전세계 위성항법 GNSS(Global Navigation Satellite System)의 기술현황과 전망

고광섭*

*해군사관학교 항해학과

목 차

Ⅰ. 개 요
Ⅱ. GNSS 시스템
Ⅲ. 한국의 해양용 DGPS 시스템
Ⅳ. 위성항법 시스템의 응용
Ⅴ. 결 언
참고문헌

Ⅰ. 개 요

오랜 항해역사를 통하여 컴파스, 육분의 및 시진의 등의 광파 항해계기는 물론이고 RDF, RADAR, LORAN, NNSS 등 전파항법 체계의 발달도 당대의 최첨단 과학기술의 결정체였고, 언제 어디서나 가장 쉽게 정확한 위치정보를 얻고자하는 인류의 집요한 노력의 산실이었다. 현재 미국 국방부 주도로 개발된 GPS(Global Positioning System)시대를 맞이하여 인류의 오랜 꿈은 거의 달성되었다고 말할 수 있는 단계까지 도달했다.

인공위성기술을 적용한 전세계적 항법시스템으로는 미국 국방부의 GPS 외에 러시아 우주군의 GLONASS(Global Navigation Satellite System)가 운용상태에 있고 두 시스템 모두 군사용으로 운용되고 있지만, 시스템의 일부는 민간용으로 개방되어 있다.

GPS나 GLONASS 또는 유럽연합에서 공동 개발을 추진 중인 비군사용 위성항법 시스템인 GALILEO 시스템 등 장래의 전세계적 위성항법 시스템을 포함하여 GNSS(Global Navigation Satellite System)라 총칭하고 있다. GNSS를 이용하면 육상, 해상 또는 공중에 있어서 2차원 또는 3차원의 연속된 위치, 이동속도 및 정확한 시각 표준을 얻을 수 있다. 그러나 현존하는 위성항법 시스템은 군사용으로 개발, 운용되고 있어서 유사시에 민간 이용이 가능하다는 보장이 없는 것이 현실이다.

GPS에 한정하여 이야기하면 민간용 측위 시스템인 「SPS(Standard Positioning System)」는 미국 및 미국과 동맹관계에 있는 국가나 조직의 안전보장을 위하여, 고의로 정밀도를 떨어트리는 「SA(Selective Availability)」 기능을 상시 가동시킬 수 있다.

반면에 GLONASS는 SA에 해당하는 기능을 갖추고 있지 않지만, 세계 각국은 자국의 이용자가 안심하고 사용할 수 있도록, 이용해서는 안 되는 위성의 정보나 필요한 측위정도를 확보하기 위한 가장 효과적인 방법인 디퍼렌셜 GNSS (Differential GNSS)를 채용하고 있다.

한편, 우리나라의 경우 GPS는 1990년 중반 이후 육·해·공 각 분야에서 본격적으로 사용하게 되었고, C/A Code 시스템인 SPS 시스템 향상을 위해 DGPS(Differential Global Positioning

System) 네트워크 설계에 관심이 높아, 해양의 경우 Marine Radiobeacon 방식으로 2002년까지 한국형 네트워크를 설치하였다. 정부차원의 DGPS 네트워크는 해양용 DGPS가 최초이며 최근 해양용 DGPS를 이용하여 육상의 사용자에게도 서비스를 확대하기 위한 NDGPS(Nationwide DGPS)계획이 추진되는 등 국내에서의 위치정보망 구축 및 활용에 관한 노력과 관심이 고조되어 있다. 본 고는 21세기 정보화시대를 선도하고 있는 위성항법 시스템의 기술현황과 응용, 한국의 DGPS 및 NDGPS에 대하여 다룬다.

II. GNSS 시스템

2.1 독립시스템

2.1.1 GPS

GPS는 Global Positioning System(전세계적 측위시스템)의 약어이며, NAVSTAR(NAVigation System with Timing And Ranging:시간과 거리에 의한 항법 시스템)라는 이름으로 불리고 있다. GPS 시스템은 미국방부가 자국의 육군, 해군, 공군, 해병대, NIMA(국가영상지도국), 운수성, 연방항공국, 해안경비대, 그리고 북대서양 조약기구(NATO) 군 및 호주군의 사용을 주 목적으로 개발한 첨단 위성항법 시스템이다. 이 시스템은 미 해군의 NNSS(Navy Navigation Satellite System)에 뒤이은 위성항법 시스템으로서의 Timation 프로젝트와 공군의 621B 프로젝트를 통합하여 1973년이래 개발이 진행되어 1995년 미국이 완전개발을 공표하였다. 시스템은 우주부분, 제어부분 및 이용자 부분으로 구성되어 있다. 우주부분은 위성으로서 개발 당시에 발사된 블록 I (9기)과 블록 II A(19기), 교환용 위성으로서 블록 II R 위성이 있으나, 블록 I 위성 이전에는 해군이 개발한 2기의 항법 기술 위성(NTS:Navigation Technology Satellite)도 사용되었다. 운용되는 위성궤도의 궤도반경은 약 26,500km(궤도 고도는 약 20,200km), 궤도 경사각 55°(블록 I 위성: 63°)의 등간격 원궤도에 4개씩 24개의 위성으로 구성되어 있는데, 그 중 3개의 위성은 운용 중인 예비위성이다. 즉, 궤도상의 위성은 21~24개 위성으로 운용되도록 되어 있고 각 궤도별 위성의 위치배치에 따라서 최적 21위성의 궤도배치, 24위성의 궤도배치가 있다. 이 궤도 반경의 원궤도에서는 공전주기가 11시간 58분 2초로서 1항성일에 지구를 2바퀴 돈다. 따라서 각 위성은 1일 약 4분씩 늦게 동일한 지구상 위치의 상공을 통과하게 된다.

