

GNSS의 현재와 미래

이상정, 박찬식*

충남대학교, 충북대학교*

요약

본 고에서는 미국의 GPS로 대변되는 GNSS의 현황을 개괄하고 선진국들이 경쟁적으로 구축하고 있는 현 시점에서의 화두인 주파수 혼잡도에 대해서도 설명한다. 그리고, 다원화 GNSS 시대를 맞아 예견되는 사용자 측면에서의 활용기술 발전을 전망하고 특히 GNSS 체계로부터 획득할 수 있는 PNT 정보와 IOT의 연계에 대해서도 전망한다.

I. 다중 GNSS 시대의 도래

미국 국방부의 주도로 개발되어 1995년에 FOC가 선언된 위성항법시스템인 GPS(Global Positioning System)는 KAL007기의 불행한 사태로 민간에게 개방된 후 민간분야에서의 중요한 사회 인프라로 자리 잡았다[1]. GPS신호를 처리하면 기본적으로 위치(position) 정보뿐만 아니라 시각(time)정보도 동시에 획득할 수 있어 최근에는 PNT(Position, Navigation and Time)라는 용어가 사용되고 있으며, 특히 시각 정보의 활용은 통신인프라 구축의 핵심이 되었다[2]. GPS의 성공적인 구축 운영 외에도 러시아의 GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System)[3], EU의 Galileo[4], 중국의 BeiDou[5]가 이미 구축이 완료되었거나 구축 중으로 위성항법시스템 분야도 주도권 확보를 위하여 치열하게 경쟁 중이다. 이들 시스템은 전세계를 대상으로 하는 위성항법시스템으로 GNSS(Global Navigation Satellite System)으로 불린다. 이외에도 7~8기의 위성을 사용하여 자국을 포함한 지역적인 서비스 영역을 갖는 RNSS(Regional Navigation Satellite System)으로 일본의 QZSS(Quasi-Zenith Satellite System)[6]와 인도의 IRNSS(Indian RNSS)[7]가 구축되고 있다.

한편 정확도와 신뢰성 향상을 위하여 사용되는 보강시스템으로 위성기반 DGNS(Differential GNSS)도 구축되고 있다[8]. 이미 미국의 WAAS(Wide Area Augmentation Sys-

tem), EU의 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service), 일본의 MSAS(Multi-functional Satellite Augmentation System), 인도의 GAGAN(GPS Aided Geo Augmentation Navigation)이 구축되었고, 러시아의 SDC-M(system for Differential Correction and Monitoring), 중국의 SNAS(Satellite Navigation Augmentation System)이 구축 중이다. 우리나라에서도 2018년 시범서비스를 목표로 “초정밀 GPS 보정시스템”의 개발을 2014년부터 개발에 착수했으며 전 국토에서 integrity요구조건을 제외할 경우 1m 이내의 정밀위치정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다[9]. 지금까지 개발되었거나 예정인 위성항법을 위한 위성 수는 급격히 증가하고 있으며, 구축이 완료될 경우 <그림 1>에 보는 바와 같이 항법위성의 총 개수는 140기를 넘을 것이다. 2015년 7월말 현재 궤도에 있는 GPS 위성은 총 32기이나 30기의 위성만 정상 동작하고 있다. 러시아의 GLONASS 위성은 총 28기가 궤도에 있으나 2기는 점검상태, 또 다른 2기는 비행 테스트 단계로 전상 동작위성은 24기이다. EU의 Galileo 위성은 총 10기가 궤도에 있으나 현재 구축 중이기 때문에 위성의 운용 상태는 공식적으로 확인 할 수 없다. 중국의 Beidou는 2단계 구축을 완료하고 중국을 포함한 아시아 지역에 서비스를 제공하고 있으며 현재 총 21기의 위성이 궤도에 있으나 16기의 위성이 2단계 서비스를 제공하고 있다.

