정보의 표준 작성								

## 제2장

# SSR을 적용한 스마트폰 기반의 GNSS 측위 기술 개발

- 
1. 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 오차모델 구현
  2. 안드로이드OS 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스 구현 및  
실시간 측위 알고리즘 개발
  3. SSR 기반 스마트폰 측위기술 고도화를 위한 기술개발 로드맵 도출





## 1. 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 오차모델 구현

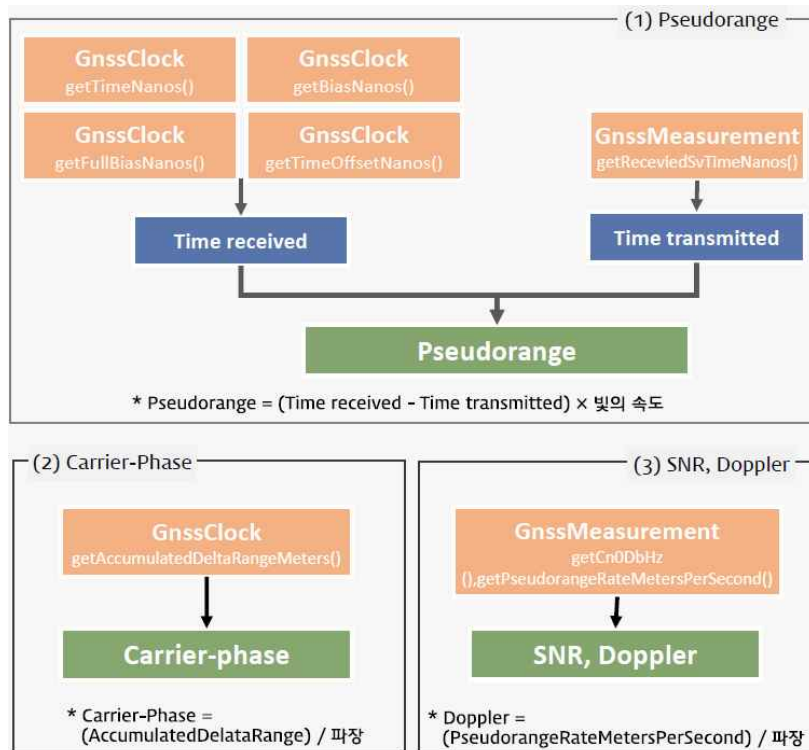
### 가. 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 구현

이 장에서는 스마트폰 기반의 코드의사거리 단독측위 알고리즘 구현에 대해 설명한다. 스마트폰 기반의 코드의사거리 단독측위 알고리즘에는 스마트폰에서 관측한 위성의 코드의사거리 관측치와 궤도력 정보가 필요하다. 측위 알고리즘은 제2장 1절의 나.에서 적용될 국토지리정보원의 SSR 서비스 범위 및 가시 위성 수 확보를 위해 다중 위성항법 시스템(GPS, Beidou, Galileo)을 기반으로 한다.

#### 1) 관측치 취득

스마트폰에서 관측되는 코드의사거리, 반송파 위상, 도플러 그리고 신호 세기 데이터는 구글에서 2016년에 공개한 APIs (Application Programming Interfaces)를 이용하여 취득할 수 있다 (Google, 2021). 이 API는 GNSS 관측치를 직접 제공하진 않지만, 관측치와 관련된 원시 데이터를 제공한다. API로부터 제공되는 원시 데이터는 구글에서 공개한 연산 및 데이터 필터링 등의 여러 과정을 거쳐 GNSS 관측치로 변환될 수 있다. 특히 스마트폰의 코드의사거리 관측치는 GNSS 신호 전송 시간과 수신 시간을 기반으로 연산되며, 신호 전송 시간 및 수신 시간은 원시 데이터로부터 취득할 수 있다. <그림 2-1>은 관측치를 취득하기 위해 필요한 원시데이터 인자와 호출 API를 나타낸다.

API는 관측치 변환에 필요한 파라미터 외에도 관측치의 품질을 나타내는 상태 지시자를 제공하며, 사용자는 이를 이용해 관측치의 유효성을 판단할 수 있다. 사용자는 측위 정확도의 향상을 위해 상태 지시자를 이용하여 관측치를 선별하는 필터링 과정이 필요하며, <표 2-1>은 관측치 필터링에 사용한 상태 지시자 호출 API를 보여준다.



<그림 2-1> GNSS 관측치 변환 블록도

<표 2-1> 관측치 필터링 API 조건

필터명	상태 지시자 호출 API	조건
Accumulated Delta Range Filter	getAccumulatedDeltaRangeState()	ADR_STATE_UNKNOWN
Multipath Filter	getMultipathIndicator()	MULTIPATH_INDICATOR_DETECTED
Time of Weeks Filter	getState()	STATE_TOW_KNOWN

위와 같은 과정을 통해 스마트폰으로부터 GNSS 관측치를 취득할 수 있으며, 취득된 관측치는 <그림 2-2>와 같이 스마트폰 내부에 기록된다. 저장된 GNSS 관측치의 1열은 GPS Week Second, 2열은 PRN(Pseudo-Random Noise) 지시자, 3열은 관측치 지시자, 4열은 관측치를 나타낸다. <표 2-2>는 <그림 2-2>에서 기록하는 PRN 및 관측치 지시자에 대해 정리되어 있다.

356720.00001868804	103	120	23958552.84
356720.00001868804	103	111	-423472.531
356720.00001868804	103	141	37.782
356720.00001868804	103	131	1023.936
356720.00001868804	110	120	25443162.571
356720.00001868804	110	111	105.642
356720.00001868804	110	141	13.871
356720.00001868804	110	131	-3519.997
356720.00001868804	116	120	23833863.164
356720.00001868804	116	111	-523556.481
356720.00001868804	116	141	23.202
356720.00001868804	116	131	3556.236
356720.00001868804	122	120	23779598.623
356720.00001868804	122	111	218410.704
356720.00001868804	122	141	38.543
356720.00001868804	122	131	-405.234
356720.00001868804	125	120	22167469.488
356720.00001868804	125	111	2402667.039
356720.00001868804	125	141	37.832
356720.00001868804	125	131	-3130.934
356720.00001868804	126	120	21331770.132
356720.00001868804	126	111	-1986843.73

<그림 2-2> 스마트폰에서 기록된 GNSS 관측치 데이터

<표 2-2> PRN 및 관측치 지시자

	PRN 지시자	관측치 지시자
형식	SNN	SMC
설명	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S : System # (1: GPS, 2: BDS, 4: GAL)</li> <li>- NN : PRN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S: System # (1: GPS, 2: BDS, 4: GAL)</li> <li>M: Measurement Type (1: CP, 2: PR, 3: DP, 4: SNR)</li> <li>C: Band (0,1 : L1, 2 : L2, 5 : L5)</li> </ul>

코드의사거리는 일반적으로 반송파 위상에 비해 약 100배 수준의 관측 잡음을 포함하고 있다. 특히 스마트폰의 불특정한 안테나 신호 세기는 관측 잡음을 수시로 증폭시키며, 이로 인해 스마트폰 기반의 단독 측위 정밀도는 낮아진다. 이와 같은 코드의사거리의 잡음은 스무딩 기법을 통해 감소시킬 수 있다. 식 (2-1)은 코드의사거리 스무딩 식을 나타낸다. 여기서  $PR_{sm}$ 은 스무딩 된 코드의사거리,  $PR$ 은 관측된 코드의사거리,  $\dot{PR}$ 는 의사거리 변화율,  $M$ 은 스무딩 가중치를 의미한다.

$$PR_{sm}[n] = \frac{1}{M}PR[n] + \frac{M-1}{M}(PR_{sm}[n-1] + \dot{PR}[n]) \quad (2-1)$$

$n$ 번째에 스무딩 된 코드의사거리는  $n$ 번째에 관측된 코드의사거리와  $n-1$ 번째에 스무딩 된 코드의사거리에  $n$ 번째에 계산된 의사거리 변화율을 더하여 산출된다. 여기서  $M$ 은  $n-1$  번째 스무딩 된 관측치가  $n$ 번째 스무딩 된 코드의사거리에 미치는 영향을 조절하는 가중치 역할을 한다. 만약  $M$ 이 크다면  $n$ 번째 스무딩 되는 코드의사거리는  $n$ 번째 관측치보다  $n-1$  번째 스무딩 된 코드의사거리에 영향을 더 받으며, 스무딩 세기는 강해진다. 하지만 스무딩의 세기가 강해질수록 현재 스마트폰의 상태 반영 속도가 느려질 수 있으므로, 스마트폰의 현재 상태에 따른 적절한 스무딩 가중치 조정이 필요하다.

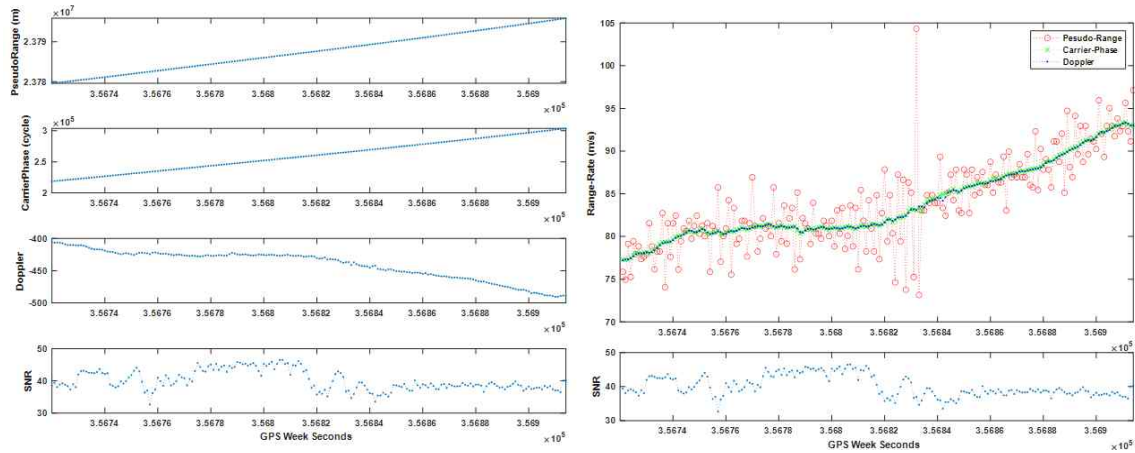
식 (2-1)의 스무딩 기법은  $\dot{PR}$ 를 계산하기 위해 사용되는 관측치에 따라 반송파 위상 혹은 도플러 스무딩 기법으로 분류된다. 반송파 위상 혹은 도플러는 코드의사거리에 비해 관측 잡음이 매우 작기 때문에, 반송파 혹은 도플러 의사거리 변화율의 잡음도 코드의사거리 변화율에 비해 매우 작다. 이와 같은 반송파, 도플러 관측치의 특성은 스무딩 과정에서 코드의사거리의 잡음을 감소시키고, 코드의사거리 기반의 측위 정밀도를 향상시킬 수 있다. 식 (2-2)는 코드의사거리를 사용한  $\dot{PR}$  계산식을 의미하며, 식 (2-3)은 반송파 위상을 사용한  $\dot{PR}$  계산식, 식 (2-4)는 도플러를 사용한  $\dot{PR}$  계산식을 의미한다. 여기서  $CP$ 는 반송파 위상 관측치,  $DP$ 는 도플러 관측치,  $\lambda$ 는 위성 신호의 파장을 의미한다.

$$\dot{PR}[n] = PR[n] - PR[n-1] \quad (2-2)$$

$$\dot{PR}[n] = (CP[n] - CP[n-1]) * \lambda \quad (2-3)$$

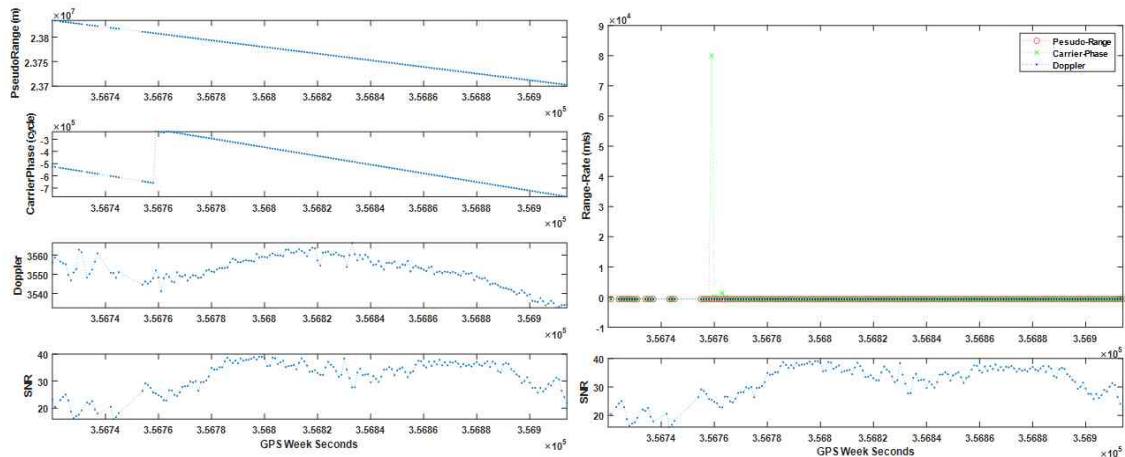
$$\dot{PR}[n] = (-DP[n] - DP[n-1]) * \frac{\lambda}{2} \quad (2-4)$$

〈그림 2-3〉은 2021년 2월 18일 12시경 국토지리정보원 인근에서 Xiaomi MI8로부터 관측된 GPS 22번의 관측치 및 의사거리 변화율을 보여준다. 좌측에는 코드의사거리, 반송파 위상, 도플러, 신호세기를 나타내며 우측에는 코드의사거리, 반송파 위상, 도플러로 계산한 의사거리 변화율과 신호 세기를 나타낸다. 의사거리 변화율 그래프를 통해 코드의사거리로 계산된 의사거리 변화율의 잡음이 반송파 위상 및 도플러로 계산된 의사거리 변화율의 잡음보다 높은 것을 확인할 수 있다.



<그림 2-3> Xiaomi MI8 관측치 및 의사거리 변화율(GPS 22)

하지만 반송파 위상을 사용한 코드의사거리 스무딩 기법은 스마트폰에 적용하는 것은 한계가 있다. 스마트폰의 불특정한 안테나 신호세기 및 빠른 주변 환경 변화 등으로 인해 사이클 슬립이 빈번히 발생하며, 사이클 슬립으로 인해 나타나는 반송파 위상의 비연속점은 의사거리 변화율 산출 및 코드의사거리 스무딩 수행 능력을 감소시키기 때문이다. 반면에 도플러는 반송파 위상에 비해 슬립 현상이 나타나지 않는다. <그림 2-4>는 <그림 2-3>과 동시간에 MI8에서 관측된 GPS 16번의 관측치와 의사거리 변화율을 나타내며, 약 356760초에 발생한 사이클 슬립으로 인해 반송파 위상으로 산출된 의사거리 변화율이 급격히 변화한다.



<그림 2-4> Xiaomi MI8 관측치 및 의사거리 변화율(GPS 16)

위와 같은 이유로 도플러를 사용한 코드의사거리 스무딩 기법을 측위 알고리즘에 적용하였으며, 이를 통해 코드의사거리 관측치의 잡음을 감소시켰다.

## 2) 궤도력 취득

GNSS를 이용한 측위에는 관측 위성에 대한 궤도 정보, 즉 항법 메시지는 필수이다. 그러나 API에서 제공하는 원시 데이터에는 항법 메시지가 포함되지 않는다. 이와 같은 이유로 스마트폰은 A-GNSS(Assisted GNSS)와 같은 항법 메시지 방송 서비스를 통해 외부로부터 위성 궤도 정보를 취득해야 한다. 이 과제에서는 NTRIP으로 개방되어 있는 Real-Time IGS(International GNSS Service) Products를 사용한다. 이 때, IGS 방송 궤도력 데이터는 RTCM 규격으로 전송된다. IGS 실시간 서비스에는 다중 항법 위성에 대한 항법 메시지 방송 서비스가 있으며, 해당 데이터를 취득하기 위한 NTRIP 연결 정보는 <표 2-3>에 있다.

<표 2-3> Real-Time IGS Proudcts NTRIP 정보

Caster	Mount	Support	
		Constellation	RTCM v3
products.igs-ip.net :2101	BCEP00DLR0	GPS+Beidou+ GLONASS+Galilio+Q ZSS+SBAS	1019, 1020, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046

스마트폰에서 IGS 서비스에 직접 연결하여 궤도 정보를 취득할 경우 스마트폰은 내부에서 RTCM 메시지 디코딩 작업을 수행하여야 하며, 이는 스마트폰의 리소스 및 배터리 사용량을 증가시켜 측위 알고리즘 구성에 부하를 발생시킨다. 이를 완화하기 위해 스마트폰과 IGS 서비스를 연결해주는 항법 메시지 시스템을 구성하였으며 이 시스템은 총 3가지 서버로 구성된다. 항법 메시지 시스템은 먼저 IGS의 궤도 정보를 받아 해석하는 디코더 서버가 있으며, 디코딩된 결과를 저장하는 데이터 베이스, 그리고 저장된 결과를 HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)로 제공하는 클라이언트 서버로 구성된다. 이를 통해 스마트폰은 디코딩 수행 없이 궤도 정보를 항법 메시지 시스템으로부터 취득할 수 있다. <그림 2-5>는 스마트폰의 궤도 정보 취득을 위해 구성된 항법 메시지 시스템 구성도를 보여준다.



RTCM 1019  
RTCM 1042  
RTCM 1045

Decoder

EPH DB  
(redis)

Client Serv

〈그림 2-6〉은 클라이언트 서버에서 HTTP로 제공하는 위성 궤도 정보를 보여주며, 〈그림 2-7〉은 항법 메시지 시스템으로부터 스마트폰이 취득한 위성 궤도 정보를 보여준다. 스마트폰은 〈그림 2-7〉의 위성 궤도 정보를 이용하여 관측된 위성의 위치를 계산하며, 관측된 위성의 위치 계산은 각 위성항법 시스템의 ICD(Interface Control Document)에서 제시하는 방법에 따라 스마트폰 내부에서 수행된다.

[illegible][illegible]

제2장 SSR을 적용한 스마트폰 기반의 GNSS 측위기술 개발 17

### 3) 스마트폰 기반 단독 측위 알고리즘 구현

스마트폰 기반의 측위는 1)과 2) 과정을 통해 취득된 GNSS 관측치와 위성 궤도 정보를 이용해 수행된다. 단독 측위 알고리즘은 가중 최소 제곱법을 기반으로 사용자의 위치를 추정한다. 가중 최소 제곱법은 관측치를 기반으로 설계 행렬  $H$ 와 가중 행렬  $W$ , 잔차 벡터  $y$ 를 이용해 잔차를 최소화 하는 해, 즉 사용자의 위치를 추정하는 반복 계산 기법이다. 스마트폰 기반 단독 측위 알고리즘에서 추정하고자 하는 미지수는 스마트폰의 3차원 위치  $x_r, y_r, z_r$ 와 스마트폰에서 발생하는 GPS 관련 시계오차  $\delta t_{rGPS}$ , Beidou 관련 시계오차  $\delta t_{rBDS}$ , Galileo 관련 시계오차  $\delta t_{rGAL}$ 로 총 6개이며, 이를 통해 구성되는 상태 벡터  $X$ 는 식 (2-5)와 같다.

$$X = [x_r, y_r, z_r, \delta t_{rGPS}, \delta t_{rBDS}, \delta t_{rGAL}] \quad (2-5)$$

설계 행렬  $H$ 는 측위에 사용되는  $n$ 번째 위성의 관측치와 추정하고자 하는 미지수  $m$ 에 따라  $n \times m$ 의 크기만큼 구성된다.  $H$ 의 1~3열은 스마트폰의 위치에서  $n$ 번째 위성의 3차원 위치  $x^n, y^n, z^n$ 을 표현하는 벡터  $\rho^n$ 를 통해 구성되며, 4~6열은 각 위성군에 대한 시계 오차와 관련된 항이다.  $H$  구성 중 GPS에 대한 행은 식 (2-6)과 같이 구성할 수 있으며,  $\rho^n$ 는 식 (2-7)과 같이 계산할 수 있다

$$H_{n \times m} = \left[ \frac{-\rho_x^n}{|\rho^n|}, \frac{-\rho_y^n}{|\rho^n|}, \frac{-\rho_z^n}{|\rho^n|}, 1, 0, 0 \right] \quad (2-6)$$

$$\begin{aligned} \rho^n &= [\rho_x^n, \rho_y^n, \rho_z^n] \\ &= [x_r, y_r, z_r] - [x^n, y^n, z^n] \end{aligned} \quad (2-7)$$

$x^n, y^n, z^n$ 은 ICD에서 제시하는 방법에 따라 계산된 ECEF(Earth-Centered Earth-Fixed) 좌표계에서의 위성 위치이며, 위성 위치에 필요한 위성 궤도 정보는 2)에서 구성한 항법 메시지 시스템으로부터 취득된다. 위성의 위치는 위성 신호가 지상에 도달되는데 소요된 시간과 지구 자전으로 발생한 효과를 고려하여 계산된다.

잔차 벡터  $y$ 는  $n \times 1$ 의 크기로 구성되며, 관측된  $n$ 번째 위성의 코드의사거리 관측치  $obs_n$ 와 추정된  $n$ 번째 위성의 코드의사거리  $com_n$ 으로 계산된다. 잔차 벡터  $y$ 는 식 (2-8)과 같다.



$$y_{n \times 1} = obs_n - com_n \quad (2-8)$$

관측된  $n$  번째 위성의  $obs_n$  는 1)의 과정을 통해 취득한 코드의사거리이며,  $com_n$  는 식 (2-9) 코드 의사거리 관측방정식을 통해 추정할 수 있다. 여기서  $C$ 는 광속을,  $\delta t^n$  은 위성에서 발생한 위성 시계 오차를 의미한다.

$$com_n = \rho_n + C \times (\delta t_r - \delta t^n) \quad (2-9)$$

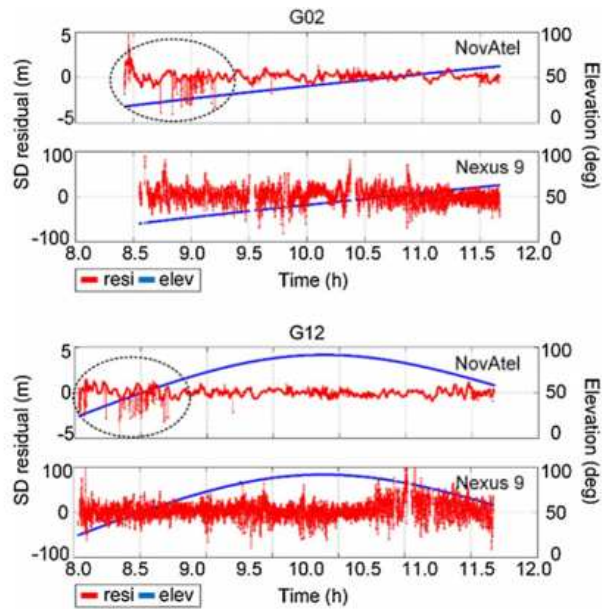
$\delta t^n$  은 항법 메시지에 포함되는 위성 시계 오차 계수인  $a, b, c$ 를 통해 식 (2-10)과 같이 계산된다. 여기서  $t_r$ 은 스마트폰의 위치를 계산하려는 시각,  $t_{oe}$ 는 항법 메시지에서 제공되는 위성의 근지점 통과 시각,  $\delta Re$ 는 상대성 효과로 발생한 신호 지연 시간을 의미한다.

$$\delta t^n = a + b \times (t_r - t_{oe}) + c \times (t_r - t_{oe})^2 + \delta Re \quad (2-10)$$

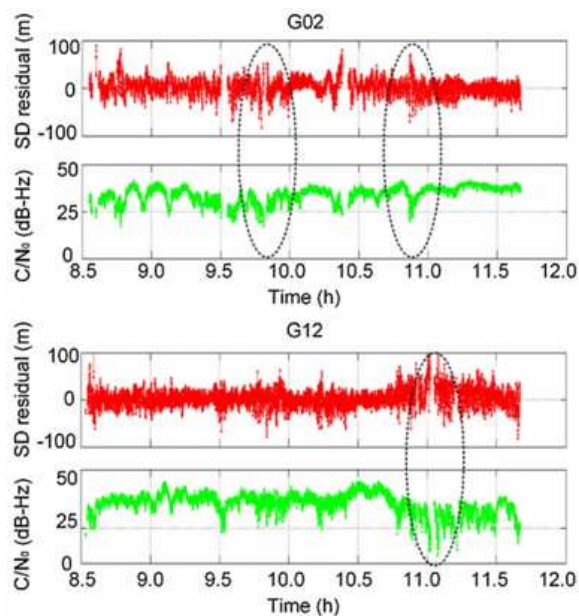
가중 행렬  $W$ 는  $n \times n$ 크기의 대각 행렬로 식 (2-11)과 같이 표현할 수 있다. 각 대각 원소는 코드 의사거리 관측치의 잡음에 대한 분산  $\sigma_n^2$ 으로 구성된다.

$$W_{n \times n} = \sigma_n^2 \quad (2-11)$$

일반적으로 사용되는 GNSS 수신기의 코드의사거리 관측치 잡음은 신호 세기가 낮을수록 증가하며, 신호 세기는 위성의 고도각과 상관성을 보인다. 하지만 스마트폰에서 관측되는 신호 세기는 위성의 고도각과 무관하게 급격히 변화하며 스마트폰 관측치 잡음의 증폭 현상이 빈번히 발생한다. <그림 2-8>은 개활지에서 NovAtel 사의 측지용 GNSS 수신기와 Nexus 9 관측한 위성 고도각과 코드의사거리 노이즈를 동시에 보여준다. 붉은색 그래프는 관측된 코드의사거리의 잡음을 의미하며, 파란색 그래프는 관측된 위성의 고도각을 의미한다.



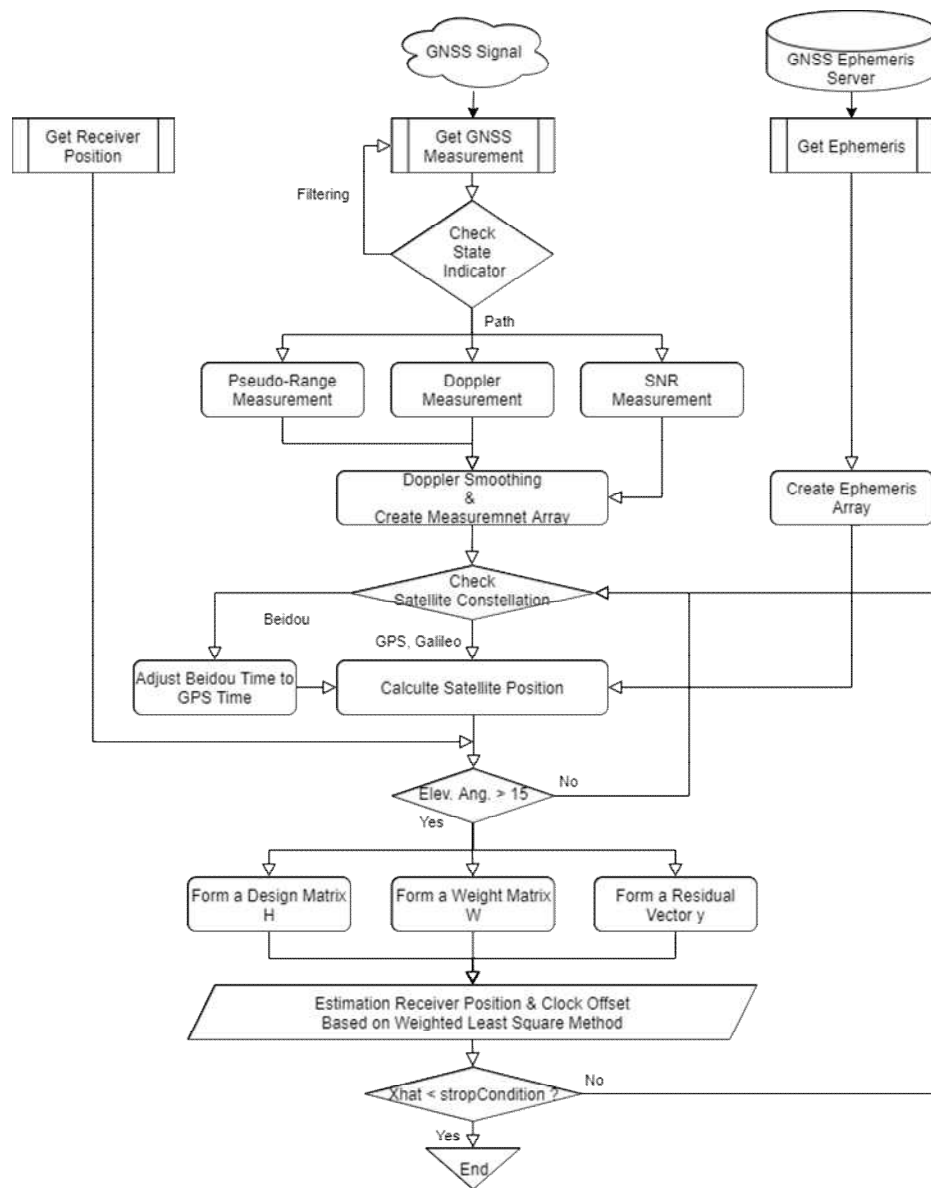
<그림 2-8> GNSS 수신기 및 스마트폰의  
고도각-관측 잡음 (Zhang et al. 2018)



<그림 2-9> 스마트폰의 신호 세기-관측 잡음  
(Zhang et al. 2018)

측지용 수신기 같은 경우 GPS 02, GPS 12 위성 모두 고도각이 낮을 때 관측 잡음의 크기가 증가하며, 고도각이 높을수록 관측 잡음의 크기가 감소한다. Nexus 9의 관측 잡음은 두 위성의 고도각이 낮을 때뿐만 아니라, GPS 02의 고도각이 약 9.8시와 약 10.8시에 40도 이상임에도 불구하고 증가했다. 마찬가지로 GPS 12의 고도각이 약 11.0시에 70도임에도 불구하고 관측 잡음의 크기가

증가하는 것을 볼 수 있다. <그림 2-9>는 <그림 2-8>의 Nexus 9에서 관측된 두 위성의 코드의사 거리 잡음과 신호 세기를 동시에 보여준다. 여기서 붉은색 그래프는 관측 잡음을 의미하며, 초록색 그래프는 신호 세기를 의미한다. <그림 2-9>의 Nexus 9의 신호 세기가 급감하는 구간은 <그림 2-8>에서 Nexus 9의 관측 잡음이 증가했던 구간과 일치하는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 스마트폰의 고도각 및 신호 세기에 따른 관측 잡음의 특성을 고려하여 스마트폰의 관측 잡음에 대한 분산 모델을 개발하고 측위 알고리즘에 적용하였다. 측위 알고리즘의 전체적인 흐름은 <그림 2-10>에서 확인할 수 있다.



<그림 2-10> 스마트폰 기반 단독 측위 알고리즘 흐름도

## 나. 스마트폰 기반 측위오차모델 적용

지상에서 수신된 위성의 신호는 위성 및 신호 전달 경로에서 발생하는 다양한 오차가 포함되며, 이와 같은 신호 오차는 사용자의 측위 정확도를 감소시킨다. 스마트폰 기반의 단독 측위 알고리즘에서는 신호 오차 요인 중 전리층 및 대류권 오차를 실험적 모델을 이용하여 계산하고, 계산된 전리층 및 대류권 신호 오차를 코드의사거리 추정값에 보정한다.

### 1) 전리층 오차

대기권 중 60km 이상에 위치한 전리층은 이온 및 전자로 이루어져 있으며, 이 중 전자는 위성 신호와 충돌하여 위성 신호를 굴절시키거나 지연시켜 위성 신호 오차를 유발한다. 전리층에 의한 오차는 계절, 시각, 수신기 및 위성의 위치 등에 따라 크기가 변동되며 크게는 하루 수십 미터까지 증가하기도 한다. 전리층 오차는 다양한 GNSS 측위 오차 요인 중에서 다른 오차 요인들에 비해 상대적으로 크게 발생하기 때문에 측위 정밀도 향상을 위하여 반드시 보정되어야 한다.

전리층 오차는 신호 경로 상에 존재하는 전자 수에 비례하는데, 이를 총 전자수(TEC, Total Electron Contents)라 한다. 총 전자수는 천정 방향에 대한 정보이며, 전리층 오차 보정을 위해서는 이를 시선 방향 총 전자수(STEC, Slant TEC)로 변환하는 과정이 필요하다. TEC로 신호가 지연되는 전리층 오차는 식 (2-12)를 통해 미터 단위인  $\delta I$  로 계산할 수 있다. 여기서  $f$ 는 위성 신호의 주파수를 의미한다.

$$\delta I = \frac{40.3}{f^2} TEC \quad (2-12)$$

스마트폰 기반 단독 측위 알고리즘의 전리층 오차 보정은 실험적 모델인 Klobuchar 모델을 사용한다. Klobuchar 모델은 위성과 수신기 사이의 TEC를 추정하여 전리층 지연을 산출할 수 있으며, 지역에 따라 발생하는 전리층 오차의 약 50~60%까지 제거할 수 있다. Klobuchar 모델을 이용한 전리층 오차 추정은 사용자의 위치 및 위성의 3차원 좌표, 관측 시각, 그리고 Klobuchar 계수  $\alpha_n, \beta_n$  ( $n = 1 \sim 4$ )이며, Klobuchar 계수는 위성 궤도 정보와 함께 항법 메시지에서 제공된다. Klobuchar 모델을 이용한 전리층 오차를 추정하는 방법은 참고문헌으로 대체한다(Klobuchar, 1987).

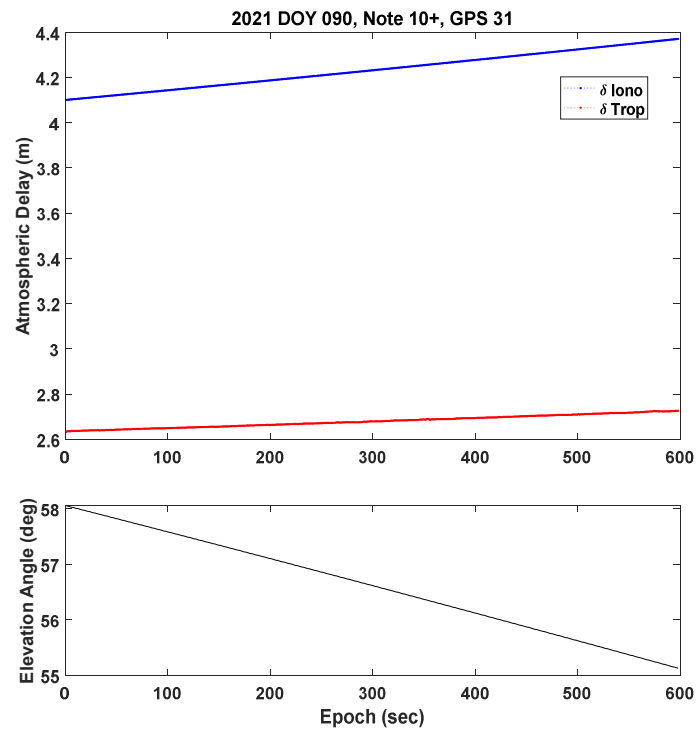
## 2) 대류권 오차

대기권 중 지상으로부터 약 10km 고도 사이에 위치한 대류권은 이산화탄소, 질소, 산소 등의 건조 공기와 수증기 등의 습윤 공기로 구성된다. 위성 신호는 대류권의 건조 및 습윤 공기에 의해 굴절 및 지연되며, 이는 사용자의 측위 정확도를 감소시키는 오차 요인이 된다. 특히 표면 압력에 영향을 받는 건조 공기에 의한 신호 지연량 ZHD(Zenith Hydrostatic Delay)는 전체 대류권 오차의 약 90%를 차지하며, 물리적으로 안정된 분포를 가지기 때문에 기상 관측으로 정확하게 계산할 수 있다. 그러나 습윤 공기에 의한 신호 지연량 ZWD(Zenith Wet Delay)는 기상 조건에 따라 크게 변화하기 때문에 정확한 추정이 어렵다. 사용자는 식 (2-13)을 사용하여 ZHD를 계산하고 전체 대류권 오차의 약 90%를 보정할 수 있다. 식 (2-13)에서  $P_s$ 는 기압(hPa),  $\phi$ 는 관측점의 위도(deg),  $h$ 는 타원체고(m)이다.

$$ZHD = \frac{(2.2779 \pm 0.0024) \times P_s}{1 - 0.00266 \times \cos 2\phi - 0.00028 \times h} \quad (2-13)$$

스마트폰 기반 단독 측위 알고리즘의 대류권 오차 보정은 구면 조화함수를 적용하여 개발된 GPT(Global surface Pressure & Temperature) 모델을 이용한다. GPT 모델은 사용자의 좌표와 시점을 필요로 하며, GPT 모델을 이용하여 대류권 오차를 추정하는 방법은 참고문헌으로 대체한다(Bohem et al., 2007).

〈그림 2-11〉은 Klobuchar 및 GPT를 이용하여 2021년 DOY 090, Galaxy Note10+에서 약 10분간 관측된 GPS 31번의 전리층 및 대류권 오차를 추정한 그래프이며, 푸른색 그래프는 전리층 오차, 붉은색 그래프로 대류권, 검정색 그래프 위성 고도각을 나타낸다. 위성 신호의 전달 경로는 고도각이 낮아질수록 전리층과 대류권을 지나는 경로가 늘어나기 때문에, 고도각이 낮아질수록 따라 전리층 및 대류권 오차가 증가하고 있음을 〈그림 2-11〉에서 확인할 수 있다.



<그림 2-11> Klobuchar, GPT 모델로 추정한 대기 오차(GPS 31)

## 2. SSR 보정정보 취득 인터페이스 구현 및 실시간 측위 알고리즘 개발

이 장에서는 스마트폰을 기반으로 SSR 보정정보를 취득하는 인터페이스와 SSR 보정정보를 적용한 실시간 측위 알고리즘 개발에 관해 설명한다. SSR 보정정보는 국토지리정보원의 NTRIP으로부터 취득한다. 국토지리정보원의 SSR 보정정보는 Geo++사의 독점 규격인 RTCM 4090 중 SSRG 규격으로 방송되고 있으며, 국토지리정보원에서는 SSRG 규격에 대한 표준 문서를 사용자들에게 무료로 제공하고 있다. 국토지리정보원의 SSR 보정정보를 취득할 수 있는 NTRIP 연결정보는 <표 2-4>와 같다.

<표 2-4> 국토지리정보원 SSR NTRIP 연결 정보

Caster	Mount	Support	
		Constellation	RTCM v3
fkp.ngii.go.kr :2201	SSRG	GPS+Beidou+ GLONASS+Galileo	4090

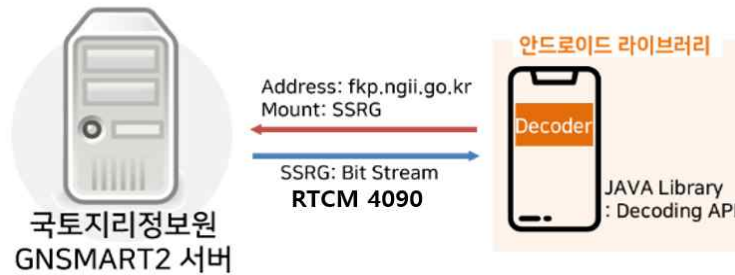
국토지리정보원의 SSR 보정정보에는 위성 궤도 및 시계 오차, 코드/위상 신호 바이어스, 전리층 및 대류권 오차에 대한 5가지 보정정보가 있다. 스마트폰 기반의 SSR 측위 알고리즘은 위 5가지 보정정보를 사용하여 정밀 측위를 수행한다.