2.1.2 GLONASS 시스템

GPS가 미국 한 나라에 의하여 운용 관리되는 위성항법 시스템이므로 미국 이외의 이용자에게는 이용 보증과 성능, 신뢰성의 보증상 문제가 적지 않다. GLONASS가 러시아에 의하여 개발 운용되는 점은 이용자에게 선택의 폭을 늘리고 또한 백업의 의미에서도 바람직한 일이다. 더욱이 GPS와 GLONASS는 모두 군사용으로 개발된 시스템인 점에서, 민간이 사용하기 위해서는 본래 국제적인 민간 이용 목적의 위성항법 시스템이 바람직하다는 주장이 유럽을 중심으로 꾸준히 제기되어 EU 국가가 주동이 되어 새로운 위성항법 시스템인 GALILEO 시스템이 개발되고 있는 중이다. 그러나 현재 이용할 수 있는 GNSS는 GPS와 GLONASS뿐이다.

GLONASS는 GPS와 매우 비슷한 시스템으로서 위성으로부터 송신되는 PN코드(의사잡음코드)와 수신기에서 발생하는 같은 코드의 상관치를 구하여 의사거리를 측정한다. 4개의 위성으로부터 의사거리측정에 의하여 3차원 위치를 구하는 원리는 GPS와 같다. GPS에서는 위성별 송신주파수는 같으나 코드가 다른데 비하여 GLONASS는 위성별 주파수는 다르고 코드는 동일하다. 그리고 GNSS에 있어서 GLONASS 이용시에는 측지계와 시스템 시각계가 GPS와 다른 점에 특히 유의할 필요가 있다. 또한 다른 통신 시스템과의 간섭을 피하기 위하여 주파수 대역의 변경이 예정되어 있다. GPS와 GLONASS는 이상의 주파수와 코드의 차이 이외에 개개의 데이터에도 차이가 있다. 항법메시지에 있어서도 GPS의 위성궤도 정보는 궤도의 6요소로 표시하고 시스템 시각에 윤초를 넣지 않고 전리층 보정 파라메터를 삽입하고 있으나 GLONASS는 위성의 위치, 속도, 가속도를

ECEF(x,y,z)로 나타내고 시스템 시각에 윤초를 넣고 전리층 파라메터는 넣지 않는 등 다소 내용이 다르다. 현재 다른 통신 시스템 등과의 전파간섭 문제가 예상되기 때문에 시스템 주파수 대역을 줄이기 위하여 지구상 대칭적인 위치관계에 있는 위성끼리는 같은 주파수를 사용하는 모드를 채용하여 주파수 대역을 줄이고 있고, 또한 주파수 대역도 장래에는 변경될 가능성이 있다. 표. 1에 GPS와 GLONASS의 비교를 표시하였다.

표 1. GPS와 GLONASS 시스템의 비교

구 분	GPS	GLONASS
위성수	4개 × 6궤도면	8개 × 3궤도면
주 기	11시간 58분	11시간 15분
고 도	약 20,200 km	약 19,300 km
경사도	55도	64.8도
주파수	1575.42 NHz	1602.5625MHz-1615.5MHz 0.5625MHz 분리
위성식별	위성별 PN코드, 주파수 동일	위성별 주파수, PN코드 동일
위성송신전력	25 dBW(추정)	25 dBW
이용자 수신전력	-160 dBW	-156 dBW / -161 dBW
항법데이터속도	50 bps	50 bps
항법데이터주기 PN코드 클락	30초 / 12.5분 1.023 MHz	30초 / 150초 0.511 MHz
PN코드 길이	1023 비트	511 비트
측지계	WGS-84	SGS-90
시스템 시각계	UTC-USNO	UTC-SU
측위측정 정도 (SA 0.0)	20~30m 내외 (95% 확률)	60m 내외 (99.7% 확률)

2.1.3 GALILEO 시스템

기존 미국에서는 민간용 GPS 서비스인 SPS에 SA를 고의적으로 삽입하여 정밀도를 저하시켰다. 따라서 유럽의 여러 국가들은 GPS 정밀도 향상을 위하여 SA 해제를 요구하였고, 미국의 독점을 막기 위해 시스템 관리의 다국적화를 요구하였다.

그러나 미국은 이 요구사항 중 SA를 떨어트리겠다고 했지만(최종 2000년 5월 1일 SA를 0.0으로 떨어트림), 시스템 관리의 다국적화는 거부하였다.

또한 미국의 GPS 현대화 정책으로 인하여 새로운 주파수 L5가 추가될 경우 GNSS관련하여 미국의 독주를 감당해낼 수 없다는 관점에서, 1999년 유럽의 14개국이 참가하여 새로운 위성항법체계 구축을 결의하여 시스템 개발이 추진 중에 있다.