이와 같이 사용할 수 있는 위성의 증가는 사용자에게 가시 위성 수의 증가라는 이점만 있는 게 아니라 위성 신호들 사이의 상호 간섭이라는 문제를 가져온다. 이에 따라GNSS 서비스 제공국가에서는 호환성과 상호운용성을 고려하여 신호를 설계하며, 새로운 신호의 추가가 기존 신호에 미치는 영향을 최소화하기 위한 연구도 동시에 진행 중이다. 특히 L1 대역에서의 주파수 혼잡도 문제는 소위 Big 4 국가인 미국, 러시아, EU 그리고 중국 사이에서 지속적인 신호 전력 세기에 대한 협의를 계속하게 하고 있다. 이와 같은 상황을 <그림 2>에 보였으며 이미 포화되어버린 L1 대역을 피해서 다른 대역에서 서비스를 제공하기 위한 차세대 신호구조의 연구도 이미 시작되었으며 대안으로 고려하고 있는 주파수 대역은 S밴드와 C밴드이다.

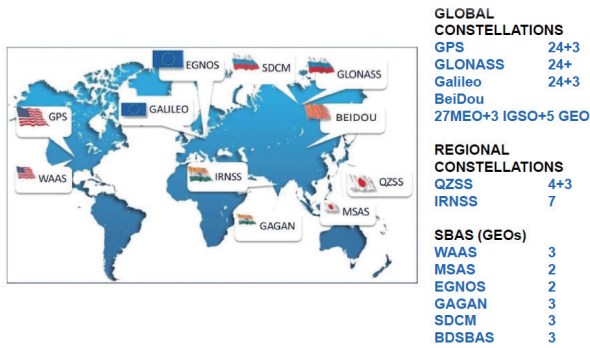


그림 1. GNSS 위성 수

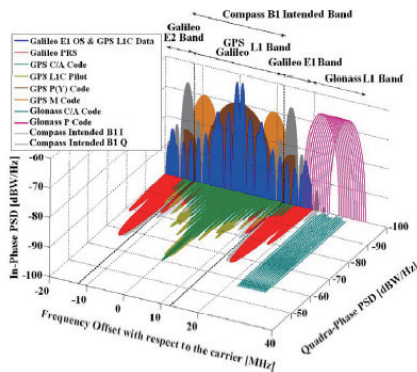


그림 2. L1 대역의 주파수 혼잡성

사용자 부문의 연구에서도 다중 GNSS는 안테나와 수신기의 구조와 구현 방법에도 영향을 미치며, 다중 대역, 다중 프로토콜을 지원하는 다 채널 수신기구조와 한정된 자원을 재사용하는 재구성 수신기에 대한 연구가 진행 중이다. 동시에 스마트 기기와의 연동을 고려한 초 저전력, 고감도 수신기의 구조에 대한 연구와 함께 의도적 혹은 비의도적 전파 간섭이 있는 경우 이를 효과적으로 처리하는 다양한 기법들도 활발히 연구되고 있다. 2018년 시험운영을 목표로 하는 우리나라의 SBAS인 KASS와 같은 보강시스템 구축을 위해선 보정신호의 생성 및 수신기술이 필요하며 특히 우리나라 주변의 오차분석 및 모델링 기술이 요구된다. 보강시스템의 주요 사용자가 정밀 항법을 필요로 하는 항공, 해양, 육상 교통 뿐 아니라 정밀 위치를 요구하는 측지, 측량분야도 포함되므로 고정밀 안테나 및 수신기 기술, RTK(Real Time Kinematic), VRS(Virtual Reference System) 등의 기술 개발이 필요하다.

II. 통합 항법 시스템의 재발전

GNSS 를 활용하면 전 지구에서 효율적으로 PNT 정보를 획득

될 수 있으며 다원화 GNSS시대에서는 이와 같은 효율성은 더욱 증가할 것이다. 그러나, GNSS활용에는 피할 수 없는 두 가지 큰 약점이 존재한다. 신호 강도가 너무 낮아서 숲 속, 도심 등에서 사용에 제약이 있으며 실내에서 거의 사용하지 못한다. 또한 의도적 혹은 비의도적 전파 간섭에 쉽게 노출되어 있어 미국에서조차 GPS를 주(primary means) 항법장치로 사용은 가능하지만 단일(sole means) 항법장치로 사용은 추천하지 않고 있는 실정이다[10]. 이는 다중 GNSS 시대가 되어도 완전히 해결되지 않는 문제이며 이에 대한 해결책으로 통합 항법시스템[11]에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 통합 항법시스템은 INS(Inertial Navigation System)와 GNSS의 통합이 대표적이며, DR(Dead Reckoning), 영상처리(vision), 지도 정합(map matching), 지자기 센서(flux gate) 등 다양한 다른 항법시스템과의 통합 항법도 활발히 연구되고 있다.