### 가. 안드로이드 OS 기반 SSR 보정정보 취득 인터페이스 구현

안드로이드 OS 기반 SSR 보정정보 취득 인터페이스는 두 가지 방법으로 구현되었다. 첫 번째는 안드로이드 라이브러리 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스이며, 이 방식은 스마트폰이 국토지리정보원 SSR 서버로부터 직접 SSR 데이터를 취득하고 디코딩을 수행한다. 두 번째는 웹 서버 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스이다. 두 번째 방식에서 SSR 데이터 취득 및 디코딩 과정은 웹 서버를 기반으로 구동되며, 웹 서버에서는 디코딩 된 SSR 보정정보를 HTTP 형태로 재송출한다. 스마트폰은 인터넷 망을 통해 웹 서버로부터 디코딩 된 SSR 보정정보를 취득한다.

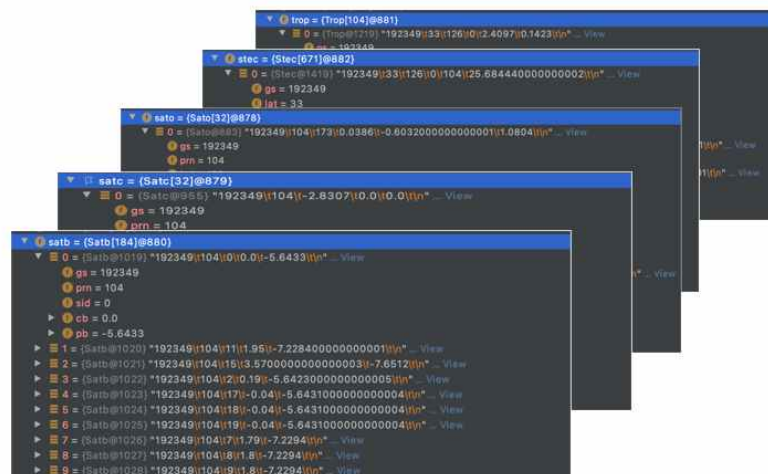
## 1) 안드로이드 라이브러리 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스

안드로이드 라이브러리 기반의 SSR 보정정보 취득을 위해 JAVA 기반의 디코딩 API를 구현하였으며, 스마트폰은 인터넷 망을 통해 직접 GNSMART 서버로부터 SSR 데이터를 취득하고 디코딩을 수행한다. <그림 2-12>는 안드로이드 라이브러리와 GNSMART 서버와의 연결 구성을 보여준다.



<그림 2-12> 안드로이드 라이브러리 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스

<그림 2-13>은 안드로이드 라이브러리 기반으로 스마트폰이 취득한 SSR 보정정보를 보여준다. <그림 2-13> 중 변수명에 기록되어 있는 trop은 대류권 오차, stec은 전리층 오차, sato는 위성 궤도 오차, satc는 위성 시계 오차, satb는 코드/위상 신호 바이어스를 의미한다.



<그림 2-13> 안드로이드 라이브러리 기반으로 취득된 SSR 보정정보



## 2) 웹 서버 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스

웹 서버 기반의 SSR 보정정보 취득을 위해 SSR 디코딩 시스템을 구축하였으며, 이 시스템은 총 3개의 웹 서버로 구성된다. SSR 디코딩 시스템은 GNSMART 서버의 SSR RTCM 4090을 받아 해석하는 디코더 서버가 있으며, 디코딩된 SSR 보정정보를 저장하는 데이터베이스, 그리고 저장된 보정정보를 HTTP로 제공하는 클라이언트 서버로 구성된다. 이를 통해 스마트폰은 디코딩 수행 없이 SSR 보정정보를 인터넷 망을 통해 SSR 디코딩 시스템으로부터 취득할 수 있다. <그림 2-14>는 SSR 디코딩 시스템과 GNSMART 서버와의 연결 구성을 보여준다.



<그림 2-14> 웹 서버 기반의 SSR 보정정보 취득 인터페이스

웹 서버 기반의 방법은 SSR 데이터 취득 및 디코딩 수행을 웹 서버에서 수행하기 때문에 안드로이드 라이브러리 기반의 방식보다 리소스 및 메모리 사용률이 약 10%정도 낮다. <그림 2-15>는 클라이언트 서버에서 HTTP로 제공하는 SSR 보정정보를 보여주며, <그림 2-16>은 SSR 디코딩 시스템으로부터 스마트폰이 취득한 SSR 보정정보를 보여준다.

[illegible]

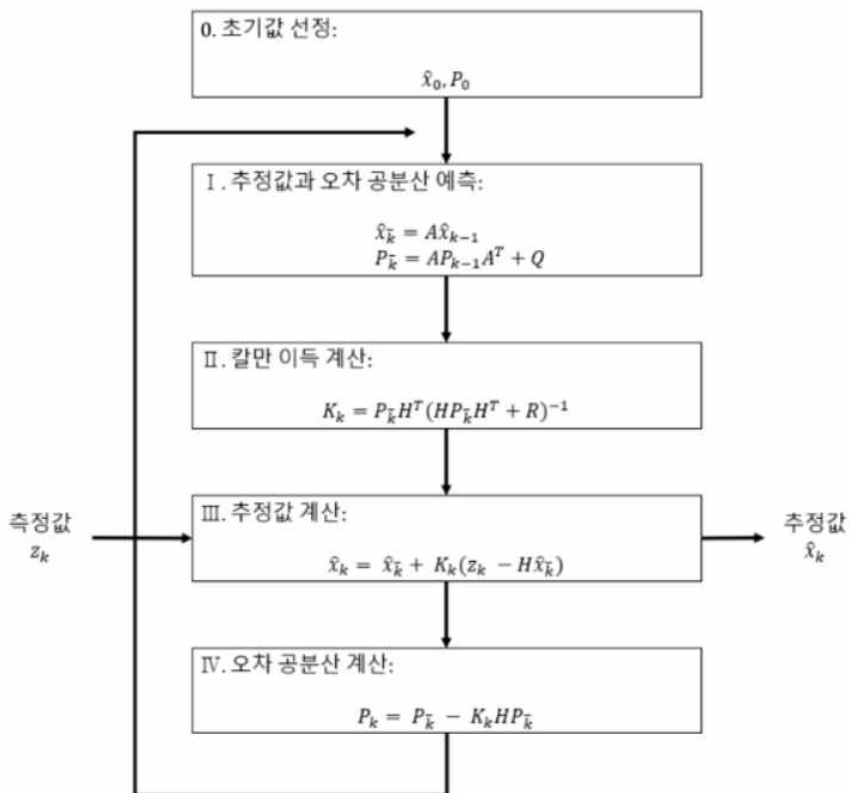
<그림 2-15> 클라이언트 서버에서 HTTP로 제공되는 SSR 보정정보

266450	38	129	0	2.3851	0.12940000000000002	trop
266450	35	128	0	2.3763	0.1192	
266450	33	127	0	2.3962000000000003	0.1383	
266450	37	129	0	484	28.47905	stec
266450	38	127	0	413	30.193530000000003	
266450	37	126	0	305	17.269930000000002	
266450	207	125	0.22310000000000002	1.2672	1.352	sato
266450	206	125	0.8267	-1.0648	-1.7428000000000001	
266450	421	58	-0.2228	1.4432	0.462	
266450	209	-2.4244000000000003	0.0	0.0		satc
266450	216	-0.0709	0.0	0.0		
266450	210	-3.8173000000000004	0.0	0.0		
266450	413	10	0.28	-0.795		satb
266450	404	1	0.0	0.5639000000000001		
266450	131	11	-0.52	-2.3993		
266450	421	2	0.0	-1.4944000000000002		00000000
266450	126	7	2.5	-1.1462		
266450	309	1	0.37	-0.003		
266450	419	3	-0.02	-1.6178000000000001		0001
266450	104	11	0.18	0.7024		
266450	126	9	2.5	-1.1462		
266450	131	2	0.22	-1.7934		00000000
266450	316	3	-0.8300000000000001	-1.2972000000000001		
266450	129	9	-0.28	0.0606		
266450	401	6	0.92	-1.2638000000000001		00000000
266450	129	2	0.14	0.07150000000000001		
266450	309	3	-1.01	-0.0287		
266450	305	1	0.16	-5.131		00000000
266450	413	2	0.0	-0.516		
266450	404	6	-1.03	0.6283000000000001		
266450	415	1	0.0	0.2356		00000000
266450	419	6	-0.81	-2.1414		
266450	404	2	0.0	0.5630000000000001		
266450	401	10	0.9400000000000001	-1.194		00000000
266450	127	0	0.0	-1.8842		
266450	413	9	0.28	-0.795		
266450	127	11	2.59	-2.5016000000000003		00000000
266450	419	1	-0.03	-1.6179000000000001		
266450	413	5	0.3	-0.8382000000000001		

<그림 2-16> 웹 서버 기반으로 취득된 SSR 보정정보

## 나. SSR 보정정보 적용 스마트폰 기반 실시간 측위 알고리즘 구현

SSR 보정정보가 적용된 스마트폰 기반의 실시간 SSR 측위 알고리즘은 취득된 관측치 및 위성 궤도 정보, SSR 보정정보를 사용한다. 여기서 SSR 보정정보는 스마트폰의 리소스 및 배터리를 효율적으로 사용하기 위해 웹 서버 기반의 SSR 취득 방법을 사용하였다. 이 외에도 단독 측위 알고리즘에서 적용했던 도플러 스무딩, 관측 잡음 모델 등을 동일하게 적용하였다.



<그림 2-17> 칼만 필터 알고리즘 순서도(김성필, 2010)

측위 알고리즘은 확장 칼만 필터를 기반으로 미지수, 즉 상태 벡터를 추정한다. 확장 칼만필터는 선형적인 모델뿐만 아니라 비선형적인 모델도 적용할 수 있으며, 적절한 모델 적용시 성능이 매우 뛰어나며 높은 추정 기능을 가진다. 항법 해를 산출하는 과정 역시 GNSS 관측치를 활용한 비선형 구조이기 때문에, 확장 칼만 필터를 사용하여 스마트폰 기반의 SSR 측위 알고리즘을 구현하였다. 칼만 필터는 초기값 선정 후, 추정치와 오차 공분산 예측, 칼만 이득 계산, 추정치 계산, 오차 공분산 계산 순서로 단계가 진행된다. 초기값 선정 이후의 과정은 크게 예측 단계와 갱신 단계로 나눌 수 있으며 두 단계를 반복적으로 수행하여 추정치를 계산한다. 예측 단계와 갱신 단계의 시스템 모델 A, H와 잡음의 공분산 Q, R은 칼만 필터의 예측 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 스마트폰 특성

을 고려한 필터 설계를 수행하고, 측위 알고리즘을 구현하였다.

스마트폰 기반의 실시간 SSR 측위 알고리즘에서는 신호 오차 요인 중 국토지리정보원 SSR 서비스에서 제공되는 위성 궤도 및 시계 오차, 위성 신호 바이어스, 전리층 오차, 대류권 오차에 대한 보정정보를 사용한다.

## 1) 위성 궤도 오차

위성 궤도 오차에 대한 보정정보는 대상 위성의 PRN과 IOD(Issue of Data), 그리고 궤도 오차 보정정보로 구성된 벡터를 제공한다. 사용자는 관측된 위성의 PRN과 IOD를 이용해 위성 궤도 정보와 일치하는 보정정보를 선택하고, 식 (2-14)와 같이 계산된 위성 위치에 위성 궤도 오차를 적용한다. 여기서  $X_{orbit}$  은 보정된 위성 위치,  $X_{broadcast}$  는 방송된 위성 위치,  $\delta X$ 는 위성 궤도 오차이다.

$$X_{orbit} = X_{broadcast} - \delta X \quad (2-14)$$

국토지리정보원에서 제공하는 궤도 오차 벡터는 Radial, Along-Track, Cross-Track 방향으로 제공된다. ICD에 따라 계산된 위성 위치  $X_{broadcast}$  는 ECEF(Earth-Centered Earth-Fixed)의  $x^n, y^n, z^n$ 로 계산되기 때문에, 궤도 오차 보정정보는 식 (2-15)와 같이 ECEF로의 좌표 변환 작업이 필요하다. 여기서  $\delta O$ 는 제공된 궤도 오차 보정정보,  $e_{radial}, e_{along}, e_{cross}$  는 좌표 변환을 위한 단위 벡터이다.

$$\delta X = [e_{radial}, e_{along}, e_{cross}] \cdot \delta O \quad (2-15)$$

## 2) 위성 시계 오차

위성 시계 오차에 대한 보정정보는 대상 위성의 PRN과 시계 오차 계산을 위한 3개의 인자가 제공된다. 사용자는 관측된 위성의 PRN을 통해 일치하는 위성 시계 오차 보정정보를 선택하고, 식 (2-15)와 같이 위성 궤도 정보로 계산된 위성 시계 오차에 보정정보를 적용한다. 여기서  $t_{satellite}$  는 보정된 위성 시계 오차,  $t_{broadcast}$  는 위성 궤도 정보로 계산된 위성 시계 오차,  $\delta C$ 는 위성 시계 오차 보정정보,  $C$ 는 광속을 의미한다.

$$t_{satellite} = t_{broadcast} - \frac{\delta C}{C} \quad (2-15)$$

$\delta C$ 는 위성 시계 오차 보정정보 계산을 위한 인자  $C_0, C_1, C_2$ 를 이용해 식 (2-16)과 같이 계산된다. 여기서  $t$ 는 측위 시각,  $t_0$ 는 보정정보의 기준 시각을 의미한다.

$$\delta C = C_0 + C_1(t - t_0) + C_2(t - t_0)^2 \quad (2-16)$$

### 3) 위성 신호 바이어스

위성 신호 바이어스에 대한 보정정보는 대상 위성의 PRN과 L1, L2 밴드에 대한 코드/위상 신호 바이어스의 보정정보로 제공된다. 위성 신호 바이어스 보정정보는 미터 단위로 제공되기 때문에, 사용자는 별도의 계산 과정 없이 측위 알고리즘에 적용할 수 있다. 사용자는 관측된 위성의 PRN과 사용하려는 신호의 바이어스 보정정보를 선택하고, 각 관측치에 위성 신호 바이어스 보정정보를 적용한다.

### 4) 전리층 오차

국토지리정보원 SSR에서 제공하는 전리층 오차에 대한 보정정보의 내용을 <표 2-9>에 정리하였다. 전리층 보정정보는 각 격자에 해당하는 값을 위성의 STEC 값으로 제공한다. 격자점은 한반도 상공에 위경도  $1^\circ$  간격으로 배치되어 있으며 고정 격자점(위도  $34^\circ\text{N}$ - $38^\circ\text{N}$ , 경도  $126^\circ\text{E}$ - $128^\circ\text{E}$ )의 전리층 보정정보는 항상 제공되고, 해당 시각의 위성 배치 상태에 따라 가변적인 7개의 격자점에 대한 정보가 추가로 제공된다.

<표 2-5> 국토지리정보원 SSR 전리층 보정정보 상세 내용

필드 순서	필드 내용
1	GPS Week Second
2	격자점의 위도
3	격자점의 경도
4	지연량 산출 기준 고도
5	위성 번호(PRN)
6	전리층 지연량(STEC)
국토지리정보원 SSR 전리층 보정정보 샘플 데이터	

	1	2	3	4	5	6
1	359694	33	126	0	104	28.2204
2	359694	33	126	0	108	24.4790
3	359694	33	126	0	109	32.9112
4	359694	33	126	0	116	22.3195
5	359694	33	126	0	126	25.6255
6	359694	33	126	0	127	9.4925
7	359694	34	126	0	104	27.9335
8	359694	34	126	0	108	24.3575
9	359694	34	126	0	109	32.1404
10	359694	34	126	0	116	22.0657
11	359694	34	126	0	118	32.3898
12	359694	34	126	0	126	25.0768
13	359694	34	126	0	127	9.4079

## 5) 대류권 오차

국토지리정보원 SSR에서 제공하는 대류권 오차에 대한 보정정보의 내용을 <표 2-6>에 정리하였다. 대류권 보정정보는 각 격자점에서의 ZHD와 ZWD를 제공하며, 격자점은 전리층 격자점과 동일한 고정 격자점(위도 34°N-38°N, 경도 126°E-128°E)과 7개의 가변 격자점을 갖는다. 대류권 오차 보정정보로 제공되는 ZHD와 ZWD는 고도각에 대한 건조 사상함수( $m_h$ )와 습윤 사상함수( $m_w$ )가 각각 적용되어  $\delta T_h$ ,  $\delta T_w$ 으로 변환되며, 최종적으로 식 (2-17)과 같이 시선 방향의 대류권 지연량  $\delta T$ 로 산출된다.

$$\delta T = \delta T_h + \delta T_w = m_h(el)ZHD + m_w(el)ZWD \quad (2-17)$$

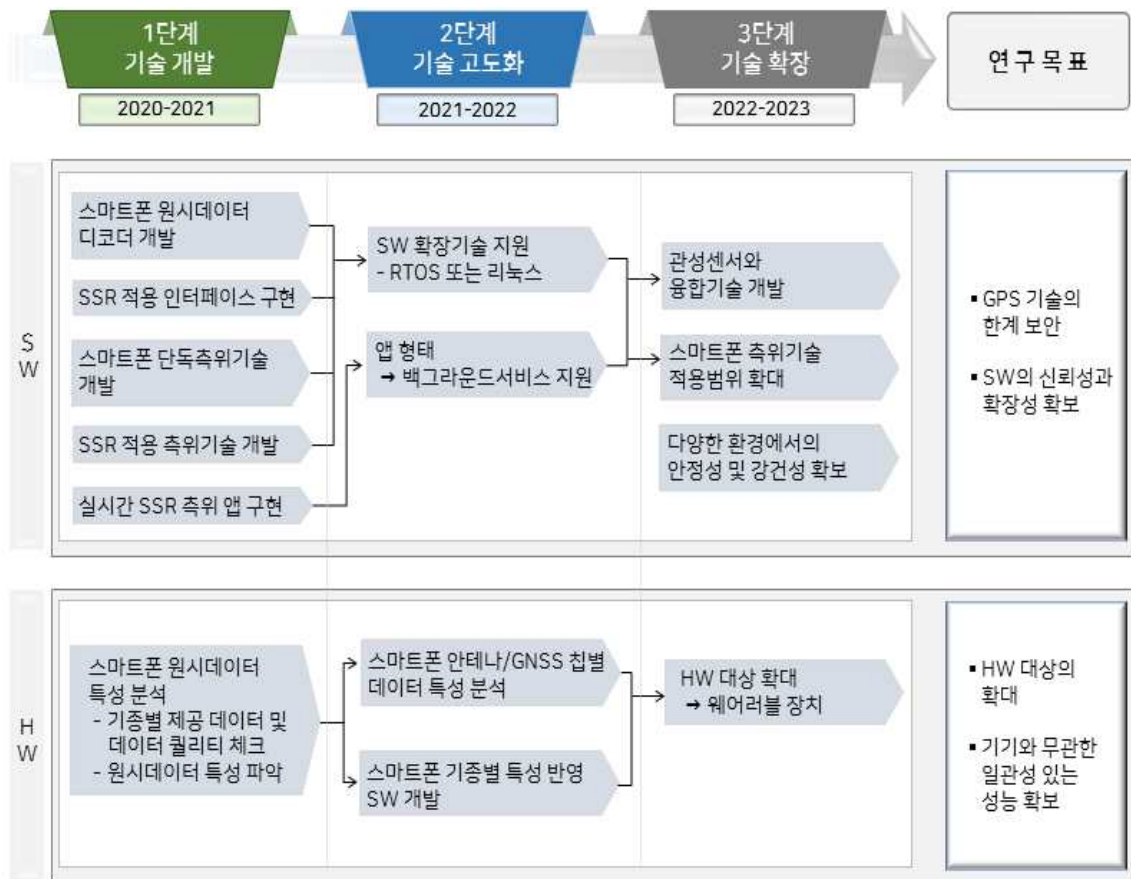
<표 2-6> 국토지리정보원 SSR 대류권 보정정보 상세 내용

필드 순서	필드 내용
1	GPS Week Second
2	격자점의 위도
3	격자점의 경도
4	지연량 산출 기준 고도
5	대류권 건조 지연량(ZHD)
6	대류권 습윤 지연량(ZWD)
국토지리정보원 SSR 대류권 보정정보 샘플 데이터	

	1	2	3	4	5	6
1	359694	33	126	0	2.5122	0.2206
2	359694	34	126	0	2.4757	0.1848
3	359694	35	126	0	2.4404	0.1501
4	359694	36	126	0	2.4076	0.1180
5	359694	37	126	0	2.3820	0.0931
6	359694	38	126	0	2.3645	0.0763
7	359694	33	127	0	2.5075	0.2154
8	359694	34	127	0	2.4740	0.1825
9	359694	35	127	0	2.4433	0.1525
10	359694	36	127	0	2.4151	0.1249
11	359694	37	127	0	2.3898	0.1003
12	359694	38	127	0	2.3741	0.0853
13	359694	39	127	0	2.3655	0.0774

### 3. SSR 기반 스마트폰 측위기술의 고도화를 위한 기술개발 로드맵 도출

본 사업을 통해 수행한 연구 내용과 추후 SSR 보정정보 기반 스마트폰 측위기술 정확도 및 안정성 향상을 위해 필요한 기술을 파악하여 기술개발 로드맵을 도출하였다. 스마트폰 측위기술 고도화를 위한 기술 개발 로드맵은 총 3단계로 구성되며 기술 개발과 기술 고도화, 기술 확장 순으로 진행된다. 아래의 <그림 2-18>은 스마트폰 측위기술 개발 로드맵 전체를 도식화 한 것으로 각 단계에 해당하는 사항을 소프트웨어 부분과 하드웨어 부분으로 세분화하여 나타내었다.



<그림 2-18> 스마트폰 측위 기술개발 로드맵

1단계 기술개발 단계는 스마트폰 측위를 위한 기초 기술을 구현하는 단계로 본 사업을 통해 수행한 연구 내용에 해당한다. 기초기술 구현을 위해 우선 스마트폰 원시데이터 사용을 위한 디코더를 개발하고 코드의사거리 기반의 단독측위 알고리즘을 구현한다. 또한 스마트폰 측위의 정확도 향상을 위해 측위 오차모델을 구현하여 단독측위에 적용한다. 두 번째로, SSR 보정정보 취득을 위한 SSR 디코딩 인터페이스를 구현하고 이를 적용하는 측위기술을 개발한다. 본 사업에서 SSR 보정정보 취득 프로세스는 HTTP 프로토콜 기반과 안드로이드 라이브러리 기반으로 구현하였으며 목적



에 따라 선택 적용이 가능하다. SSR 기반의 측위기술은 SSR 보정정보 모델링 및 정밀 오차 모델 구현이 수반되어야 한다. 스마트폰에서 출력되는 원시데이터는 기존 GPS 수신기의 원시데이터와는 특징이 다르므로 스마트폰 원시데이터의 관측치 노이즈 및 SNR의 변화 등 데이터의 품질 분석 및 특징을 파악하여 이를 모델링에 반영해야 한다.

2단계 기술 고도화 단계는 1단계에서 개발한 스마트폰 측위 기술에 대한 고도화를 진행한다. 스마트폰 원시데이터는 탑재되어 있는 안테나와 GNSS 칩에 따라 지원 데이터 및 데이터의 특성이 다르며 따라서 스마트폰의 기종과 무관하게 안정적인 측위 성능을 확보할 수 있도록 기종에 따른 데이터 품질 분석 및 특징을 파악하고 이를 소프트웨어에 반영하는 과정이 필요하다. 또한 스마트폰 측위 기술의 활용분야 확대를 위해 B2B나 B2G에서 사용하는 RTOS나 리눅스 기반의 확장 기술을 지원해야 한다. 1단계에서 앱 형태(APK)로 개발된 실시간 SSR 측위기술을 기술 고도화 단계에서 백그라운드 서비스로 지원하여 위치정보가 필요한 앱을 지원할 수 있도록 하는 기술을 개발한다. 백그라운드 서비스 지원 시, 앱 형태와 비교하여 리소스(메모리, CPU, 배터리 등) 사용을 최소화할 수 있다는 장점이 있다. 스마트폰 리소스와 관련하여 스마트폰에서는 항법메시지가 지원되지 않으며 따라서 외부에서 AGNSS를 통해 이를 제공받아야 하며 Real-Time IGS product, u-blox 서비스 등 여러 방법이 있지만 이를 서버 단에서 디코딩 된 형태의 웹기반 언어로 지원하여 스마트폰의 부하를 최소화 할 수 있도록 해야 한다. 만약 항법메시지 지원을 위한 자체 서버를 운영하고 있다면 이 부분에 대한 고려는 필요하지 않다. 또한 리소스 최소화를 위해 SSR 보정정보를 안드로이드 라이브러리 기반 프로세스가 아닌 디코딩 된 형태로 제공받을 수 있도록 해야 한다.

3단계는 기술 확장 단계로 스마트폰 측위 기술의 적용 범위 확대를 위한 연구를 수행한다. 2단계를 통해 고도화된 스마트폰 측위 기술과 스마트폰 내부의 관성 센서를 융합하는 기술을 개발하고 이를 통해 GPS 기술 자체가 가지고 있는 한계를 보완하고 측량 및 공간정보 분야 등 스마트폰 측위 기술의 적용 범위를 확장한다. 또한 패드나 웨어러블 기기(와치) 등 하드웨어 대상을 확대하고 다양한 환경과 조건에서의 테스트를 통해 신뢰성 및 강건성을 확보할 수 있도록 한다. 이와 같은 스마트폰 측위기술 개발 고도화 과정을 통해 다양한 스마트폰 기종에 대해 신뢰성 있고 안정적인 위치정보 획득이 가능해질 것이며 이는 SSR 기반 스마트폰 측위기술의 민간 활용을 활성화하고 활용 분야를 확대할 것으로 예상된다.



## 개발기술 성능 테스트 및 현장시연

- 
1. 스마트폰 단독측위 기술 및 SSR 측위 기술의 성능 평가
  2. 스마트폰 기반 SSR 서비스 적용 시연회



## 1. 스마트폰 단독측위 기술 및 SSR 측위 기술의 성능평가

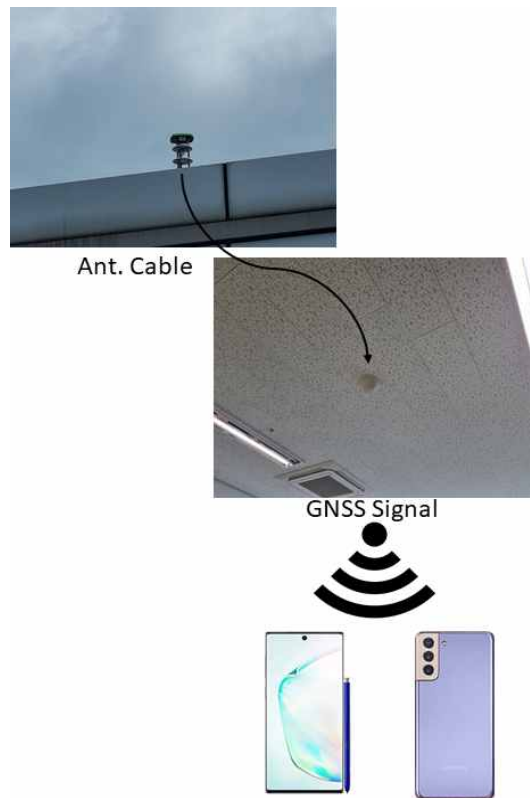
### 가. 단독측위 기술 성능 평가

개발된 최소제공법 기반의 단독 측위 기술 성능 평가는 삼성 갤럭시 Note10+, Galaxy S21+를 대상으로 수행되었다. Note10+와 S21+ 상세 사양은 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> Galaxy Note10+, Galaxy S21+ 사양

항목	내용	
모델명	Samsung Galaxy Note10+ (SM-N975N)	Samsung Galaxy S21+ (SM-G996N)
외형		
칩셋	Samsung Exynos 9825	Samsung Exynos 2100
GNSS	GPS, Beidou, GLONASS, Galileo, QZSS	GPS, Beidou, GLONASS, Galileo, QZSS

개발된 최소제공법 기반의 단독 측위 기술 성능 평가는 서울 금천구 가산동 대성디폴리스에 위치한 피피솔 내부 방사기 신호를 이용하여 수행되었다. <그림 3-1>은 스마트폰의 방사기를 통한 GNSS 신호 수신 구성을 보여준다.

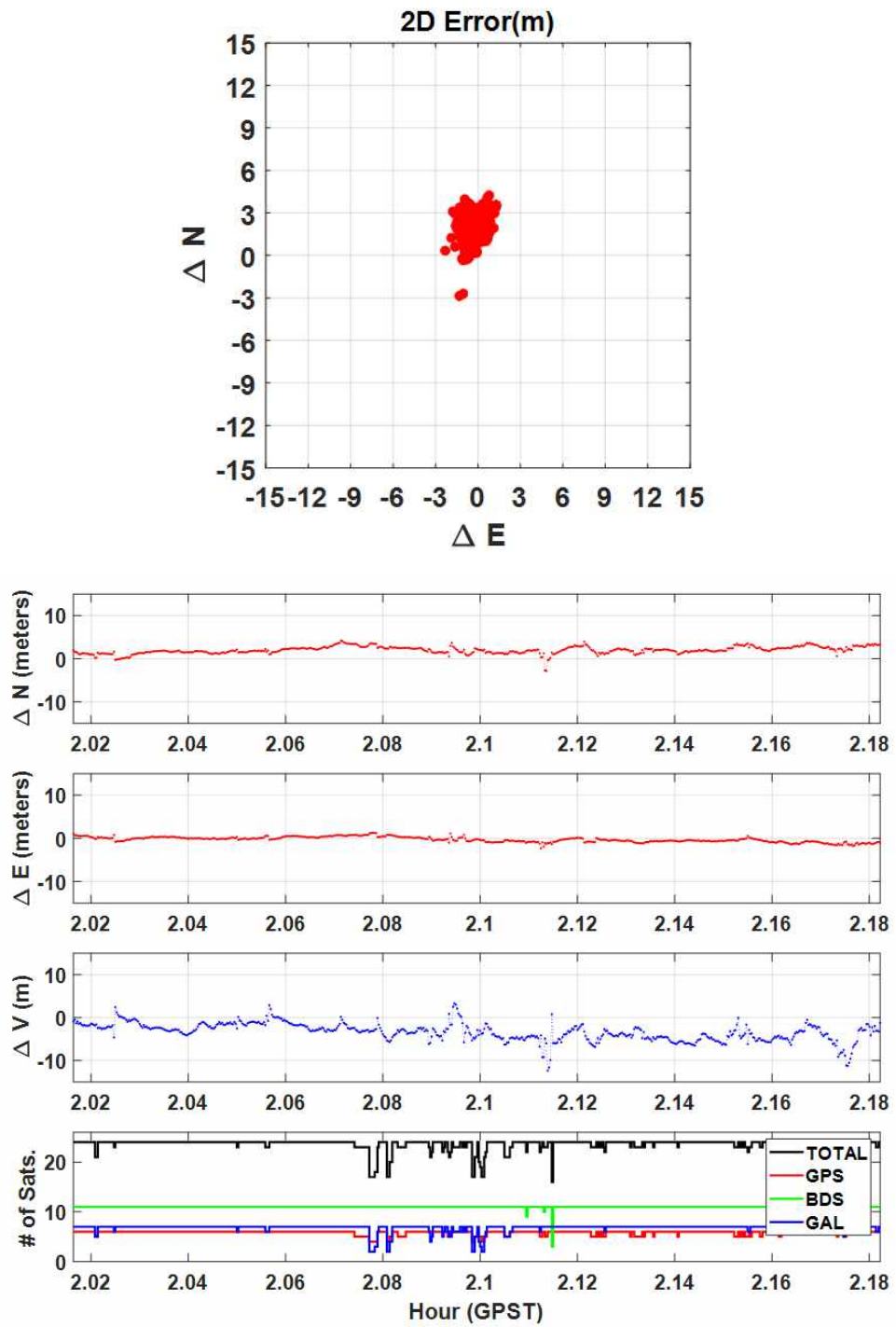


<그림 3-1> 성능 평가를 위해 사용된 GNSS  
신호 수신 구성도

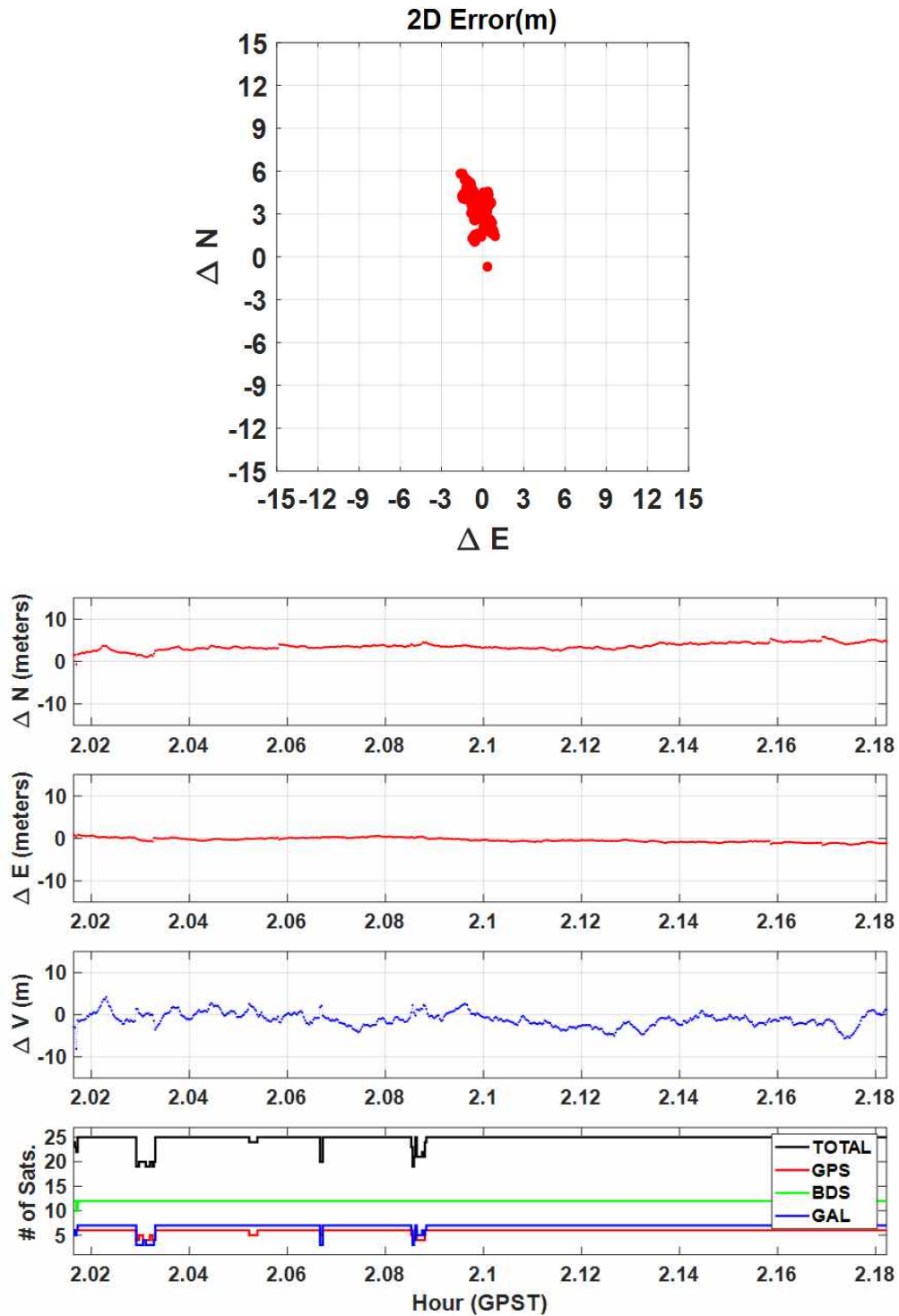
<그림 3-2>와 <그림 3-3>은 2021년 3월 31일(DOY090) 중 약 10분간 수행된 Note10+, S21+ 단독 측위 결과를 보여준다. 측위 성능 평가를 위해 사용된 기준 좌표는 국토지리정보원에서 서비스중인 VRS를 통해 취득되었다. 그림 중 가장 상단은 수평 오차를 의미하며, 순서대로 North, East, Vertical 방향으로의 오차, 그리고 측위에 사용된 위성 수를 의미한다. <표 3-2>는 Note10+, S21+의 측위 오차 통계인 RMSE(Root Mean Square Error)와 표준 편차가 정리되어 있다.

<표 3-2> 스마트폰 기반 단독 측위의 RMSE와 표준편차

단위: m	수평		수직		3D	
	RMS	표준편차	RMS	표준편차	RMS	표준편차
Note10+	2.26	0.75	3.93	2.08	4.54	1.72
S21+	3.74	0.84	1.99	1.69	4.23	0.97



<그림 3-2> 최소제공법 기반 단독 측위 수행 결과(Note10+)



<그림 3-3> 최소제공법 기반 단독 측위 수행 결과(S21+)

최소제공법 기반 단독 측위 결과의 수평 RMSE는 Note10+에서 2.26 m, S21+에서 3.74 m이며, 수평 표준편차는 Note10+에서 0.75 m, S21+에서 0.84 m이다. 수평 RMSE에 비해 수평 표준편차가 낮은 것을 보아 측위 결과가 밀집되어 있음을 알 수 있으며, 수평 그래프 및 N, E 시계열



오차 그래프를 통해서도 수평 측위 결과의 북쪽 방향 바이어스를 확인할 수 있다. 이는 실험적 모델인 Klobuchar 모델과 GPT 모델이 실제 전리층 및 대류권으로 인한 신호 오차를 반영하지 못해 발생한 바이어스로 판단된다. 수직 RMSE는 Note10+에서 3.93 m, S21+에서 1.99 m이며, 표준 편차는 Note10+에서 2.08m, S21+에서 1.69m이다. GNSS 측위의 수직 정확도 및 정밀도는 상공에 위치한 GNSS 위성의 배치 특성으로 인해 수평 방향으로의 오차 통계보다 낮게 산출되었다. 측위에 사용된 전체 위성 수는 Note10+에서 최대 23개, S21+에서 최대 25개이지만, 측위 중간에 급격히 변화하며 Note10+에서 최소 16개, S21+에서 최소 19개까지 감소한다. 일반적으로 측위에 사용되는 위성 수는 개활지 환경에서 급격히 변화하지 않는다. 하지만 개활지 환경에서도 발생하는 스마트폰의 불안정한 신호 세기로 인해 API 상태 지시자는 GNSS 관측치를 필터링하며, GNSS 관측치는 위성이 가시 조건에 위치하더라도 생성되지 않는다. 이와 같은 이유로 측위에 사용되는 위성 수는 급격히 변화하게 된다. 또한 방사기의 동일한 신호 및 동일한 시각에 GNSS 관측을 했음에도 불구하고 Note10+와 S21+의 측위 오차 및 관측 위성 수가 다른 것을 볼 수 있는데, 이는 스마트폰의 기종 및 칩셋 등에 따라 위성 신호 필터링 등이 다르기 때문이다.

## 나. 최소제곱법 기반의 SSR 측위 기술 성능 평가

개발된 최소제곱법 기반의 단독 측위 기술 중 Klobuchar, GPT 모델을 이용한 전리층 및 대류권 오차 추정 과정을 제외한 후, SSR 보정정보(위성 궤도 및 시계 오차, 신호 바이어스, 전리층 및 대류권 오차)를 적용하고 그 측위 기술의 성능 평가를 수행하였다. 개발된 스마트폰 기반의 최소제곱법 SSR 측위 기술은 과제수행사의 웹 서버로부터 디코딩 된 국토지리정보원의 SSR 보정정보를 취득하고 측위에 적용한다. SSR 측위 성능 평가에는 단독 측위 성능평가에서 사용한 Note10+, S21+의 GNSS 데이터가 사용되었다.