최초의 민간용 위성항법 시스템인 GALILEO는 독립적인 전세계적 위성항법 시스템으로 기존의 위성항법 시스템인 GPS와 GLONASS가 군사용 목적으로 개발되어 민간인 및 상업적으로 사용에 제약을 받아온 것에 반에 민간용으로 개발되므로 미국과 러시아위주의 위성항법기술의 영향에서 벗어난 다는 것에 큰 의의가 있다.

GALILEO는 다른 체계로부터 독립되었으나 GPS 및 GLONASS와 함께 해석할 수 있다. 항법체계로는 위성부분(Satellite)과 지상부분(Control)을 구축하며, 시간측정은 UTC로, 항법정보와 메시지는 날씨경보, 교통정보, 사고경고 등과 같은 다른 항법자료메시지를 제공한다.

2000년 5~6월 WRC-2000 회의시 주파수를 할당받는 등 2000년 말까지 제반의 기술사항의 설계를 끝냈으며, 이미 GLONASS를 개발하여 우주기술을 보유한 러시아에 FDMA 방식의 사용주파수대역을 이점으로 들어 러시아에 적극적인 권유를 하고 있다. 차세대 GLONASS-M에서는 GALILEO 시험용 페이스 시험이 독일과 러시아 공동의 시험으로 2003년에 계획되어 있으며 이 시스템의 운용은 2008년을 목표로 2DRMS 4m 이하의 고정밀 측위 정보 제공을 준비하고 있고, 소요비용은 약 30억불을 예상하고 있다.

2.2 보정시스템

보정시스템이란 우주공간에 배치된 위성에서 발사되는 위성정보를 바탕으로 독립적으로 3차원의 절대위치정보를 계산할 수 있는 독립시스템 GPS, GLONASS의 정밀도를 향상시키기 위한 보완 시스템으로서 Differential 시스템으로 부르고 있으며 독립시스템 GPS, GLONASS 앞에 "D"자를 붙인다. DGPS는 독립시스템 GPS의 보정시스템이다. 본 절에서는 전세계 보정시스템의 주류인 DGPS시스템에 대하여 서술하고자 한다.

2.2.1 DGPS 시스템

○ 구성 및 원리

DGPS 시스템은 GPS의 기본구성에 DGPS 조정국(Control Station)과 DGPS 보정치 송신 등의

역할을 담당하는 기준국(Reference Station/DGPS Site)이 추가된다. 기준국은 조정국의 통제를 받아 처리된 DGPS 보정치를 유무선 통신 수단을 통해 조정국과 부근의 이용자에게 전달하게 되며, 수신된 보정치는 위치정밀도 향상에 사용되어진다.

DGPS는 위치를 알고 있는 기준국에서 위성을 통하여 구한 위치와 실제 위치와의 차이를 보정량으로 하는 위치 보정 방식과, 수신한 위성에서의 의사거리, 시간정보 및 궤도 데이터에서 거리오차를 검출하여 이를 보정량으로 하는 의사거리 보정 방식이 있으며, 보정 데이터의 유효성 때문에 대부분의 DGPS는 의사거리보정 방식을 채택하고 있다. 기준국에서는 GPS 위성 데이터 수신장치와 DGPS 보정치 송신장치가 있고, 사용자 수신기에는 GPS 위성수신장치 및 DGPS 보정치 수신장치가 있어 위성데이터에 DGPS 보정치를 가감하여 정확한 위치를 얻도록 한다.

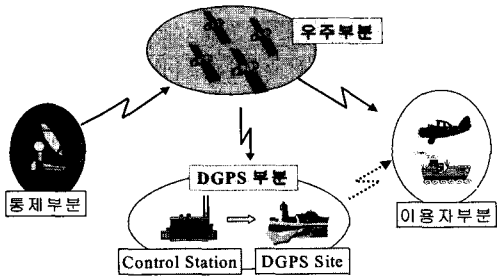

그림 2. DGPS 구성요소

정확한 정보를 전송해 주는 기준국과 사용자간의 거리(기선거리: Baseline Distance)는 동시에, 동일위성에서, 동일한 데이터를 얻기 위해서 매우 중요한 요소가 된다. 거리가 멀어지면, 두 수신기가 서로 다른 위성정보를 받거나 두 지점간에 전리층과 대기권 영향 등의 차이로 보정치의 정확도가 감소하게 된다.

○ 자립형

이 방식은 기준 장치 및 인테그리티 모니터 장치를 보정 송신국내에 설치하여 각 기능 유니트를 접속, 하나의 완전한 시스템을 구성하여 DGPS 서비스를 제공하는 것이다. 인테그리티 모니터는 생성된 디퍼렌셜 보정 데이터 및 송신 파라미터 등이 허용치 내에 있는 지를 감시하는 기능이나 IM용의 GPS 수신기는 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitor : 단독 GPS 수신기의 항법해로부터 인티그리티를 추정하는 방식) 기능을 갖춘 장치도 이용할 수 있다. 컨트롤 스테이션은 없고 외부와의 통신 회선은 존재하지 않거나 또는 고장 통보 등의 용도에 사용되는 정도이다. 세계 각국에서 해상용 DGPS 서비스가 개시될 당시의 구성은 이 타입으로 운용되고 있었다고 생각된다.

이 자립형 구성은 통신 회선의 의존도가 낮기 때문에 경제성이 높은 시스템이라고 말할 수 있다.

