

RESERAPPORT

Reserapport från CGSIC:s 54:e möte vid ION GNSS+ 2014, Tampa, Florida, USA, 8–12 september 2014

DAN NORIN

Sammanfattning

Det amerikanska satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystemet Global Positioning System (GPS) är i grunden ett militärt system. För informationsutbytet med civila GPS-användare har Civil GPS Service Interface Committee (CGSIC) bildats. Varje år håller CGSIC ett internationellt möte i september som en integrerad del av det stora årliga symposiet ION GNSS+. Det 54:e CGSIC-mötet anordnades i Tampa, Florida, USA, 8–9 september 2014 (figur 1) och det hade totalt samlat runt 180 deltagare. Under mötet hölls en presentation om GNSS-tillämpningar i Sverige (Norin, 2014). Lantmäteriet är svensk kontaktorganisation för CGSIC och var på mötet representerat av undertecknad.



Figur 1: Det 54:e CGSIC-mötet arrangerades på Tampa Convention Center, Florida, USA, 8–9 september 2014. Bild: Dan Norin.

GPS har för närvarande (december 2014) 31 aktiva satelliter. Under det senaste året har fyra GPS-satelliter skjutits upp (alla under 2014), vilket innebär att det inte har skjutits upp så många GPS-satelliter sedan 1993. Detta är delvis ett resultat av att finansieringen av GPS, som haft vissa

åtstramningar de senaste åren, nu ser lite bättre ut. De åtta senaste satelliterna är av modellen block IIF, vilken sänder ut den nya L5-signalen och resterande fyra block IIF-satelliter ska vara uppskjutna 2016. Inga konkreta uppskattningar av tidsramarna för framtida uppskjutningar gavs på mötet. Block III-satelliter, med bl.a. en ny civil signal kallad L1C, har blivit lite försenade och kommer nu att finnas tillgängliga för uppskjutning fr.o.m. 2016.

Det ryska systemet **Glonass** har 24 aktiva satelliter och uppskjutnings-takten av nya kommer mer att styras av behovet. Utvecklingen av nästa satellitmodell fortsätter och i ett första steg har två testsatelliter skjutits upp. I rysk press finns det under december 2014 uppgifter om att de operationella satelliterna av denna nya satellitmodell kommer att bli försenade. I väntan på dessa sägs det att nio satelliter med motsvande kapacitet som de två testsatelliterna ska tillverkas och skjutas upp.

Det europeiska **Galileo** håller på att byggas upp och det har totalt tilldelats 4,93 miljarder euro för EU:s nästa finansiella perspektiv, vilket löper 2014–2020. De två Galileo-satelliter som sköts upp 22 augusti 2014 hamnade i helt fel bana, men genom ett antal manövreringar av den ena satelliten har man nu fått den i en bana där förutsättningar för att den operativt ska kunna användas är mycket bättre. Motsvarande manövreringar planeras för den andra satelliten. En konstellation med 18 satelliter skulle kunna uppnås 2016 och målet är att ha en full konstellation med 30 satelliter till 2020.

Kinas utveckling av ett fullt utbyggt GNSS kallat **BeiDou** fortsätter enligt fastlagda planer. Systemet består i dag av 14 aktiva satelliter, där ett regionalt system med täckning över delar av östra Asien och Pacific-området blev klart 2012 och där tjänsterna tillhandhålls fr.o.m. 2013.

Det japanska tillägssystemet **QZSS** har en satellit och utbyggnaden ska under 2016–2017 forceras, så att en tjänst med ytterligare tre satelliter är klar 2018.

IRNSS är ett indiskt system som ska bli ett oberoende GNSS, men bara med regional täckning. Systemet förväntas bli fullt utbyggt i slutet av 2015 med en konstellation av sju satelliter, där tre hittills har skjutits upp.

1 Bakgrund

Det amerikanska satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystemet GPS¹ är i grunden ett militärt system, men det har sedan många år fått en väldigt bred civil användning över hela världen. För informations-utbytet med civila GPS-användare har kommittén CGSIC² bildats och varje år i september håller kommittén ett internationellt möte.