해양분야에서는 기존의 전파항법시스템인 LORAN-C(Long RANge Navigation)을 폐기시키지 않고 eLORAN(Enhanced LORAN)[12]으로 발전시켜 GNSS의 보완(complementary) 및 대체(back up) 시스템으로 활용하는 연구가 미국과 영국을 중심으로 진행되고 있다. 우리나라에서도 GPS의 전파교란에 취약함에 대응하기 위하여 2017년 구축을 목표로 'eLoran 시스템 구축' 사업[13]이 진행되고 있다. 한편 항공분야에서는 GNSS에 INS, DME(Distance Measuring Equipment), WAM(Wide Area Multilateration), VOR(VHF Omnidirectional Range), PDL(Pseudolite) 등을 모두 통합하여 사용하는 APNT(Alternate PNT)[14]의 연구가 진행 중이다.

근래에는 스마트 기기가 보편화되어 실내의 구분 없이 연속적인(seamless) PNT 정보를 요구하지만 아직까지는 언제, 어디서나 PNT 정보를 제공하는 전천후 항법시스템은 존재하지 않는다. 전천후 항법시스템은 한 가지 시스템만으로는 불가능하며 몇 가지 항법시스템의 통합을 통하여 좀 더 근접한 결과를 얻을 수 있을 것으로 보인다. 현시점에서 해결해야 할 신뢰성 있는 개인항법, 차량의 차선 구분, 전파간섭, 재밍 및 기만에 강인함을 만족시킬 수 있는 통합 항법시스템에 대하여 Groves[15]는 다음의 10가지 발전 방향을 제시하였다.

1) 카메라를 이용한 영상기반 항법시스템: 스마트 폰 등 쉽게 실장 가능한 카메라를 이용하여 위치를 구하는 방법으로, 저장된 영상과 촬영된 영상의 특징점 비교를 통한 방향 추출, 추출된 특징점 들을 이용한 항법이 대표적인 방법이며, visual odometry 기법도 로봇을 중심으로 활용되고 있다. 최근에는 stereo camera를 이용한 기법도 연구되고 있다.

2) 초소형 가속도, 자이로, CSAC, RADAR, LIDAR 등 센서 활용: 저가의 초소형 자이로, 가속도 센서 및 이들 신호 처리 기

법의 등장으로 소형 IMU(Inertial Measurement Unit)의 개발이 가능해지고, 특히 CSAC(Chip Scale Atomic Clock)의 등장으로 이를 이용한 초소형 군용장비의 개발도 활발하다. 무인 자동차 분야에서는 ADAS(Advanced Driver Assistance System)의 구축을 위하여 RADAR, LIDAR 및 초음파 센서의 활용이 증가하며 이를 이용한 항법알고리즘도 연구되고 있다.

3) 다중 GNSS 활용 및 위협 대비: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou 등 많은 위성이 동작하면 정확도와 가용성이 향상되지만, 실내에서의 사용 제한과 재밍에 대한 취약성으로 통합 항법시스템의 요구는 증가하고 있다.

4) 통신과 항법 융합: 이미 휴대폰에서는 GNSS와 3G 혹은 4G 신호와 Wi-Fi 등을 동시에 사용하여 위치를 구하고 있으나, 통신망을 이용한 항법은 통신망의 부가 기능으로 발전하였으므로 항법에 최적화된 구조를 갖지 못한다. 항법 정보의 중요성이 증가함에 따라 통신 표준에도 항법 응용을 고려한 설계를 채용하여 성능 향상을 도모할 것이다.