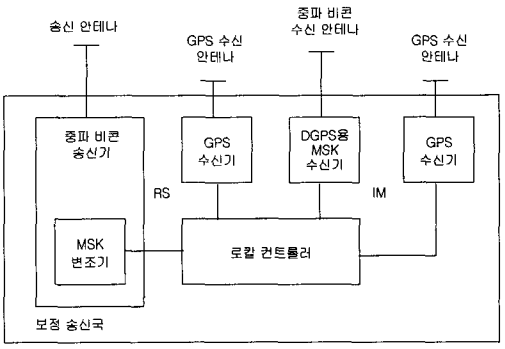

그림 3. 자립형 시스템의 구성

○ 초기 USCG형

이 방식은 USCG(US Coast Guard)가 해상용 DGPS 시스템 구성 모델의 하나로서 구상한 것이다. 기준 장치는 원칙적으로 보정 송신국내에 두고 인테그리티 모니터 장치는 보정 송신국과 떨어진 제공 범위의 한계 부근에 설치하는 리모트 인테그리티 모니터 방식으로 DGPS 보정 신호를 송신국에서 멀리 떨어진 곳에서 감시하는 것이다.

인테그리티 모니터는 원방의 인테그리티 모니터 장치로부터 보정 송신국내의 기준 장치로 통신 회선을 경유한 피드백이다. 당초 USCG는 이 리모트 인테그리티 모니터 방식이 사용자에 가까운 입장에서 DGPS 보정 신호를 모니터할 수 있는 점 때문에 보다 바람직하다는 견해였으나 보정 송신국과 원방에 위치하는 리모트 인테그리티 모니터 장치간의 통신회선의 리스크 및 경비 등의 이유로 채용하지 않았다.

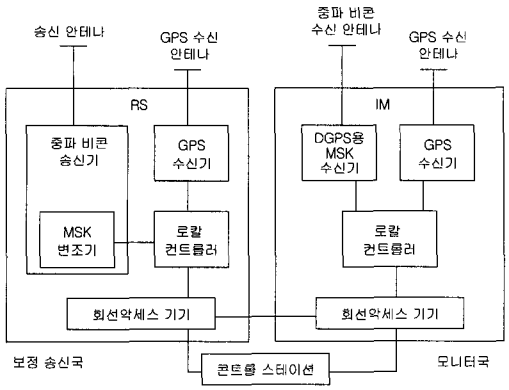

그림 4. 초기 USCG형 시스템의 구성

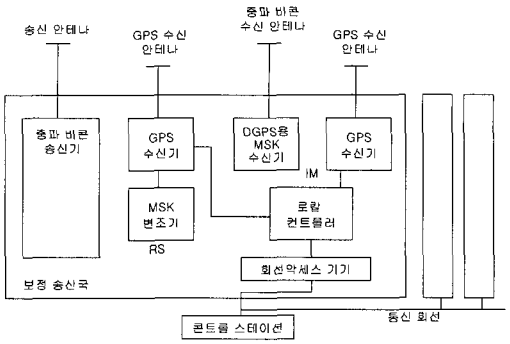

그림 5. RTCM형 시스템의 구성

○ RTCM 형

이 방식은 RTCM(미 해상 무선 기술 위원회)에서 제안하고 있는 해상용 DGPS 시스템 구성의 표준 모델이다. 이 표준 구성에서는 기준 장치와 인테그리티 모니터 장치를 즉, RSIM(기준 장치와 인테그리티 모니터 장치 : Reference Station Integrity Monitor)를 보정 송신국에 두고 또한, RSIM과 보정 송신국이 밀접하게 결합하여 하나의 DGPS 서비스를 제공한다. USCG의 DGPS 항법 서비스의 표준 모델도 이와 비슷한 구성으로 되어있다.

USCG의 표준 모델에서는 기준 장치, 인테그리티 모니터 장치 및 데이터 전송 장치의 각 기능 유니트는 동일 장치에 설치되어 있으나 어느 정도 독립적이다. 안전성을 증가시키기 위하여 기준 장치(GPS 수신기, 중파 비콘용 MSK 변조기)는 2대(현용, 예비)의 구성으로서 인테그리티 모니터 장치(GPS 수신기, 중파비콘용 MSK 수신기)도 기준장치에 대응하여 2대(현용, 예비)의 구성이다. 또한 데이터 송신 장치인 중파 비콘 송신기도 2대(현용, 예비)를 갖고 있다. 이 외에 회선 액세스용 기기 및 텔레메터 기기 등이 부가된다.

보정 데이터의 생성은 기준 장치에서 행하고 인테그리티는 자국의 인테그리티 모니터 장치로부터 기준 장치에 직접 피드백 되도록 되어있어 자율성이 높다. RTCM의 견해에 의하면 인테그리티 장치를 기준 장치 및 데이터 송신 장치와 동일 장소에 설치하는 로컬 인테그리티 방식은 리모트 인테그리티 모니터 방식에 비하여 회선 장애에 강한 점과 경제성에서 유리하다고 하고 있다. 컨트롤 스테이션에서 당직 용원에 의한 24시간 감시가 행해진다. 필요하다면 통신 회선을 통하여 DGPS 시스템 구성 장치의 동작 상황을 파악할 수 있다. 컨트롤 스테이션의 주임무는 DGPS 서비스국의 고장 보전과 유인 감시에 의한 인테그리티의 보완이다. 인테그리티에 관하여서는 인테그리티 모니터 장치가 이상을 감지하면 자동적으로 컨트롤 스테이션에 통보된다. 컨트롤 스테이션은 복수의 IM으로부터 인테그리티 알람을 통합할 수 있도록 되어있기 때문에 위성의 이상 및 전리층, 대기권의 전파 이상에 의한 정도 열악화에 대해서도 전체로서는 개개의 DGPS 서비스 국보다도 빨리 확실하게 파악할 수 있게 된다.