Vid sidan av GPS behandlas även andra närliggande ämnen vid CGSIC-mötena. Tills för några år sedan togs även statusen för övriga GNSS³ upp, men denna information ges numera i stället direkt under det stora årliga

¹ GPS = Global Positioning System

² CGSIC = Civil GPS Service Interface Committee

³ GNSS = Global Navigation Satellite Systems

symposiet ION⁴ GNSS+ (figur 2), som CGSIC-mötet är en integrerad del av. Denna reserapport är gemensam för 2014 års CGSIC-möte och ION GNSS+ 2014, med aktuell status m.m. för GPS i kapitel 2–3 och status för övriga GNSS i kapitel 4.



Figur 2: Den översiktliga statusen m.m. för samtliga GNSS gavs under en av paneldiskussionerna vid ION GNSS+ 2014. Bild: Dan Norin.

2 Statusen för GPS

GPS ägs av USA:s regering och det utvecklas och förvaltas av flygvapnet inom försvarsdepartementet.

För närvarande (december 2014) har GPS 31 aktiva satelliter och dessutom finns det åtta äldre satelliter i reserv. Under det senaste året har fyra GPS-satelliter skjutits upp (alla under 2014), vilket innebär att det inte har skjutits upp så många GPS-satelliter sedan 1993. Detta är delvis ett resultat av att finansieringen av GPS, som haft vissa åtstramningar de senaste åren, nu ser lite bättre ut.

De åtta senaste satelliterna är av modellen block IIF, vilken sänder ut den nya L5-signalen. L2C-signalen finns med sedan föregående modell (block IIR-M). L5 är främst designad för att möta de ökade kraven vid s.k. safety-of-life-tillämpningar inom bl.a. luftfarten och det starkt skyddade signalbandet ARNS⁵ används. Signalen ger således möjlighet till större tillförlitlighet, men även till utveckling av nya tekniker med en positionsosäkerhet på centimeternivå, liksom till internationell interoperabilitet. L5-signalen kan även hjälpa till att förkorta initialiseringstiden vid RTK⁶-mätning.

Ytterligare fyra block IIF-satelliter finns tillverkade, där samtliga ska vara uppskjutna 2016. Inga konkreta uppskattningar av tidsramarna i övrigt för framtida satellituppskjutningar gavs på mötet. 8 april 2014 inleddes

⁴ ION = Institute Of Navigation

⁵ ARNS = Aeronautical Radio Navigation Services

⁶ RTK = Real Time Kinematic

testsändningar på C-koden med ett nytt förbättrat satellitmeddelande kallat CNAV, som då finns på L2C (och även L5).

Block III-satelliterna, med bl.a. den nya civila signalen L1C, har blivit lite försenade och kommer nu att finnas tillgängliga för uppskjutning fr.o.m. 2016. Med detta block kommer interoperabiliteten med andra GNSS att bli bättre än vad åtkomst av L1 via C/A-koden medger. Man vill dock säkra bakåtkompatibiliteten och det finns idag inga planer på att sluta sända C/A-koden. Tester på en preliminär block III-satellit som inte kommer att skjutas upp är slutförda. Fr.o.m. den nionde block III-satelliten är tanken att resterande satelliter ska skjutas upp två och två.

I tabell 1 finns en sammanställning av alla uppskjutna GPS-satelliter och hur många som fortfarande är i aktiv drift.

Tabell 1: Antalet hittills uppskjutna GPS-satelliter genom tiderna och hur många som är aktiva (december 2014).

Block	Uppskjutningsår	Totalt antal	Antal aktiva
I	1978-1985	11	0
II	1989-1990	9	0
IIA	1990-1997	19	4
IIR	1997-2004	13	12
IIR-M	2005-2009	8	7
IIF	2010-	8	8
Summa	1978-	68	31

Kontrollsegmentet för GPS har moderniserats under de senaste åren och arbetet med det nya operationella kontrollsystemet kallat OCX⁷ fortskrider, men är försenat. Införandet av OCX kommer att ske i flera steg (kallade block) och det första steget som kommer att kunna hantera block III-satelliter med L1C och ge fullt stöd för L2C och L5 är planerat att bli genomfört 2016. Med OCX kommer även antalet satelliter som det teoretiskt är möjligt att använda att öka, då antalet PRN⁸-koder som systemet kan hantera kommer att gå från dagens 32 till troligen 64 stycken.