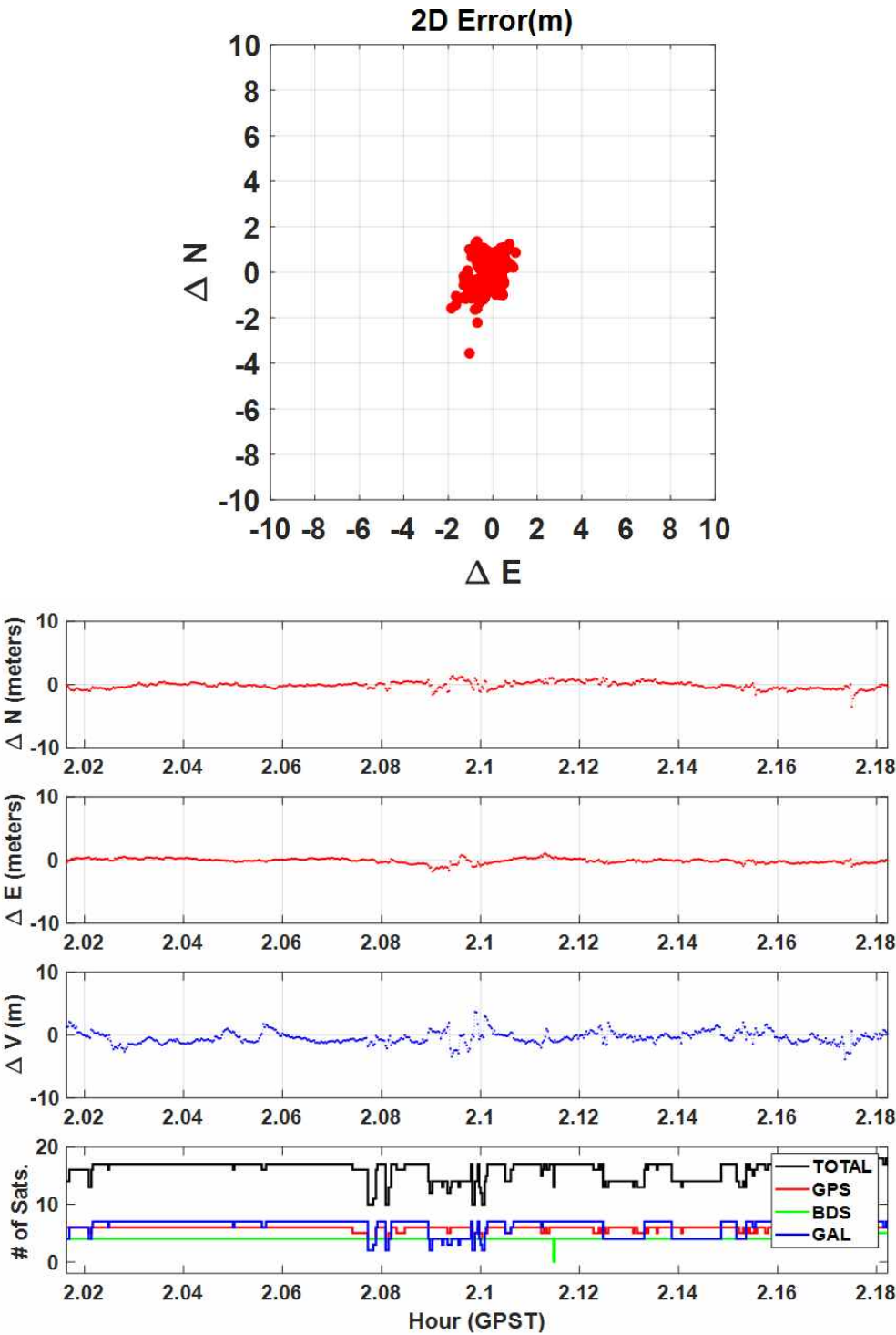
〈그림 3-4〉와 〈그림 3-5〉는 2021년 DOY 090 중 약 10분간 수행된 Note10+, S21+ SSR 측위 결과를 보여준다. 그림 중 가장 상단은 수평 오차를 의미하며, 순서대로 North, East, Vertical 방향으로의 오차, 그리고 측위에 사용된 위성 수를 의미한다. 〈표 3-3〉은 Note10+, S21+의 측위 오차 통계인 RMSE와 표준 편차가 정리되어 있다.

〈표 3-3〉 스마트폰 기반 SSR 측위의 RMSE와 표준편차

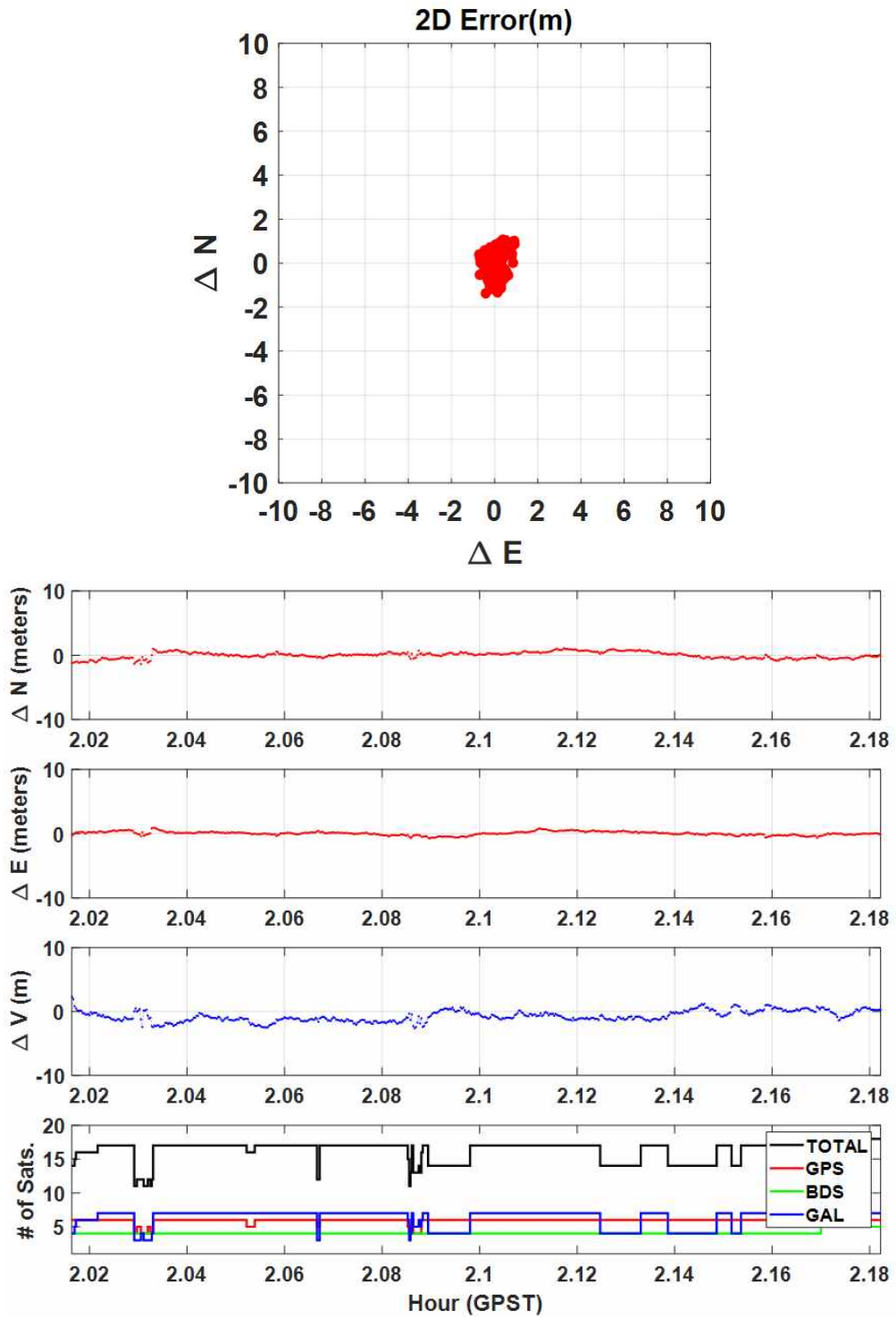
단위: m	수평		수직		3D	
	RMS	표준편차	RMS	표준편차	RMS	표준편차
Note10+	0.69	0.39	1.03	0.95	1.25	0.60
S21+	0.57	0.29	1.10	0.83	1.24	0.52

최소제곱법 기반 SSR 측위 결과의 수평 RMSE는 Note10+에서 0.69 m, S21+에서 0.57 m이며, 수평 표준편차는 Note10+에서 0.39 m, S21+에서 0.29 m이다. Note10+의 SSR측위 수평 정확도는 단독 측위 수평 정확도에 비해 약 69% 상승했으며, S21+의 수평 정확도는 약 85% 상승했다. 특히 단독 측위 오차에서 북쪽으로 발생한 바이어스는 SSR 측위 오차에서 보이지 않는다. 이는 실험적 신호 오차 모델을 사용한 단독 측위와 달리, SSR 측위는 현재 공간 상태를 반영한 SSR 보정정보를 사용하기 때문이다. SSR 측위의 수평 방향 표준 편차도 단독 측위에 비해 Note10+에서 약 0.36 m, S21+에서 약 0.55 m 상승하였으며, 결론적으로 정확도와 정밀도가 모두 상승한 것을 볼 수 있다. 이와 같은 해석은 수직 방향에서도 적용되며, 수직 정확도의 경우 단독 측위에 비해 Note10+에서 약 74%, S21+에서 약 45% 향상된 것을 볼 수 있다. SSR 측위는 단독 측위에 비해 정확도와 정밀도가 상승하였지만, SSR 측위에 사용되는 위성 수는 Note10+, S21+ 두 기종 모두에서 감소되었다. Note10+의 사용 위성 수는 평균 6개, S21+의 사용 위성 수는 평균 8개 감소하였으며, 특히 Beidou 위성수가 급격히 감소한다. SSR 측위 알고리즘에서는 측위에 사용하려는 방법 위성의 SSR 보정정보가 없을 경우 측위에 사용하지 않으며, 국토지리정보원에서 제공하는 SSR

은 특정 위성번호 이후의 Beidou 위성에 대해 지원하지 않기 때문이다. 결과적으로 두 스마트폰의 최소제곱법 기반 SSR 측위 결과는 0.7m 이내의 수평 정확도를 보였으며, 1.1 m 이내의 수직 정확도를 보였다.



<그림 3-4> 최소제곱법 기반의 SSR 측위 수행 결과(Note10+)



<그림 3-5> 최소제곱법 기반 SSR 측위 수행 결과(S21+)

## 다. SSR 측위기술 성능 평가

SSR 보정정보를 적용하는 실시간 측위 기술의 성능평가를 위해 다양한 환경에 대한 이동 형태별 측위 성능을 평가하였다. 측위 환경은 개활지와 준도심지, 극도심지로 구분하였으며 사용자의 이동 상황을 고려하여 정지 뿐 아니라 보행과 주행에 대한 테스트를 수행하였다. 각 테스트별 수행 장소는 <표 3-4>와 같다. 정지 테스트는 VRS 좌표를 기준으로 정확도를 확인하였으며 보행 및 주행은 산출 좌표를 지도에 표출하여 성능을 확인하였다.

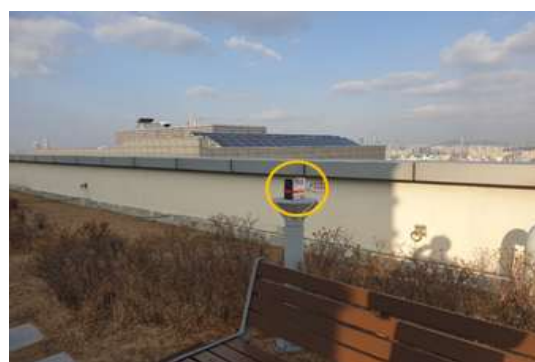
<표 3-4> 측위 테스트 수행 장소

환경 \ 모드	정지 테스트	보행 테스트	주행 테스트
개활지	· 대성디폴리스 : (주)피피솔 옥상	· 한강 잠원지구	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 서울대학교</li> <li>· 국토지리정보원 인근 대로 및 주택가</li> <li>· 압구정로데오역 인근 (대로변/골목)</li> </ul>
준도심지	· 압구정로데오역	· 압구정로데오역 인근 (대로변/골목)	
극도심지	· 가산디지털단지역 인근 · 삼성역-선릉역 사이	· 국토지리정보원 인근 주택가 골목	

### 1) 정지 테스트

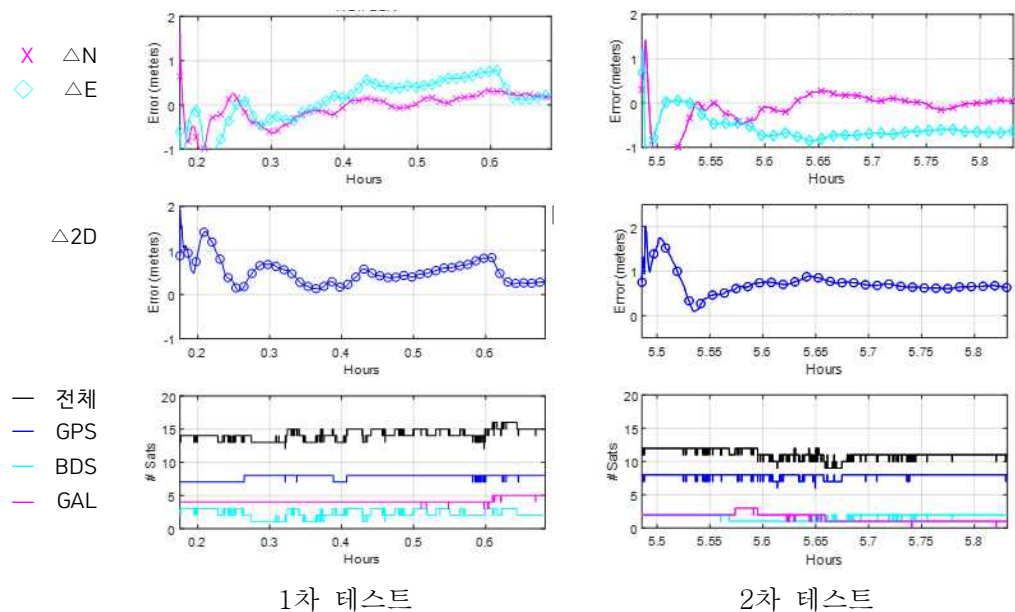
#### 가) 개활지: 대성디폴리스

개활지에서 정지 측위의 성능 확인을 위해 (주)피피솔이 위치하고 있는 대성디폴리스 옥상에서 테스트를 수행하였다. 대성디폴리스 옥상은 주변에 위성의 가시성을 방해하는 장애물이 없어 개활지 환경이라 할 수 있으며 <그림 3-6>에서 테스트 장소 및 환경을 확인할 수 있다.



<그림 3-6> 개활지 정지테스트 장소

테스트 일자 는 2020년 11월 17일(DOY322)이며 두 번에 걸쳐 1차(UTC, 00:10:31-00:40:58)와 2차(UTC, 05:29:09-05:49:51)에 대한 관측 데이터를 취득하였다. 갤럭시 Note10+를 테스트 장비로 사용하였으며 기준좌표 취득을 위해 Septentrio PolaRx3ePro로 VRS를 수행하였다. <그림 3-7>은 1차와 2차 테스트에 대한 측위 결과이다.



<그림 3-7> 개활지 정지테스트 결과

<그림 3-7>의 왼쪽 그래프가 1차 테스트, 오른쪽 그래프가 2차 테스트 결과이며 상단 그래프가 시계열에 대한 남북(N)과 동서(E) 방향 오차, 중앙 그래프가 수평 방향 오차, 하단 그래프가 측위에 사용한 위성 수이다. 각 테스트에 대한 측위 결과는 <표 3-5>와 같다. 1차와 2차 테스트에서 수평방향으로 1m 이하의 성능을 보였으며, 개활지 정지테스트에서는 안정적으로 서브미터의 성능 확보가 가능함을 확인하였다.

<표 3-5> 개활지 정지테스트 결과

	1차 테스트			2차 테스트		
	N	E	2D	N	E	2D
RMS(m)	0.24	0.42	0.49	0.17	0.65	0.67
STD(m)	0.20	0.37	0.20	0.13	0.13	0.12
평균 사용 위성수	전체 14.2 GPS 7.7 BDS 2.3 GAL 4.1			전체 11.1 GPS 7.9 BDS 1.7 GAL 1.5		



나) 준도심지: 압구정로데오역 인근

준도심지에서 정지 측위의 성능 확인을 위해 압구정로데오역 인근에서 테스트를 수행하였다. 테스트 장소 주변은 왕복 5차선 도로에 고층과 저층 건물이 위치하고 있어 준도심지 환경이라 할 수 있다. <그림 3-8>은 테스트 장소 및 환경 사진이다.



<그림 3-8> 준도심지 정지테스트 장소 및 환경

테스트 일자 는 2020년 12월 29일(DOY363)이며 갤럭시 Note10+, S09를 사용하여 실시간 위치 좌표를 확인하였다. Trimble R10-2로 VRS를 수행하여 기준좌표를 취득하였고 스마트폰 산출 좌표와 비교하였다. 아래의 <그림 3-9>는 실시간 측위 결과 및 VRS 좌표와 비교한 결과이다.



### <그림 3-9> 준도심지 정지테스트 결과

〈그림 3-9〉의 왼쪽 상단은 스마트폰 출력 좌표, 왼쪽 하단은 VRS로 획득한 좌표이며 오른쪽 그

림은 스마트폰과 VRS 좌표를 비교한 것이다. 두 장비에 대해 동시 테스트를 수행하여 스마트폰과 기준좌표 취득 장비는 동일 위치가 아닌 수평으로 약 60~70cm 정도 오프셋이 있었으며 이를 고려 하였을 때, 준도심지의 측위 성능은 수평 방향으로 약 ~1.1m 수준임을 확인하였다.

다) 극도심지: 가산디지털단지역 인근

극도심지에서 정지 측위의 성능 확인을 위해 가산디지털단지역 인근에서 테스트를 수행하였다. 테스트 일자 는 2021년 3월 18일(DOY077)이고 테스트 장비는 갤럭시 Note10+와 S09이다. 가산 디지털단지역 인근에 두 곳을 선정하여 테스트(a)와 (b)를 수행하였으며 <그림 3-10>에서 확인 할 수 있다.



<그림 3-10> 극도심지 정지테스트 장소

테스트 (a) 장소는 가산디지털단지 5번 출구 근처로 20층 이상의 건물들 사이의 인도에서 수행하였 으며 관측 환경은 <그림 3-11>과 같다.



<그림 3-11> 극도심지 테스트 (a) 환경

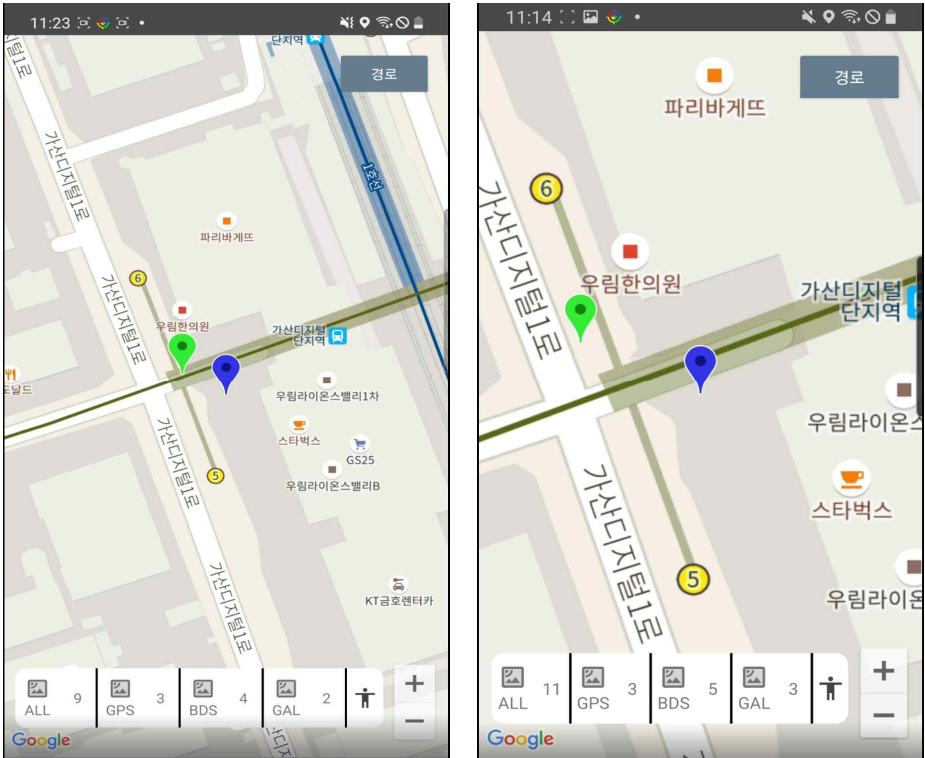


테스트 (b) 장소는 가산디지털단지역 6번 출구 건너편 SK 뷰 인근으로 10분 이상 테스트를 진행하였지만 VRS가 fix되지 않아 정확도 분석은 수행하지 않았다. 테스트 (b)의 관측환경은 <그림 3-12>와 같다.



<그림 3-12> 극도심지 테스트 (b) 환경

테스트 (a)의 실시간 측위 결과는 <그림 3-13>과 같다. 그림에서 녹색 표시는 단독측위 좌표이며 파란색 표시는 SSR 측위 좌표이다.



N10+ S09  
<그림 3-13> 극도심지 정지테스트 피피솔 앱 출력 결과

SSR 측위 좌표는 측점과 비슷한 위치에 표시되는 반면 단독측위 좌표는 N10+와 S09 모두에서 SSR 측위에 비해 정확도가 현저히 떨어지는 것을 확인할 수 있다. <그림 3-14>는 VRS를 통해 획득한 좌표를 기준으로 실시간 스마트폰 측위 좌표를 비교한 것이다. 그림에서 (▲)는 VRS 좌표이며 (●)는 SSR 처리 결과, (●)는 스마트폰에서 자체적으로 출력되는 NMEA 좌표이다.



<그림 3-14> 극도심지 정지테스트 결과 비교

VRS 좌표를 기준으로 수평 RMS를 확인하면 Note10+는 ~13.1m, S09는 ~5.9m 수준이며 이러한 결과는 개활지나 준도심지에서 확인한 스마트폰의 성능보다 현저히 떨어지는 것으로 극도심지는 신호 수신에 장애가 되는 주변의 고층 건물로 인해 성능 확보가 어려운 것을 확인하였다. 또한 동일 환경이라도 스마트폰 기종마다 성능의 차이를 확인할 수 있었다.

## 2) 보행 테스트

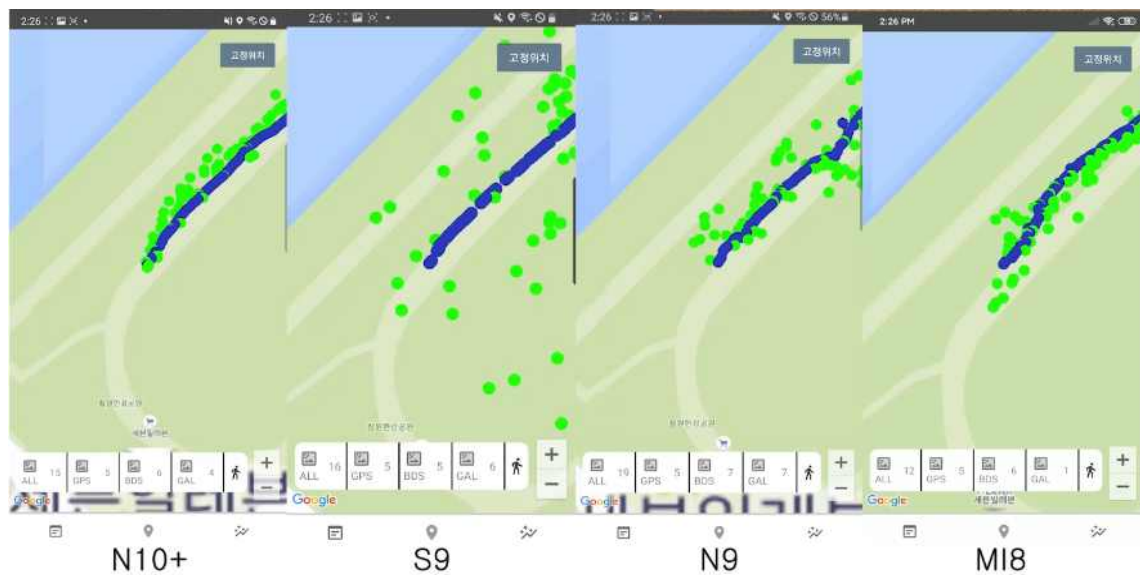
### 가) 개활지: 한강 잠원지구

개활지에서 보행 측위의 성능 확인을 위해 한강 잠원지구에서 테스트를 수행하였다. 잠원지구는 주변에 신호 수신을 방해하는 장애물이 없어 개활지 환경에 속한다. 테스트 일자 2020년 12월 29(DOY363)과 2021년 3월 17일(DOY076)이며 본 보고서에는 DOY076의 테스트 결과를 포함하였다. 테스트 장비는 총 4가지로 갤럭시 Note10+와 S09, Note09, Xiaomi Mi8이며 SSR 측위 좌표를 실시간으로 지도에 출력하여 그 성능을 확인하였다. <그림 3-15>는 테스트 장소 및 환경 사진이다.



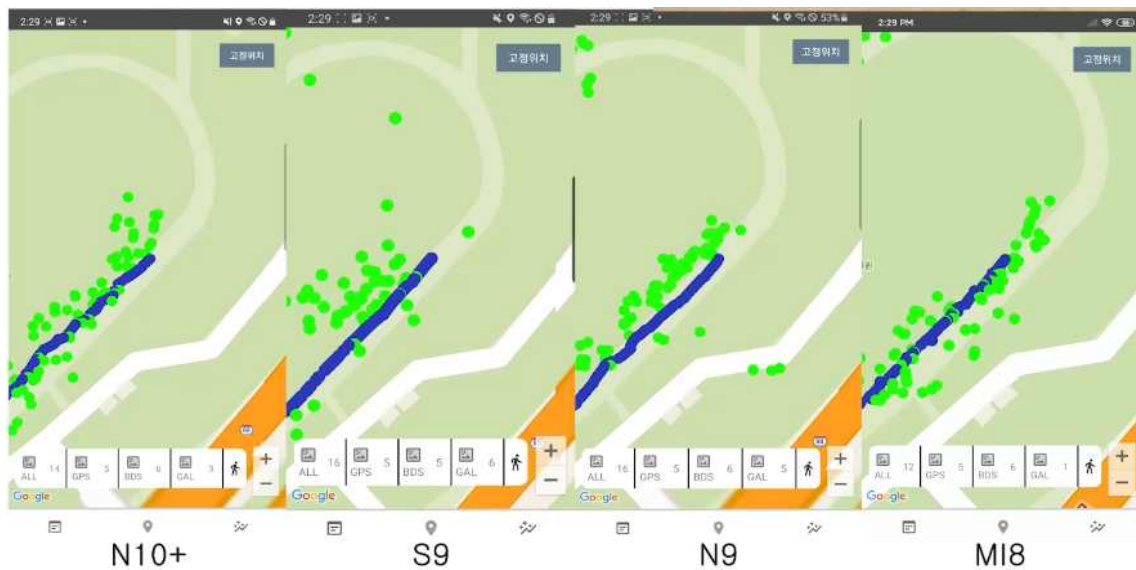
<그림 3-15> 보행테스트 한강 잠원지구 장소 및 환경

<그림 3-16>과 <그림 3-17>은 잠원지구에서 수행한 보행테스트의 결과로 좌측에서 순서대로 Note10+, S09, Note09, Xiaomi Mi8이며 그림에서 (●)는 단독측위 좌표, (●)는 SSR 측위 좌표이다. 단독측위 좌표는 스마트폰 기종에 따른 노이즈의 차이가 컸으며 보행 경로를 따라가진 하나 정밀도가 매우 낮았다. SSR 측위 좌표는 스마트폰 기종과 상관없이 보행 경로를 잘 나타내었으며 단독 측위에 비해 노이즈도 매우 작은 것을 확인할 수 있었다.



<그림 3-16> 보행테스트 한강 잠원지구 결과1





<그림 3-17> 보행테스트 한강 잠원지구 결과2

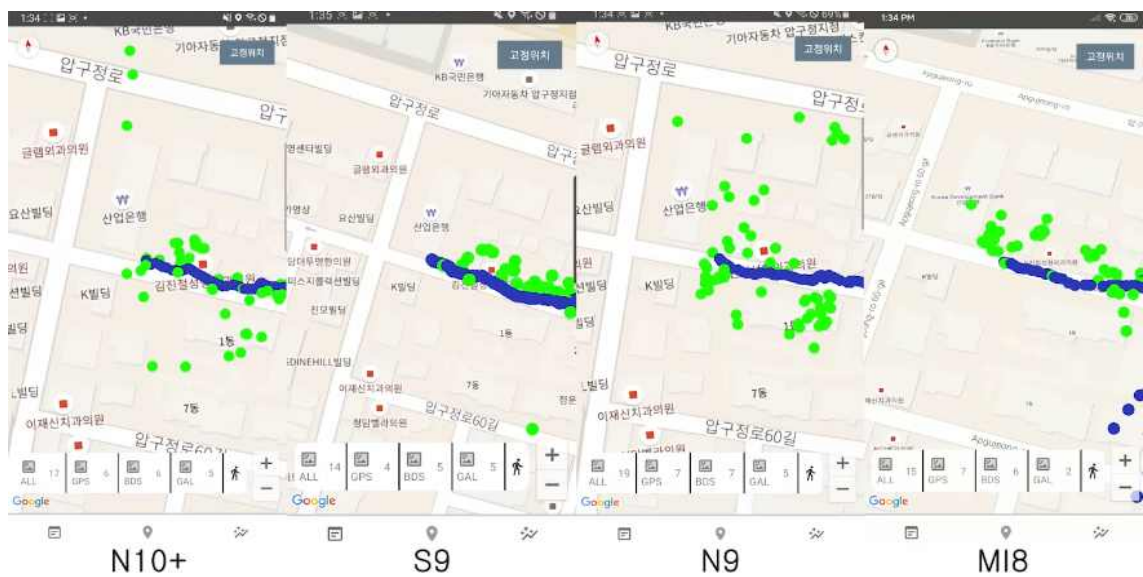
#### 나) 도심지: 압구정로데오역 인근

도심지에서 보행측위의 성능 확인을 위해 압구정로데오역 인근 골목에서 테스트를 수행하였다. 테스트를 수행한 골목의 총 거리는 ~400m이며 양옆으로 고층과 저층 빌딩이 있고 차량 두 대가 겨우 지나갈만한 좁은 길로 도심지 환경에 속한다. 테스트 일자 2021년 3월 17일(DOY076)이며 개활지 보행테스트와 동일한 4가지의 스마트폰을 테스트 장비로 사용하였다. <그림 3-18>은 테스트 장소 및 환경 사진이다.

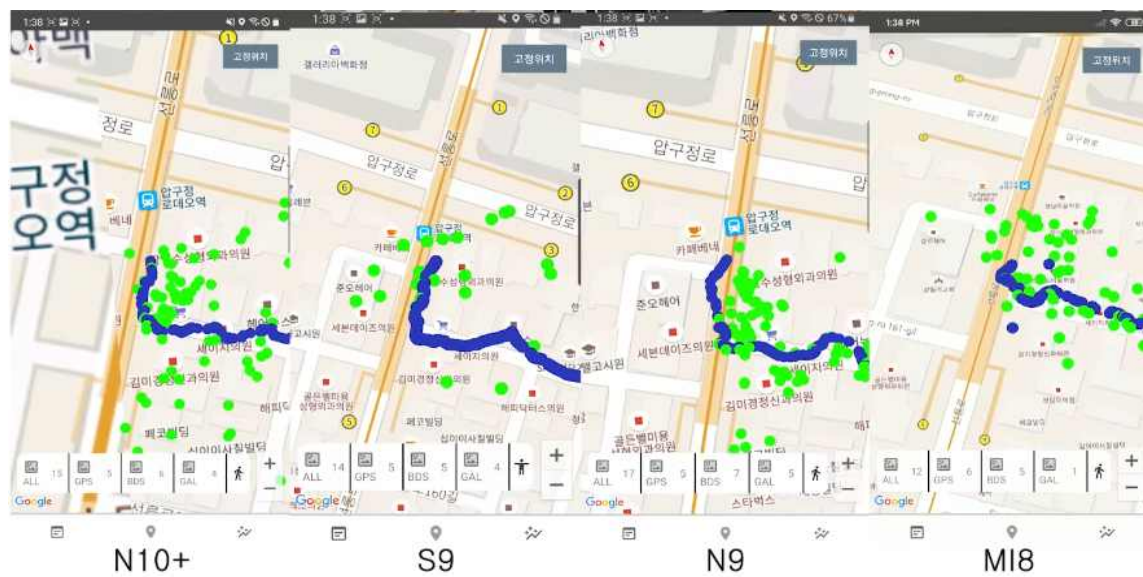


<그림 3-18> 보행테스트 압구정로데오역 장소 및 환경

<그림 3-19>와 <그림 3-20>은 압구정로데오역 골목에서 수행한 보행테스트 결과로 좌측에서부터 순서대로 Note10+, S09, Note09, Xiaomi Mi8이며 그림에서 (●)는 단독측위 좌표, (●)는 SSR 측위 좌표이다. 잠원지구에서 확인한 결과와 마찬가지로 단독측위 좌표가 SSR 측위 좌표에 비해 정밀도가 노이즈가 크고 정밀도가 낮았으며 환경에 변화에 대해 더 예민하게 반응하였다. 반면 SSR 측위는 개활지 환경보다 안정적이진 않았지만 대체로 모든 구간에서 보행 경로를 따라 좌표가 산출되는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 3-19> 보행테스트 압구정로데오역 골목 결과1



<그림 3-20> 보행테스트 압구정로데오역 골목 결과2

### 3) 주행 테스트

#### 가) 개활지 & 도심지: 서울대학교

주행 측위의 성능 확인을 위해 서울대학교를 테스트 장소로 선정하였다. 서울대학교는 구간별로 개활지와 도심지가 섞여 있는 환경으로 자율주행시스템을 연구하는 업체나 기관에서 테스트베드로 활용하고 있는 곳이다. 서울대학교 캠퍼스 전체에 대해 주행 측위를 수행하였으며 총 거리는 약 ~5km, 주행 속도는 30~50km/h 이다. <그림 3-21>은 전체 주행 경로 및 테스트 환경 사진이다.



<그림 3-21> 주행테스트 서울대학교 장소 및 환경

테스트 일자는 2021년 3월 17일(DOY076)이며 보행테스트와 동일한 4가지의 스마트폰을 차량에 대시 보드에 부착하여 테스트를 수행하였다.



<그림 3-22> 주행테스트 스마트폰 거치 모습



<그림 3-23>과 <그림 3-24>는 서울대학교 수행한 주행테스트 결과로 좌측에서부터 순서대로 Note10+, S09, Note09, Xiaomi Mi8이며 그림에서 (●)는 단독측위 좌표, (●)는 SSR 측위 좌표이다. 외벽이 유리로 되어 있거나 고층 건물을 지날 때 일부 도로에서 벗어나긴 하였으나 대체로 경로를 따라 결과가 출력되는 것을 확인하였으며 앞서 확인한 결과들과 마찬가지로 단독측위에 비해 SSR 측위가 노이즈가 적었다. 차량 주행 속도에 따른 오차의 증가는 확인되지 않았다.



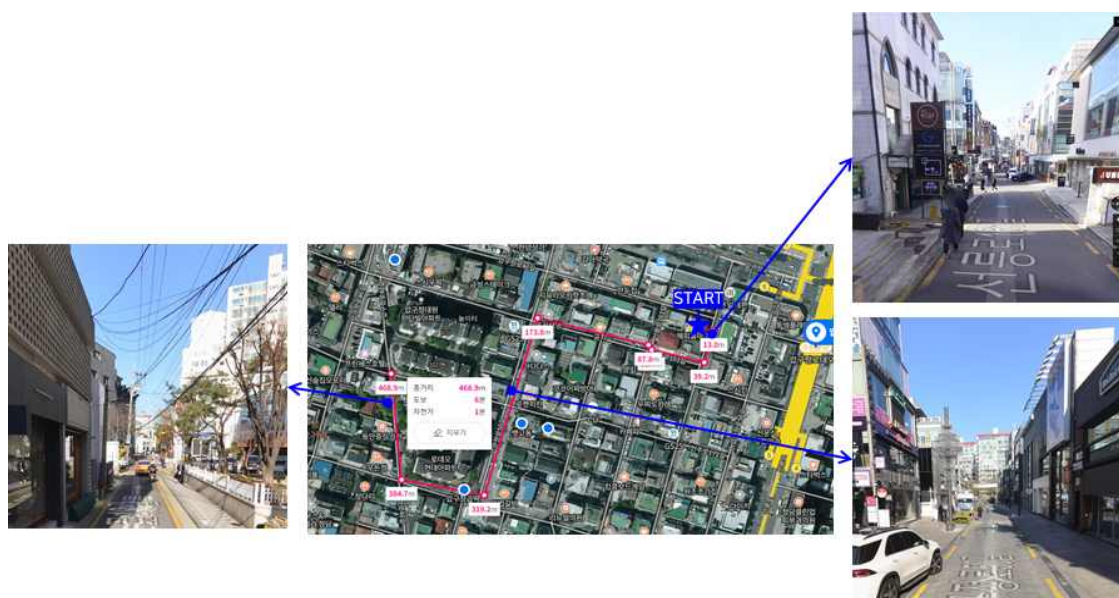
<그림 3-23> 주행테스트 서울대학교 결과1



<그림 3-24> 주행테스트 서울대학교 결과2

## 나) 극도심지: 압구정로데오역 인근

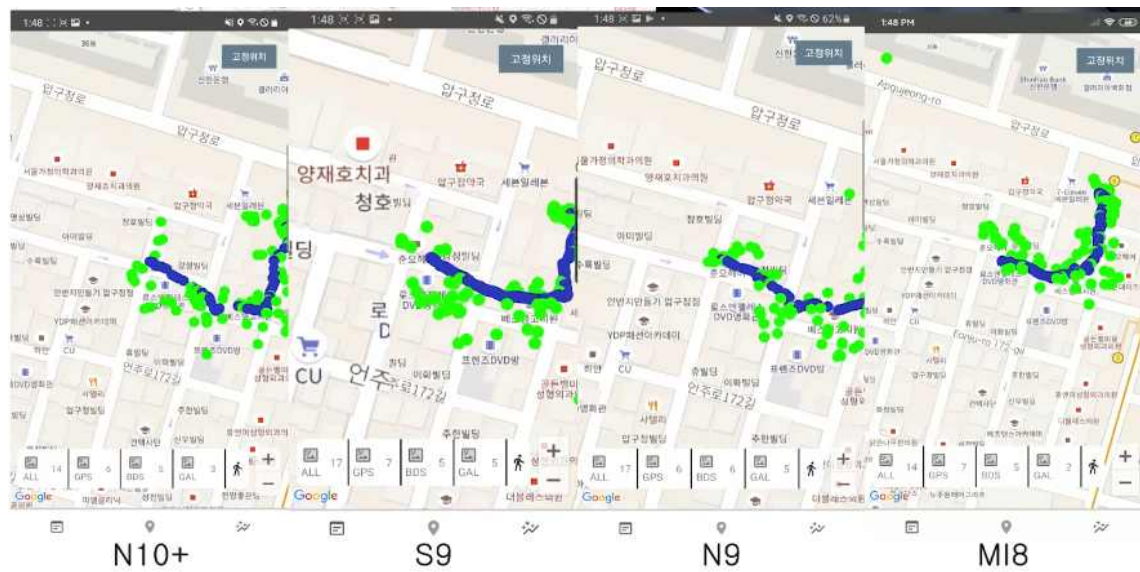
극도심지 환경에서 주행 측위의 성능 확인을 위해 압구정로데오역 인근 골목에서 테스트를 수행하였다. 테스트를 수행한 골목의 총 거리는 ~500m, 주행 속도는 10~20km/h이며 양옆으로 고층과 저층 빌딩이 밀집되어 있고 차량이 겨우 지나갈만한 매우 좁은 골목길로 극도심지 환경에 속한다. 테스트 일자 2021년 3월 17일(DOY076)이며 앞서 사용한 4가지의 스마트폰을 차량 대시보드에 부착하여 테스트를 수행하였다. <그림 3-25>는 전체 주행 경로 및 테스트 환경 사진이다.