또한 해상 교통의 요충에서는 보정 송신국의 커버리지에 중복을 두고 하나의 DGPS 보정 송신국이 다운되더라도 서비스가 중단되지 않도록 백업 체제를 확보해야 한다는 점을 유의할 필요가 있다.

○ 중앙 제어형

이 방식은 광역에서 DGPS 시스템의 정도 유지 및 신뢰성을 중시하는 광역 DGPS(Wide DGPS)

에서 채용이 예정돼있는 시스템으로서, 또한 이것은 복수의 컨트롤 스테이션 및 회선계의 이중화를 취하여 DGPS 데이터 전송 용량도 많고 주로 항공용 DGPS 시스템으로 연구되었다.

이 시스템은 기준국 및 인테그리티 모니터 국을 검출 부분, 컨트롤 스테이션을 감시 제어하는 부분, 보정 송신국을 전송 장치 부분으로 생각하여 각 기능 우니트의 배치에 대해서는 별로 문제시하고 있지 않다.

검출 부분으로부터의 GPS 수신기 측정 조자료(Raw Data)를 감시, 제어 부분에서 멀티 RSIM 알고리즘에 의하여 리얼타임으로 처리하여, 보정 데이터의 생성과 인테그리티의 관리를 행한다. 여기에서 말하는 멀티 RSIM 알고리즘이란 모든 기지국과 인테그리티 모니터국이 측정한 조자료와 설치 좌표를 기지(known) 파라메타로 하여 위성의 클럭 오차, 위성 위치의 궤도 오차, 전리층 및 대기권 지연의 공간 분포 등을 미지 파라메타로 하여 해를 구하는 방법(과잉 결정계가 되므로 기지 파라메타의 정밀도에 의한 가중을 행하여 오차 평가 함수를 최소화하는 수법에 의함)으로서, 이 해로부터 전리층 및 대기권 지연이 정확하게 파악할 수 있는 임의의 지점에서 최적 DGPS 보정치가 계산 가능하다. 중앙 제어형에서는 인테그리티 모니터 국과 보정 송신국은 동일 개소에 설치하더라도 문제가 없다.

또한, 멀티 RSIM 알고리즘에서는 기준국과 인테그리티 모니터국을 별도로 구별하지 않고 인테그리티 모니터국의 GPS 수신기에서 얻어지는 데이터를 보정 데이터의 생성에 사용하더라도 문제가 없다. 정도를 올리기 위하여 기준국의 수는 조금이라도 많은 것이 바람직하여 기준국과 인테그리티 모니터국의 구별은 소멸하게 된다.

일반적으로 WADGPS란 사용자에게 의사거리 보정치가 아니고 멀티 RSIM 알고리즘으로부터 구해지는 위성의 클럭 오차, 위성 위치의 궤도 오차, 전리층 및 대류권 지연 오차 등(별로 정확한 표현이라고는 말할 수 없으나 이것들은 '백터적인' 보정 정보라고 불리고 있으며, 이에 대하여 의사거리 보정치는 '스카라적인' 보정 정보라고 불리고 있다)을 직접 전송함으로서 측위 정도를 향상하고 DGPS의 커버리지를 보다 넓은 범위에서 행하는 것이다. 멀티 RSIM 알고리즘에 의한 백터적 보정 정보는 통보 미디어의 전송 비트 레이트가 충분히 높다면(통상 500bps 이상이 고려되고 있음), 최소 반경 수천 km의 범위에서 유효하다고 생각되고 있어 보정 송신국의 전송 장치 부분은 보통은 위성을 사용하여 다수의 사용자에게 일제히 통보한다.

ICAO(국제 민간 항공 기구)의 FANS(미래 항법 시스템) 특별 위원회가 중심이 되어 추진하고 있는 항공계 DGPS 서비스인 WAAS(Wide Area Augumented System : 광역 보강 시스템)는 이 타입이다. 일본에서는 운수성 항공국이 WAAS의 도입을 계획하고 있어 이 계획에서는 보정 송신국의 전송 장치 부분은 운수 다목적 위성의 사용이 예정되어 있다. 또한 멀티 RSIM 알고리즘을 쓰면 단일 기준국 혹은 인테그리티 모니터국에 의한 RAIM에 비하여 인테그리티 악화의 인지가 확실하고도 빠르다는 점도 항공 용도에 맞는다고 말해지고 있다.

중앙 제어형의 단점은 회선 장애와 경제성이다. 또한 컨트롤 스테이션에 사고가 발생한 경우 모든 시스템이 정지하게 되기 때문에 신뢰성도 나쁘다. 이에 대처하기 위하여 WAAS에서는 컨트롤 스테이션(WAAS에서는 '인테그리티 처리국'으로 불리워 짐)을 2개소 계획하고 있다. 더욱이 기준국 또는 인테그리티 모니터국에서 컨트롤 스테이션 및 컨트롤 스테이션 및 컨트롤 스테이션에서 보정 송신국으로 데이터 전송 지연도 문제이며, 고속 회선이 필요하다. 특히 위성 통신 회선을 사용하는 경우에는 지구국-위성국-지구국간의 2스팬으로 약 0.3초의 전파 시간이 발생하기 때문에 이 시간은 DGPS 서비스의 요구되는 즉시성의 측면에서 충분히 유의하지 않으면 안 된다.