5) 3차원 지도의 활용: 현재 차량 내비게이터에 포함된 2차원 지도 정보로도 맵 매칭 기법을 통하여 정확도를 향상시킬 수 있지만, 3차원 지도를 활용할 경우 고도 정보를 이용하면 위성수가 부족한 경우에도 위치를 구할 수 있으며, 지형 정보를 이용하여 다중 경로를 효과적으로 제거하여 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

6) 다중 센서 통합 항법시스템: 지금까지 통합 항법시스템은 GNSS를 기준으로 1~2개의 센서를 통합하는 개념이었지만, 앞으로는 GNSS, 통신망, INS, 카메라, 지도 등 다양한 센서의 통합으로 확장될 것이다. 이 경우 오차의 보상, 성능의 차이 등을 고려한 통합기법에 대한 연구가 필요하다.

7) Context 기반 항법시스템: 사용자가 처한 상황을 알 수 있는 경우 효과적으로 항법을 수행할 수 있다. 차량 항법인 경우 차는 도로 위에 있다는 조건을 사용할 수 있고, PDR(Pedestrian Dead Reckoning)인 경우 사람의 걸음 특성을 이용할 수 있다. Context-adaptive 혹은 cognitive positioning 기법은 환경을 인식하여 센서의 선택 및 오차 보정기법 등을 결정하는 다중 센서 통합에서 핵심기술이 될 것이다.

8) Opportunistic 항법 시스템: SOOP(Signals of Opportunity)는 가입하지 않은 무선전화 신호, Wi-Fi 신호, TV나 라디오 신호 등 항법을 고려하지 않았지만 사용할 수 있는 신호를 총칭하는 용어로 등장했으며, 사용 가능한 모든 자원을 사용하여 항법을 수행하는 기법이 활발히 연구 될 것이다.

9) 협력(cooperative) 측위: Collaborative 혹은 peer-to-peer 측위로도 알려진 협력측위는 위치를 구하고자 하는 많은 장치들이 서로 정보를 공유하고 협력하여 상대위치(relative

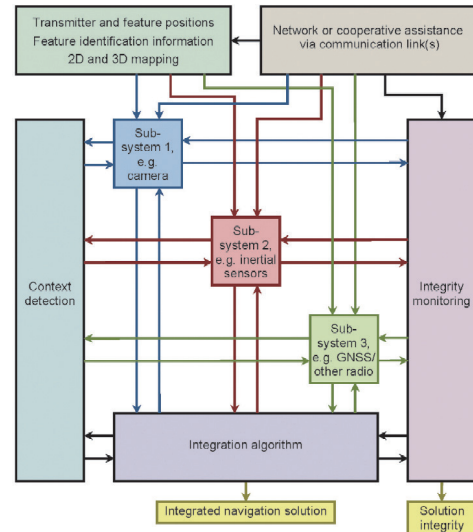


그림 3. 차세대 통합 항법시스템의 구조 [15]

position)을 구하는 방법이다. 이 경우 서로(peer)간의 정보전달에 사용되는 신호도 거리를 측정하는 신호원으로 사용하여 정확도와 가용성을 증가시킬 수 있다.

10) 무결성(integrity): GPS의 무결성 검사기법에 대해서는 많은 성과가 있었지만 다중센서의 융합에는 아직 도전해야 할 많은 문제가 있으며, 항공 항법 등 생명이 걸린 응용에는 반드시 해결되어야 할 문제이다.

이상의 개념을 통합한 항법시스템의 구조를 <그림 3>에 나타내었다.