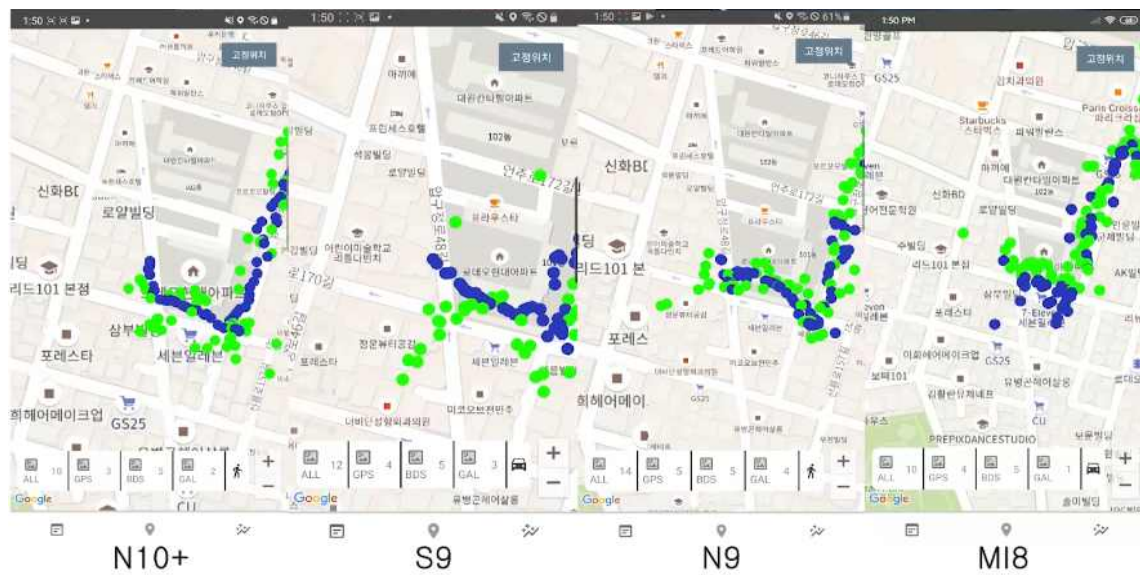
<그림 3-25> 주행테스트 압구정로데오역 인근 골목 환경

<그림 3-26>과 <그림 3-27>은 압구정 골목 환경에서 수행한 주행테스트 결과로 좌측에서부터 순서대로 Note10+, S09, Note09, Xiaomi Mi8이며 그림에서 (●)는 단독측위 좌표, (●)는 SSR 측위 좌표이다. 앞서 확인한 서울대학교 주행 결과와 비교하여 단독측위와 SSR 측위 모두에서 노이즈가 많았으며 이는 도로가 좁고 주변 건물이 차량과 가까워 신호 수신을 방해하는 장애물에 의한 영향인 것으로 판단된다. 기종별 차이가 크지 않았던 앞선 테스트와 달리 극도심지에서는 기종에 따른 성능에 차이가 확인되었으며 테스트에 사용한 장비 중 Note10+와 S09가 Note09과 Xiaomi Mi8에 비해 안정적인 측위 성능을 보여주었다.





<그림 3-26> 주행테스트 압구정로데오역 골목 결과1



<그림 3-27> 주행테스트 압구정로데오역 골목 결과2

## 2. 스마트폰 기반 SSR 서비스 적용 시연회

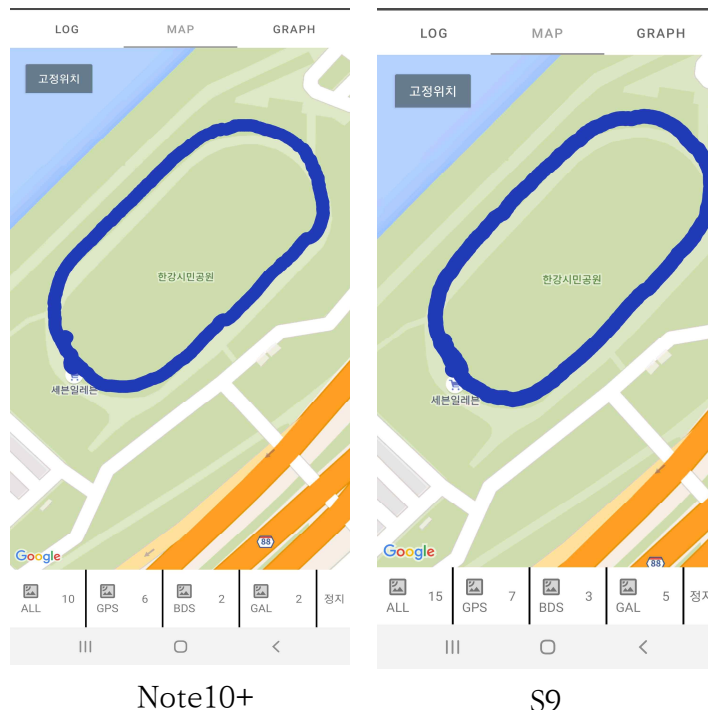
국토지리정보원 SSR 메시지와 개발 완료된 ‘SSR을 이용한 스마트폰 측위’ 기술의 홍보를 위한 시연회를 개최하였다. 시연회는 총 2회 진행하였으며 1차는 내부시연회로 ㈜피피솔 연구진과 국토지리정보원이 참여하였고 2차는 공개시연회로 위치기반 서비스 업체나 연구기관 등을 초대하여 진행하였다.

1차 시연회는 2020년 12월 29일에 진행하였으며 개활지와 도심지, 극도심지를 대상으로 정지와 보행 테스트에 대한 측위 성능을 확인하였다. 환경별 시연 장소는 감독관과 협의하여 개활지는 한강공원 잠원지구, 도심지는 압구정 로데오역, 극도심지는 삼성역-선릉역 인근으로 선정하였다.

- 일자: 2020년 12월 29일
- 장소: 한강공원 잠원지구, 압구정 로데오역, 삼성역-선릉역 인근
- 목적: 관측 환경별 스마트폰 기반 SSR 측위의 정지와 보행에 대한 테스트
- 장비: 삼성 갤럭시 Note10+, S9, Xiaomi Mi8

Trimble R10-2(정지테스트 좌표 취득)

개활지 환경인 한강공원 잠원지구에서는 운동장 트랙을 따라 보행테스트를 수행하였고, 사용한 3대의 스마트폰에서 보행 경로를 따라 결과가 출력되는 것을 확인하였다.



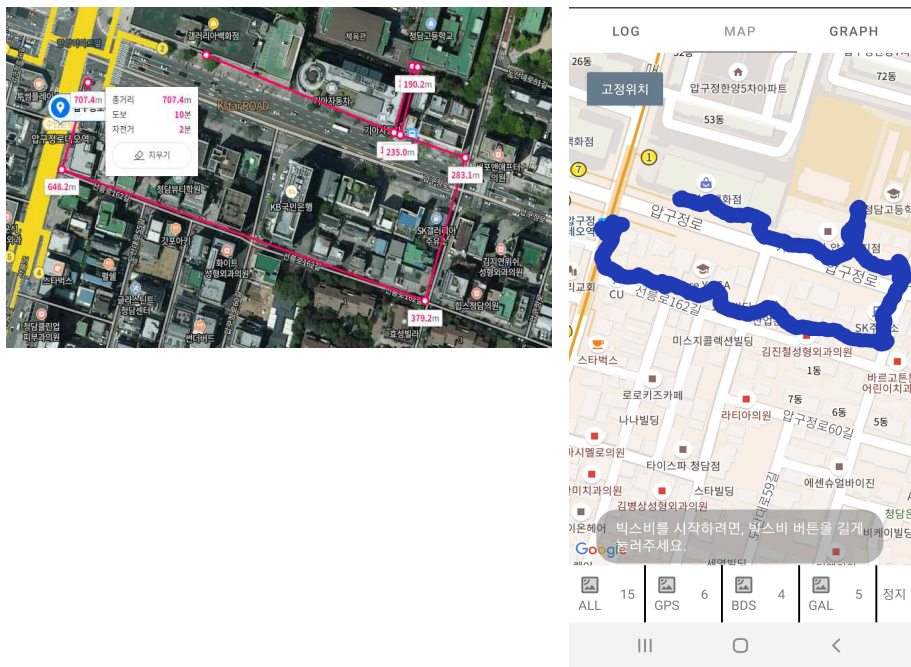
<그림 3-28> 개활지 보행테스트 시연결과

도심지 환경인 압구정 로테오역에서는 역 인근에서 정지와 보행테스트를 수행하였다. 정지 테스트에서는 Trimble R10-2로 VRS 측량을 수행하며 기준 좌표를 획득하였으며 스마트폰 처리좌표와 기준좌표의 차이를 확인하였다.



<그림 3-29> 도심지 정지테스트 시연 모습

압구정 로테오역의 보행테스트는 역 인근 대로변과 골목 환경을 포함하여 약 ~700m에 대해 수행하였다. 테스트 경로와 결과는 <그림 3-30>과 같으며 대로와 골목 환경에서 보행경로를 따라 결과가 출력되는 것을 확인하였다.



<그림 3-30> 도심지 보행테스트 시연 결과



극도심지 환경인 삼성역-선릉역은 초고층 빌딩들이 밀집해 있는 곳으로 이미 상용화 되어 있는 지도 어플에서도 정확한 위치 측정이 어려운 곳에 해당한다. 삼성역 인근 현대백화점 앞에서 정지 테스트를 수행하였으며 Trimble R10-2로 VRS 측량을 시도하였으나 fix가 되지 않아 기준좌표를 획득하지 못하였다.



<그림 3-31> 극도심지 정지테스트 시연 모습

2021년 3월 31일에 진행된 2차 시연회는 국내의 위치기반 서비스 업체와 연구소 등에서 총 26명이 참석하였으며 1부와 2부로 나누어 진행되었다. 1부는 스마트폰 기반 실시간 SSR 측위 기술을 위해 구현된 결과 및 다양한 환경에서 테스트한 측위 결과를 소개하였으며 또한 SSR 메시지의 전송 규격과 기관표준 제정과 관련된 추진 사항 등을 소개하였다. 2부는 국토지리정보원 인근에서 스마트폰을 이용하여 실시간 측위 현장시연을 수행하는 것으로 국토지리정보원 인근 골목 환경에서 보행테스트를 진행하였다.

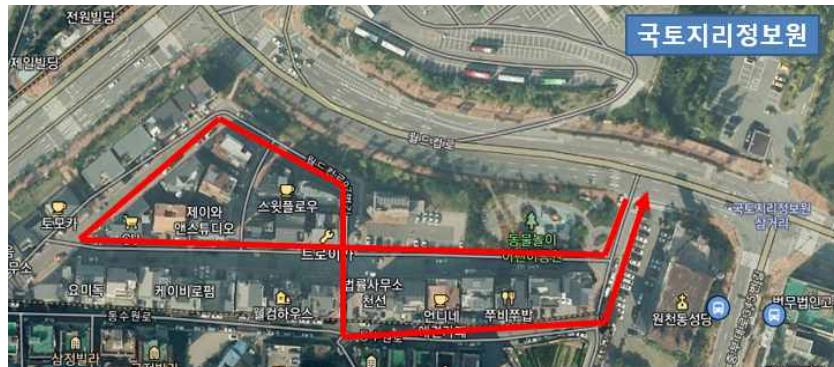
- 일자: 2021년 3월 31일
- 장소: 국토지리정보원
- 내용: SSR 측위 현장테스트 결과와 SSR 메시지 기관표준 추진 사항 소개  
국토지리정보원 인근 보행 테스트 시연
- 장비: 삼성 갤럭시 Note10+, S9, Xiaomi Mi8

<그림 3-32> 현장시연 발표회 모습으로 본 사업에서 진행된 연구 결과를 소개하였으며 연구 내용과 관련하여 참석자들의 피드백을 받고 질의응답을 진행하였다.



<그림 3-32> 현장시연 발표회 모습

2부로 진행된 국토지리정보원 인근에서의 현장시연 보행테스트 경로는 <그림 3-33>과 같으며 낮은 건물들이 밀집해있고 도로폭이 좁은 준도심지 수준의 환경이다.



<그림 3-33> 현장시연 보행테스트 경로

현장시연 보행테스트는 10여명이 참석하였으며 4대의 스마트폰을 동시에 사용하여 실시간 SSR 측위를 수행하였다, 연산을 멈춘 Xiaomi Mi8을 제외한 나머지 스마트폰에서는 경로에 따른 산출 결과를 확인하였다.



<그림 3-34> 현장시연 보행테스트 중간 결과



<그림 3-35> 현장시연 보행테스트 모습

## SSR 메시지의 기관표준 제정을 위한 전송규격 선정

- 
1. 국제 SSR 메시지 관련 표준 조시 및 규격 분석
  2. 국내 환경에 적합한 SSR 보정정보 규격 선정





# SSR 메시지의 기관표준 제정을 위한 전송규격 선정

## 1. 국제 SSR 메시지 관련 표준 조사 및 규격 분석

RTCM SSR 분과 회의자료 및 공식 문건에 따르면 SSR 관련 국제 표준화 작업은 전체 3단계로 현재 2단계까지 완료되었으며, 3단계 과정이 매우 더디게 진행되고 있어 SSR을 서비스하는 각 국가나 기관은 고유의 SSR 포맷을 제정하여 운영하고 있다.

<표 4-1> RTCM의 SSR 표준 현황

단 계	년 도	메시지 제정
1단계	2011	Orbit, Clocks, Code Biases, User Range Accuracy
2단계	2013	Phase Biases, Vertical TEC
3단계	2016~	Slant TEC, Troposphere, Compressed Messages

국내 지역을 대상으로 SSR을 서비스하기 위해서는 국내 환경을 고려하여 제정된 SSR 표준이 필요하며 SSR 메시지의 기관표준 제정을 위해 세계적으로 이미 서비스되고 있는 Compact SSR과 SPARTN, SSRG, 3GPP 메시지의 표준을 조사하고 각 메시지 규격의 형태를 분석하였다.

<표 4-2> 세계적으로 공개된 SSR 표준

국 가	독일	유럽, 북미	일본
기 관	Geo++	SAPCORDA	Mitsubishi
서비스	GNSMART	SAPA	CLAS
메시지 포맷	SSRG, SSRZ	SPARTN	Compact SSR
RTCM 메시지 번호	4090	-	4073

### 가. QZSS Compact SSR

일본은 QZSS(Quasi-Zenith Satellite System, 준천칭 위성항법시스템)의 L6E 밴드를 통해 센티미터급 보강서비스인 CLAS(Centimeter Level Augmentation Service)를 운영하고 있으며 CLAS에서 서비스하는 SSR 메시지를 Compact SSR이라 한다. Compact SSR은 GPS와

Galileo, QZSS 위성에 대한 보정정보를 포함하며, 전체 일본 지역을 19개의 네트워크로 구분하여 각 네트워크 별로 보정정보를 생성하여 서비스한다.



<그림 4-1> CLAS의 네트워크 구성

Compact SSR은 1초당 2000 비트를 전송하고 있어 대역폭 측면에서 매우 효율적이다. 1초당 전송하는 2000 비트 중에서 헤더가 49 비트, 데이터가 1695 비트, 리드 솔로몬 부호가 256 비트 순으로 제공된다. 이 중 데이터 부분에 해당하는 1695 비트를 하나의 메시지라 하면 다섯 개의 메시지가 모여 하나의 서브프레임이 되고, 여섯 개의 서브프레임이 모여 하나의 프레임이 된다. 하나의 프레임을 위해서는 총 30초 동안 데이터를 수신해야한다. Compact SSR은 RTCMv3.x의 4073을 통해 메시지를 제공하도록 설계되어 있으며(IS-QZSS-L6-003), Compact SSR 메시지 내부의 Subtype 별로 위성 궤도와 위성 시계, 위성 바이어스, 전리층, 대류권 오차에 대한 보정정보를 제공한다. 각 서브 타입별 포함하는 정보는 다음과 같다.

- Subtype01: 하나의 프레임에서 포함하는 보정정보 대상의 위성과 신호, 격자점 등에 대한 정보
- Subtype02: 위성 궤도에 대한 방향별 보정정보(Radial, Along-track, Cross-track), IODE
- Subtype03: 위성 시계 보정정보
- Subtype04~06: 위성의 코드와 바이어스에 관한 보정정보
- Subtype07: URA(User Range Accuracy, 보정정보의 품질 지표)
- Subtype08: 전리층 보정정보, 각 네트워크에 대해 위성별 STEC 계수
- Subtype09: 전리층 보정정보, 네트워크 내부 모든 격자에 대한 STEC의 잔차
- Subtype10: 서비스 정보

- Subtype11: 위성 궤도와 시계에 대한 보정정보
- Subtype12: 전리층 오차 보정 STEC 계수, 대류권 오차 보정 계수 및 천정방향 습윤 지연량

<표 4-3> Compact SSR Subtype별 메시지 내용

Subtype	Message name	Subtype	Message name
1	Mask	7	URA
2	GNSS orbit correction	8	STEC correction
3	GNSS clock correction	9	Gridded correction
4	Satellite code bias	10	Service information
5	Satellite phase bias	11	GNSS combined correction
6	Satellite code and phase bias	12	Atmospheric correction

## 나. SAPCORTA SPARTN

SPARTN(Safe Position Augmentation for Real Navigation)은 SAPCORTA(Safe And Precision CORrection Data)의 SSR 서비스인 SAPA(Safe And Precise Augmentation service)를 위해 제정된 보정정보 전송 규격이다. SAPA 서비스는 인터넷이나 위성의 L-밴드를 통해 GPS와 GLONASS 위성의 항법 오차에 대한 보정정보를 제공하며 현재 미국과 유럽지역에 대해 서비스를 하고 있으나 향후 서비스 지역을 더 넓힐 계획이다.



<그림 4-2> SPARTN 서비스 대상

SPARTN은 낮은 대역폭을 사용하는 동시에 다양한 어플리케이션의 SoL(Safety of Life)를 위한 SSR 전송 표준으로 개발되었다. 2019년 3월, 초기표준에 해당하는 v1.1을 공개하였으며 2019년 6월, 고정밀 대기보정 메시지(HPAC, High Precision Atmosphere Correction)와 서비스 지역 정의(GAD, Geographic Area Definition) 표준을 추가한 v1.6.2를 공개하였다. HPAC에서는 대류권 오차 보정을 위한 대류권 보정 계수 및 천정방향에 대한 습윤 지연량, 전리층 오차 보정을 위한 STEC 계수 및 잔차를 제공한다. GAD에서는 HPAC를 제공하기 위한 격자점을 정의하며 BPAC는 정의된 구역에 대한 위성별 VTEC을 제공한다. 2019년 12월에 공개된 v1.8은 이전 버전에서 정의된 GPS와 GLONASS 위성군에 대한 OCB(Orbit, Clock, Bias) 보정정보, 대기단에서 발생하는 오차 보정을 위한 HPAC과 GAD에 기본 정밀 대기 보정을 위한 BPAC(Basic Precision Atmosphere Correction)에 대한 표준이 추가되었다.

SPARTN은 메시지 내부의 타입(Type)에 따라 앞서 언급한 OCB, HPAC, BPAC, GAD 요소를 정의한다. SPARTN의 타입은 0부터 127까지 구분하여 보정정보를 제공하고 있으며 현재 0부터 4까지 규격이 제정되었고 타입 5 이상은 아직 제정되지 않았다. 각 타입별 포함하는 정보는 다음과 같다.

- Type 0: GPS와 GLONASS 위성에 대한 궤도와 시계, 바이어스 보정정보
- Type 1: GPS와 GLONASS 위성에 대한 HPAC 보정정보
- Type 2: HPAC을 위한 GAD
- Type 3: BPAC을 위한 VTEC
- Type 4: 사용자 인증과 관련된 정보

Type 0의 헤더에서는 위성 궤도와 시계, 바이어스에 대한 보정정보 제공 유무에 대한 지시자가 정의되어 있어 메시지 전체의 길이를 탄력적으로 구성할 수 있다. 위성 궤도 보정정보는 Radial, Along-track, Cross-track에 대한 방향별 보정정보가 미터 단위로 제공되며 위성 시계 보정정보도 미터 단위로 제공된다. 바이어스 보정정보는 각 위성별 코드 및 위상 관측치에 대해 미터 단위로 제공된다. SPARTN v1.8에서 정의된 코드 관측치는 GPS의 경우 C1C, C2W, C2L을 포함하며 GLONASS의 경우 C1C, C2C를 포함한다. 위상 관측치는 GPS의 경우 L1C, L2W, L2L을 포함하며 GLONASS는 L1C, L2C를 포함한다. Type 1은 Type 2에서 정의된 지역을 대상으로 전리층 및 대류권에 대한 고정밀 대기 보정정보를 제공하며 Type 2는 서비스 지역의 기준 좌표와 경위도 방향으로의 격자 수 및 간격을 제공한다. Type 1은 전리층 및 대류권 보정정보 제공에 대한 지시자를 제공할 수 있기 때문에 Type 0과 같이 메시지의 전체 길이를 탄력적으로 구성할 수 있다. Type 3은 기본 정밀 보정 메시지로 VTEC을 제공하며 Type 2에서 정의된 지역 정보가 아닌 Type 3 메시지 내부에서 자체적으로 대상지역을 정의한다.

<표 4-4> SPARTN Type별 메시지 내용

Type	Subtype	Message name	Type	Subtype	Message name
0	0	GPS OCB	3	0	BPAC
	1	GLONASS OCB		1 to 15	TBD
	2 to 15	TBD			
1	0	GPS HPAC	4	0	Dynamic key
	1	GLONASS HPAC		1	Group authentication
	2 to 15	TBD		2 to 15	TBD
2	0	GAD	5 to 127	TBD	TBD
	1	TBD			

## 다. GNSMART SSRG

SSRG는 독일 Geo++에서 PPP 혹은 PPP-RTK 등의 서비스를 위한 SSR을 위해 정의한 보정정보 전송 규격이다. SSRG는 GPS와 GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS 위성을 대상으로 항법 오차에 대한 보정정보를 제공한다.

국토지리정보원에서는 현재 30개의 위성기준점을 대상으로 기준국 네트워크를 구성하였으며 네트워크에서 획득한 관측 데이터와 GNSMART를 이용하여 SSRG 보정정보를 생성하고 있다.



<그림 4-3> 국토지리정보원 GNSMART 관측망

SSRG는 RTCMv3.x의 4090을 통해 메시지를 제공하도록 설계되어 있으며, SSRG의 SM(SSR Message)별로 위성 궤도와 시계, 바이어스, 전리층, 대류권 오차에 대한 보정정보를 제공한다. 각 SM에 대해 포함하는 보정정보는 다음과 같다

- SM01: 위성 궤도에 대한 방향별 보정정보(Delta Radial, Along-Track, Cross-Track), IODE
- SM02: 위성 시계 보정정보(Delta C0, C1, C2)
- SM03: 위성 신호의 코드와 위상 바이어스 오차에 대한 보정정보
- SM04: 격자별 연직방향에 대한 대류권 보정정보
- SM05: 격자별, 위성별에 대한 전리층 보정정보

- SM06: 대류권과 전리층 보정정보
- SM07: 데이터의 시작, 메시지 버전, GPS Epoch time, GPS Week Number
- SM08: 데이터의 종료, 데이터에 포함된 SM 개수
- SM10: 기준국에서의 위성에 신호에 대한 잔차 보정정보 제공
- SM11: SSRG의 업데이트에 따라 현재 미사용

<표 4-5> SSRG의 SM별 메시지 내용

SM	Message name	Subtype	Message name
SM001	Orbit correction	SM007	start of set
SM002	Clock correction	SM008	end of set
SM003	Signal bias	SM009	reserved
SM004	Troposphere total veltical delay	SM010	Station residuals
SM005	lonosphere slant delay	SM011	Orbit correction v2 (obsolete)
SM006	Troposphere and lonosphere delay		

## 라. 3GPP

3GPP는 1998년 설립된 이동통신 표준화 기구로써 무선접속망, 핵심전송망, 서비스 요구 사항 및 기능 등 이동통신 시스템과 관련된 전반적인 기술을 개발하고 이에 대한 표준을 정의한다(3GPP, 2018). 3GPP는 RTK, OTDOA(Observed Time Difference Of Arrival), A-GNSS(Assisted GNSS) 등 GNSS와 관련된 다양한 프로토콜을 지원한다. 특히 버전 16에서는 처음으로 SSR 보정정보를 위한 프로토콜을 정의하였다.

3GPP는 SSR 보정정보를 전송하기 위해 위성궤도 및 시계, 위성 바이어스에 대한 보정정보를 정의하였으며 모든 SSR 프로토콜은 RTCM 표준문서(RTCM Standard 10403.3)를 따른다. 위성궤도 관련 보정정보에서는 IOD와 방향별 오차 성분, 방향별 변화량 성분을 제공한다. 위성 시계 보정정보에서는 위성 시계 오차 보정을 위한 보정 계수를 제공한다. 위성 바이어스 보정정보에서는 위성 신호의 코드 바이어스를 위한 보정정보를 제공한다. <표 4-6>은 3GPP의 RTCM 메시지 별 보정정보의 내용을 정리한 것이다.

<표 4-6> RTCM 번호별 메시지 내용

RTCM Number	Message name
1057, 1063	Orbit correction
1058, 1064	Clock correction
1059, 1065	Signal bias

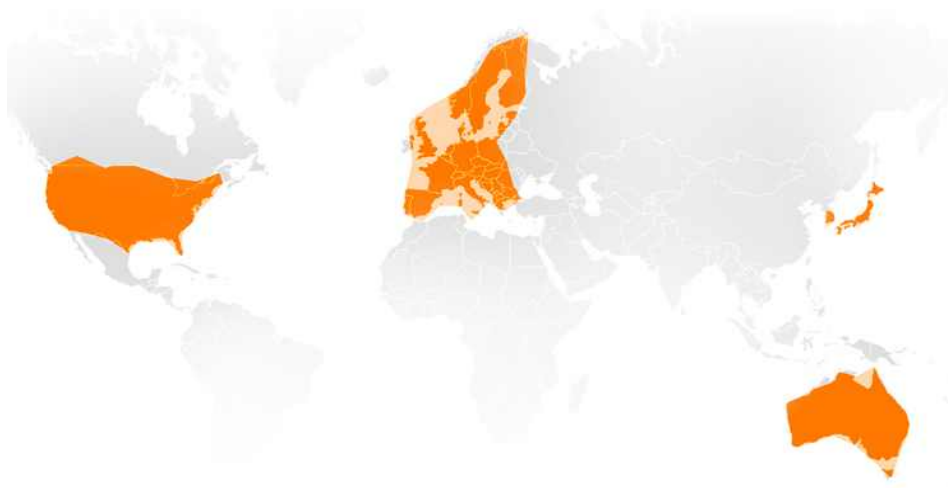
RTCM 번호에서 GPS 위성에 대한 보정정보는 1057, 1058, 1059에 해당하며 GLONASS 위성에 대한 보정정보는 1063, 1064, 1065이다. 3GPP는 RTCM의 전송 포맷을 따른다는 장점이 있지만, 위상 바이어스와 대류권, 전리층 오차에 대한 보정정보와 Galileo, Beidou, QZSS 등 다중 위성항법시스템에 대한 SSR 보정정보는 아직 정의하지 않고 있다.

3GPP는 GNSS 보정정보 외에도 사용자가 SSR 메시지를 요구하는 부분과 장치에 대해서 호환 가능한 보정정보를 지원하는 부분을 정의한다. SSR 메시지를 요구하는 부분에서는 사용자가 현재 저장 가능한 항법데이터를 기반으로 항법위성군에 대한 정보를 서버에서 요청한다. SSR 지원 부분에서는 사용자 장치에서 SSR 보정정보를 지원할 수 있는 대상을 지정한다. 예를 들어, 코드 바이어스의 지원에서는 사용자 장치에서 보정 가능한 GNSS 위성별 신호를 지정한다.

전 세계적으로 SSR을 사용하는 대부분 기관은 고유의 SSR 규격을 정의하여 사용하고 있는 반면, 3GPP 포맷에 기반을 둔 서비스로 Swift Navigation의 Skylark 서비스가 있다. Skylark 서비스는 OSR과 SSR 서비스를 운영중이며 서비스 종류에 따라 GNSS 오차 보정정보만 제공하는



‘Skylark-Direct’ 서비스와 무결성 정보도 함께 제공하는 ‘Skylark-Integrity’ 서비스 등을 제공한다. 이러한 서비스는 Swift Navigation의 PGM(Precise GNSS Modual)과 엔진 소프트웨어 Starling를 통해 사용할 수 있다. Skylark의 SSR 보정정보 사용자는 PGM 수신기를 통하여 수신한 GNSS 데이터와 Swift Navigation의 백엔드 서버를 통하여 계산된 SSR 보정정보를 이용하여 20초 이내에 서브미터 수준의 정확도와 24시간 동안 정지측위 시 10cm 이내의 정확도를 확보할 수 있다고 알려져 있다. Skylark의 서비스 대상은 <그림 4-4>와 같이 한국, 일본, 유럽, 북미, 호주 등의 지역이며 서비스 지역을 점차 확장시킬 계획을 수립하여 전 세계적으로 자동차, 라스트 마일 서비스, 전동 킥보드, 스마트폰, IoT와 같은 시장에서 GNSS를 이용한 정밀 위치 제공할 것이라고 밝혔다.



<그림 4-4> Swift Navigation Skylark 서비스 대상

## 2. SSR 메시지 전송규격 선정

SSR 메시지의 전송규격을 제정하여 구축하는 과정은 SSR 보정정보의 성능 향상 및 활용 범위 확장에 중요한 단계이다. SSR은 아직 국제 표준이 없으므로 SSR 서비스를 사용하고자 하는 개발자들이 해당 메시지의 특성을 파악하고 SSR 사용을 위한 고유의 프로토콜 변환 장비나 프로그램을 별도로 사용해야하는 번거로움이 따른다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 앞서 기술한 해외 SSR 메시지의 공통 요소 및 특성을 비교 분석하여 국내 서비스 환경을 고려한 SSR 보정정보의 규격 및 전송 주기를 선정하였다. 더불어 GNSMART에서 생성된 SSR 보정정보를 사용자의 접근성과 편의성을 고려하여 제정한 보정정보 규격에 맞게 서비스하는 방안을 마련하였다.

### 가. 국내 환경에 적합한 SSR 보정정보 규격 선정

SSR 보정정보를 일괄적으로 서비스하기 위해 현재 서비스 중인 공개된 해외 SSR 메시지(QZSS Compact SSR, SAPCORDA SPARTN, GNSMART SSRG 등)의 규격 및 전송주기 등 다양한 측면에서 SSR 메시지의 특성을 비교 분석하고 분석 내용을 기반으로 국내 서비스 환경을 고려한 SSR 보정정보의 규격 및 전송 주기를 선정하였다. SSR 보정정보의 규격은 헤더와 데이터 부분으로 구분되어 전송된다. 국토지리정보원에서 제공하는 SSR의 경우 GNSMART의 SSRG를 기반으로 보정정보를 생성하므로 SSRG의 헤더를 따르되 국내 환경을 고려하여 반드시 필요한 요소만을 선정하였다.

- SSRG Message Number
- Message Version
- GPS Epoch Time 1sec
- SSR Update Interval
- Satellite Reference Datum
- Number of Ground Points

SSR 보정정보의 데이터 부분에서 각 오차별 보정정보의 전송 규격은 아래의 <표 4-7>~<표 4-11>과 같이 정리할 수 있다.

<표 4-7> SSR 보정정보 데이터 규격: 위성 궤도

	Compact SSR	SPARTN	SSRG	3GPP
공통요소	IODE Delta Radial Delta Along-track Delta Cross-track			
개별요소		Satellite yaw		dot-Delta Radial dot-Delta Along-track dot-Delta Cross-track

<표 4-8> SSR 보정정보 데이터 규격: 위성 시계

	Compact SSR	SPARTN	SSRG	3GPP
공통요소	Delta C0			
개별요소				Delta C1 Delta C2

<표 4-9> SSR 보정정보 데이터 규격: 위성 바이어스

	Compact SSR	SPARTN	SSRG	3GPP
공통요소	Code Bias			
개별요소	Phase Bias Delta Code Bias Delta Phase Bias	Phase Bias		

<표 4-10> SSR 보정정보 데이터 규격: 전리층

	Compact SSR	SPARTN	SSRG	3GPP
공통요소	STEC Correction			미제공
개별요소	STEC Quality Indicator	STEC Quality		

<표 4-11> SSR 보정정보 데이터 규격: 대류권

	Compact SSR	SPARTN	SSRG	3GPP
공통요소	Troposphere Correction			미제공
개별요소	Troposphere Quality Indicator	Troposphere Quality		

각 SSR 서비스의 공통 요소를 고려하여 오차별 보정정보의 규격을 선정하였으며 세부 내용은 아래와 같다. 국내의 경우 기준국의 개수와 분포의 특성을 고려하여 품질 지시자는 제정하지 않았다.

- 위성궤도 보정정보: Delta Radial, Delta Along-track, Delta Cross-track, IODE
- 위성시계 보정정보: Delta C0
- 위성 바이어스 보정정보: Code Bias, Phase Bias
- 전리층 보정정보: STEC
- 대류권 보정정보: ZTD, ZWD

Compact SSR는 표준 문서에서 보정정보 전송주기를 명시하고 있으며, SPARTN은 문서에 명시되어 있지는 않으나 스트리밍을 통해 수신한 데이터를 통해 전송주기를 확인하였다. SSRG는 GNSMART 서버의 셋팅에 따라 보정정보의 전송주기가 달라진다. 아래의 <표 4-12>과 <표 4-13>에서 Compact SSR과 SPARTN의 전송주기를 확인할 수 있다.

<표 4-12> Compact SSR 보정정보 전송 주기

Sub Type	메시지 내용	업데이트 주기(초)	비고
1	마스크 메시지	30	
2	위성 궤도	30	
3	위성 시계	5	
4	코드 바이어스	30	
5	위상 바이어스	30	
6	코드, 위상 바이어스	30	
7	User Range Accuracy	30	
8	STEC	30	
9	격자	30	대류권, 전리층
11	GNSS 통합	5 or 30	궤도, 시계
12	대기	30	대류권, 전리층

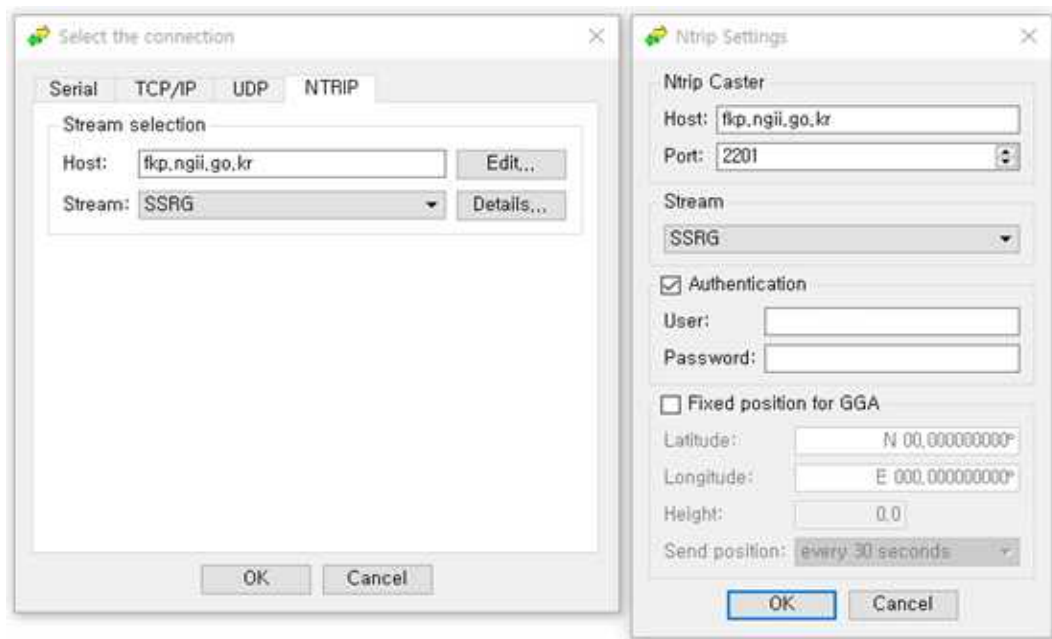
<표 4-13> SPARTN 보정정보 전송 주기

Type	메시지 내용	업데이트 주기	비고
0	위성 궤도	30	
0	위성 시계	5	
0	바이어스	30	
2	격자 정보	30	
1	HPAC	30	대류권, 전리층
3	BPAC	30	대류권

위성 시계오차는 시간에 따른 오차의 변동이 가장 민감한 요소로 Compact SSR과 SPARTN에서 모두 5초 간격으로 전송하고 있으며, 그 외 다른 요소는 모두 30초 간격으로 동일하게 전송되고 있다. 국내 SSR 표준에서도 시계 보정정보는 5초 간격으로 제공하고 그 외에 위성 궤도와 바이어스, 전리층과 대류권 오차를 30초 간격으로 설정하였다. 다만, 전리층과 대류권 등 시간에 따른 오차의 변화가 크지 않은 요소 등에 대해서는 시간에 따른 보정 성능유지에 대한 분석을 수행하여 전송 간격을 늘릴 수 있는지에 대한 추가적인 분석이 필요하다.

## 나. GNSMART를 이용한 서비스 방안 마련

앞선 과정을 통해 선정된 SSR 메시지의 표준화 규격과 사용자의 접근성 및 편의성을 고려하여 GNSMART를 이용한 서비스 방안을 마련하고, 제시한 방법의 구현에 대한 현실성 및 적절성을 확인하였다. 현재 GNSMART2 서버에서 생성된 SSR 보정정보는 Ntrip을 통해 서비스 되고 있다. <그림 4-5>는 데이터링크(Datalink) 프로그램의 Ntrip 접속 기능을 이용하여 GNSMART 서버에 접속한 화면이다. 국토지리정보원에서 서비스하는 호스트와 포트 번호를 입력하고 스트림을 설정하면 SSR 보정정보의 수신이 가능하다. 사용자가 직접 접속하여 획득한 SSR 보정정보는 바이너리 형태의 SSRG 포맷으로 이를 사용하기 위해서는 SSRG 포맷의 특성을 파악하고 SSR 보정정보를 사용하기 위해 고유의 프로토콜 변환 장비나 직접 디코딩 프로그램을 구현해야 하는 번거로움이 따른다.

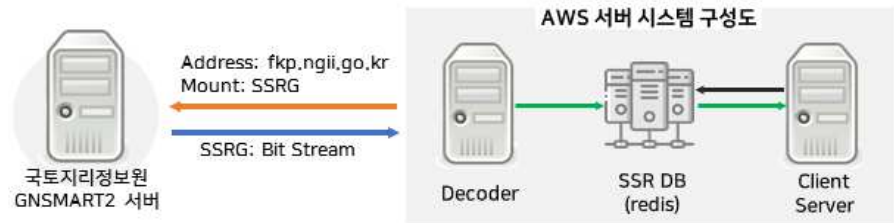


<그림 4-5> Ntrip을 통한 GNSMART 접속

SSR 메시지의 표준화 규격은 GNSMART SSRG의 헤더를 따르되 국내 환경을 고려하여 반드시 필요한 요소만을 선정하였기 때문에 SSRG와 비교하여 데이터 용량 측면에서 매우 효율적이다. 또한 바이너리가 아닌 디코딩된 형태로 사용자는 표준화 규격만 파악하면 별도의 변환 장비나 디코딩 프로그램 없이 바로 사용이 가능하다.