Informationen vid CGSIC-mötet om statusen för GPS gavs av både *överste Matthew Smitham, vice chef för GPS Directorate* och *överstelöjtnant Todd Benson, befälhavare för 2nd Space Operations Squadron*.

⁷ OCX = Next Generation Operational Control System

⁸ PRN = Pseudo Random Noise

3 Policyfrågor m.m. runt GPS

3.1 TILLGÄNGLIGGÖRANDET AV GPS

Den militära organisation som utvecklar och styr tillverkningen av GPS-systemet (satelliterna, kontrollsystemet samt vissa militära mottagare) heter GPS Directorate och är belägen vid SMC⁹ vid Los Angeles Air Force Base i Kalifornien (figur 3). Nuvarande chefen överste *William T Cooley* har varit chef i två år och kommer att vara det i två år till. Drift och underhåll av systemen sköts däremot av en annan organisation inom flygvapnet kallad 2nd Space Operations Squadron, vilken är belägen vid Schriever Air Force Base i Colorado.



Figur 3: Den militära organisation som utvecklar och styr tillverkningen av GPS-systemet heter GPS Directorate och den tillhör det amerikanska flygvapnet.

Användarsupporten för GPS är uppdelad för olika kategorier av användare i de tre olika organisationerna GPSOC¹⁰, Navigation Center och NOCC¹¹ (figur 4):

- **Militärt:** GPSOC vid Försvarsdepartementet, Flygvapnet, Schriever Air Force Base, 2nd Space Operations Squadron
- **Civilt (marint, markbundet samt även internationellt):** Navigation Center vid Departementet för nationell säkerhet, U.S. Coast Guard
- **Civilflyget:** NOCC vid Transportdepartementet, FAA¹²



Figur 4: Användarsupporten för GPS är uppdelad i tre olika organisationer.

3.2 PNT-POLICYN

På liknande sätt som GNSS har blivit en etablerad term för GPS och liknande satellitsystem, så har PNT¹³ blivit en etablerad benämning för

⁹ SMC = Space and Missile Systems Center

¹⁰ GPSOC = GPS Operations Center

¹¹ NOCC = National Operations Control Center

¹² FAA = Federal Aviation Administration

¹³ PNT = Positioning, Navigation and Timing

tillämpningarna med systemen. Det dokument som beskriver policyn för rymdbaserad PNT i USA heter "2004 U.S. Space-Based PNT Policy" (hädanefter benämnd PNT-policyn) och den är framtagen av National Executive Committee for Space-Based PNT (hädanefter benämnd PNT-kommittén) som bildades samma år som PNT-policyn släpptes (2004).

PNT-kommittén leds av försvars- och transportdepartementen och det är här policybeslut och beslut om underhåll och vidareutveckling av GPS-systemet fattas. Ordförandeskapet delas av viceministrarna för försvars- och transportdepartementen, vilket understryker den vikt som PNT-kommittén har.

Samtliga organisationer som ingår i PNT-kommittén är:

- Försvarsdepartementet
- Transportdepartementet
- Utrikesdepartementet
- Inrikesdepartementet
- Jordbruksdepartementet
- Handelsdepartementet
- Departementet för nationell säkerhet
- JSC¹⁴
- NASA¹⁵