2.2.2 NDGPS 시스템

NDGPS는 GPS 위치정보를 차분 보정하여 정밀도를 향상시키는 USCG의 DGPS 시스템을 내륙으로 확장한 시스템이다.

NDGPS 계획은 USCG의 해양용 DGPS 구축이 계기가 되어 USCG를 비롯 DOT(Department Of Transportation), FAA(Federal Aviation Agency), USAF(United States Air Force), USACE(United

States Army Corps of Engineers) 등 11개 부처와 주정부가 DGPS의 전국적인 서비스를 위해 기존의 해양용 USCG DGPS망 외에 67~100여개 기준국을 추가하여 총 170여개의 DGPS국을 운용하도록 되어 있다. USCG가 망구축, 운용 및 관리 책임으로 되어 있는 NDGPS 구축 계획은 경제효과 뿐 아니라 NGS(National Geodetic Survey), NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 등의 상시 관측소와 연계하여 통합 운용함으로써 위치정보 관련 자료를 공유하는 목적도 포함된 것으로 알려져 있다. 미국 전역에 걸쳐 2005년까지 구축을 완료할 예정이며, 이 계획의 특징 중의 하나는 기존의 GWEN(Ground Wave Emergency Network) 사이트를 개조하여 NDGPS국으로 전환하는 것이다. 현재 NDGPS의 가장 핵심적인 사항이라 할 수 있는 중파(285~320kHz) 커버리지에 대한 구체적인 연구가 수행되고 있다.

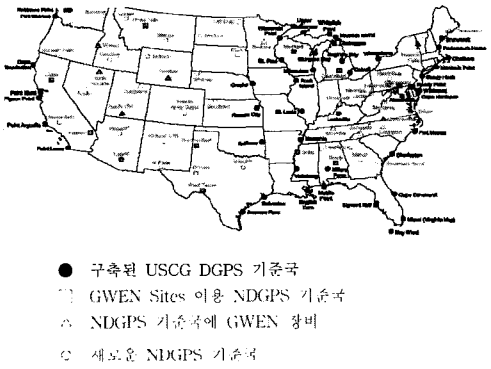

그림 6. 미국의 NDGPS 기준국

즉 육상에서 비콘 주파수를 사용하여 최적의 NDGPS망을 구축하기 위해서는 DGPS국 상호간의 전파간섭문제 및 도전율 변화 등에 의한 유효 커버리지 예측이 가장 큰 현안 문제로 대두되고 있는 것으로 알려져 있다.

우리나라도 국무총리령 제409호('00.12.7)에 의해 해상용 DGPS를 내륙으로 확장하여 전국 어디에서나 활용할 수 있는 전국망 NDGPS 서비스를 위하여 2003년까지 3~5개소의 내륙 기준국을 구축할 예정이다.

III. 한국의 해양용 DGPS 체계

3.1 기본 구성

한국의 DGPS시스템은 1개소의 통제국(Control Station)을 겸하는 중앙사무소, 11개의 지역 DGPS국(Local DGPS Station) 및 5개소의 감시국으로 구성되어있다. 이들 중 중앙사무소만이 유인으로 운영되고, 지역 DGPS국 및 감시국은 무인으로 운영되고 중앙사무소에 의하여 원격 감시 제어된다. 표 2는 한국의 해상용 DGPS 기준국들에 관한 사항을 나타내었고, 그림 6에는 서비스 지역을 도시하였다.

표 2. .한국의 RBN/DGPS 기준국

Station's Name	Lat.(N)/Long.(E)	Coverage (km)	Frequency (kHz)	Bit rate (bps)
Young Do	35-03-08/129-05-29	185	300	200
Palmi Do	37-21-29/126-29-39	185	313	200
Geomun Do	34-00-29/127-19-19	185	287	200
Jumunjin	37-53-51/128-50-01	185	295	200
Echong Do	36-07-29/125-58-07	185	295	200
Mara Do	33-07-02/126-16-09	185	290	200
Homigot	36-04-41/129-34-01	185	310	200
Ulung Do	37-31-04/130-47-56	185	319	200
Sochong Do	37-45-40/124-43-42	185	323	200
Sohuksan Do	34-05-42/125-05-55	185	298	200
Jeojin	38-33-09/128-23-54	185	292	200

3.2 지역 DGPS국

지역 DGPS국은 기준국(Reference Station), 경보 감시국(Integrity Monitor:IM) 및 중파(283.5kHz - 325kHz)의 MSK(Minimum Shift Keying) 변조 송신국으로 구성되며 작동 시에 외부와의 통신망이 단절되어도 독자적으로 운영되는 독자운영방식(Stand-Alone System)을 택하고 있다.