표준화 규격의 SSR 메시지를 서비스 할 수 있는 다양한 방법이 있지만 본 연구에서는 HTTP 프로토콜 기반의 서비스 전략을 구성하고 직접 구현 및 테스트하여 해당 방법의 현실성 및 적절성을

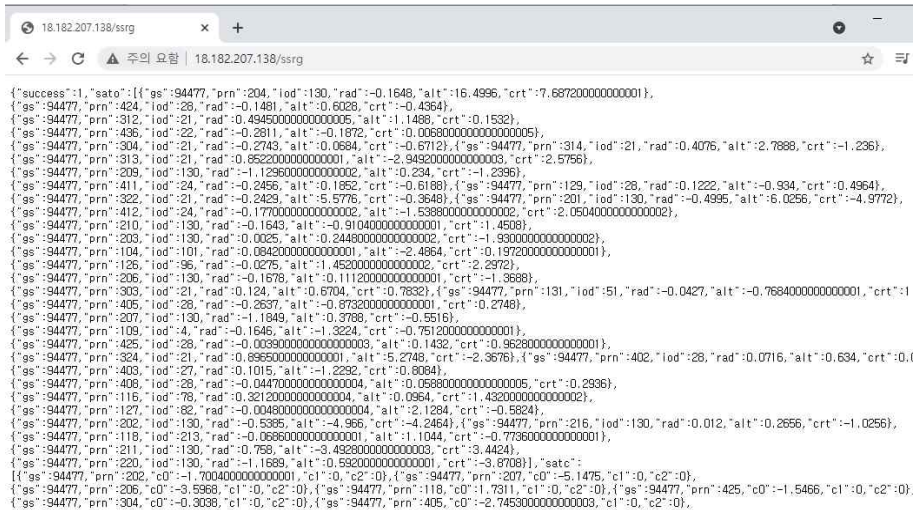
파악하였다. HTTP 프로토콜은 JSON(JavaScript Object Notation, 제이슨) 포맷의 Key value Pair 구조체이다. HTTP 프로토콜 기반 서비스로 네이버 클라우드나 구글 드라이브, 아파치 HTTP 서버 등 다양한 매체가 있으며 본 연구에서는 아마존 웹 서비스(Amazon Web Service, AWS)를 사용하여 서비스 전략을 테스트 하였다. AWS의 서버 구성은 <그림 4-6>와 같다.



<그림 4-6> AWS 서버의 구성

- 1) 국토지리정보원 서버로부터 SSRG 취득 및 표준화 형태로 재구성하는 디코딩 서버
- 2) 표준화 규격의 SSR 메시지에 대한 DB 관리 서버
- 3) AWS에 접속하는 클라이언트를 위한 서버

웹페이지를 통해 AWS에 접속하면 <그림 4-7>과 같이 보정정보 전체가 출력되는 것을 확인할 수 있으며 언어나 프로그램을 통해 AWS에 접속하여 보정정보를 호출하면 <그림 4-8>과 같이 각 보정정보에 대해 구조체 형태로 확인할 수 있다. <그림 4-8>은 SSR 메시지의 예시이며 각 보정정보 별 구조체 형태로 수신된 것을 확인할 수 있다.



<그림 4-7> AWS 접속 화면

1x1 struct 7개 필드 포함		ssrg.sato						
필드	값	...	gs	prn	iod	rad	alt	crt
success	1	1	94477	204	130	-0.1648	16.4996	7.6872
sato	35x1 struct	2	94477	424	28	-0.1481	0.6028	-0.4364
satc	35x1 struct	3	94477	312	21	0.4945	1.1488	0.1532
satb	206x1 struct	4	94477	436	22	-0.2811	-0.1872	0.0068
trop	26x1 struct	5	94477	304	21	-0.2743	0.0684	-0.6712
stec	787x1 struct	6	94477	314	21	0.4076	2.7888	-1.2360
message	"	7	94477	313	21	0.8522	-2.9492	2.5756
		8	94477	209	130	-1.1296	0.2340	-1.2396
		9	94477	411	24	-0.2456	0.1852	-0.6188
		10	94477	129	28	0.1222	-0.9340	0.4964
		11	94477	322	21	-0.2429	5.5776	-0.3648
		12	94477	201	130	-0.4995	6.0256	-4.9772
		13	94477	412	24	-0.1770	-1.5388	2.0504
		14	94477	210	130	-0.1643	-0.9104	1.4508
		15	94477	203	130	0.0025	0.2448	-1.9360

<그림 4-8> AWS를 통해 획득한 SSR 보정정보

HTTP 프로토콜 기반의 서비스는 사용자 수가 증가해도 TCP 소켓에 비해 서버의 안정적인 운영이 가능하며 또한 REST API(RESTful API) 제약 조건을 준수하므로 개발 측면에서 범용성 및 편의성이 우수하고 여러 플랫폼에 대해 유연한 지원이 가능하므로 확장성이 뛰어나다. 아래의 <그림 4-9>은 HTTP 프로토콜 기반의 GNSMART 서비스 전략에 대한 전체 개념도이다.



<그림 4-9> GNSMART S/W기반 서비스 전략



## SSR 메시지 기관표준안 마련

- 
1. SSR 메시지 기관표준안 방향
  2. SSR 메시지 기관표준안 작성
  3. SSR 메시지 기관표준 기대효과



## 1. SSR 메시지 기관표준안 방향

### 가. 국토지리정보원 기관표준과 SSR 메시지 표준화 방향

#### 1) 국토지리정보원 기관표준 현황

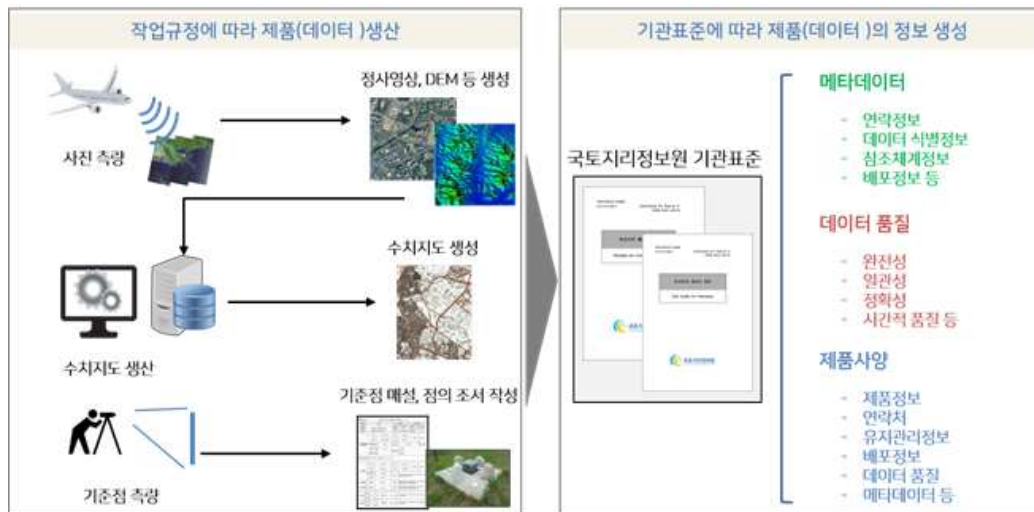
국토지리정보원은 2014년부터 자체적으로 기관표준 제도를 도입하여 운영하고 있으며, 공간정보 구축과 같은 데이터 구축사업 수행 시 기관표준의 준수를 권장하고 있다. 2021년 3월 기준 국토지리정보원에서 운영 중인 기관표준의 현황은 다음 <표 5-1>과 같으며, 전체 19종의 기관표준을 운영 중이다. 기관표준 현황을 보면 대부분의 표준이 생산된 데이터(제품)에 대한 정보를 기술하기 위한 표준으로, 메타데이터/제품사양/데이터 품질의 3종으로 구성되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 데이터의 생산과 관련된 표준은 정밀도로지도 데이터 모델 1종으로 정밀도로지도 데이터의 구축 시 요구되는 Geometry의 스키마와 속성 항목을 정의한다.

<표 5-1> 국토지리정보원 기관표준 현황

표준명	담당부서	제정	개정
측량기준점 관리 데이터 모델	국토측량과	2014	2020
통합기준점 메타데이터	국토측량과	2015	2020
통합기준점 제품사양	국토측량과	2015	2020
국가기준점 데이터 품질	국토측량과	2015	2020
항공사진 메타데이터	공간영상과	2015	2020
항공사진 제품사양	공간영상과	2015	2020
항공사진 데이터 품질	공간영상과	2015	2020
정사영상 메타데이터	공간영상과	2015	2020
정사영상 제품사양	공간영상과	2015	2020
정사영상 데이터 품질	공간영상과	2015	2020
기본공간정보 메타데이터	지리정보과	2015	2020
기본공간정보 제품사양	지리정보과	2015	2020
기본공간정보 데이터 품질	지리정보과	2015	2020

정밀도로지도 데이터 모델	지리정보과	2021	
정밀도로지도 메타데이터	지리정보과	2021	
정밀도로지도 제품사양	지리정보과	2021	
정밀도로지도 데이터 품질	지리정보과	2021	
격자기반 국토지표 제품사양	국토조사과	2015	2016
격자체계 사양	국토조사과	2016	

다음 <그림 5-1>은 국토지리정보원의 작업규정과 기관표준의 일반적인 관계를 보여주는 그림이다. 국토지리정보원은 데이터의 생산과 관련하여 준수해야하는 지침이나 규정은 대부분 작업규정을 내규로 제정하여 명시하고 있으며, 기관표준은 작업규정을 통해서 생산된 데이터(제품)에 대한 정보를 기술하기 위한 역할을 하고 있다. 물론, 정밀도로지도 데이터 모델과 같이 데이터 구축 시 준수해야할 데이터 모델을 정의한 표준을 제정한 사례가 있으며, 향후 데이터의 생산에 대한 부분으로 기관표준의 영역 확대가 필요하나 현재 국토지리정보원 기관표준의 경향은 데이터에 대한 정보를 기술하는 관리적 측면에서 운영을 하는 방향을 따르고 있다.



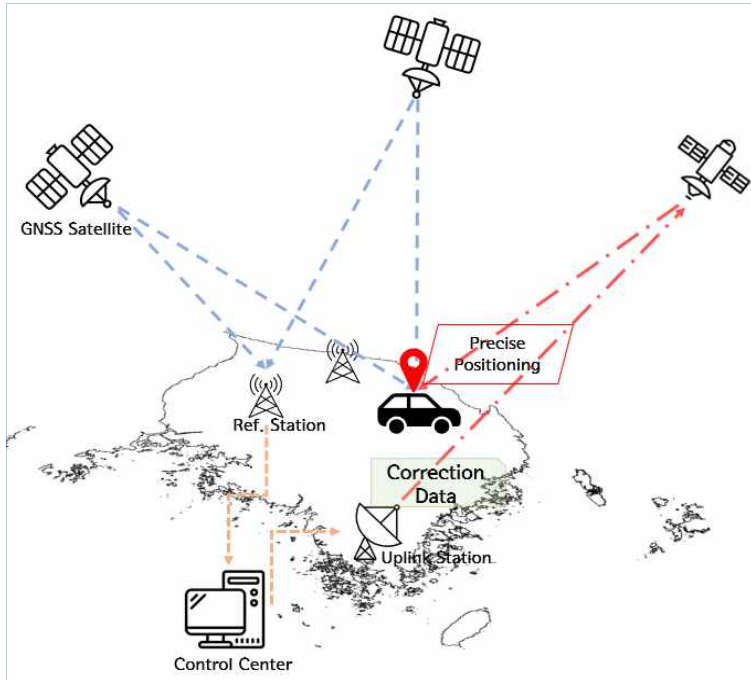
<그림 5-1> 국토지리정보원의 작업규정과 기관표준 관계

## 2) SSR 메시지의 기관표준화 방향

SSR 메시지에 대한 기관표준화를 위해서는 SSR 메시지 데이터(제품)에 대한 검토가 선행되어야 한다. SSR 메시지는 GNSS 기반의 정밀측위 시 발생하는 오차의 보정을 위해 필요한 정보로 구성된 데이터의 집합으로, 메시지는 다수의 하위 메시지로 구성되며 메시지는 하나의 데이터 집합을

구성하는 단위이다.

SSR 메시지는 기준국 네트워크의 관측데이터를 이용하여 중앙 제어국에서 제공하거나 사용자가 생성하는 방식을 적용하며, 일정한 시간간격을 주기로 실시간 생산된다. 다음 <그림 5-2>는 GNSS 기반 정밀측위 서비스의 개념을 보여주는 그림이다.



<그림 5-2> GNSS 기반 정밀측위 개념

GNSS 기반 정밀측위는 수신기가 수신한 항법신호와 SSR 보정신호를 이용하여 실시간으로 정밀한 위치를 계산한다. 일정한 간격으로 전송되는 SSR 보정 메시지는 <그림 5-3>과 같은 Binary Data로 전송되며, 전송된 데이터를 규칙에 따라 변환하면 Decoded Data와 같다.

Binary Data		Decoded Data
Address (Hex)	Unsigned Integer (2 Bytes) - Little Endian	
000000	00211 65290 01954 16676 43788 10876 64512 00189	##### RTCM 3.x type: 4090, msg_size: 78 bytes
000010	00211 65388 00418 31787 04138 40960 14401 22018	RTCM3.x 4090 Geo++ Proprietary Message, Sub Type: 2
000020	08800 00182 24885 57473 54020 19008 00484 51199	RTCM 3 - SSRG GPS Orbit Message <4090-1>
000030	32780 62734 41215 64991 04208 00012 34326 60159	Version: 1
000040	00736 14337 00065 46620 02306 02688 34832 00062	System: GPS
000050	42070 03083 31743 20665 65353 06076 60666 12160	GPS week sec: 255418
000060	49458 00536 12341 59146 13824 00423 65071 65429	Update Interval: 0
000070	39679 19712 00623 00672 00019 13362 52739 37824	UpdateInterClass: 0
000080	07761 00211 65338 00418 31787 04138 21256 30721	MultiMsgInd: 1
000090	48896 60287 00290 50691 65410 08703 13569 00688	Reserved: 0
0000A0	20204 57349 06664 39424 05528 41542 49163 35855	Ref Datum: 0 (ITRF)
0000B0	47871 63903 24830 32791 65074 55301 50911 42095	# of Sats: 7
0000C0	39658 00211 65348 00418 31787 04138 24592 38721	PRN IOD Radial AlongTrk CrossTrk [m]
0000D0	39935 61535 00248 59037 12167 03327 10496 65335	G05 64 +0.8296 +1.0588 -0.2356
0000E0	05473 24334 28138 29951 65031 46136 16156 54516	G13 96 +3.1083 -2.6336 -2.0144
0000F0	26112 00736 31905 65335 49398 09472 03488 02221	G15 09 -0.2750 -0.0256 -1.5808
000100	65394 43217 13314 60863 27656 36028 00211 65388	G18 202 -0.1905 +1.5028 +0.8748
000110	00418 31787 00042 41000 16449 23809 46624 01332	G20 35 -0.3950 +2.3208 -0.7996
000120	41259 36610 05099 56640 64827 49921 07941 00495	G23 226 +0.2612 +4.5952 -2.4468
000130	40449 00768 35062 16138 05624 29187 20288 07364	G24 22 -0.3251 -1.7528 -0.9816
000140	00020 04102 15873 13760 16484 00040 56103 47612	
000150	27136 41060 65361 36890 50181 63231 24681 64675	
000160	40853 63445 60928 00403 00832 57560 18692 32255	
000170	33446 00640 49315 57428 09985 18048 12509 00211	
000180	65384 00674 31787 04138 16385 28671 00014 00000	

<그림 5-3> SSR 메시지 데이터 형태

이와 같은 SSR 메시지의 생산 및 서비스 방식은 현재 국토지리정보원에서 생산 및 관리하는 기존의 공간정보와는 차이가 있다. <표 5-2>는 SSR 메시지와 타 공간정보 데이터의 생산 및 관리에 대한 차이를 비교한 것이다.

<표 5-2> SSR 메시지와 타 공간정보 데이터 비교

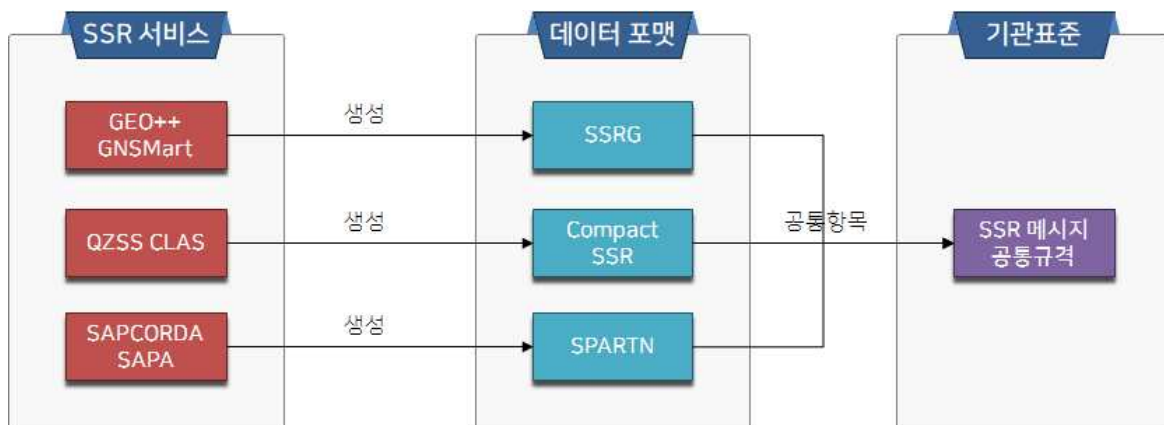
구분	SSR 메시지	타 공간정보	비고
데이터 생산방식	서비스에서 자동 생산	인력 또는 S/W가 원시데이터를 가공하여 생산	
데이터 생산주기	일정주기에 따라 실시간 생산	데이터 구축사업에 의존적	
데이터 제공방식	데이터 브로드캐스팅 방식	온라인 다운로드	
데이터 제공단위	사용자가 지정한 시간에 따라 구분	도엽, Scene, 점 등	
데이터 유지관리	생산된 데이터에 대한 유지관리 없음	생산된 데이터에 대한 지속적 유지관리 필요	
데이터 지속성	휘발성 데이터	비휘발성 데이터	

데이터가 실시간으로 생산 및 서비스되며 휘발성 데이터라는 점은 SSR 메시지가 기존 공간정보와는 다른 형태의 데이터임을 의미하며, 국토지리정보원에서 기존 공간정보 데이터에 적용해왔던 데이터(제품)에 대한 정보를 기술하는 표준(메타데이터, 제품사양, 데이터품질) 방식을 동일하게 적용하는 것은 무리가 있다. 메타데이터, 제품사양, 데이터 품질 표준을 정의하기 위해서는 물리적으로 존재하는 실제 대상이 존재해야하는데 SSR 메시지는 데이터 자체는 존재하지만, 데이터의 지속성 측면에서 메타데이터와 같은 표준을 적용하는 것은 어렵다고 판단되며, 제품이 아닌 서비스를 위한 규격으로 정의되는 것이 바람직 할 것이다. 이와 같은 데이터의 특성을 고려하여, 본 연구는 SSR 메시지 데이터의 정보에 대한 표준보다는 데이터 모델과 같이 생성되는 SSR 메시지의 데이터 규격을 정의하는 표준안을 마련하는 것으로 SSR 메시지의 기관표준화 방향을 결정하였다.

서비스를 통해서 생성되는 SSR 메시지의 규격과 속성항목을 표준으로 정의하는 것이 SSR 메시지를 이용하는 사용자의 이용편의성과 활용성을 증가시키고, 이를 관리하는 기관 및 유지보수 사업 수행자의 업무효율성을 증대시키는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

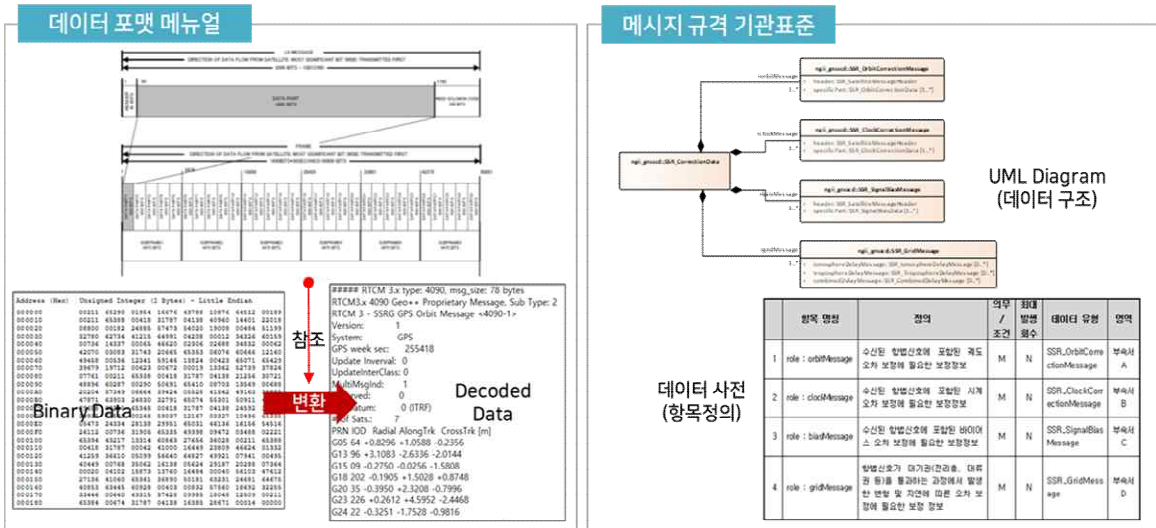
## 나. SSR 메시지 규격의 구조화

본 연구는 여러 실험과 논의를 거쳐서 SSR 메시지를 구성하는 데이터의 구조와 속성항목을 정의하는 표준을 마련하고자 하였다. 표준에 적합한 SSR 메시지의 구성항목과 속성을 정의하기 위해서 앞 절에서 여러 SSR 서비스의 SSR 메시지 포맷에 대한 분석을 수행하였으며, 이를 통해서 공통적으로 적용할 수 있는 메시지 규격을 도출하였다. 이는 표준화 과정에서 중요한 요소로, 표준에 따라 생산된 데이터는 데이터 호환성의 측면에서 여러 서비스에서 특별한 가공 과정이 없이 활용이 가능해야 한다. 앞 절의 표준화된 규격을 선정하는 과정에서 수행한 공통규격 항목은 특정 SSR 서비스에 독립적인 것으로, 표준이 지향하는 바와 일치한다고 볼 수 있다. 다음 <그림 5-4>는 SSR 메시지의 기관표준화에 대한 기본원칙을 보여주는 그림으로, SSR 메시지에 대한 기관표준은 각 서비스 기관에서 제공하는 SSR 서비스와 독립적이며, 모든 SSR 서비스에서 동일하게 생성될 수 있는 공통규격을 정의한다.



<그림 5-4> SSR 메시지의 표준화 기본원칙

본 연구에서 <그림 5-4>와 같은 기본원칙에 따라 정의하는 표준은 공통규격을 기반으로 한 새로운 SSR 메시지 데이터 포맷을 정의하지 않으며, SSR 서비스를 통해서 생성되는 SSR 메시지의 데이터 구조와 속성항목을 정의한다. 따라서 SSR 메시지 표준은 <그림 5-5>와 같이 생성된 특정 SSR 메시지 데이터 파일의 구조를 기술하거나 데이터 파일을 접근하는 방법을 설명하지 않으며, SSR 메시지를 구성하는 하위 메시지의 구조와 하위 메시지를 구성하는 속성항목을 설명한다.



**<그림 5-5> 데이터 포맷 매뉴얼과 기관표준의 차이**

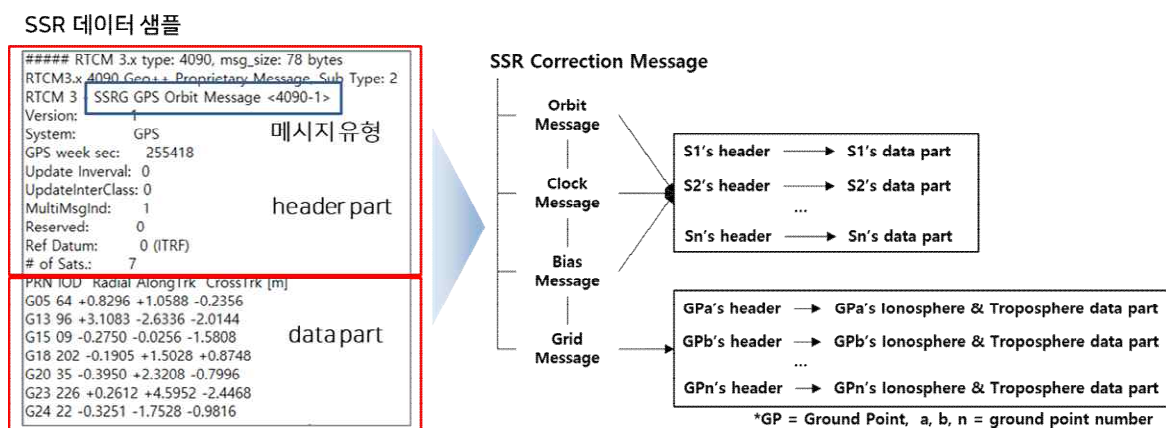


## 2. SSR 메시지 기관표준안 작성

### 가. SSR 메시지 규격 표준화

#### 1) SSR 메시지 데이터 구조

본 연구는 SSR 메시지의 공통규격을 표준화하고자 하였으며, 표준을 통해서 SSR 메시지 공통규격의 구조와 속성항목을 정의하고자 하였다. 공통규격의 구조를 정의하기 위해서는 앞 절에서 도출한 SSR 메시지의 공통규격이 실제 데이터에서 어떠한 형태로 구조화 되어있는지를 파악할 필요가 있다. 이를 위해 실제 SSR 보정데이터를 대상으로 <그림 5-6>과 같이 데이터의 구조 파악을 수행하였으며, 데이터 샘플은 GEO++의 SSRG 데이터 파일을 디코딩한 파일을 이용하였다.



<그림 5-6> SSR 메시지 데이터의 구조 분석

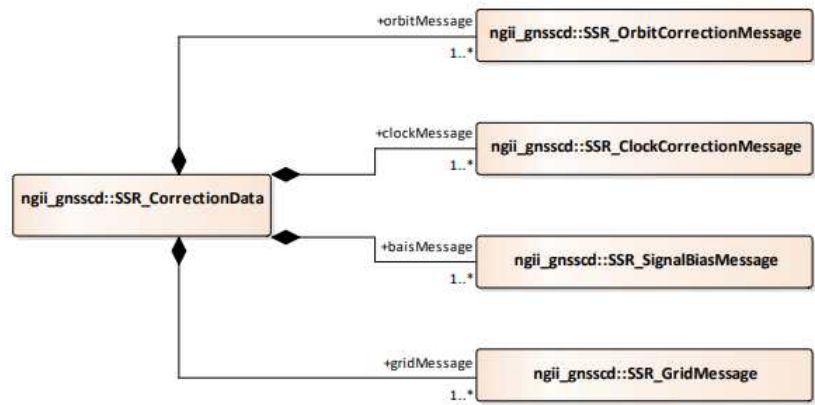
SSR 메시지 데이터의 구조는 <그림 5-6>과 같이 크게 4개의 하위 메시지로 구성되는 것을 알 수 있다. 4개의 하위 메시지는 다음과 같으며, 각 하위 메시지는 다시 헤더(header)와 데이터(data) 파트로 구성된다.

- 궤도 오차 메시지
- 시계 오차 메시지
- 바이어스 오차 메시지
- 격자 지연 오차 메시지

또한, <그림 5-6>을 보면 데이터의 구성과 관련하여 궤도 오차, 시계 오차, 바이어스 오차 메시지는 항법신호를 전송한 GNSS 위성별로 오차 메시지를 구성하며, 격자 지연 오차 메시지는 전송된 항법신호가 통과하는 지역별로 지연 오차 메시지를 구성한다. 격자 지연 오차 메시지는 전리층 지

연 오차와 대류권 지연 오차를 포함한다.

2) SSR 메시지 규격의 전체 구조



<그림 5-7> SSR 메시지 표준안의 전체 구조

SSR 메시지의 공통규격에 대한 전체 구조는 앞에서 분석한 SSR 데이터 파일의 구조를 반영하여 정의하였다. 다음 <그림 5-7>은 앞 절에서 도출한 SSR 메시지의 공통규격을 데이터 파일의 구조를 참조하여 구성한 SSR 메시지 표준안의 전체 메시지 구조를 UML 다이어그램으로 표현한 것이다.

표준안의 SSR 메시지 구조를 구성하는 각각의 요소는 클래스로 표현될 수 있으며 <표 5-3>는 각 클래스에 대한 설명이다.

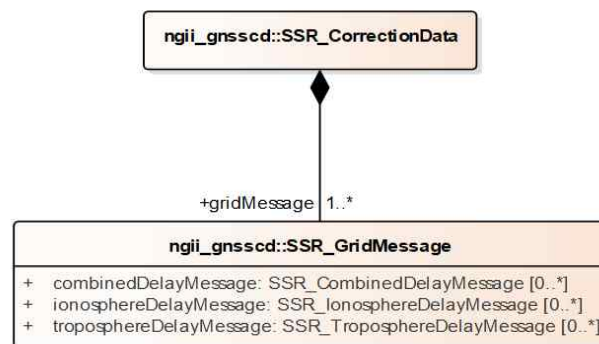
<표 5-3> SSR 메시지 표준안의 구성요소 설명

클래스	내용	비고
SSR_CorrectionData	SSR 메시지를 의미하는 최상위 클래스	
SSR_OrbitCorrectionMessage	궤도 오차 정보를 정의한 클래스	
SSR_ClockCorrectionMessage	시계 오차 정보를 정의한 클래스	
SSR_SignalBiasMessage	신호 바이어스 오차 정보를 정의한 클래스	
SSR_GridMessage	전리층과 대류권에서 발생하는 지연 오차 정보를 정의한 클래스	전리층, 대류권은 하위 메시지로 구분

SSR 메시지 공통규격에 대한 구조는 SSR\_CorrectionData를 최상위 클래스가 각각의 오차정보

를 정의하고 있는 4개의 하위 클래스를 포함하고 있는 구조로 되어있다. 4개의 하위클래스에서 정의하는 오차 정보는 항법신호를 송신하는 위성의 수만큼 발생하며, 신호가 통과하는 지역의 격자 수만큼 지연 오차 정보가 발생하는 구조이다. 따라서 SSR\_CorrectionData에 포함된 4개의 하위클래스는 1:N의 최대발생횟수 관계를 가진다.

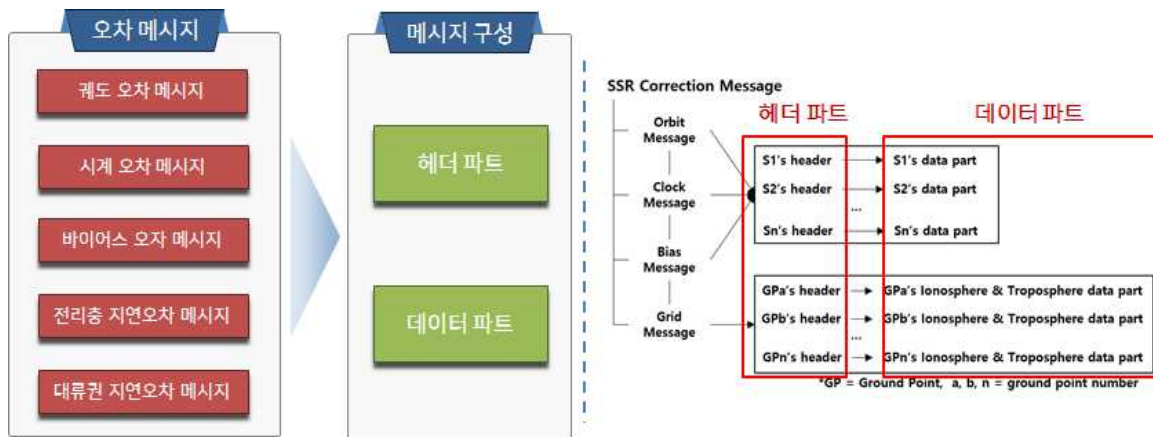
한편, 4개의 하위클래스 중 SSR\_GridMessage 클래스는 항법신호가 대기권을 통과하는 과정에서 발생하는 지연오차를 정의한 클래스로, 해당 오차는 대류권 지연 오차와 전리층 지연 오차로 구분된다. 대류권과 전리층의 지연오차는 상황에 따라 대류권과 전리층이 분리되어 오차 데이터가 생성될 수 있으며, 대류권과 전리층이 결합하여 오차 데이터가 생성될 수 있는 구조로 되어있다. 이러한 점을 고려하여 대기권 통과에 따른 지연오차는 SSR\_GridMessage 클래스의 단일클래스로 표현하고, SSR\_GridMessage 클래스 내에 속성항목으로 전리층, 대류권, 전리층과 대류권 결합 메시지를 하위클래스를 두고 선택할 수 있도록 하였다. 다음 <그림 5-8>은 SSR\_GridMessage 클래스를 상세 구조를 표현한 UML 다이어그램이다.



<그림 5-8> SSR\_GridMessage 클래스의 상세 구조

### 3) 오차 정보 메시지별 구조

SSR 메시지의 공통규격은 5개의 오차 정보 메시지로 구성된다. 각 오차 정보 메시지의 구조는 앞에서 살펴보았던 것과 같이 해당 메시지의 정보를 제공하는 헤더(header) 파트와 실제 오차 데이터로 구성된 데이터(data) 파트로 구성된다. 다음 <그림 5-9>는 오차 정보 메시지의 구조를 보여주는 그림으로 5개의 오차 정보 메시지 모두 헤더와 데이터로 구성되며, 각 오차 메시지는 격자의 수만큼 생산된다.



<그림 5-9> 오차 정보 메시지별 내부 구조

다음 <그림 5-10>은 궤도 오차 정보 메시지 SSR\_OrbitCorrectionMessage 클래스의 속성항목 구성을 보여주는 그림으로, 궤도 오차 정보는 헤더(header)와 데이터(data)에 대한 정보를 속성항목으로 가지며, 나머지 4개 오차 보정 메시지 모두 클래스의 속성항목 구성은 궤도 오차 정보 메시지와 동일하다.



<그림 5-10> 오차 정보 메시지의 속성항목 구성

#### 가) 메시지 헤더(header) 정보 구성

오차 정보 메시지의 헤더 정보는 해당 오차 정보 메시지에 대한 정보를 기술하는 역할을 담당한다. 헤더 정보는 메시지마다 다르게 속성항목이 구성될 수 있으며, SSR 서비스마다 정의된 헤더 정보도 다를 수 있다. 다음 <표 5-4>는 SSRG 데이터 포맷에서 적용된 오차 정보 메시지별 헤더의 구성요소를 정리한 것이다.

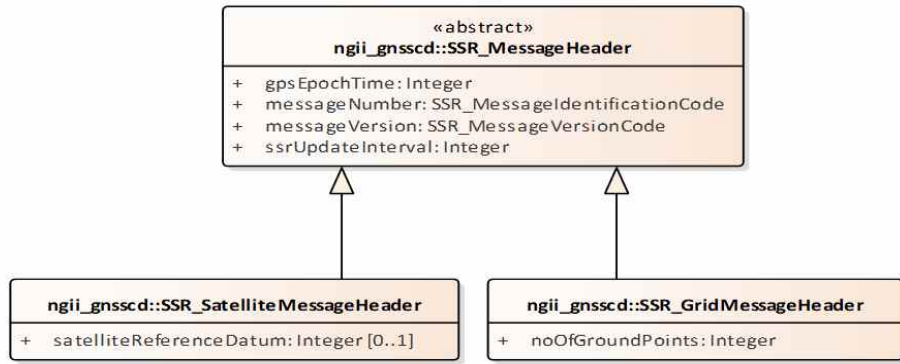
<표 5-4> 오차 정보 메시지별 헤더정보 구성

속성항목	오차 정보 메시지					
	위성궤도	위성시계	바이어스	전리층	대류권	전리층/ 대류권 결합
RTCM Message Number	O	O	O	O	O	O
Sub-Type	O	O	O	O	O	O
SSRG Message Number	O	O	O	O	O	O
Message Version	O	O	O	O	O	O
GPS Epoch Time 1s	O	O	O	O	O	O
SSR Update interval	O	O	O	O	O	O
Multiple Message Indicator	O	O	O	O	O	O
SSR Update interval Class	O	O	O	O	O	O
GNSS Indicator	O	O	O	O		O
Satellite Reference Datum	O					
No. of Satellites	O	O	O			
No. of Ground Points				O	O	O

<표 5-4>의 현황을 보면 헤더 정보는 모든 오차 정보 메시지에 공통으로 적용할 수 있는 속성항목과 메시지별로 선택하여 적용할 수 있는 속성항목으로 구분할 수 있으며, 메시지별로 선택하여 적용할 수 있는 속성항목은 다시 위성관련 오차 정보 메시지와 대기권 지연 오차 메시지의 헤더로 구분할 수 있다. 다음 <표 5-5>는 GEO++의 SSRG 데이터포맷에서 정의한 헤더 정보 중 타 SSR 데이터 포맷에서도 공통으로 적용할 수 있는 항목을 추출하여 정리한 항목으로 <그림 5-11>은 <표 5-5>의 내용을 구조화한 것이다.

<표 5-5> 메시지 헤더 정보 속성 항목 구성

속성항목	오차 정보 메시지	
	위성단 보정정보	대기권지연 보정정보
SSRG Message Number	메시지 헤더 공통	
Message Version		
GPS Epoch Time 1s		
SSR Update interval		
Satellite Reference Datum	O	
No. of Ground Points		O

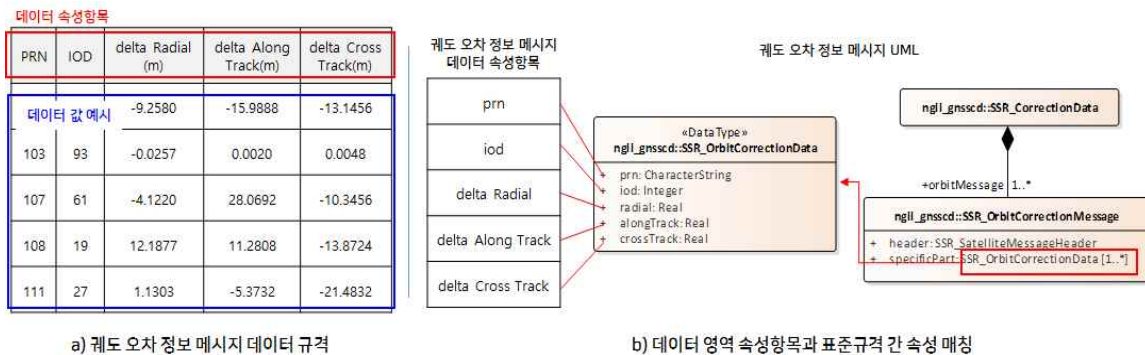


<그림 5-11> 메시지 헤더 정보 구조

<그림 5-11>의 내용을 보면 메시지 헤더의 속성정보는 대부분 공통항목으로 SSR\_MessageHeader 클래스에서 정의하며, 위성관련 오차 메시지와 대기권 지연 오차 메시지의 헤더에서 각각의 속성항목을 추가로 정의한다. 위성관련 오차 메시지 헤더인 SSR\_SatelliteMessageHeader 클래스에서 정의한 satelliteReferenceDatum의 속성은 궤도 오차 정보 메시지에서만 사용되는 항목으로 위성 오차 정보 메시지의 속성정보 생성 시 선택 항목으로 정의하였다.

## 나) 메시지 데이터(data) 구조

오차 정보 메시지의 데이터 영역을 구성하는 속성항목은 앞 절에서 정의한 공통규격의 메시지별 속성항목을 1:1로 매치하여 정의하였다. 다음 <그림 5-12>는 이에 대한 예로, 궤도 오차 정보 메시지의 데이터 영역에 대한 공통 데이터 규격은 <그림 5-12>의 a)와 같다. <그림 5-12>의 b)는 궤도 오차 정보 메시지의 데이터 영역에 대한 부분을 SSR\_OrbitCorrectionData 클래스로 별도 정의하고, a)의 공통규격에 정의된 속성항목을 클래스의 속성항목으로 1:1 매치시키는 것을 나타낸다.