III. GNSS와 IOT와의 연계

최근 매체에 활발하게 등장하는 'Cloud computing'은 시사경제용어 사전[16]에 따르면 "인터넷 기반(Cloud)의 컴퓨터기술(Computing)을 의미하는 것으로, 여기에서 구름(Cloud)은 컴퓨터 네트워크 상에 숨겨진 복잡한 인프라 구조, 인터넷을 뜻하며, 클라우드 컴퓨팅은 사용자가 필요한 소프트웨어를 자신의 컴퓨터에 설치하지 않고도 인터넷 접속을 통해 언제든 사용할 수 있고 동시에 각종 정보통신 기기로 데이터를 손쉽게 공유할 수 있는 사용 환경"을 나타낸다. 즉 사용자는 기본 기능을 갖춘 단말기로 인터넷에 접속하기만 하면 어떤 자원을 사용하는지 의식하지 않고 언제 어디서든 컴퓨터 작업을 할 수 있는 기술을 나타낸다. 이 개념은 PNT에 대하여 확장할 수 있으며 'Cloud PNT'는 "사용자가 어떤 자원을 사용하는지 의식하지 않고 언제 어디서든 PNT 정보를 얻는 기술"로 정의할 수 있다. 이와 같이 획득된 PNT 정보는 사물이 인터넷에 연결되어 새로운 서비스

를 제공하는 개념인 IOT(Internet of Things)와 연계될 것으로 예상된다.

〈그림 4〉에 Cisco에서 제안하는 IOT[17]의 동작에 Cloud PNT가 어떻게 내재되어 동작할 수 있는 지에 대한 전망을 보였다. Cloud PNT는 끊임 없는(seamless) PNT정보를 획득하기 위하여 GNSS(GPS, GLONASS, Galileo, Beidou), eLoran, IMU, CSAC, WiFi, 3/4/5G 망, Bluetooth beacon, Camera, 고정밀 지도 등 사용 가능한 모든 방법을 활용할 것으로 전망한다. 특히 IOT에서 제공하는 정보를 활용하여 Context를 파악하여 더 신뢰할 수 있는 PNT정보를 획득할 수 있을 것이다. 예를 들면 그림의 시나리오에서 알람 시계에 5분 더 잔다고 통보하면 시계가 IOT에 연결된 차, 커피메이커, 스케줄 관리 장치 등의 사물에게 이를 알려주어 지연된 시간에 맞추어 동작을 변경한다. 이때 각각의 시각이 동기 되어 있지 않다면 사물들의 동작은 의미가 없어진다. Cloud PNT에서 제공하는 시각을 이용하면 쉽게 시각 동기를 유지할 수 있다. 커피메이커의 시각이 맞지 않다면 5분 지연이라는 정보도 사용자에게는 의미가 없다. Cloud PNT 내부에서는 GNSS신호를 이용한 항법해의 결과로 정밀한 시각을 얻을 수 있으며, GNSS신호를 사용할 수 없는 경우에는 CSAC을 이용할 수도 있을 것으로 전망한다. 알람 시계는 주차된 차에게 밤새 얼어 붙은 눈을 제거하기 위하여 제거장치 구동을 요구하며, 이때 차를 주차한 장소에 따라 취해야 할 동작이 달라지므로 위치를 정확히 알고 있을 필요가 있다. 마지막 주차 위치도 Cloud PNT를 통하여 파악할 수 있다. GNSS가 없는 지하 주차장 등에서는 IMU, camera, 정밀 지도 등의 정보를 사용하여 위치를 구할 수 있다. 또한 역에 가는 도중에 주유소의 위치와 도착하기 위한 최적의 경로 등도 Cloud PNT가 제공할 수 있다. 추가로 사고로 기차가 지연되는 경우에도 Cloud PNT에서 제공하는 현재 차의 위치, 속도와 기차의 위치, 속도로부터 예상 시간을 계산할 수 있다. 그림에 나타나는 않았지만 차로 목적지에 가는 경우 도착 시간과 기차를 이용하는 경우의 도착 시간을 비교하여 운전자에게 선택하게 할 수도 있을 것이다. 이와 같이 Cloud PNT는 사물 간의 시각 동기, 거리계산, 도착시간 예측, 위치파악, 경로계획 등에 반드시 필요한 기능을 제공할 것이며, 이를 구축하기 위해서는 앞 절에서 소개한 다중 GNSS 처리, 통합 항법 알고리즘 등 다양한 기술의 고른 발전이 요구된다.