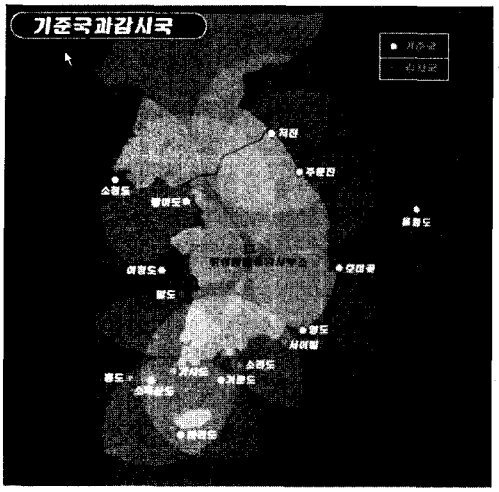

그림 7. 한국의 해양용 DGPS 서비스 지역

지역 DGPS국의 장비는 중파 송신안테나를 제외하고 전부 2중화하여 중복성(Redundancy) 확보에 의한 가동률의 극대화를 도모하도록 되어 있다.

기준수신기는 L1, L2의 2파를 수신할 수 있고, C/A 코드의 의사거리 측정이 가능하며 L1 및 L2의 위상측정이 가능하고 AS(Anti-Spoofing)가 작동하면 L1/L2의 차주파수의 위상비교로 애매성을 해결할 수 있도록 되어 있다.

방송메시지는 RTCM 포맷 9를 기준으로 하고 전송속도는 MSK 200bps를 기본으로 채택하고 있으며, 경보수신기는 SPS(Standard Positioning Service)용 12채널 2대로 구성되어 있고 수신감도, 측정정밀도, 환경조건 등에서 RTCM SC-104 RSIM Version 1.0의 규정을 만족하게 되어있다.

지역 DGPS국을 위한 전원은 2중화(제1차 전원 및 2차 전원)되어 있고 낙뢰 방지 트랜스 등이 설치되어 있다.

지역 DGPS국은 팔미도, 어청도, 거문도, 마라도, 영도, 장기곶, 울릉도, 주문진, 소흑산도, 소청도, 저진에 설치되어 있다.

기본 송신 안테나는 45m 높이의 3지선식 철탑 안테나를 사용하되, 지선의 일부(지선 총 길이의 상부 40%)를 톱로드로 하는 형태로 하며, 마라도 DGPS국의 안테나는 환경보전법의 제약으로 22m급 자립식 안테나로 하며, 송신기 출력은 300W이다.

3.3 감시국

감시국(Coverage Monitoring Station)은 5개소로 가시도, 말도, 서이말, 소리도, 홍도에 설치되어 있으며, 무인으로 운영되고 있고, GPS 안테나를 이용 위성오차 보정신호가 한계치를 벗어날 경우와 위성신호 이상시 경보메시지를 중앙사무소에 전달로 위성상태 및 측위정보 정확성 파악과 측위 기준점으로 사용하고 있다.

감시국에는 283.5kHz~325.0kHz까지의 주파수를 100Hz의 대역폭으로 10 μV/m~150 μV/m의 범위 내에서 ±1.25dB까지 측정할 수 있는 전계강도 측정기가 구비되어 있다.

3.4 중앙사무소

무인으로 운영되는 전국 11개소의 지역 DGPS국 및 5개소의 감시국을 원격 감시 통제하기 위하여 대전에 중앙사무소를 두고 있다.

중앙사무소는 현용 및 예비의 워크스테이션급 컴퓨터가 중심이 되고 2중 전원장치, 공조설비, 근무자 사무실 등으로 구성되었다.

중앙사무소의 임무는 지역 DGPS국 및 이용범위 감시국에서 통제국으로 향하는 모든 통신문을 실시간으로 접수하고, 이에 상응하는 지시문을 작성, 송신하며, 운영자의 의지에 따라 지역 DGPS국 및 이용범위 감시국의 상태를 순차 원격감시하며, 기타 예정된 DGPS 이용불가 계획, 이용불가 위성의 계획 등을 별도 편집하여 이용자의 요구에 따라 배포하는 등의 임무를 수행하고, 정기순회에 의한 무인국의 순회정비관리를 맡고 있다.

3.5 통신망

시스템 운영을 위한 통신망은 중앙사무소와 지역 DGPS국, 중앙사무소와 감시국 사이에 양방향 데이터 통신망(4800 baud급)의 전용선이 연결되어 있다.

통신은 NMEA-0183(National Maritime Electronic Association-0183) 표준에 의하고 통신문은 RSIM(Reference Station and Integrity Monitor) 포맷 #1~#50까지를 편집, 전송, 수신, 실행되도록 되어있다.

IV. 위성항법 시스템의 응용

3차원 위치정보를 제공해 주는 GPS의 응용분야는 PN코드의 종류에 따라 정밀도가 다르다. 즉 C/A 코드 수신기는 민간에게 공개된 PN코드로서 보통 20~30m 정밀도를 미군, NATO군 및 미국방부가 허가한 자에게만 가능한 P코드 수신기는 10m 미만의 정밀도를 갖고 있다. 개발 초기에 예상했던 것과는 달리 군사적 목적 뿐만 아니라 민간차원으로 급속도로 확산되어 현재는 수신기의 소형화, 가격의 하락 및 여러 가지 서로 다른 정보 시스템으로부터 정보를 단일화 할 수 있는 이점 등으로 인하여 불과 몇 년 전만 해도 거의 상상할 수 없었던 분야에서 대중화되어 가고 있는 실정이다.