<그림 5-12> 메시지 데이터영역 속성항목 구성

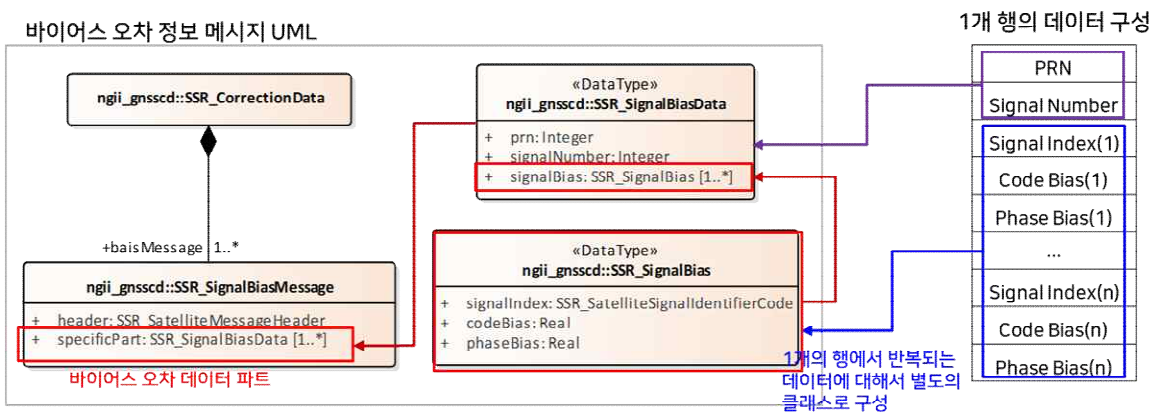
반면 궤도 오차 정보 메시지의 데이터 규격과 같이 1:1로 매치되지 않는 사례에 대해서는 별도로

하위 클래스를 정의하여 구조화하였다. 다음 <그림 5-13>은 바이어스 오차 정보 메시지의 데이터 규격을 정의한 것으로, 규격을 보면 하나의 행에서 Singnal Index, Code Bias, Phase Bias의 항목이 반복해서 나타나는 것을 볼 수 있다.

PRN	Signal Number	Signal Index(1)	Code Bias(1)	Phase Bias(1)	Signal Index(2)	Code Bias(2)	Phase Bias(2)	Signal Index(3)	Code Bias(3)	Phase Bias(3)
101	3	00	0,0000	-0,3987	Signal Index, Code Bias, Phase Bias 가 n번 반복					-0,2411
103	3	00	0,0000	-0,7818	11	0,4300	-0,4736	15	0,2600	-1,1529
107	2	00	0,0000	-0,5655	11	-1,9800	-0,4827			
108	3	00	0,0000	-0,4268	11	-4,5700	0,5548	15	-7,6600	0,9125
111	2	00	0,0000	-0,3786	11	-3,7800	0,1546			

<그림 5-13> 바이어스 오차 정보 메시지의 데이터 공통규격

<그림 5-13>과 같이 하나의 행에서 동일 항목이 반복적으로 나타나는 구조인 경우, 표준에서 정의한 메시지의 속성항목과 공통규격의 속성항목 간에 1:1 매치가 불가하다. 이러한 경우, <그림 5-14>와 같이 반복적으로 발생하는 항목에 대해 SSR\_SignalBias 클래스와 같이 별도의 클래스를 정의하여 표준규격의 데이터 속성항목과 매치시켰다.



<그림 5-14> 데이터의 반복되는 속성항목에 대한 처리



## 나. 기관표준안 구성

### 1) 국토지리정보원의 기관표준 문서 양식

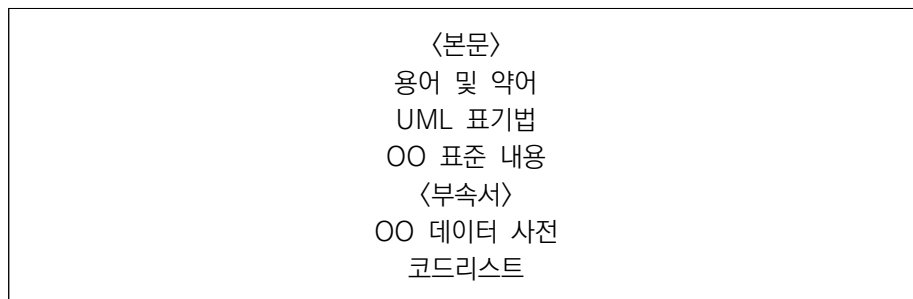
국토지리정보원은 표준문서가 형식적으로 체계적인 통일성을 갖고, 표준문서의 내용이 사용자에게 더 상세하고 이해하기 수월하게 전달될 수 있도록, 일정한 형식을 가진 표준문서 양식을 제공한다.

기관표준 문서의 양식에 따르면 기관표준 문서는 표준에서 기술하고자 하는 대상을 <그림 5-15>와 같이 UML 다이어그램을 이용하여 객체(object)와 관계(relation)로 표현하도록 하고 있으며, UML을 통해서 정의된 객체에 대해서 데이터 사전을 통해 대상과 속성을 정의하도록 하고 있다.



<그림 5-15> UML 다이어그램 작성방법

기관표준 문서의 구성은 일반적으로 다음과 같이 본문과 부속서의 구조를 취한다. 본문은 표준의 내용과 관련된 일반적인 내용 및 표준에서 정의하고자 하는 대상에 대한 전반적인 내용을 기술하고 부속서에서 표준의 대상에 대해 구체적이고 상세한 내용을 정의하도록 하고 있다.



표준문서의 작성자는 이와 같은 내용을 포함한 표준문서의 양식에 따라 해당 내용을 작성하도록 하고 있으며, 본 연구도 표준문서의 양식에 따라 SSR 메시지의 기관표준안을 작성하였다.



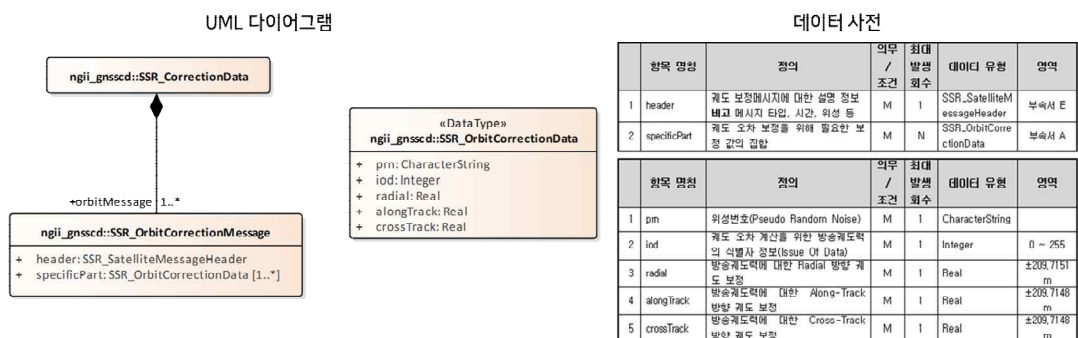
## 2) SSR 메시지의 기관표준안 구성

SSR 메시지의 기관표준안은 국토지리정보원의 기관표준 문서 양식에 따라 작성되었으며, 표준문서의 전체 구성은 <표 5-6>과 같다.

<표 5-6> SSR 메시지 기관표준안 구성

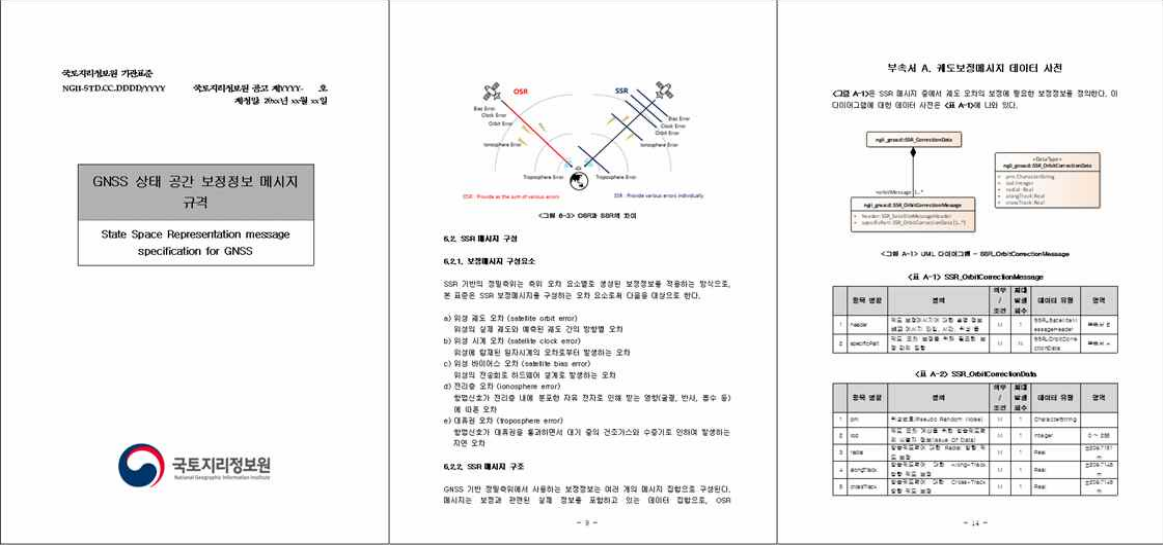
항목	내 용
1. 개요	SSR 메시지 표준안에 대한 전반적인 설명
2. 범위 및 구성	SSR 메시지 표준안의 적용될 수 있는 범위 및 표준을 구성하는 내용에 대한 설명
3. 참조표준	SSR 메시지 표준안에서 대상의 정의를 위해 참조한 외부표준 (국내외 표준)
4. 용어 및 약어	SSR 메시지 표준안에서 사용하는 용어 및 약어 정의
5. 기존 표준과의 참조관계	SSR 메시지 표준안에서 참조한 참조표준과 표준안의 관계
6.SSR 메시지	SSR 메시지에 대한 전반적 설명 및 표준에서 정의하고자 하는 대상에 대한 설명
부속서 : 데이터 사전	SSR 메시지의 공통규격 항목에 대한 상세 정의
부속서 : 코드리스트	SSR 메시지 표준안에서 정의한 코드목록

표준안은 표준문서 양식에 따라 전체 6개의 장과 부속서로 구성되었다. 1~5장은 표준안에 대한 이해를 돕기 위한 관련 내용으로 이루어져있으며, 6장은 표준의 대상인 SSR 메시지에 대한 사용자의 이해를 돕기 위하여 SSR 메시지와 관련된 GNSS 정밀측위의 개념, SSR 서비스, SSR 메시지 데이터 등에 대해 설명하고, 표준안에서 정의한 SSR 메시지 공통규격에 대한 전체적인 구조를 설명하였다. 앞 절에서 정의한 오차 정보 메시지의 구조 및 속성항목은 <그림 5-16>의 예시와 같이 부속서의 데이터 사전에서 정리하였다.



<그림 5-16> UML 및 데이터 사전 예시(궤도 오차 정보 메시지)

다음 <그림 5-17>은 작성한 표준안의 일부화면으로 전체 표준문서는 부록으로 첨부하였다.



<그림 5-17> SSR 메시지 기관표준안

### 3. SSR 메시지 기관표준 기대효과

표준의 목적은 대상에 대한 표준화된 규격을 정의함으로써 대상과 관련된 업무의 효율성을 증가시키고, 대상과 관련된 타 업무나 서비스, 시스템에서도 동일하게 적용할 수 있도록 호환성을 확보하는 것 있다. 본 연구에서 수행한 SSR 메시지에 대한 표준화의 목적도 이와 같은 표준의 목적과 같다고 할 수 있으며, 기관표준을 도입함으로써 SSR 서비스와 관련된 이해관계자의 업무 효율성 증가나 이득 확보에 기여하고자 하였다.

이와 같은 표준의 목적을 고려하였을 때 기관표준의 도입을 통해서 기대할 수 있는 기대효과는 <그림 5-18>과 같을 것으로 판단된다.



<그림 5-18> 기관표준의 기대효과

SSR 메시지의 공통규격을 정의한 기관표준을 도입함으로써 직접적으로 연관될 수 있는 이해관계자는 <그림 5-18>과 같이 세 가지 유형으로 볼 수 있다. 기관표준 도입의 당사자인 국토지리정보원은 SSR 메시지에 대한 기관표준을 도입함으로써 GNSS기반 정밀측위 분야를 주도해 나갈 수 있는 근거를 마련했다고 볼 수 있다. GNSS기반 정밀측위에 대한 수요는 점점 증가추세에 있는 반면, 이와 관련된 기술에 대한 표준화는 아직 미흡한 상태이다. 특히 SSR 서비스는 국내에서 국토지리정보원이 처음으로 시작하였으며, SSR 메시지의 공통규격에 대한 표준화는 향후 타 기관에서 SSR 서비스의 도입 시 서비스 간 데이터 호환성 측면에서 국토지리정보원이 주도하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

다음으로 SSR 서비스를 이용하는 일반사용자(사업자 또는 개발자 등)의 관점에서 획득한 데이터가 표준화된 규격에 따라 생성되고, 규격에 대한 표준문서가 함께 제공된다면 데이터의 이용편리성이 증가하고, 이는 SSR 서비스의 이용의 증가로 이어질 수 있다고 판단된다.

마지막으로 SSR 서비스를 실제 관리하는 유지관리 사업자의 측면에서 SSR 메시지의 공통규격에 대한 표준은 서비스를 통해서 생산되는 데이터를 명확하게 정의해 주는 역할을 한다. 시스템의 성능개선이나 변경 등 유지관리 업무 시 서비스를 통해서 생산되어야 하는 데이터가 표준을 통해서 정해져 있기 때문에 더 수월하고 명확한 업무의 진행이 가능할 것으로 판단된다.

## 제6장

# 결론



본 사업에서는 SSR 보정정보 서비스의 민간 활용을 활성화하고 위치정보 서비스의 신뢰성 및 안정성을 향상하기 위한 목적으로 위치보정신호를 이용한 스마트폰 관측 데이터 기반 GNSS 측위 기술 개발 연구를 수행하였다. 이를 위한 과정으로 스마트폰 기반 단독측위 알고리즘 개발 및 안드로이드 OS 기반 SSR 보정정보 취득 인터페이스를 구현하고 실시간 측위 알고리즘을 개발하였다. 또한 개발 기술의 성능 확인을 위해 현장 테스트를 수행하고 스마트폰 SSR 측위 성능 시연회를 개최하였다. 더불어 해외 SSR 메시지의 표준 및 규격 설명서를 비교 분석하여 국내 서비스 환경에 최적화된 SSR 메시지 전송 규격을 선정하고 SSR 보정정보 기관표준안 마련을 위한 표준화 항목 도출 및 표준안을 수립하였다.

### 1. SSR을 적용한 스마트폰 기반의 GNSS 측위 기술 개발

1) 본 연구에서는 스마트폰을 기반으로 한 GNSS 측위 기술을 개발하였다. 스마트폰 기반의 GNSS 측위 기술은 스마트폰의 API로부터 취득한 GNSS 관측치와 실시간 IGS-Products로부터 취득한 항법 메시지를 기반으로 구현되었다. 이후 스마트폰 기반의 측위 성능을 향상시키기 위해, 스마트폰의 신호 특성 및 오차 보정 기술을 스마트폰 기반의 GNSS 측위 기술에 적용하였다.

2) 개발된 스마트폰 기반의 GNSS 측위 기술은 단독 측위 기술과 SSR 보정정보를 적용한 정밀 측위 기술 두 가지이다. 스마트폰 기반의 단독 측위 기술은 최소제곱법을 기반으로 스마트폰의 위치를 추정하며, 실험적 모델인 Klobuchar/GPT 모델을 통해 대기 오차 추정 및 보정을 수행한다. 스마트폰 기반의 SSR 측위 기술은 최소제곱법 혹은 칼만 필터를 기반으로 SSR 보정정보를 사용하여 스마트폰의 위치를 추정한다. API 기반 및 웹 서버 기반의 국토리지정보원 SSR 취득 인터페이스를 구현하였으며, 스마트폰은 SSR 취득 인터페이스를 통해 보정정보를 취득한다. 최종적으로 스마트폰 기반 SSR 측위 기술은 SSR 보정정보(위성 궤도 및 시계, 신호 바이어스, 대기 오차 보정정보)를 사용하여 정밀 측위를 수행하게 된다.

### 2. 개발기술 성능 테스트 및 현장 시연

1) 최소제곱법 기반의 스마트폰 단독 측위 기술 성능 평가를 수행하였으며, 성능 평가에는 삼성 갤럭시 Note10+와 S21+ 두 모델이 사용되었다. Note10+의 수평/수직 RMSE는 2.26/3.93m, 표준 편차는 0.75/2.08m로 산출되었으며, S21+의 수평/수직 RMSE는 3.74/1.99m, 표준 편차는 0.84/1.67m로 산출되었다. 두 스마트폰의 단독 측위 기술은 현재 공간 상태를 적절히 반영하지 못

하는 실험적 모델의 한계로 인해 바이어스 형태의 측위 오차를 보인다.

2) 최소제곱법 기반의 스마트폰 SSR 측위 기술 성능 평가를 수행하였으며, 성능 평가에는 삼성 갤럭시 Note10+와 S21+ 두 모델이 사용되었다. Note10+의 수평/수직 RMSE는 0.69/1.03m, 표준 편차는 0.39/0.95m로 산출되었으며, S21+의 수평/수직 RMSE는 0.57/1.10m, 표준 편차는 0.29/0.83m로 산출되었다. SSR 측위 기술의 수평 정확도는 단독 측위 기술에 비해 69% 이상 향상되었으며, 수직 정확도는 45% 이상 향상되었다. 특히 단독 측위에서 보인 바이어스 형태의 측위 오차는 현재 공간 상태를 반영하는 SSR 보정정보를 통해 제거되었으며, 측위 정밀도 또한 수평/수직에서 0.36/0.84m 향상되었다. 결과적으로 두 스마트폰 모두 최소제곱법 기반 SSR 측위 기술은 수평 정확도 0.7m 이내, 수직 정확도 1.1m의 수준을 보인다.

3) SSR 보정정보를 적용하는 실시간 측위 기술의 성능평가를 위해 다양한 환경에 대해 측위 모델별 성능을 평가하였다. 측위 환경은 개활지와 준도심지, 극도심지로 구분하였으며 사용자의 이동 상황을 고려하여 정지 뿐 아니라 보행과 주행에 대한 테스트를 수행하였다. 정지 테스트는 VRS 좌표를 기준으로 정확도를 확인하였으며 개활지에서는 안정적인 1m 이하, 준도심지에서는 ~1.2m, 극도심지에서는 ~6m 수준의 성능을 확인하였다. 보행 및 주행은 산출 좌표를 지도에 표출하여 경로에 따른 측위 수준을 확인하였으며 주행 테스트에서는 속도와 무관한 성능을 확인하였다.

4) 국토지리정보원 SSR 메시지와 개발 완료된 ‘SSR을 이용한 스마트폰 측위’ 기술의 홍보를 위한 시연회를 개최하였다. 시연회는 총 2회 진행하였으며 1차는 내부시연회로 (주)피피솔 연구진과 국토지리정보원이 참여하였고 2차는 공개시연회로 위치기반 서비스 업체나 연구기관 등을 초대하여 진행하였다. 1차 시연회는 2020년 12월 29일에 진행하였으며 개활지와 도심지, 극도심지를 대상으로 정지와 보행 테스트에 대한 측위 성능을 확인하였다. 2차 시연회는 2021년 3월 31일에 진행하였으며 국내의 위치기반 서비스 업체와 연구소 등에서 총 26명이 참석하였고 1부와 2부로 나누어 진행되었다. 1부는 스마트폰 기반 실시간 SSR 측위 기술을 위해 구현된 결과 및 다양한 환경에서 테스트한 측위 결과를 소개하였으며 또한 SSR 메시지의 전송 규격과 기관표준 제정과 관련된 추진 사항 등을 소개하였다. 2부는 국토지리정보원 인근에서 스마트폰을 이용하여 실시간 측위 현장시연을 수행하는 것으로 국토지리정보원 인근 골목 환경에서 보행테스트를 진행하였다.

### 3. SSR 메시지의 기관표준 제정을 위한 전송규격 선정

1) RTCM SSR 표준화 작업은 전체 3단계로 현재 2단계까지 완료되었으며, 3단계 과정이 매우 더디게 진행되고 있어 각 SSR을 서비스하는 각 국가나 기관은 고유의 SSR 포맷을 제정하여 운영하고 있다. 국내 지역을 대상으로 SSR을 서비스하기 위해서는 국내 환경을 고려하여 SSR 표준을 제정할 필요가 있으며 이미 서비스 중인 QZSS Compact SSR과 SAPCORDA SPARTN, GNMSART



SSRG 등 SSR 메시지의 표준을 조사하고 다양한 측면에서 메시지 규격의 형태를 비교 분석하였다.

2) 해외 SSR 메시지의 공통 요소와 특징을 비교 분석하고 분석 내용을 기반으로 국내 서비스 환경을 고려한 SSR 보정정보의 규격 및 전송주기를 선정하였다. 선정된 SSR 표준화 포맷은 생성되는 전체 메시지 중 사용자 측면에서 필요한 항목들을 선택하여 디코딩 한 형태로 사용자가 SSR을 활용하기 위한 별도의 추가 작업을 구현할 필요가 없다는 점에서 편의성이 뛰어나며 반드시 필요한 정보에 대해서만 제공하므로 데이터의 용량이 간소화 되었다. 더불어 GNSMART S/W에서 생성된 SSR 보정정보를 사용자의 접근성과 활용성을 고려하여 제정한 규격에 맞게 서비스하는 방안을 마련하였다.

#### 4. SSR 메시지 기관표준안 마련

1) SSR 메시지를 구성하는 데이터의 구조와 속성항목을 정의하는 표준을 마련하였다. 표준에 적합한 SSR 메시지의 구성항목과 속성을 정의하기 위해 여러 SSR 서비스의 메시지 포맷에 대한 분석을 수행하였으며 이를 통해 공통적으로 적용할 수 있는 메시지 규격을 도출하였다. 표준화된 규격을 선정하는 과정에서 수행한 공통규격 항목은 특정 SSR 서비스에 독립적인 것으로 이는 표준이 지향하는 바와 일치한다고 볼 수 있다.

2) SSR 메시지의 표준화된 규격을 정의함으로써 업무의 효율성 증가 및 관련 서비스나 시스템에서도 동일하게 적용할 수 있어 호환성을 확보할 수 있으며 SSR 서비스와 관련된 이해관계자들의 업무의 효율성을 증대 및 이득 확보에 기여하고자 하였다.



---

## 참고문헌

---

- 국토지리정보원 (2020), SSR 서비스 최적화 연구
- 김성필 (2010), MATLAB 활용 칼만 필터의 이해, 도서출판 아진
- 김미소 (2016), 실시간 SSR 보정정보 적용을 통한 GPS 코드의사거리 기반 PPP 알고리즘 개발, 석사학위논문, 인하대학교
- Beidou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document (2019), China Satellite Navigation Office
- Boehm, J. (2007), Short Note: A global model of pressure and temperature for geodetic applications, Journal of Geodesy, Vol. 81, pp. 679-683
- European GNSS Open Service Signal-in-Space Interface Control Document (2021), European Global Navigation Satellite Systems Agency.
- Geo++ (2018), Geo++ State Space Representation Generalized Format (SSRG) Binary Output from Geo++ GNSMART Document Version 2.6.1 (final)
- Geo++ (2020), Geo++ State Space Representation Generalized Format (SSRG) Binary Output from Geo++ GNSMART Document Version 2.7.1
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtegger, H. and Collins, J. (2001), GPS Theory and Practice, Fifth Revised Edition, Springer-Verlag Wien New York.
- IS-GPS-200L (2020), GPS Enterprise Space & Missile Systems Center LAAFB.
- Kim, E., Walter, T. and Powell, J.D. (2007), Adaptive carrier smoothing using code and carrier divergence, Proc. ION NTM, San Diego, pp. 141-152.
- Klobuchar, J. (1987), Ionospheric Time-Delay Algorithms for Single-Frequency GPS Users, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-23, pp. 325-331.
- Le, A. and C. (2006) Tiberius, Single-frequency precise point positioning with optimal filtering, GPS Solutions, Vol. 11, No. 1, pp. 61-69.
- Niell, A. E (1996) Global mapping function for the atmosphere delay at radio wavelengths, J. Geophys. Res, Vol. 101, pp. 3227-3246.
- RTCM (2006), RTCM STANDARD 10403.1 FOR DIFFERENTIAL GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS) SERVICES – VERSION 3.

Safe Position Augmentation for Real-Time Navigation (SPARTN) Interface Control Document Version 1.8.0 (2020) Scottsdale.

The 5G Evolution: 3GPP Releases 16-17 (2020), 3GPP.

Zhang, X., Tao, X., Zhu, F. et al. (2018), Quality assessment of GNSS observations from an Android N smartphone and positioning performance analysis using time-differenced filtering approach, GPS Solut, Vol. 22, p. 70.

Zhou, Z., Li. B. (2017), Optimal Doppler-aided smoothing strategy for GNSS navigation, GPS Solut, Vol. 21, pp. 197-210.

CLAS Archives, <http://sys.qzss.go.jp/dod/en/archives/clas.html>

CLAS Overview, [https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv06\\_clas.html](https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv06_clas.html)

Google Developer, <https://developer.android.com/guide/topics/sensors/gnss?hl=ko#>

SPARTN 공식 홈페이지, <https://www.spartnformat.org>

SwiftNavigation 공식 홈페이지, <https://www.swiftnav.com>

## 부록

### 부록 1. GNSS 상태 공간 보정정보 메시지 규격 표준안

국토지리정보원 기관표준

NGII-STD.CC.DDDD/YYYY

국토지리정보원 공고 제YYYY- 호

제정일: 20xx년 xx월 xx일

GNSS 상태 공간 보정정보 메시지 규격

State Space Representation message  
specification for GNSS



# 서 문

## 1. 표준의 목적

GNSS 항법신호는 기술적, 환경적 요인으로 측위 정확도 저하에 영향을 미치는 다양한 오차 요소를 포함하며, 이러한 오차 요소의 영향을 최소화하기 위해 항법신호에 대한 보정이 필요하다. GNSS 항법신호를 보정하는 방법으로 관측 공간 보정정보(OSR, Observation Space Representation)와 상태 공간 보정정보(SSR, State Space Representation)가 있으며, 본 표준에서는 상태 공간 보정정보인 SSR 메시지의 구성요소를 정의한다.

## 2. 주요 내용 요약

SSR은 서비스마다 고유의 규격으로 제공되고 있으며 본 표준에서는 이를 고려하여 SSR 서비스에서 공통으로 제공해야 하는 메시지 세트의 규격을 정의하고자 한다. 본 표준에서 정의하는 SSR 메시지는 위성 궤도 오차, 위성 시계오차, 위성 바이어스 오차, 전리층 오차, 대류권 오차 보정을 포함한다.

## 3. 표준 적용 산업 분야 및 산업에 미치는 영향

GPS로 대표되는 위성기반 측위 기술은 인프라와 산업의 발전으로 활용분야가 점차 확장되고 있으며 대표적인 사례로 자율주행차와 드론 등이 있다. 이와 같은 활용분야의 확대는 측위 정확도에 대한 전통적인 사용자들의 요구를 만족하면서 보행이나 주행과 같은 특정 상황에 대해서도 실시간으로 안정적인 처리가 가능한지에 대한 새로운 요구사항을 고려해야 한다. 본 표준은 이와 같은 요구사항에 대해 유연하게 대처하기 위한 수단의 하나로, SSR 방식의 도입은 산업계의 정밀측위에 대한 수요 및 활용 증가에 기여 할 수 있을 것이다.

## 4. 참조 표준(권고)

### 4.1. 국내 표준

KS X ISO 19103. 지리정보 - 개념적 스키마 언어  
KS X ISO 19116, 지리정보 - 위치결정 서비스

## 5. 참조 표준(권고)과의 비교

### 5.1. 참조 표준(권고)과의 관련성

본 표준의 SSR 보정메시지는 국내·외에서 표준으로 제정된 사례가 없으며, SSR 보정방식의 내용이 특정분야에서 사용되는 전문적인 용어와 개념을 사용하기 때문에 이를 표준의 관점에서 더 명확하고 일반적인 내용으로 정의하기 위해서 참조 표준의 개념, 정의 및 데이터 유형 등을 인용하였다.

5.2. 참조 표준과 본 표준의 비교표

해당사항 없음

6. 표준의 이력 정보

6.1. 표준의 이력

판수	제정·개정일	제정·개정 내역
제1판	2021.02.xx	제정 NGIL.STD.CC.DDDD

6.2. 주요 개정 사항

해당 사항 없음



# Preface

## 1. Purpose of Standard

GNSS navigation signals include a variety of error factors that affect the degradation of local accuracy due to technical and environmental factors, and calibration of navigation signals is required to minimize the impact of these error factors. Observation Space Presentation (OSR) and State Space Presentation (SSR) are methods for calibrating GNSS navigation signals, and this standard defines the components of SSR messages, which are state space correction information.

## 2. Summary of Contents

SSR is provided as a unique specification for each service, and this standard considers it to define the specifications of the message sets that should be provided in common with SSR services. SSR messages defined in this standard include satellite orbital error, satellite clock error, satellite bias error, ionosphere error, and tropospheric error correction.

## 3. Applicable Fields of Industry and its Effect

Satellite-based positioning technology, represented by GPS, is gradually expanding due to the development of infrastructure and industry, and representative examples include self-driving cars and drones. This expansion of the utilization sector should take into account new requirements on whether it can handle certain situations in real time, such as walking and driving, while satisfying traditional users' needs for location accuracy. The introduction of the SSR approach could contribute to increased demand and utilization for precision positioning in the industry, as part of this standard's means of flexibly responding to these requirements.

## 4. Reference Standards(Recommendations)

### 4.1. Domestic Standards

KS X ISO 19103. Geographic Information – Conceptual schema language  
KS X ISO 19116, Geographic Information – Positioning Services

## 5. Relationship to Reference Standards(Recommendations)

### 5.1. Relationship of Reference Standards(Recommendations)

The SSR correction signal of standard has no cases established as a standard in Korea or abroad, and since the contents of the SSR correction method use professional terms and concepts used in specific fields, the concept, definition and data-type of reference standards are cited in order to define it as more clear and general contents from the viewpoint of standards.

5.2. Differences between Reference Standard(Recommendation) and this Standard

None

6. History of Standard

6.1. Change History

Edition	Issued Date	Outline
The 1sd edition	2021. 3. x	

6.2. Revisions

None

## 목 차

1. 표준의 개요 .....	121
2. 표준의 범위 및 구성 .....	121
2.1. 표준의 범위 .....	121
2.2. 표준의 구성 .....	121
3. 참조 표준 .....	122
3.1. 국외 표준 .....	122
3.2. 국내 표준 .....	122
4. 용어 및 약어 .....	122
4.1. 용어 .....	122
4.2. 약어 및 표기방법 .....	124
5. 기존 표준과의 참조관계 .....	127
6. SSR 메시지 .....	128
6.1. GNSS 기반 정밀측위 .....	128
6.2. SSR 메시지 구성 .....	130
6.3. SSR 메시지 규격 .....	132
부속서 A. 궤도보정메시지 데이터 사전 .....	135
부속서 B. 시계보정메시지 데이터 사전 .....	136
부속서 C. 바이어스메시지 데이터 사전 .....	137
부속서 D. 격자메시지 데이터 사전 .....	139
부속서 E. 메시지헤더 데이터 사전 .....	143
부속서 F. 코드리스트 .....	145

# Contents

1. Overview	121
2. Scope and Constitution	121
2.1. Scope	121
2.2. Constitution	121
3. Reference Standards	122
3.1. International Standards	122
3.2. Domestic Standards	122
4. Terms and Abbreviations	122
4.1. Terms	122
4.2. Abbreviations and Notations	124
5. Relations among Reference Standards	127
6. SSR message	128
6.1. GNSS based precise positioning	128
6.2. SSR message constitution	130
6.3. SSR message specification	132
부속서 A. Data Dictionary for Orbit Correction Message	135
부속서 B. Data Dictionary for Clock Correction Message	136
부속서 C. Data Dictionary for Signal Bias Message	137
부속서 D. Data Dictionary for Grid Message	139
부속서 E. Data Dictionary for Message Header	143
부속서 F. CodeList	145

## 표 목 차

<표 6-1> SSR 보정메시지 .....	133
<표 A-1> SSR_OrbitCorrectionMessage .....	135
<표 A-2> SSR_OrbitCorrectionData .....	135
<표 B-1> SSR_ClockCorrectionMessage .....	136
<표 B-2> SSR_ClockCorrectionData .....	136
<표 C-1> SSR_SignalBiasMessage .....	137
<표 C-2> SSR_SignalBiasData .....	137
<표 C-3> SSR_SignalBias .....	138
<표 D-1> SSR_GridMessage .....	139
<표 D-2> SSR_IonosphereDelayMessage .....	140
<표 D-3> SSR_IonosphereDelayData .....	140
<표 D-3> SSR_IonosphereSlantTec .....	140
<표 D-4> SSR_TroposphereDelayMessage .....	141
<표 D-5> SSR_TroposphereDelayData .....	141
<표 D-6> SSR_CombinedDelayMessage .....	141
<표 D-7> SSR_CombinedDelayData .....	142
<표 E-1> SSR_MessageHeader .....	143
<표 F-1> 코드 리스트 - SSR_SatelliteSignalIdentifierCode .....	145
<표 F-2> 코드 리스트 - SSR_MessageIdentificationCode .....	146
<표 F-3> 코드 리스트 - SSR_MessageVersionCode .....	146

## 그 림 목 차

<그림 4-1> UML 표기법 .....	124
<그림 4-2> UML 역할 .....	126
<그림 5-1> 본 표준과 참조표준과의 관계 .....	127
<그림 6-1> GNSS 오차의 유형 .....	128
<그림 6-2> GNSS 기반 정밀측위 개념 .....	129
<그림 6-3> OSR과 SSR의 차이 .....	129
<그림 6-4> SSR 메시지의 구성 .....	131
<그림 6-5> UML 다이어그램 - SSR 메시지 .....	132
<그림 A-1> UML 다이어그램 - SSR_OrbitCorrectionMessage .....	135
<그림 B-1> UML 다이어그램 - SSR_ClockCorrectionMessage .....	136
<그림 C-1> UML 다이어그램 - SSR_SignalBiasMessage .....	137
<그림 D-1> UML 다이어그램 - SSR_GridMessage .....	139
<그림 E-1> UML 다이어그램 - SSR_MessageHeader .....	143

# GNSS 상태 공간 보정정보 메시지 규격

## State Space Representation message specification for GNSS

### 1. 표준의 개요

본 표준은 SSR(State Space Representation) 메시지 구성요소의 규격을 정의한다. SSR 메시지는 공식 표준화 작업이 진행 중이나 그 과정이 매우 더디어 보정정보를 생성하는 서비스마다 고유의 포맷으로 메시지를 정의하고 있다. 이러한 이유로 서비스를 사용하고자 하는 개발자들이 매번 그 메시지를 파악해야 하는 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 표준은 서비스와 독립적으로 활용할 수 있도록 공통된 보정메시지의 요소를 정의함으로써 사용자의 이해를 돕고, SSR의 활용 및 수요 확대를 도모하고자 한다.

국토지리정보원은 SSR 방식의 정밀측위 서비스를 통해 기존 OSR(Observation Space Representation) 방식의 정밀측위 서비스가 가지는 단점을 보완하고, 증가하는 정밀측위 서비스의 수요와 활용을 위한 요구사항에 대하여 안정적이고 유연하게 대응할 수 있는 체계를 마련할 수 있다.

### 2. 표준의 범위 및 구성

#### 2.1. 표준의 범위

본 표준은 GNSS 기반의 정밀측위에 필요한 보정메시지의 공통적인 구성요소의 구조와 항목을 정의한다. 표준에서 정의한 보정메시지의 구성요소는 SSR 방식으로 제공되는 다양한 유형의 보정메시지에서 공통으로 적용 가능한 요소를 정의하며 이외의 요소에 대해서는 SSR을 생성하는 서비스에 따라 별도로 정의한다.

#### 2.2. 표준의 구성

본 표준의 구성은 다음과 같다.

〈본문〉
용어 및 약어
UML 표기법
SSR 메시지
〈부속서〉
궤도보정메시지 데이터 사전
시계보정메시지 데이터 사전
바이어스메시지 데이터 사전

격자메시지 데이터 사전 메시지헤더 데이터 사전 코드 리스트
--

### 3. 참조 표준

#### 3.1. 국외 표준

해당사항 없음

#### 3.2. 국내 표준

KS X ISO 19103, 지리 정보 — 개념적 스키마 언어

KS X ISO 19116, 지리 정보 — 위치결정 서비스

### 4. 용어 및 약어

#### 4.1. 용어

##### 4.1.1. 측위(positioning)

관심 지점의 위치를 측정하거나 위치에 관한 정보를 획득하는 활동

##### 4.1.2. 정밀측위(precise positioning)

측위 정확도를 저하시키는 오차 요소를 보정하거나 추정하여 관심 지점의 위치 좌표를 정확하게 획득하는 활동

##### 4.1.3. 보정(correction)

더 참에 가까운 값을 구하기 위하여 관측치 또는 계산치에 어떤 값을 더하는 것 또는 그 값  
[KSA 3009]

##### 4.1.4. 보정메시지(correction message)

보정정보를 포함하여 전달되는 정보나 내용

##### 4.1.5. 데이터유형(data type)



영역 내의 값을 바탕으로 연산을 통해 나올 수 있는 허용된 값 영역의 사양  
[KS X ISO 19103]

**비고 1** 정수(integer), 실수(real), 불린값(boolean), 문자열(string), 날짜(date) 및 좌표

**비고 2** 데이터 유형은 미리 정의된 유형과 사용자 정의 유형을 포함한다.

#### 4.1.6. 자원(resource)

요구사항을 충족시키는 자산이나 수단

**비고** 데이터 세트, 서비스, 문서, 사람 또는 조직

#### 4.1.7. 갈릴레오(gaileo)

유럽연합에서 개발하여 운영하고 있는 GNSS

#### 4.1.8. 베이더우(beidou)

중국에서 개발하여 운영하고 있는 GNSS

#### 4.1.9. 격자점(ground point)

SSR 보정 메시지 중 전리층과 대류권 오차 보정정보의 기준위치

4.2. 약어 및 표기방법

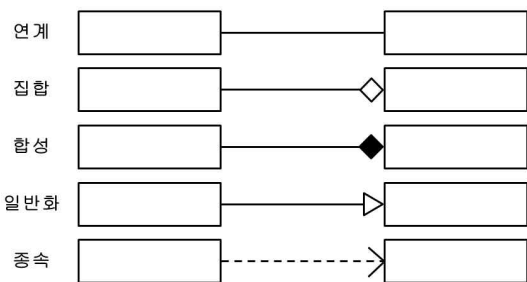
4.2.1. 약어

본 표준에서 사용되는 약어는 다음과 같다.

BDS	BeiDou Navigation Satellite System	위성 항법 시스템(중국)
GNSS	Global Navigation Satellite System	전지구 위성 항법 시스템
GPS	Global Positioning System	위성 항법 시스템(미국)
GLONASS	GLObal NAVigation Satellite System	위성 항법 시스템(러시아)
IOD	Issue Of Data	위성 데이터 발행 식별자
OSR	Observation Space Representation	관측 공간 보정정보
PRN	Pseudo Random Noise	위성 식별용 코드
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	준천정 위성 항법 시스템(일본)
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services	해양 서비스를 위한 무선기술위원회
RTK	Real Time Kinematic	실시간 이동측위
SBAS	Satellite Based Augmentation System	위성기반 보강시스템
SSR	State Space Representation	상대 공간 보정정보
STEC	Slant TEC	전리층 지연량, 시선방향 총 전자수
TEC	Total Electron Content	전리층 총 전자량
UML	Unified Modeling Language	통합 모델링 언어
ZTD	Zenith Total Delay	대류권 지연량, 천정방향 총 지연량
ZWD	Zenith Wet Delay	대류권 지연량, 천정방향 습윤 지연량

4.2.2. UML 표기법

본 표준에 나타난 다이어그램은 UML 표기법에 따라 제시되어 있다. 사용된 UML 표기법은 <그림 4-1>과 같다.