IV. 맺는 말

본 고에는 다원화GNSS라 불리는 GNSS의 현황과 이점 그

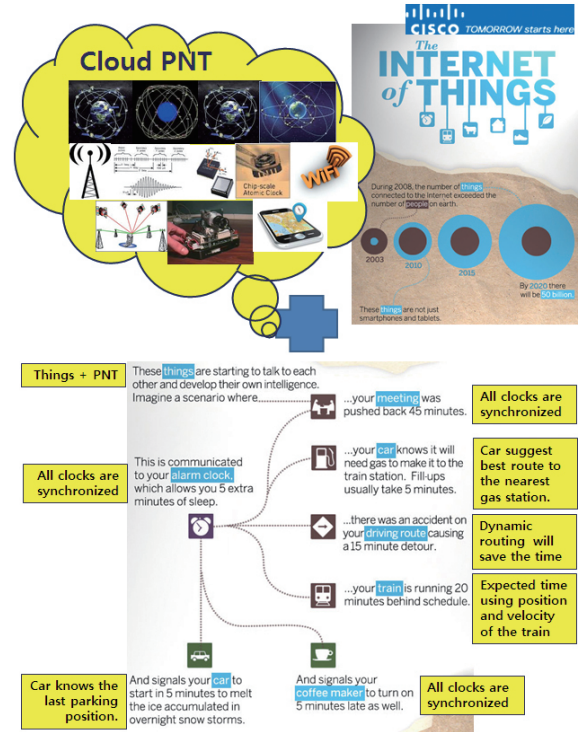


그림 4. Cloud PNT in IOT

리고 문제점에 대해서 설명하고 향후 예견되는 사용자 측면에서의 기술개발 방향에 대해서 요약하였다. 마지막으로 cloud PNT 기법에 대해 전망하고 이와 같은 PNT획득 기술이 IOT와 연계되는 발전방향을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] Monty Graham, "GPS Use in U.S. Critical Infrastructure and Emergency Communications", United States Technical Training Institute, 2012 (<http://www.gps.gov/multimedia/presentations/2012/10/USTTI/gramham.pdf>)
- [2] <http://www.gps.gov/>
- [3] <http://glonass-iac.ru/en/index.php>
- [4] http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation
- [5] <http://en.beidou.gov.cn/index.html>
- [6] http://www.jaxa.jp/projects/sat/qzss/index_e.html
- [7] http://www.isro.gov.in/satellites/navigation_satellites.aspx

- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/GNSS_augmentation
- [9] http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmepage=1&id=95072649
- [10] <http://connection.ebscohost.com/c/articles/1782647/gps-sole-means-risk-analysis-report-raises-dust>
- [11] Groves, Paul D, "Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems", Artech House Publishers, 2013
- [12] Enhanced Loran(eLoran) Definition Document, International Loran Association, 2007 (<http://www.loran.org/ILAArchive/eLoran%20Definition%20Document/eLoran%20Definition%20Document-1,0.pdf>)
- [13] <http://www.mof.go.kr/policyrealnamedetail.do?jsessionId=475B9C934A971AF0669AE9DBF18265E4.node02?id=20>
- [14] <http://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2011-11/eldredge.pdf>
- [15] Groves, Paul D, "The PNT Boom: Future Trends in Integrated Navigation", InsideGNSS, March/April 2013 (<http://www.insidegnss.com/node/3442>)
- [16] 시사경제용어사전, 기획재정부, 2010.11.
- [17] <http://share.cisco.com/internet-of-things.html>

약 력



이 상 정

1979년 서울대학교 전자공학사
 1981년 서울대학교 전자공학석사
 1987년 서울대학교 제어공학박사
 1988년~현재 충남대학교 전자공학과 교수
 1992년~1993년 뉴캐슬대학교 전기공학과 방문교수
 1994년~2002년 (사)GNSS기술협의회 회장
 2010년~현재 국방위성항법특화연구센터 센터장
 관심분야: Robust Control, GNSS



박 찬 식

1984년 서울대학교 제어계측 공학사
 1986년 서울대학교 제어계측 공학석사
 1997년 서울대학교 제어계측 공학박사
 1987년~1997년: 삼성전자 연구원
 1997년~현재 충북대학교 전자공학부 교수
 관심분야: GNSS, PNS, SDR, 미지정수 결정 알고리즘, 오차해석