GPS가 민간에게 공개된 이래 기존의 NNSS 미해군 위성항법 시스템을 사용하고 있던 사용자(주로 선박관련)들은 2개의 위성항법체계가 공존하고 있는 현실이었음에도 불구하고 GPS 수신기를 구입하여 사용한 적이 있다. 이는 과거의 위성항법 시스템과 비교하여 GPS의 연속성과 정밀성, 3차원 정보제공 및 전시간 사용가능의 장점으로 인한 것이다.

표 3. 군사응용분야

0 적의 주요 표적위치에 대한 절대위치 제공
0 C3I / C4I 체계
0 미사일 및 주요 무기체계와 연동한 정밀사격, 폭격으로 명중률 향상
0 함정의 안전운항과 종합 항법체계
0 기뢰부설 / 소해
0 지상부대의 dirks 공격력 향상
0 통신위성과 연계한 우군 세력의 지휘통제능력 향상
0 항공기 운항
0 항공기 계기 이착륙
0 우군세력(함정, 항공기, 차량, 포, 병력 등)의 이동체계 지원
0 긴급 구조 / 경보 시스템
0 특수전(침투 / 퇴출) 외 .....

따라서, 사용범위가 주요 민간 산업인 항공, 정보통신, 교통, 자동차 산업을 포함하여 측량, 측지 및 레크레이션까지 넓혀짐에 따라 많은 수신기 제작회사에 의해 다양한 수신기가 시판되고 있으며, 채널의 수, 크기, 정밀도 및 작동기능에 따라 가격차이도 현저하다. 비록 GPS가 민간산업 분야에 대중화되어 가고 있는 것이 사실이지만, 주요 핵심기술은 비공개로 되어 있을 뿐 아니라, 미국 안보(이익)에 영향을 줄 수 있는 고정밀의 위치정보를 사용할 수 있는 P코드 해독용 수신기는 우방국에도 사용을 제한하고 있는 실정이다. 더욱이 DGNSS 시스템 및 수신기의 개발로 인하여 정밀 위치 정보의 활용은 다양한 분야에 널리 사용되어 가는 추세이다. 표. 3, 표. 4에서 GPS, GLONASS 및 DGNSS의 응용분야를 수록하였다.

표 4. 민간응용분야

정확도	이용분야	응용분야
100m 이상	항 공	대양항해
	해 양	연안항해
25~100m	차량항법	차량관제
10~25m	항 공	지상경계
	탐색, 구조	위치결정
1~10m	항 공	Cat Ⅰ/Ⅱ접근, 착륙
	해 양	항구 접안, 협수로 항해
	철 도	기차제어
	차량항법	고속도로항법, 유도
		버스/기차정류장안내
		차량/화물 위치확인
	레크레이션	비도로주행, 등산 외
1m 이하	항 공	CatⅢ 접근, 착륙
	측량, 지도제작, 측지학	사진측량
		지도제작

※ 기타 이동통신 등 다양한 분야에서 응용

V. 결 언

인터넷 기술 및 이동통신기술과 더불어 21세기

정보화 시대를 선도하고 있는 위성항법 시스템은 개발목적인 군사용도의 사용범위를 훨씬 넘어 민간분야에서도 선박, 항공기, 자동차는 물론 이동통신 및 측지, 측량 등 매우 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다.

반면에 이번 이라크전에서와 같은 전시나 군사목적으로 GPS와 같은 민, 군 겸용의 위성항법 시스템은 민간분야에서 사용을 제한 받을 수 있다. 과거 어느 전파항법 시스템과도 비교할 수 없는 실시간 3차원 위치정보, 이동속도 및 정확한 시간제공 등의 잇점 때문에 앞으로도 GPS를 포함한 위성항법 시스템의 대중화는 더욱 가속될 것으로 예측된다.

아울러 각국은 정보화 인프라 주요 시스템으로 부상한 위성항법 시스템의 응용기술을 적극 개발하고 국가안보와 국익차원의 대체 항법 개발이나 항법 위성신호 사용의 안전성을 높이기 위한 수단으로 현용 GPS 및 GLONASS는 물론 미래 시스템인 GALILEO 시스템의 통합사용에 관심이 높아질 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

[1] Elliott D. Kaplan, 1996, "Understanding GPS", Artech House, Boston, London, chapter 3/8/10.

[2] 정세모 외, "DGPS 설치를 위한 조사연구 기본 및 실시설계 보고서", 해양수산부, 1997.

[3] 고광섭, 심재관, 최창묵, 정세모, "설계 유효범위 이상에서의 RBN/DGPS 정밀도 및 신뢰성에 관한 연구", 한국 항해학회 학회지 제24권 제3호, pp. 157, 2000.

[4] USCG, "Broadcast standard for the USCG DGPS Navigation Service COMDTINST M16577.1", 1993. 4.

[5] http://www.ndgps.go.kr/office/office_frm.htm, DGPS Central office 홈페이지

[6] Leonard W. Allen, "Natinwide Differential Global Positioning System(NDGPS)", 1999. 1.

[7] EUROPEAN COMMISSION, "Galileo", 1999. 1.

저 자 소 개

고광섭

1979년 4월 해군사관학교 졸업(이학사)
1983년 2월 한국해양대학교 대학원 졸업(전파항법 전공/공학석사)
1990년 7월 미국 Clarkson 대학 전자컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
·해군해양연구소 항법실장
·1983년 ~ 현재 해군사관학교 항해학과 교수
※관심분야: 전파항법, GPS 및 위성항법공학, 해양정보통신체계, 무기체계 및 Kalman Filter