<그림 4-1> UML 표기법

#### 4.2.2.1. UML 모델 관계

##### 연관(Associations)

연관은 둘 이상의 클래스 사이의 관계를 기술하는 경우에 사용된다. UML에서는 일반적인 연관, 집합, 합성의 세 종류의 연관을 정의한다. 세 종류의 연관은 서로 다른 의미를 가진다. 연관은 두 클래스 사이의 일반적인 관계를 표현하며, 집합과 합성은 두 클래스 사이의 전체-부분 관계를 표현한다. 이때 연관의 방향은 반드시 명시되어야 하며, 방향이 명시되지 않은 경우는 양 방향 연관이라고 가정한다. 한 방향 연관을 표현하는 경우는 라인의 끝을 화살표로 표시한다.

하나의 클래스가 포함자의 역할을 하고 다른 클래스가 피포함자의 역할을 할 때, 이 두 클래스의 관계가 집합 연관이다.

합성 연관은 집합 연관보다 강력하다. 합성 연관에서 전체 집합이 제거된다면 그 부분 집합 역시 모두 제거된다. 합성 연관은 부분 집합이 전체 집합의 객체와 같이 존재하며, 분리되어 존재할 수 없는 경우에 사용된다.

##### 일반화(Generalization)

일반화는 상위 클래스와 하위 클래스 사이의 관계이며, 이는 서로 대체되어 사용 가능하다. 상위 클래스는 일반 클래스이며, 하위 클래스는 상세 클래스이다.

##### 인스턴스화/종속(Instantiation/Dependency)

종속성 관계는 다음과 같은 특정 서비스 제공을 목적으로, 클라이언트 클래스가 공급자 클래스/인터페이스에 의존하는 것을 나타낸다.

- 클라이언트 클래스가 공급자 클래스/인터페이스에 정의된 값(상수 또는 변수)에 접근할 경우
- 클라이언트 클래스의 연산이 공급자 클래스/인터페이스의 연산을 호출할 경우
- 클라이언트 클래스의 연산이 반환 클래스나 인수가 공급자 클래스/인터페이스인 서명을 갖는다.

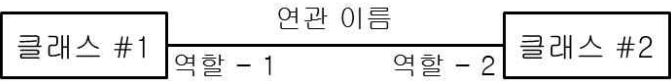
인스턴스화 관계란 일반적인 항목의 특화된 버전을 생성하기 위해서, 변수화된 클래스 또는 변수화된 클래스 유틸리티의 변수를 실제값으로 치환하는 행위를 의미한다.

#### 4.2.2.2. 역할(Roles)

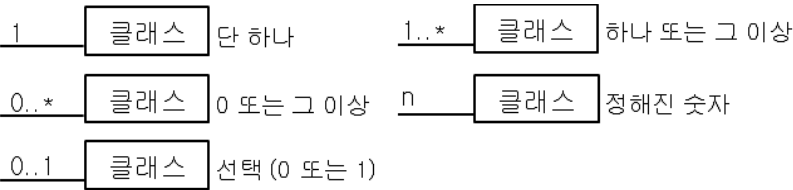
특정 방향으로 연관이 이루어질 때 모델에서는 원객체에 대한 목표 객체의 역할에 적절한 역할명을 제공한다. 따라서 양방향 연관의 경우는 두 개의 역할명이 존재한다.

<그림 4-2>는 UML 모델에서 역할명과 관계수가 어떻게 표현되는지를 보여 준다.

### 클래스 간의 연관

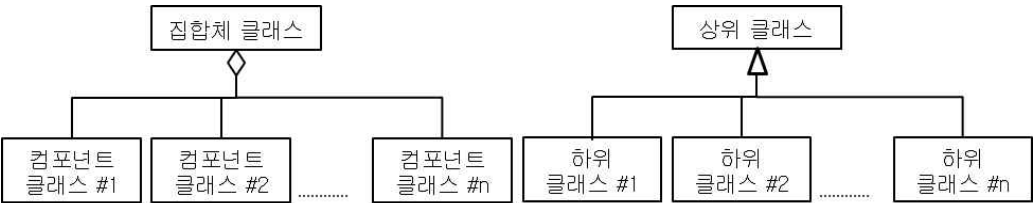


### 연관 관계 수



### 클래스 간의 집합 연관

### 클래스 상속(클래스의 하위 유형화)



<그림 4-2> UML 역할

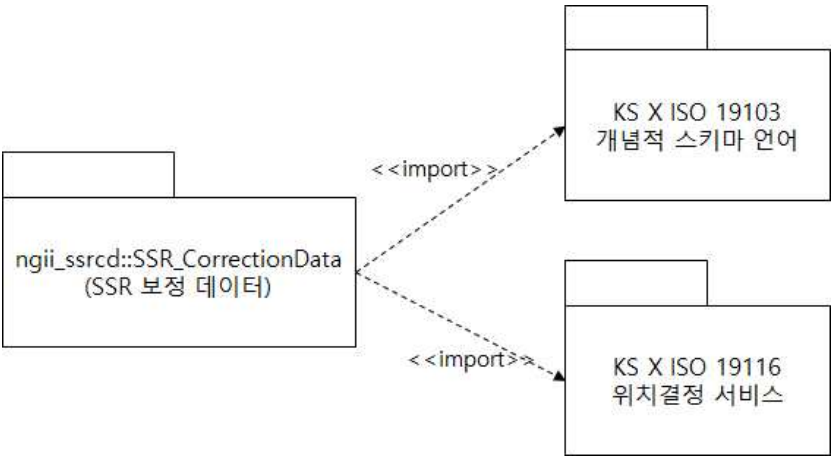
#### 4.2.2.3. UML 모델 스테레오타입(UML model stereotypes)

UML 스테레오타입은 UML 요소를 분류(또는 표시)하고 기존의 기본 메타데이터 모델 클래스에 형태적 기초를 두는 새로운 또는 유사한 메타데이터 모델 클래스의 인스턴스인 것처럼 행동할 수 있도록 사용되는 모델 요소이다. 더 자세한 설명은 KS X ISO 19103을 참조한다.

5. 기존 표준과의 참조관계

SSR 방식의 보정메시지와 관련해서는 국내·외에서 표준으로 제정된 사례가 없어. 별도의 참조 표준은 없다. 단, 해당 분야에서 사용되는 용어나 개념이 전문적인 내용을 포함하기 때문에 표준의 관점에서 더 명확하고 일반적인 내용으로 정의한다. 이를 위해 참조 표준에서 정의한 개념이나 용어, 데이터 유형 등을 인용한다.

<그림 5-1>은 본 표준과 참조 표준과의 관계를 설명한다.



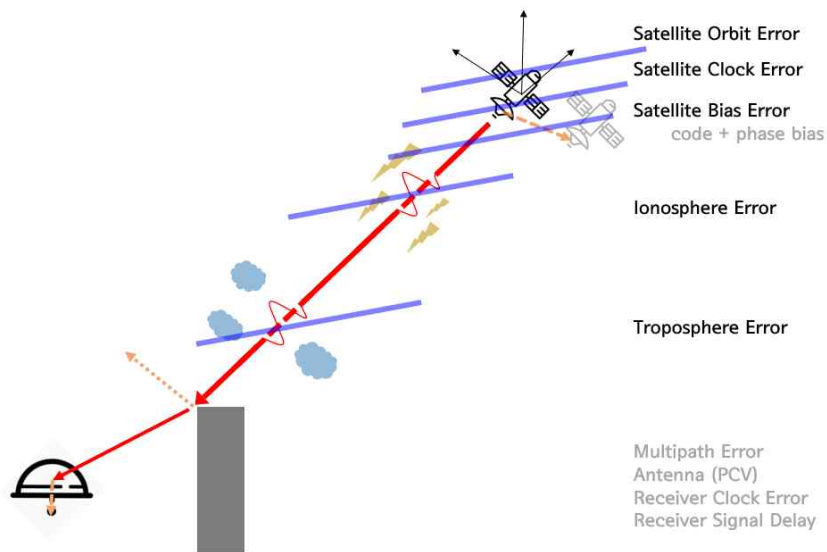
<그림 5-1> 본 표준과 참조표준과의 관계

## 6. SSR 메시지

### 6.1. GNSS 기반 정밀측위

GNSS 위성의 항법신호는 위성에서 송출되어 수신기에 도달할 때까지 다양한 원인에 의하여 유발된 측위 오차 요소를 포함한다. 측위 오차 요소는 크게 위성단 오차와 전달 경로상의 오차로 구분된다. 위성단 오차는 위성 궤도 오차와 위성 시계 오차, 위성 바이어스 오차 등이 있으며 전달 경로상의 오차는 전리층 오차와 대류권 오차 등이 있다.

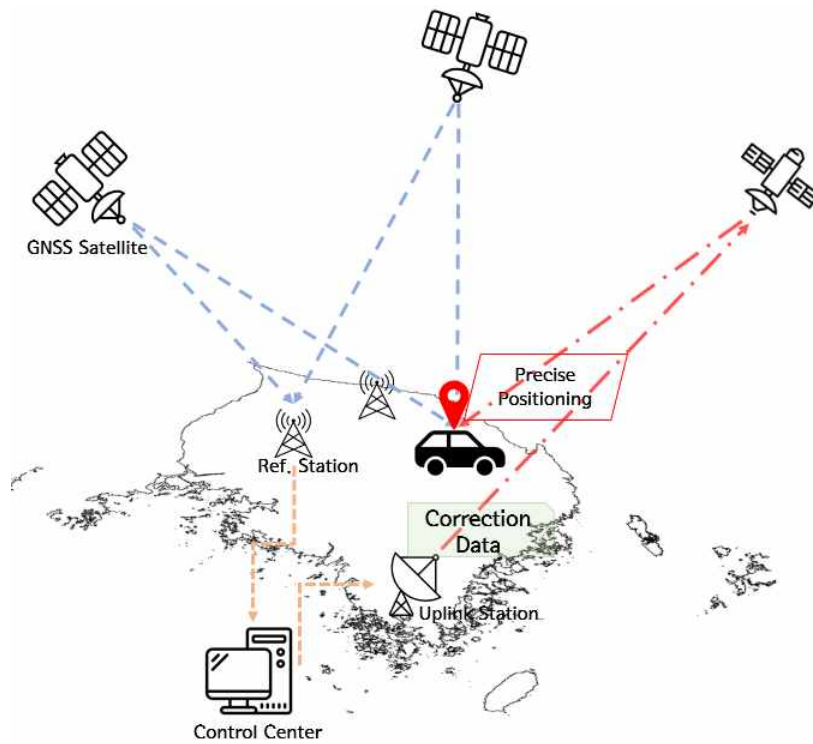
다음 <그림 6-1>은 GNSS 오차의 유형을 보여주는 그림이다.



<그림 6-1> GNSS 오차의 유형

실제 수신된 항법신호는 여러 오차 요소를 포함하고 있으며, 이러한 오차 요소를 보정하거나 추정하여 관심 대상의 정확한 좌표값을 획득하는 것을 정밀측위라고 한다. 정밀측위 수행에 필요한 보정정보의 경우 기준국 네트워크의 관측데이터를 이용하여 중앙제어국에서 제공하거나 특정 기준국에서 생성된 것을 바로 사용한다.

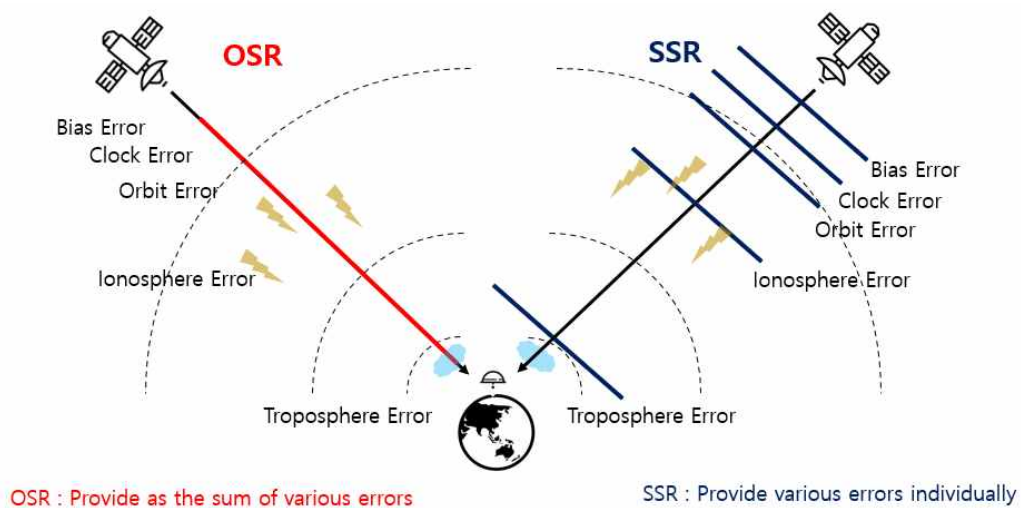
다음 <그림 6-2>은 GNSS 기반 정밀측위의 개념을 보여주는 그림이다. GNSS 기반 정밀측위는 오차정보를 제공하는 방식에 따라 OSR 방식과 SSR 방식으로 구분된다. OSR 방식은 위성에서 송신된 신호가 수신기에 도달하는 과정에서 발생한 모든 오차 요소의 총량으로 기준국과 위성, 주파수, 신호별로 제공된다.



<그림 6-2> GNSS 기반 정밀측위 개념

SSR 방식은 위성에서 송신된 신호가 수신기에 도달하는 과정에서 발생한 오차 요소를 독립적으로 계산하여 제공하는 방식으로 사용자는 SSR 보정정보를 수신하여 자신의 위치에 맞는 SSR 보정정보로 계산할 수 있으며 필요에 따라 수신한 SSR 보정정보 중 일부만 선택적으로 사용할 수 있다. 일반적으로 OSR 보정정보는 사용자 인근의 기준국 데이터를 기반으로 생성되나 SSR 보정정보는 전체 기준국 네트워크를 기반으로 보정정보를 세분화하여 생성한다.

다음 <그림 6-3>은 SSR 방식과 SSR 방식의 차이를 보여주는 그림이다.



<그림 6-3> OSR과 SSR의 차이

## 6.2. SSR 메시지 구성

### 6.2.1. 보정메시지 구성요소

SSR 기반의 정밀측위는 측위 오차 요소별로 생성된 보정정보를 적용하는 방식으로, 본 표준은 SSR 보정메시지를 구성하는 오차 요소로써 다음을 대상으로 한다.

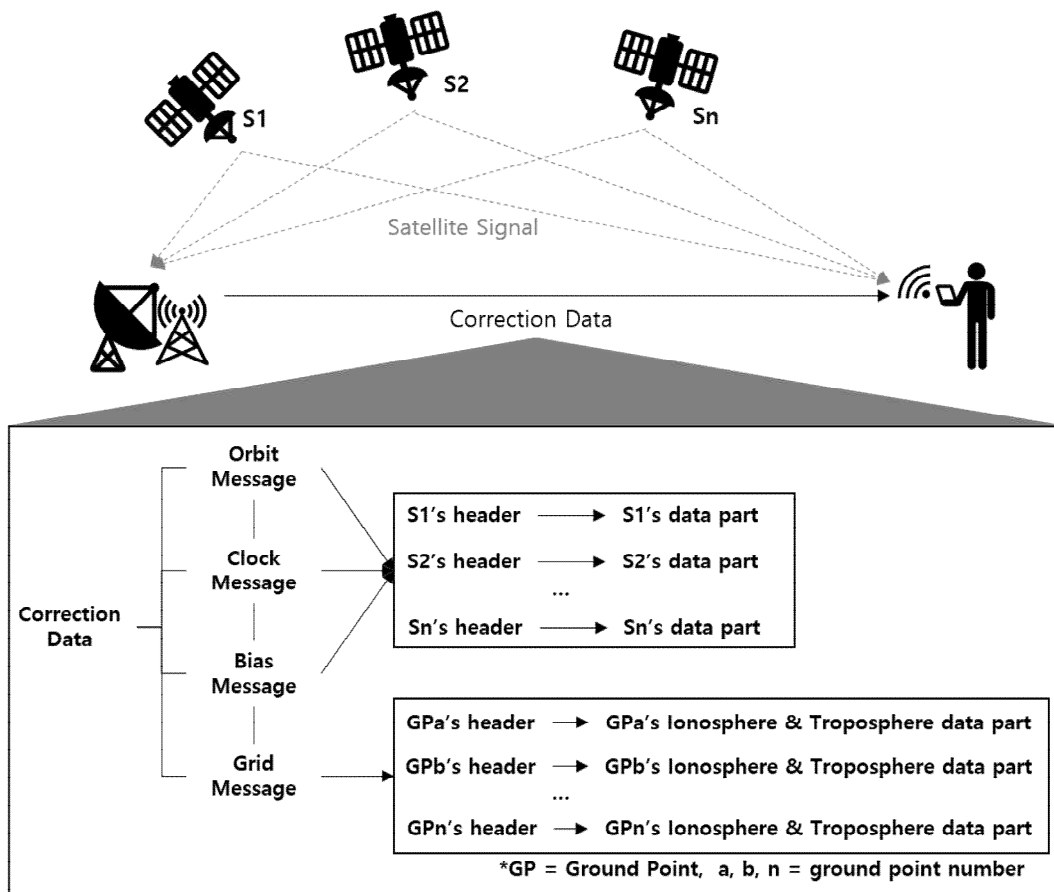
- a) 위성 궤도 오차 (satellite orbit error)  
위성의 실제 궤도와 예측된 궤도 간의 방향별 오차
- b) 위성 시계 오차 (satellite clock error)  
위성에 탑재된 원자시계의 오차로부터 발생하는 오차
- c) 위성 바이어스 오차 (satellite bias error)  
위성의 전송회로 하드웨어에서 발생하는 오차
- d) 전리층 오차 (ionosphere error)  
항법신호가 전리층 내에 분포한 자유 전자로 인해 받는 영향(굴절, 반사, 흡수 등)에 따른 오차
- e) 대류권 오차 (troposphere error)  
항법신호가 대류권을 통과하면서 대기 중의 건조가스와 수증기로 인하여 발생하는 지연 오차

### 6.2.2. SSR 메시지 구조

GNSS 기반 정밀측위에서 사용하는 보정정보는 여러 개의 메시지 집합으로 구성된다. 메시지는 보정과 관련된 실제 정보를 포함하고 있는 데이터 집합으로, OSR 보정메시지는 표준화된 RTCM 규격이 존재하며, 본 표준은 표준화된 규격이 없는 SSR 보정메시지에 대한 규격을 정의한다.

국토지리정보원에서 제공하는 SSR 메시지는 <그림 6-4>와 같은 구조이다. SSR 메시지는 <그림 6-4>와 같이 헤더(header)와 데이터(data)의 두 부분으로 구성된다. 헤더는 해당 메시지에 대한 정보를 기술하며 데이터는 메시지에 대응하는 오차 요소의 보정을 위한 오차 보정 값의 집합이다.





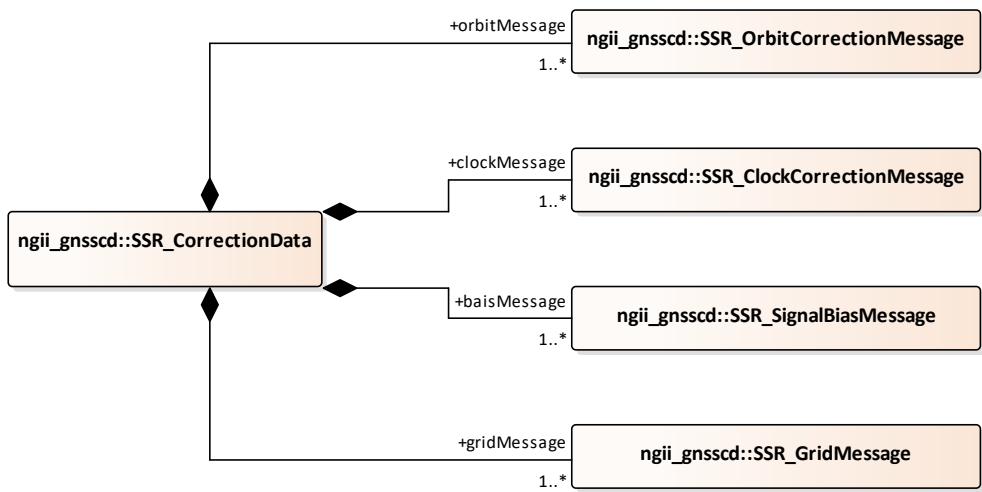
<그림 6-4> SSR 메시지의 구성

6.3. SSR 메시지 규격

SSR 보정정보는 일정한 규칙의 메시지 형태로 구성되어 있으나, 국제표준이나 국가표준이 없으며 보정정보를 제공하는 서비스에 따라 규격이 다르다. 본 표준은 서비스마다 다른 규격을 고려하여 SSR 메시지 생성 시 공통적으로 제공해야 하는 요소에 대한 규격을 정의한다.

**비고** RTCM SC-104에서 SSR 메시지의 표준 오차정보 전송 프로토콜(RTCM) 등록을 위한 표준화가 진행 중이다.

SSR 메시지는 관측치의 보정을 위해 필요한 요소의 집합이다. <그림 6-5>는 UML 다이어그램으로 나타낸 SSR 메시지의 구조이다.



<그림 6-5> UML 다이어그램 - SSR 메시지

<표 6-1>은 <그림 6-5>의 SSR 메시지에 대한 데이터 사전이다. SSR 메시지는 항법신호의 오차 요소에 대한 정보로 구성되며, 각 요소에 대해 최소 1개 이상의 인스턴스를 생성해야 한다.

**<표 6-1> SSR 보정메시지**

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	role orbitMessage	: 수신된 항법신호에 포함된 궤도 오차 보정에 필요한 보정정보	M	N	SSR_OrbitCorrectionMessage	부속서 A
2	role clockMessage	: 수신된 항법신호에 포함된 시계 오차 보정에 필요한 보정정보	M	N	SSR_ClockCorrectionMessage	부속서 B
3	role biasMessage	: 수신된 항법신호에 포함된 바이어스 오차 보정에 필요한 보정정보	M	N	SSR_SignalBiasMessage	부속서 C
4	role gridMessage	: 항법신호가 대기권(전리층, 대류권 등)을 통과하는 과정에서 발생한 변형 및 지연에 따른 오차 보정에 필요한 보정 정보	M	N	SSR_GridMessage	부속서 D

### 6.3.1. orbitMessage

orbitMessage 요소는 수신된 항법신호를 송신한 GNSS 위성의 궤도 오차에 대한 정보로서 다음의 항목을 반드시 포함해야 한다.

a) header

궤도 보정메시지에 대한 설명 정보

b) specificPart

궤도 오차 보정에 필요한 계산된 수치의 집합

orbitMessage 요소는 <그림 6-5>의 ngii\_gnsscd::SSR\_OrbitCorrectionMessage 클래스로 표현되며, 자세한 설명은 **부속서 A**에 기술되어 있다.

### 6.3.2. clockMessage

clockMessage 요소는 수신된 항법신호를 송신한 GNSS 위성의 시계 오차에 대한 정보로서 다음의 항목을 반드시 포함해야 한다.

a) header

시계 보정메시지에 대한 설명 정보

b) specificPart

시계 오차 보정에 필요한 계산된 수치의 집합

clockMessage 요소는 <그림 6-5>의 ngii\_gnsscd::SSR\_ClockCorrectionMessage 클래스로 표현되며, 자세한 설명은 **부속서 B**에 기술되어 있다.

### 6.3.3. biasMessage

biasMessage 요소는 수신된 항법신호를 송신한 GNSS 위성의 바이어스 오차에 대한 정보로서 다음의 항목을 반드시 포함해야 한다.

- a) header  
바이어스 보정 메시지에 대한 설명 정보
- b) specificPart  
바이어스 오차 보정에 필요한 계산된 수치의 집합

biasMessage 요소는 <그림 6-5>의 ngii\_gnsscd::SSR\_SignalBiasMessage 클래스로 표현되며, 자세한 설명은 **부속서 C**에 기술되어 있다.

### 6.3.4. gridMessage

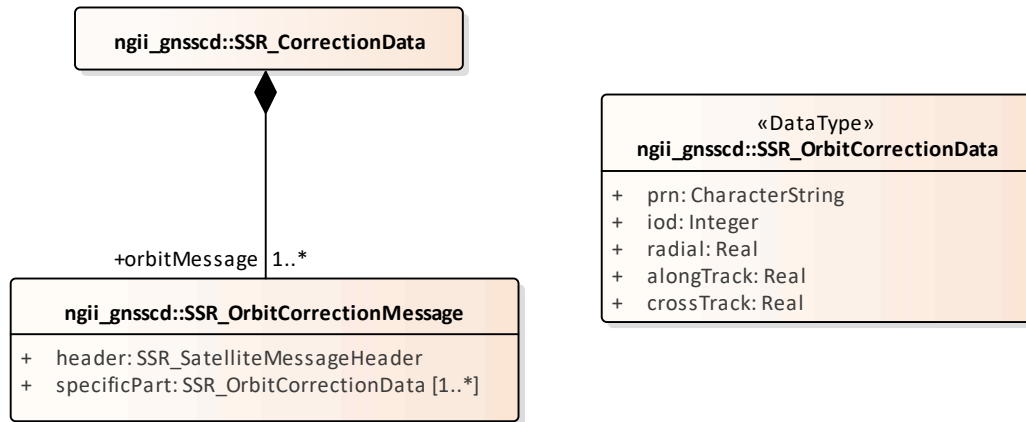
gridMessage 요소는 항법신호를 수신한 수신기가 위치한 지역의 전리층 및 대류권으로 인한 오차 정보로서 다음의 항목을 선택적으로 포함할 수 있다.

- a) ionosphereDelayMessage  
서비스 지역에 대한 전리층 오차 정보
- b) troposphereDelayMessage  
서비스 지역에 대한 대류권 오차 정보
- c) combinedDelayMessage  
서비스 지역에 대한 전리층 및 대류권 오차 정보

gridMessage 요소는 <그림 6-5>의 ngii\_gnsscd::SSR\_GridMessage 클래스로 표현되며, 자세한 설명은 **부속서 D**에 기술되어 있다.

## 부속서 A. 궤도보정메시지 데이터 사전

〈그림 A-1〉은 SSR 메시지 중에서 궤도 오차의 보정에 필요한 보정정보를 정의한다. 이 다이어그램에 대한 데이터 사전은 〈표 A-1〉에 나와 있다.



〈그림 A-1〉 UML 다이어그램 - SSR\_OrbitCorrectionMessage

〈표 A-1〉 SSR\_OrbitCorrectionMessage

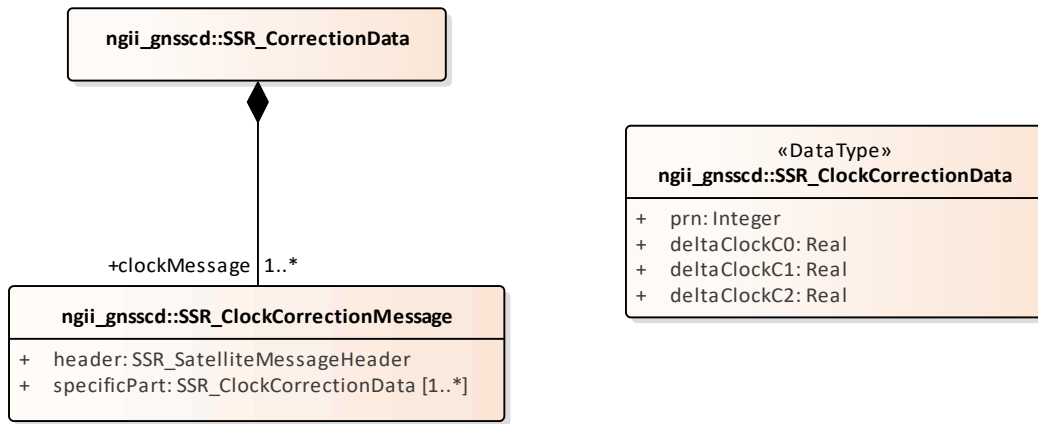
	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	header	궤도 보정메시지에 대한 설명 정보 <b>비고</b> 메시지 타입, 시간, 위성 등	M	1	SSR_SatelliteMessageHeader	부속서 E
2	specificPart	궤도 오차 보정을 위해 필요한 보정 값의 집합	M	N	SSR_OrbitCorrectionData	부속서 A

〈표 A-2〉 SSR\_OrbitCorrectionData

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	prn	위성번호(Pseudo Random Noise)	M	1	CharacterString	
2	iod	궤도 오차 계산을 위한 방송궤도력의 식별자 정보(Issue Of Data)	M	1	Integer	0 ~ 255
3	radial	방송궤도력에 대한 Radial 방향 궤도 보정	M	1	Real	±209.7151m
4	alongTrack	방송궤도력에 대한 Along-Track 방향 궤도 보정	M	1	Real	±209.7148m
5	crossTrack	방송궤도력에 대한 Cross-Track 방향 궤도 보정	M	1	Real	±209.7148m

## 부속서 B. 시계보정메시지 데이터 사전

〈그림 B-1〉은 SSR 메시지 중에서 시계 오차의 보정에 필요한 보정정보를 정의한다. 이 다이어그램에 대한 데이터 사전은 〈표 B-1〉에 나와 있다.



〈그림 B-1〉 UML 다이어그램 - SSR\_ClockCorrectionMessage

〈표 B-1〉 SSR\_ClockCorrectionMessage

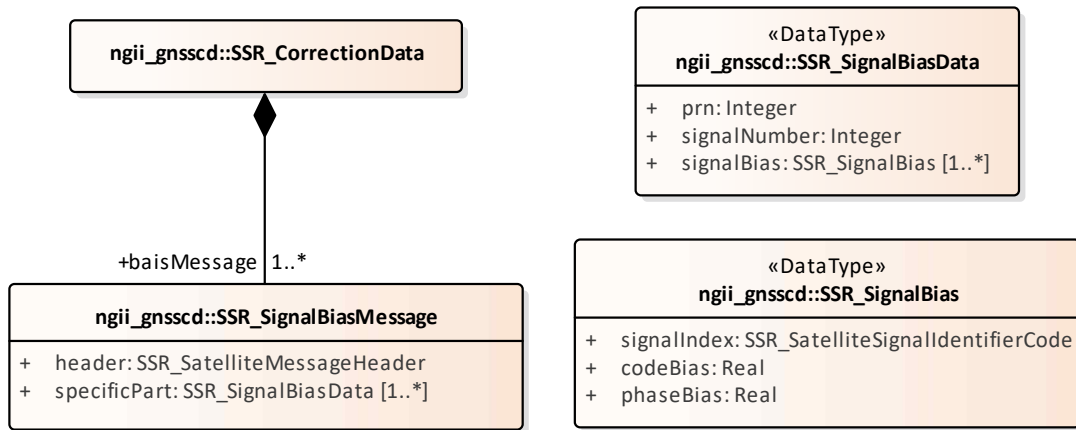
	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	header	시계 보정메시지에 대한 설명 정보 <b>비고</b> 메시지 타입, 시간, 위성 등	M	1	SSR_Satellite MessageHeader	부속서 E
2	specificPart	시계 오차 보정을 위해 필요한 보정 값의 집합	M	N	SSR_ClockCorrectionData	부속서 B

〈표 B-2〉 SSR\_ClockCorrectionData

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	prn	위성번호 (Pseudo Random Noise)	M	1	CharacterString	
2	deltaClockC0	방송 위성시계의 보정을 위한 다항식 계수	M	1	Real	$\pm 209.7151$ m
3	deltaClockC1	방송 위성시계의 보정을 위한 다항식 계수	M	1	Real	$\pm 1.048575$ m/s
4	deltaClockC2	방송 위성시계의 보정을 위한 다항식 계수	M	1	Real	$\pm 1.3421772$ $6\text{m/s}^2$

## 부속서 C. 바이어스메시지 데이터 사전

<그림 C-1>은 SSR 메시지 중에서 바이어스 보정에 필요한 보정정보를 정의한다. 이 다이어그램에 대한 데이터 사전은 <표 C-1>에 나와 있다.



<그림 C-1> UML 다이어그램 - SSR\_SignalBiasMessage

<표 C-1> SSR\_SignalBiasMessage

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	header	바이어스 보정메시지에 대한 설명 정보 <b>비고</b> 메시지 타입, 시간, 위성 등	M	1	SSR_Satellite MessageHeader	부속서 E
2	specificPart	바이어스 오차 보정을 위해 필요한 보정 값의 집합	M	N	SSR_SignalBiasData	부속서 C

<표 C-2> SSR\_SignalBiasData

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	prn	위성번호(Pseudo Random Noise)	M	1	CharacterString	
2	signalNumber	위성에서 수신된 신호 수	M	1	Integer	
3	signalBias	바이어스 오차 보정 값	M	N	SSR_SignalBias	부속서 C

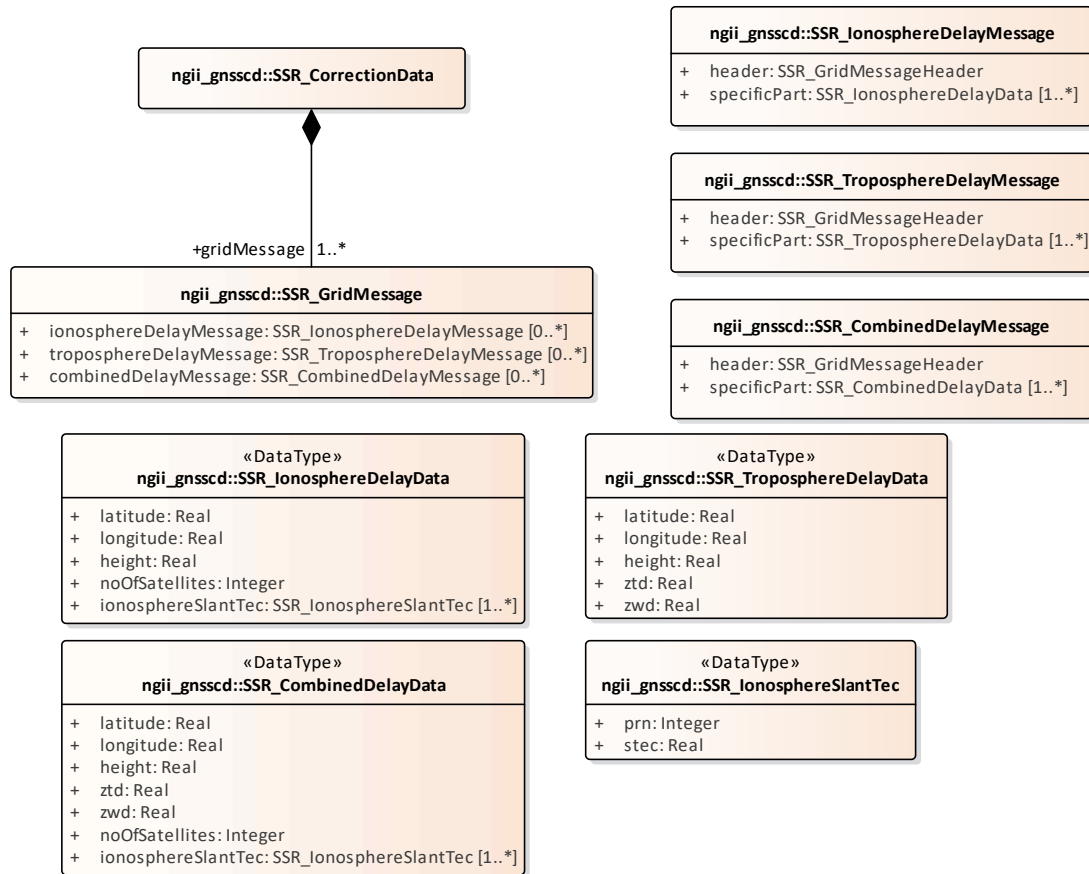
<표 C-3> SSR\_SignalBias

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	signalIndex	GNSS 위성별 항법신호 구분 인덱스	M	1	SSR_SatelliteSignalIdentifierCode <<CodeList>>	부속서 F
2	codeBias	위성의 코드 신호에 대한 바이어스 보정	M	1	Real	meter
3	phaseBias	위성의 위상 신호에 대한 바이어스 보정	M	1	Real	meter



## 부속서 D. 격자메시지 데이터 사전

〈그림 D-1〉은 격자 형태로 제공되는 전달경로 상의 오차인 전리층과 대류권 오차 보정에 필요한 보정정보를 정의한다. 이 다이어그램에 대한 데이터 사전은 〈표 D-1〉에 나와 있다.



〈그림 D-1〉 UML 다이어그램 - SSR\_GridMessage

〈표 D-1〉 SSR\_GridMessage

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	ionosphereDelayMessage	전리층으로 인한 신호지연 오차를 보정하기 위한 정보	O	N	SSR_IonosphereDelayMessage	부속서 D
2	troposphereDelayMessage	대류권으로 인한 신호지연 오차를 보정하기 위한 정보	O	N	SSR_TroposphereDelayMessage	부속서 D
3	combinedDelayMessage	전리층 및 대류권으로 인한 신호지연 오차를 보정하기 위한 정보	C <sup>1)</sup>	N	SSR_CombinedDelayMessage	부속서 D

<표 D-2> SSR\_IonosphereDelayMessage

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	header	전리층으로 인한 지연 오차 보정 메시지에 대한 설명 정보 <b>비고</b> 메시지 타입, 시간, 지점 등	M	1	SSR_GridMessageHeader	부속서 E
2	specificPart	지연 오차 보정을 위해 필요한 보정 값의 집합	M	N	SSR_IonosphereDelayData	부속서 D

<표 D-3> SSR\_IonosphereDelayData

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	latitude	격자점 위치의 위도	M	1	Real	$\pm 90^\circ$
2	longitude	격자점 위치의 경도	M	1	Real	$\pm 180^\circ$
3	height	격자점 위치의 높이	M	1	Real	$\pm 8388.607$ m
4	noOfSatellites	위성의 수	M	1	Integer	
5	ionosphereSlantTec	전리층 지연량 오차 보정 값	M	N	SSR_IonosphereSlantTec	부속서 D

<표 D-3> SSR\_IonosphereSlantTec

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	prn	위성번호(Pseudo Random Noise)	M	1	Integer	
2	stec	전리층 지연량, 시선방향 총 전자수 (Slant Tec)	M	1	Real	$\pm 5368.70$ 911 TECU

1) ionosphereDelayMessage 또는 troposphereDelayMessage의 인스턴스가 없으면, combinedDelayMessage의 인스턴스가 1개 이상 필수로 생성

<표 D-4> SSR\_TroposphereDelayMessage

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	header	대류권으로 인한 지연 오차 보정메시지에 대한 설명 정보 <b>비고</b> 메시지 타입, 시간, 지점 등	M	1	SSR_GridMessageHeader	부속서 E
2	specificPart	지연 오차 보정을 위해 필요한 보정 값의 집합	M	N	SSR_TroposphereDelayData	부속서 D

<표 D-5> SSR\_TroposphereDelayData

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	latitude	격자점 위치의 위도	M	1	Real	$\pm 90^\circ$
2	longitude	격자점 위치의 경도	M	1	Real	$\pm 180^\circ$
3	height	격자점 위치의 높이	M	1	Real	$\pm 8388.607$ m
4	ztd	대류권 지연량, 천정방향 총 지연량 (Zenith Total Delay)	M	1	Real	$\pm 3.2767$ m
5	zwd	대류권 지연량, 천정방향 습윤 지연량 (Zenith Wet Delay)	M	1	Real	$\pm 0.8191$ m

<표 D-6> SSR\_CombinedDelayMessage

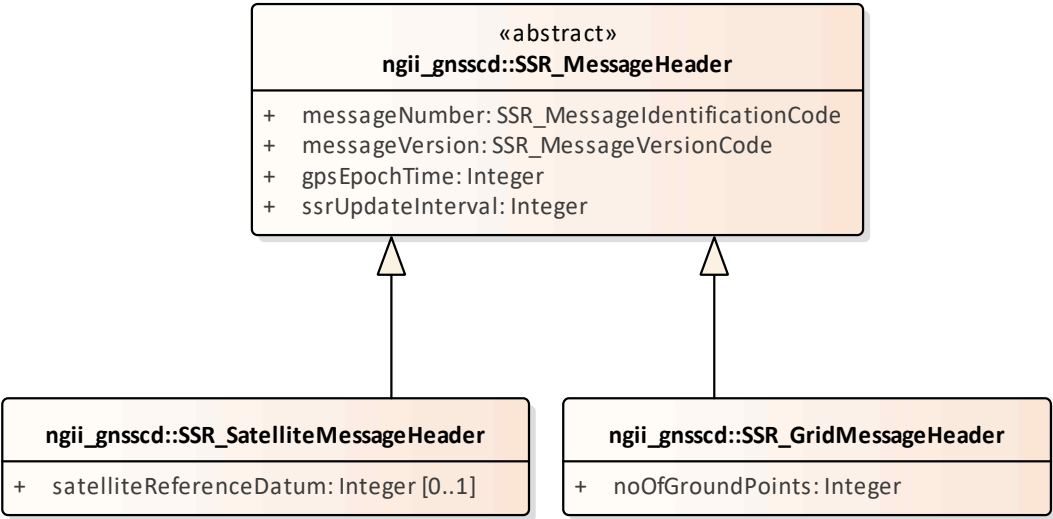
	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	header	대기권으로 인한 지연 오차 보정메시지에 대한 설명 정보 <b>비고</b> 메시지 타입, 시간, 지점 등	M	1	SSR_GridMessageHeader	부속서 E
2	specificPart	지연 오차 보정을 위해 필요한 보정 값의 집합	M	N	SSR_CombinedDelayData	부속서 D

<표 D-7> SSR\_CombinedDelayData

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
1	latitude	격자점 위치의 위도	M	1	Real	$\pm 90^\circ$
2	longitude	격자점 위치의 경도	M	1	Real	$\pm 180^\circ$
3	height	격자점 위치의 높이	M	1	Real	$\pm 8388.607$ m
4	ztd	대류권 지연량, 천정방향 총 지연 량 (Zenith Total Delay)	M	1	Real	$\pm 3.2767$ m
5	zwd	대류권 지연량, 천정방향 습윤 지 연량 (Zenith Wet Delay)	M	1	Real	$\pm 0.8191$ m
6	noOfSatellite s	위성의 수	M	1	Integer	
7	ionosphereSl antTec	전리층 지연량 오차 보정 값	M	N	SSR_Ionosphe reSlantTec	부속서 D

부속서 E. 메시지헤더 데이터 사전

<그림 E-1>은 SSR 메시지에서 헤더 정보를 기술하기 위한 항목을 정의한다. 이 다이어그램에 대한 데이터 사전은 <표 E-1>에 나와 있다.



<그림 E-1> UML 다이어그램 - SSR\_MessageHeader

<표 E-1> SSR\_MessageHeader

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
	SSR_MessageHeader	메시지의 공통 헤더 정보	-	-	Abstract	1~4열
1	providerMessageNumber	SSR 보정 데이터의 하위 메시지 번호	M	1	SSR_MessageIdentificationCode <<CodeList>>	
2	providerMessageVersion	하위 메시지의 버전	M	1	SSR_MessageVersionCode <<CodeList>>	
3	gpsEpochTime	초 단위의 GPS 시간 비고 토요일에서 일요일로 변경되는 자정에서부터 카운트한 초단위 시간	M	1	Integer	0~604799s
4	ssrUpdateInterval	SSR 업데이트 간격	M	1	Integer	
	SSR_SatelliteMessageHeader	위성관련 오차 메시지의 헤더 정보	-	-	SSR_MessageHeader의 구체화 클래스	1~4열 및 10열
10	satelliteReferenceDatum	레도 보정 계산 시 참조한 좌표계	O	1	Integer	0=ITRF 1=Regional

	항목 명칭	정의	의무 / 조건	최대 발생 회수	데이터 유형	영역
	SSR_GridMessageHeader	전리층 및 대류권 신호지연 메시지의 헤더 정보	-	-	SSR_MessageHeader의 구체화 클래스	1~4열 및 11열
11	noOfGroundPoints	수신된 격자점의 수	M	1	Integer	

## 부속서 F. 코드리스트

UML 스테레오타입 클래스 <<CodeList>> 및 <<Enumeration>>은 "의무/조건", "최대 발생", "데이터 유형" 및 "영역" 속성을 포함하지 않는다. <<Enumeration>>은 확장이 불가능하며 <<CodeList>>는 확장이 가능한 것이기 때문에 이 두 스테레오타입 클래스는 어떤 "기타"값도 갖지 않는다.

<표 F-1> 코드 리스트 — SSR\_SatelliteSignalIdentifierCode

	코드 명칭	코드값	한글 명칭
1	(GPS) L1 C/A	12	(GPS) L1 C/A
2	(GPS) L1 P	18	(GPS) L1 P
3	(GPS) L1 Z-tracking and similar (AS on)	1B	(GPS) L1 Z-tracking and similar (AS on)
4	(GPS) L2 C/A	22	(GPS) L2 C/A
5	(GPS) L2 L1(C/A)+(P2-P1)(semi-codeless)	23	(GPS) L2 L1(C/A)+(P2-P1)(semi-codeless)
6	(GPS) L2 L2C (M)	2A	(GPS) L2 L2C (M)
7	(GPS) L2 L2C (L)	26	(GPS) L2 L2C (L)
8	(GPS) L2 L2C (M + L)	2C	(GPS) L2 L2C (M + L)
9	(GPS) L2 P	28	(GPS) L2 P
10	(GPS) L2 Z-tracking and similar (AS on)	2B	(GPS) L2 Z-tracking and similar (AS on)
11	(GPS) L5 I	55	(GPS) L5 I
12	(GPS) L5 Q	59	(GPS) L5 Q
13	(GPS) L5 I+Q	5C	(GPS) L5 I+Q
14	(GPS) L1C (D)	1A	(GPS) L1C (D)
15	(GPS) L1C (P)	16	(GPS) L1C (P)
16	(GPS) L1C (D+P)	1C	(GPS) L1C (D+P)
17	(GLONASS) G1 C/A	12	(GLONASS) G1 C/A
18	(GLONASS) G1 P	18	(GLONASS) G1 P
19	(GLONASS) G2 C/A (GLONASS M)	22	(GLONASS) G2 C/A (GLONASS M)
20	(GLONASS) G2 P	28	(GLONASS) G2 P
21	(GLONASS) G3 I	35	(GLONASS) G3 I
22	(GLONASS) G3 Q	39	(GLONASS) G3 Q
23	(GLONASS) G3 I+Q	3C	(GLONASS) G3 I+Q
24	(Galileo) E1 A PRS	10	(Galileo) E1 A PRS
25	(Galileo) E1 B I/NAV OS/CS/SoL	11	(Galileo) E1 B I/NAV OS/CS/SoL
26	(Galileo) E1 C no data	12	(Galileo) E1 C no data
27	(Galileo) E1 B+C	1C	(Galileo) E1 B+C
28	(Galileo) E1 A+B+C	1E	(Galileo) E1 A+B+C
29	(Galileo) E5a I F/NAV OS	55	(Galileo) E5a I F/NAV OS
30	(Galileo) E5a Q no data	59	(Galileo) E5a Q no data
31	(Galileo) E5A I+Q	5C	(Galileo) E5A I+Q
32	(Galileo) E5b I I/NAV OS/CS/SoL	75	(Galileo) E5b I I/NAV OS/CS/SoL
33	(Galileo) E5b Q no data	79	(Galileo) E5b Q no data
34	(Galileo) E5b I+Q	7C	(Galileo) E5b I+Q
35	(Galileo) E5b I	85	(Galileo) E5b I
36	(Galileo) E5b Q	89	(Galileo) E5b Q
37	(Galileo) E5B I+Q	8C	(Galileo) E5B I+Q
38	(Galileo) E6 A PRS	60	(Galileo) E6 A PRS
39	(Galileo) E6 B C/NAV CS	61	(Galileo) E6 B C/NAV CS
40	(Galileo) E6 C no data	62	(Galileo) E6 C no data

	코드 명칭	코드값	한글 명칭
41	(Galileo) E6 B+C	6C	(Galileo) E6 B+C
42	(Galileo) E6 A+B+C	6E	(Galileo) E6 A+B+C
43	(QZSS) L1 C/A	12	(QZSS) L1 C/A
44	(QZSS) L1 L1C (D)	1A	(QZSS) L1 L1C (D)
45	(QZSS) L1 L1C (P)	16	(QZSS) L1 L1C (P)
46	(QZSS) L2 L2C (M)	2A	(QZSS) L2 L2C (M)
47	(QZSS) L2 L2C (L)	26	(QZSS) L2 L2C (L)
48	(QZSS) L2 L2C (M+L)	2C	(QZSS) L2 L2C (M+L)
49	(QZSS) L5 I	55	(QZSS) L5 I
50	(QZSS) L5 Q	59	(QZSS) L5 Q
51	(QZSS) L5 I+Q	5C	(QZSS) L5 I+Q
52	(QZSS) LEX S	6A	(QZSS) LEX S
53	(QZSS) LEX L	66	(QZSS) LEX L
54	(QZSS) LEX S+L	6C	(QZSS) LEX S+L
55	(QZSS) L1 L1C (D+P)	1C	(QZSS) L1 L1C (D+P)
56	(SBAS) L1 C/A	12	(SBAS) L1 C/A
57	(SBAS) L5 I	55	(SBAS) L5 I
58	(SBAS) L5 Q	59	(SBAS) L5 Q
59	(SBAS) L5 I+Q	5C	(SBAS) L5 I+Q
60	(BDS) B1 I	25	(BDS) B1 I
61	(BDS) B1 Q	29	(BDS) B1 Q
62	(BDS) B1 I+Q	2C	(BDS) B1 I+Q
63	(BDS) B3 I	65	(BDS) B3 I
64	(BDS) B3 Q	69	(BDS) B3 Q
65	(BDS) B3 I+Q	6C	(BDS) B3 I+Q
66	(BDS) B2 I	75	(BDS) B2 I
67	(BDS) B2 Q	79	(BDS) B2 Q
68	(BDS) B2 I+Q	7C	(BDS) B2 I+Q

<표 F-2> 코드 리스트 — SSR\_MessageIdentificationCode

	코드 명칭	코드값	한글 명칭
1	Orbit Correction Message	001	위성궤도 보정 메시지 번호
2	Clock Correction Message	002	위성시계 보정 메시지 번호
3	Signal Bias Message	003	위성신호 바이어스 메시지 번호
4	Troposphere Total Vertical Delay Message	004	대류권 수직 총 지연 메시지 번호
5	Ionosphere Slant Delay Message	005	전리층 지연량 메시지 번호
6	Combined Troposphere and Ionosphere Delay Message	006	전리층, 대류권 통합 지연 메시지 번호
7	Start Message	007	시작 메시지 번호
8	End Message	008	종료 메시지 번호

<표 F-3> 코드 리스트 — SSR\_MessageVersionCode

	코드 명칭	코드값	한글 명칭
1	Version 0	0	메시지 버전 0
2	Version 1	1	메시지 버전 1
3	Version 2	2	메시지 버전 2



	코드 명칭	코드값	한글 명칭
4	Version 3	3	메시지 버전 3

## 부록

### 부록 2. SSR 기반 GNSS 측위 매뉴얼

#### 1) SSR 기반 측위 매뉴얼의 목적

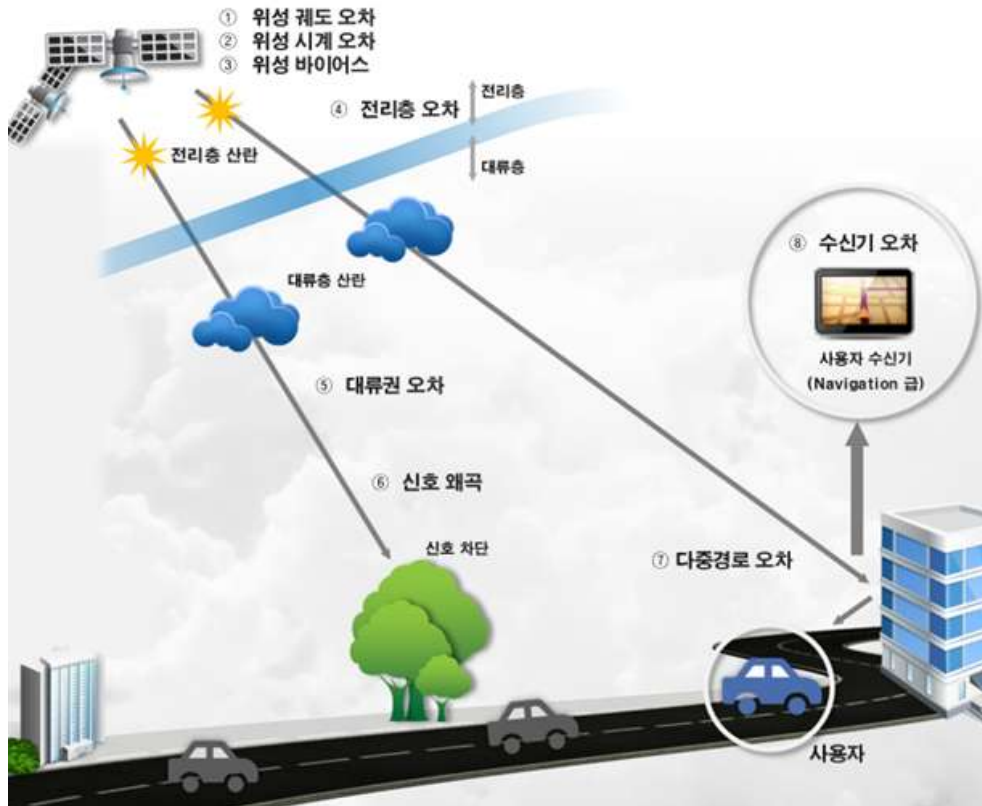
본 매뉴얼은 국토지리정보원에서 제정한 SSR 메시지의 기관표준안에 근거하여 SSR 기반의 정밀측위를 수행함에 있어 고려해야 하는 SSR 보정정보의 모델링 방법에 대한 설명을 포함한다.

#### 2) GNSS 측위의 오차요소 및 관측방정식

위성에서 송출된 신호가 수신기에 도달하는 과정에서 위성 신호는 다양한 이유로 측위 정확도를 저해하는 오차 요소를 포함하게 된다. 측위 오차요소는 보정정보나 오차 모델링 등의 방법을 통해 제거하거나 보상할 수 있으며 이 과정은 GNSS 기반 정밀 측위를 수행함에 있어 가장 중요한 과정이라 할 수 있다. GNSS 측위의 오차요소들은 <그림 1>과 같으며 각 오차 원인에 대한 범위는 <표 1>에서 확인할 수 있다.

<표 1> 관측방정식 파라미터

오차 원인	오차 범위
위성 궤도 오차	≈2m
위성 시계 오차	≈2m
전리층 오차	≈2~10m
대류권 오차	≈2.3~2.5m
다중경로 오차	개활지 기준 Code 0.5~1m Carrier 0.5~1cm
수신기 오차	Code 0.25~0.5m Carrier 1~2mm



<그림 1> GNSS 측위 오차요소

일반적으로 위성의 관측방정식은 코드와 반송파 위상 관측치에 대해 수식 <1>과 수식 <2>로 정의된다. 각 식에서 포함하고 있는 파라미터의 의미는 <표 2>를 통해 확인할 수 있으며 수식의 아래첨자  $r$ 은 수신기(receiver)를 의미하고 위첨자  $s$ 는 위성(satellite)을 의미한다.

$$p_r^s = R + c(\delta t_r - \delta t^s) + \delta I + \delta T + \delta B + \delta M + \epsilon \quad <1>$$

$$\Phi_r^s = R + c(\delta t_r - \delta t^s) + \lambda N - \delta I + \delta T + \delta B + \delta M + \epsilon \quad <2>$$

국토지리정보원에서 제공하는 SSR 서비스는 위성 궤도 오차, 위성 시계 오차, 위성 신호 바이어스 오차, 대류권 오차, 전리층 오차에 대한 보정정보를 포함하고 있으며 이를 알맞은 방법으로 모델링하여 측위 과정에 적용하는 함으로써 사용자는 기대하는 보정 효과를 확보할 수 있다. 이어서 각 측위오차 요소별 보정정보에 대해 모델링 방법을 설명한다.

〈표 2〉 관측방정식 파라미터

	변수	의미		변수	의미
1	$p_r^s$	코드의사거리 관측치	7	$\delta I$	전리층 오차
2	$\phi_r^s$	반송파위상 관측치	8	$\delta T$	대류권 오차
3	$R$	위성과 수신기간의 기하학적 거리	9	$\delta B$	위성 바이어스 오차
4	$\delta t_r$	수신기 시계 오차	10	$\delta M$	멀티패스 오차
5	$\delta t^s$	위성 시계 오차	11	$N$	모호정수
6	$c$	광속	12	$\lambda$	파장
			13	$\epsilon$	잡음

### 3) SSR 보정정보 모델링 방법

국토지리정보원의 SSR은 각 보정정보에 따라 고유의 형식으로 제공된다. 〈표 3〉과 〈표 4〉에서 국토지리정보원에서 정의한 SSR 보정정보의 형식을 확인할 수 있다.

〈표 3〉 국토지리정보원 SSR 헤더 부분

명칭	설명	비고
Time	GPS Week Second	
Message Number	SSR 보정정보 인덱스	“1” : 궤도 “2” : 시계 “3” : 신호 바이어스 “4” : 대류권 “5” : 전리층
Message Version	SSR 보정정보 메시지 버전	
SSR Update Interval	SSR 전송 주기	
Satellite Reference Datum	위성 궤도 보정의 기준 좌표계	“0” : ITRF “1” : 지역좌표계
#Grid	격자 개수	

〈표 4〉 국토지리정보원 SSR 데이터 부분

명칭	내용	비고
SV_ID	PRN 번호	
IOD	Issue Of Data	

delta Radial	위성 궤도 Radial 방향 보정	단위: $m$
delta Along Track	위성 궤도 Along-track 방향 보정	단위: $m$
delta Cross Track	위성 궤도 Cross-track 방향 보정	단위: $m$
delta C0	위성 시계 보정 계수 (1)	단위: $m$
delta C1	위성 시계 보정 계수 (2)	단위: $m/s$
delta C2	위성 시계 보정 계수 (3)	단위: $m/s^2$
#Signal	위성 바이어스 보정을 위한 신호 개수	
Signal Index	위성 바이어스 보정을 위한 신호 지시자	
Code Bias	코드 관측치 바이어스 보정	단위: $m$
Phase Bias	위상 관측치 바이어스 보정	단위: $m$
Lat	위도	단위: $^{\circ}$
Lon	경도	단위: $^{\circ}$
Height	고도	단위: $m$
#Sat	위성 개수	
STEC	전리층 보정을 위한 시선 방향 총 전자수	단위: $TECU$
ZTD	대류권 보정을 위한 천정방향 대류권 총 지연량	단위: $m$
ZWD	대류권 보정을 위한 천정방향 습윤 지연량	단위: $m$

## (1) 위성 궤도 오차

GNSS 위성은 정밀하게 계획된 궤적을 따라 움직이도록 설계되어 있다. GNSS 지상제어국은 위성이 계획된 궤적을 따라 잘 움직이는지 감시하며, 위성의 위치를 계산하기 위한 항법메시지를 생성한다. 항법메시지는 실시간으로 위성 위치의 산출이 가능하다는 점에서 장점이 있지만 정밀한 위성의 위치정보와 비교하여 정확도가 낮다는 단점이 있으며 이는 측위 정확도를 저해하는 오차요소로 작용한다.

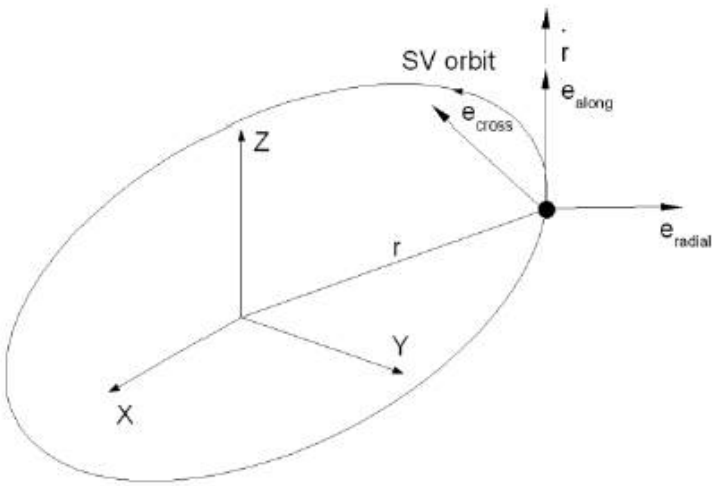
국토지리정보원 SSR 서비스는 위성의 궤도 오차를 보정하기 위해 <표 5>와 같이 위성 궤도의 방향별 보정정보를 제공한다.

<표 5> SSR 보정정보 예시-위성 궤도

Header Part	Time (gps second)	Message Number	Message Version	SSR Update Interval	Satellite Reference Datum
	183606	1	1	0	0

Data Part	SV_ID	IOD	delta Radial	delta Along Track	delta Cross Track
	101	49	-9.2580	-15.9888	-13.1456
	103	93	-0.0257	0.0020	0.0048
	107	61	-4.1220	28.0692	-10.3456
	108	19	12.1877	11.2808	-13.8724



<그림 2> Radial, Along-track, Cross-track 궤도 구성요소(Geo++, 2020)

위성 궤도( $X_{orbit}$ )는 항법메시지를 통해 구한 위성 궤도( $X_{brdc}$ )에 위성 궤도 보정정보 ( $\delta X$ )를 적용하여 구할 수 있다.

$$X_{orbit} = X_{brdc} - \delta X \tag{3}$$

$\delta O$ 는 ECI(Earth-Centered Inertial) 좌표계에서 표현되는 위성의 궤도 보정정보이므로  $\delta O$ 와 위성의 방향별 단위벡터를 이용하여 ECEF(Earth-Centered Earth-Fixed) 좌표계로 변환할 수 있다.

$$\delta X = [e_{radial}, e_{along}, e_{cross}] \delta O \quad <4>$$

$$\delta O = [\delta O_{radial}, \delta O_{along}, \delta O_{cross}]^T \quad <5>$$

$$e_{along} = \frac{\dot{r}}{|\dot{r}|} \quad <6>$$

$$e_{cross} = \frac{r \times \dot{r}}{|r \times \dot{r}|} \quad <7>$$

$$e_{radial} = e_{along} \times e_{cross} \quad <8>$$

where,

$X_{orbit}$ : SSR 궤도 보정을 적용한 위성의 위치

$X_{brdc}$ : 항법데이터를 이용해 구한 위성의 위치

$\delta X$ : ECEF로 표현한 위성 궤도 보정정보

$\delta O$ : ECI로 표현한 위성 궤도 보정정보

$e_i$ : 위성 궤도 보정정보의 단위벡터

## (2) 위성 시계 오차

GNSS 위성은 원자시계를 이용하여 정확한 시간을 계산할 수 있지만, GNSS 상용 수신기에는 비교적 저가의 시계가 사용되므로 위성과 수신기는 GNSS 기준 시각에 대하여 완벽한 동기화가 불가능하다. 또한, 위성에 탑재된 원자시계에서도 오차가 발생하며 이러한 원인 등에 의하여 위성 시계 오차가 발생한다. 국토지리정보원 SSR은 <표 6>과 같이 위성 시계 오차를 보정하기 위한 보정정보를 제공한다.

위성 시계 오차 보정을 위한  $t_{sat}$ 는 방송궤도력을 통해 구한  $t_{brdc}$ 에 SSR 오차 보정 요소인  $\delta C$ 를 적용하여 구한다.

$$t_{sat} = t_{brdc} - \frac{\delta C}{Speed of light} \quad <9>$$

<표 6> SSR 보정정보 예시-위성 시계

Header Part	Time (gps second)	Message Number	Message Version	SSR Update Interval
	183606	2	1	0
Data Part	SV_ID	delta C0	delta C1	delta C2
	101	7.7688	0.0000	0.0000
	103	-0.6513	0.0000	0.0000
	107	0.7003	0.0000	0.0000
	108	2.6006	0.0000	0.0000

위성 시계 오차 요소  $\delta C$ 는 수식 <10>과 같이 구할 수 있다.

$$\delta C = \delta C_0 + \delta C_1(t - t_0) + \delta C_2(t - t_0)^2 \quad <10>$$

where,

$t_{sat}$ : 보정된 위성 시계

$t_{brdc}$ : 방송케로력으로 구한 위성 시계

$\delta C$ : SSR 시계 보정정보로 구한 시계 보정값

$\delta C_i$ : 위성 시계 보정을 위한 인자

$t$ : 시간

$t_0$ : SSR 시계 보정정보가 기록된 시간

### (3) 위성 신호 바이어스 오차

GNSS의 위성 신호가 전달되는 과정에서 위성 시계 동기화, 위성 하드웨어, 신호 지연 현상 등의 이유로 위성 신호의 바이어스가 발생한다. 국토지리정보원 SSR은 위성의 바이어스 오차를 보정하기 위하여 <표 7>과 같이 코드의사거리와 반송파위상 측정치에 대한 바이어스 보정정보를 제공한다.

위성 신호 바이어스 보정정보는 미터 단위로 제공되기 때문에 별도의 계산과정 없이 측위 알고리즘에 적용할 수 있다. 사용자는 관측 위성의 PRN 번호와 사용하려는 신호의 바이어스 보정정보를 선택하고 각 관측치에 위성 신호 바이어스 보정정보를 적용



한다.

$\delta B_{code}$ : 코드의사거리 바이어스 보정정보

$\delta B_{phase}$ : 반송파위상 바이어스 보정정보

<표 7> SSR 보정정보 예시-위성 신호 바이어스

Header Part	Time (gps second)		Message Number		Message Version			SSR Update Interval			
	183606		3		1			0			
Data Part	SV_ID	#Signal	Signal Index(1)	Code Bias(1)	Phase Bias(1)	Signal Index(2)	Code Bias(2)	Phase Bias(2)	Signal Index(3)	Code Bias(3)	Phase Bias(3)
	101	3	00	0.000	-0.39	11	2.97	-0.25	15	1.06	-0.24
	103	3	00	0.000	-0.78	11	0.43	-0.47	15	0.26	-1.15
	107	2	00	0.000	-0.56	11	-1.98	-0.48			
	108	3	00	0.000	-0.42	11	-4.57	0.554	15	-7.66	0.91

#### (4) 전리층 오차

위성 신호가 대기의 전리층을 통과하면서 전리층 내부에 존재하는 자유전자에 의해 오차가 발생한다. 위성 신호는 코드 관측치의 경우 지연 현상이 일어나고 위상 관측치의 경우 앞섬 현상이 일어난다. 또한, 전리층은 분산성 매질이므로 주파수에 따라 굴절이 다르게 나타난다. 국토지리정보원 SSR은 전리층에 의한 오차를 보정하기 위하여 <표 8>과 같이 위성별 전리층 오차를 제공한다. <표 8>에서 제공하는 STEC의 단위는 TECU(TEC Unit)로, 1TECU는  $1m^2$ 의 단위 면적의 기둥 안에  $1 \times 10^{16}$ 개의 자유전자가 분포하는 것을 의미한다.

전리층 오차는 수식 <11>과 같이 STEC과 GNSS 신호의 주파수를 이용하여 보정할 수 있다.

$$\delta I = \frac{40.3}{f^2} STEC \quad <11>$$

where,

$f$ : GNSS 신호의 주파수

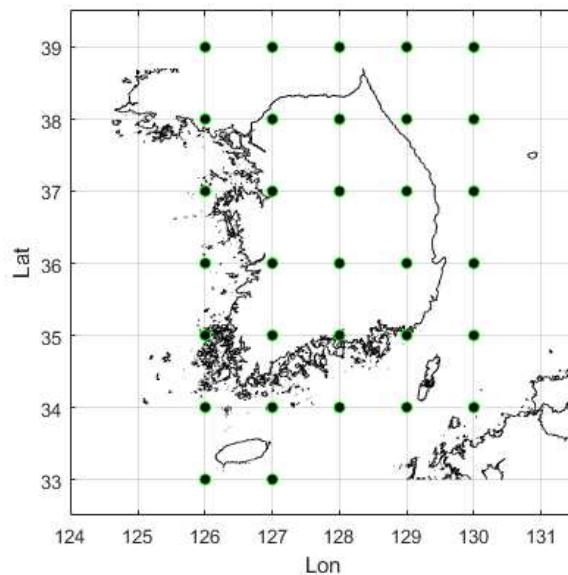
국토지리정보원의 전리층과 대류권 보정정보는 <그림 3>과 같이 한반도를 격자점에 대한 보정정보로 생성 및 제공하고 있다. 사용자는 자신의 위치를 기준으로 주변의 격자점에 대한 보정정보를 활용하여 오차를 보정할 수 있다.

<표 8> SSR 보정정보 예시-전리층

Header Part	Time (gps second)	Message Number	Message Version	SSR Update Interval		#Grid		
	183606	5	1	0		5		

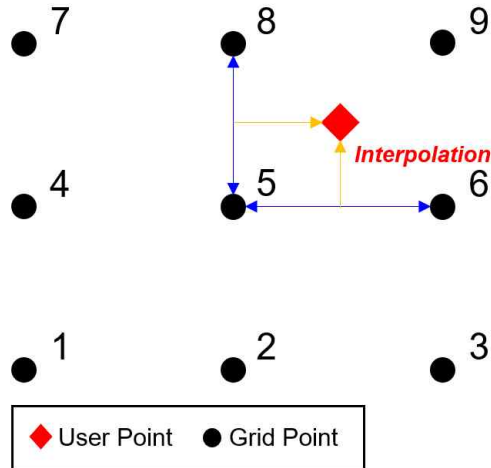
  

Data Part	Lat	Lon	Height	#Sat(n)	SV(1)	STEC(1)	...	SV(5)	STEC(5)
	33.0	126.0	0.000	5	101	-1.6899	...	111	27.2622
	34.0	126.0	0.000	5	101	-2.2361	...	111	26.8602
	35.0	126.0	0.000	5	101	-2.6411	...	111	69.4082
	36.0	126.0	0.000	5	101	-3.0178	...	111	22.0915



<그림 3> 국토지리정보원 SSR 격자점 예시

주변의 3개 혹은 4개 격자점에서 전리층과 대류권 오차를 구하여 내삽이나 외삽 등의 방법으로 사용자 위치의 전리층, 대류권 오차를 구하여 사용한다. <그림 4>은 보정정보의 보간 예시를 나타낸 그림이다.



<그림 4> SSR 보정정보 보간 예시

## (5) 대류권 오차

위성 신호가 대류권을 통과하면서 건조가스에 의한 건조 지연량(ZHD, Zenith Hydrostatic Delay)과 수증기에 의한 습윤 지연량(ZWD, Zenith Wet Delay)이 발생하며 ZHD와 ZWD의 합을 대류권 총 지연량(ZTD, Zenith Total Delay)이라고 한다. 국토지리정보원 SSR은 대류권에 의한 오차를 보정하기 위해 <표 9>와 같이 대류권 오차 보정정보를 제공한다.

<표 9> SSR 보정정보 예시-대류권

Header Part	Time (gps second)	Message Number	Message Version	SSR Update Interval	#Grid
	183606	4	1	0	5

Data Part	Lat	Lon	Height	ZTD	ZWD
	33.0	126.0	0.000	2.481	0.193
	34.0	126.0	0.000	2.489	0.242
	35.0	126.0	0.000	2.477	0.269
	36.0	126.0	0.000	2.442	0.273

격자별로 제공되는 ZTD와 ZWD를 이용하여 ZHD를 구하고 위성의 고도각에 기반한 사

상함수를 적용하여 시선 방향의 SHD(Slant Hydrostatic Delay)와 SWD(Slant Wet Delay)를 구한다. 대류권 사상함수는 주로 Niell 사상함수(Niell, 1996)를 사용한다.

대류권 오차는 수식 <12>의 방법을 통하여 보정할 수 있다.

$$\begin{aligned}\delta T &= SHD + SWD \\ &= M_{hs}(ZHD) + M_{wet}(ZWD)\end{aligned}\tag{12}$$

where,

$M_{hs}$ : 대류권 건조 지연량의 사상함수

$M_{wet}$ : 대류권 습윤 지연량의 사상함수

#### 4) SSR 측위 알고리즘 구현

사용자는 GNSS 위성으로부터 수신한 코드의사거리 혹은 반송파위상 관측치를 선택적으로 사용하여 단독 측위 및 Code PPP, PPP, PPP-RTK 등과 같은 측위 알고리즘을 구현할 수 있다.

<그림 5>는 측위 알고리즘의 전체적인 흐름도이며 SSR 보정정보를 적용하여 측위오차를 보정하고 수신기의 위치를 추정하는 과정을 나타낸 것이다. <그림 5>의 과정은 크게 1) GNSS 신호 수신 및 위성위치 산출, 2) SSR 보정정보 적용, 3) 좌표 추정 과정의 세 단계로 나눌 수 있으며 이어서 각 단계에 대해 설명한다.

##### 1) GNSS 신호 수신 및 위성위치 산출

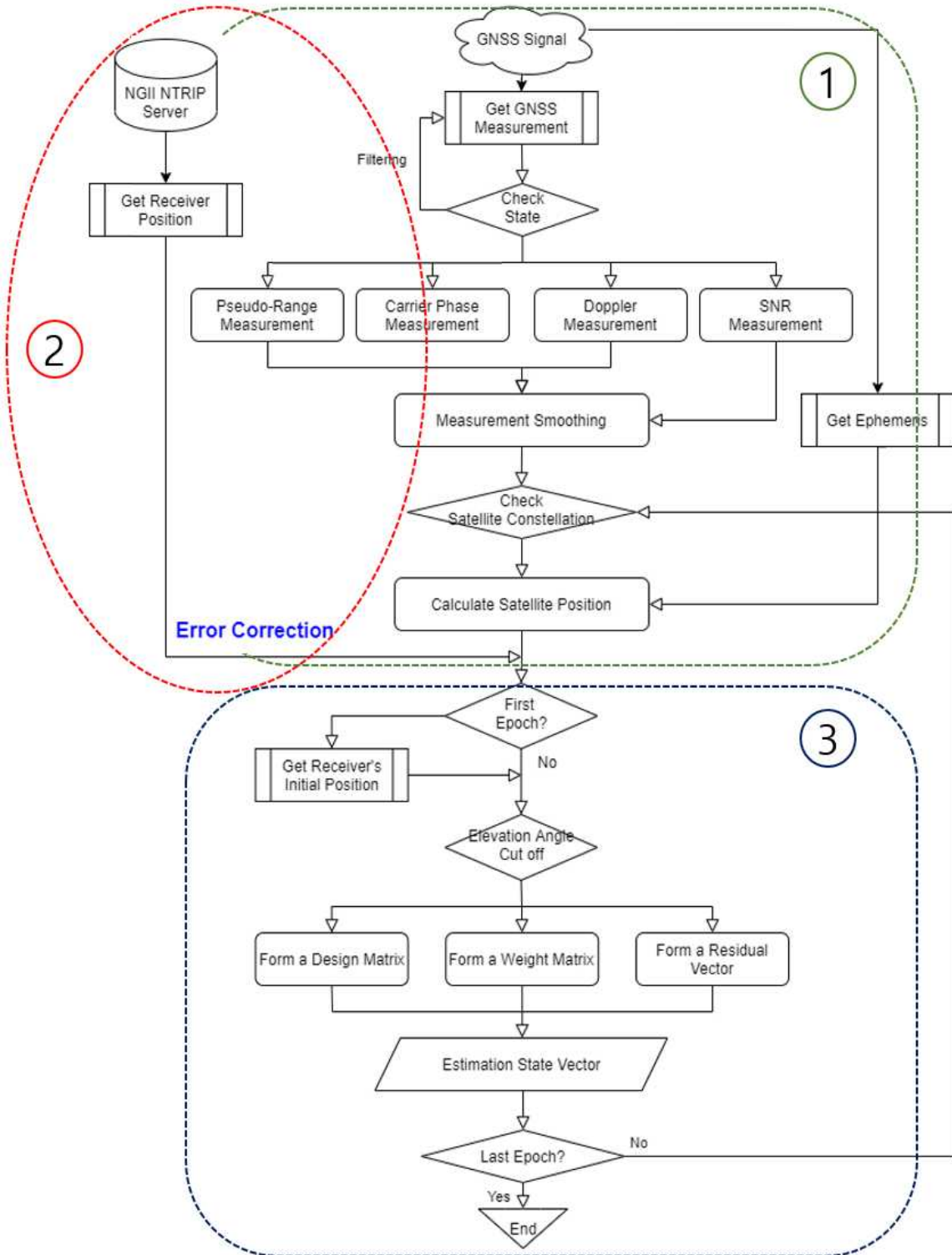
GNSS 위성을 이용하여 측위 알고리즘을 구현하기 위해서 먼저, GNSS 위성을 통하여 위성의 관측치와 위성의 항법메시지를 수신한다. GNSS 관측치에는 Pseudo-Range, Carrier Phase, Doppler, SNR(Signal to Noise Ratio)이 있으며, 평활화 기법(Le and Tiberius, 2006; Kim et al., 2007)을 이용하면 측위 성능을 향상시킬 수 있다. 다음 단계로 사용하고자 하는 항법 위성군에 대해 위성의 위치를 산출한다. 위성의 위치는 ICD에서 제시한 방법에 따라 방송궤도력을 이용하여 사용자가 원하는 시각에 대해 계산이 가능하며 ECEF 좌표계로 표현된다. 산출된 위성의 위치에 대해 위성 신호가 지상에 도달하기까지 소요된 시간과 지구 자전에 의한 효과를 고려해야 한다.

##### 2) SSR 보정정보 적용

수식 <1>과 수식 <2>에서 확인하였듯이 GNSS 위성의 관측치에는 측위 정확도를 저해하는 여러 오차 요소가 포함되어 있으며 사용자는 국토지리정보원에서 서비스하는 SSR 보정정보를 수신하고 본 매뉴얼에서 설명한 방법으로 모델링하여 관측방정식에 포함된 위성 궤도, 시계, 바이어스와 대류권, 전리층 오차를 각 요소별로 보정할 수 있다.

##### 3) 좌표 추정

GNSS 위성의 위치를 통하여 수신기와 위성 사이의 유클리디안 거리를 구할 수 있으며, SSR 보정정보를 이용하여 수식 <1>, 수식 <2>의 오차 요소를 고려하면 GNSS 관측방정식에 대한 계산치를 산출할 수 있다. 일반적으로 측위 알고리즘에서 추정하고자 하는 미지수는 사용자(수신기)의 위치와 수신기의 시계오차이며 다중위성항법을 기반으로 하는 경우, 각 위성항법시스템에 대한 수신기 시계오차를 추정해야한다.



〈그림 5〉 SSR 측위 알고리즘 흐름도

예를들어 GPS와 GLONASS 위성군을 사용하는 경우, 추정해야하는 미지수는 사용자의 위치( $x_r, y_r, z_r$ )와 GPS 관련 시계오차, GLONASS 관련 시계오차까지 총 5개이며 반송파 위상을 함께 사용하는 경우, 측위에 사용하는 위성 수만큼 반송파위상에 포함된 모호정수를 추정해야한다.

이와 같은 방법으로 추정하고자 하는 미지수에 따라 시스템에 대한 디자인 행렬을 구성하고 사용하는 관측치의 특성을 고려하여 가중치 행렬을 구성한다. 잔차 벡터의 경우, 관측치와 계산치를 이용하여 구할 수 있다.

미지수 추정에는 최소제곱법과 칼만 필터를 사용하는 방법이 대표적이다. 최소제곱법의 경우 잔차 벡터, 디자인 행렬, 가중치 행렬을 이용하여 수신기의 3차원 위치 좌표를 추정할 수 있으며 칼만 필터의 경우 예측을 위한 전이 행렬과 디자인 행렬, 관측치에 대한 공분산 행렬을 추가하여 수신기의 3차원 위치 좌표를 추정할 수 있다.





### 주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토교통부 국토지리정보원의 수탁을 받아 (주)피피솔에서 수행한 보고서입니다.
2. 본 내용을 대외적으로 게재, 인용할 때에는 반드시 국토교통부 국토지리정보원의 사전 허락을 받기 바라며, 무단 복제는 절대 금합니다.

## 위치보정신호를 이용한 스마트폰 측위기술 개발

인쇄·2021년 4월

발행·2021년 4월

발행자·사공호상

발행처·국토교통부 국토지리정보원

주소·경기도 수원시 영통구 월드컵로 92(원천동)

전화·031-210-2700

FAX·031-210-2644