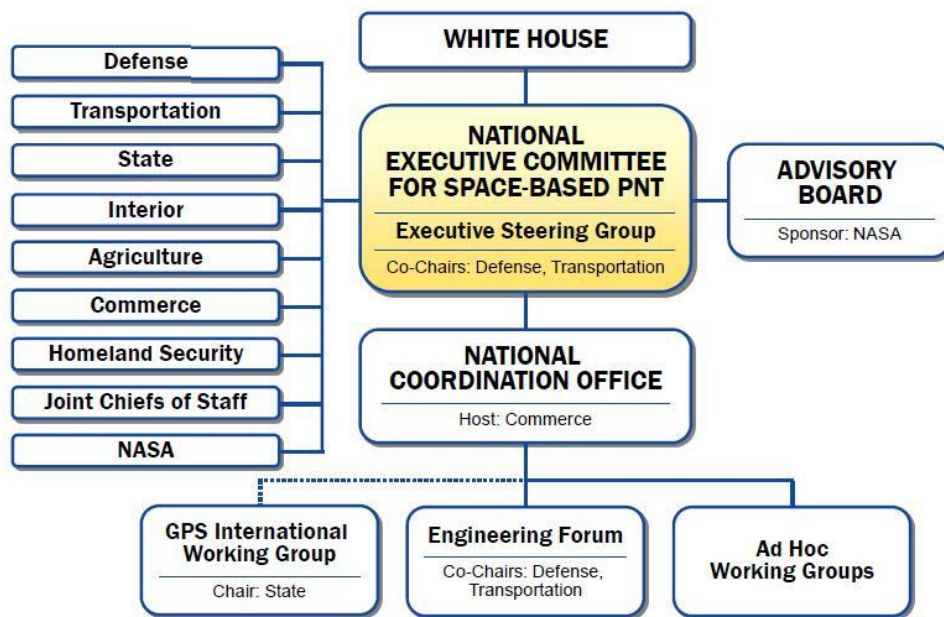
Vidare finns det ett Advisory Board som ger råd till USA:s regering och PNT-kommittén. Advisory Board har inrättats av NASA och består av upp till 25 experter inom olika områden knutna till PNT. Det första mötet hölls 29–30 mars 2007 och det senaste (det trettonde) hölls 10–11 december 2014. Under perioden 2013–2015 ingår 24 personer, men då gruppens ordförande *James Schlesinger, MITRE Corporation* dog 27 mars 2014 är det nu 23 personer. Tillförordnad ordförande är *Bradford Parkinson, Stanford University* och två i gruppen är européer (en från Norge och en Schweiz) och fyra till är icke-amerikaner.

Den som vid CGSIC-mötet presenterade det arbete som pågår inom PNT-kommittén var *Jason Kim, Senior Advisor vid NCO*¹⁶. NCO fungerar som ett PNT-sekretariat och det har till uppgift att i den löpande verksamheten stödja PNT-kommittén samt att vara den organisation som svarar på frågor om PNT-policyn (figur 5). Under en tid har NCO (PNT-sekretariatet) saknat både chef och vice chef, men chefskapet innehas nu av den tidigare vicechefen *Harold W Martin III*.

¹⁴ JSC = Joint Chiefs of Staff (den kommitté som består av försvarsgrenscheferna i den amerikanska försvarsmakten)

¹⁵ NASA = National Aeronautics and Space Administration

¹⁶ NCO = National Coordination Office for Space-Based PNT



Figur 5: Organisationen runt PNT-kommittén. Bild: www.gps.gov.

Andra policydokument och dylikt vid sidan av PNT-policyen som berör PNT är:

- **National Space-Based PNT Strategy** är ett strategidokument som tas fram av PNT-kommittén. Det implementerar visionen i PNT-policyen.
- **Five-Year National Space-Based PNT Plan** är en femårig plan som tas fram av PNT-kommittén. Den verkställer innehållet i PNT-policyen och ska bygga på PNT-strategin nämnd ovan. Den släpptes i en första versionen 2007 och ska uppdateras årligen för att ge information om planerade behov av PNT-tjänster, internationell samverkan samt investeringar inom olika myndigheter (och även innehålla budgetuppgifter).
- **National Space Policy** är ett policydokument som beskriver USA:s alla rymdaktiviteter. Policyen fastslogs av president Obama i juni 2010 och berör PNT en hel del. Den fastslår bl.a. att USA ska behålla sin ledande position inom GNSS-området och att signalerna från GPS ska vara tillgängliga utan kostnad.
- **National IDM¹⁷ Plan** är en plan från 2007 som klargör möjligheterna att kunna identifiera källor som kan störa GPS och hur effekterna kan mildras. I sammanhanget har ett system kallat Patriot WatchTM skapats för att hitta, analysera och informera om störningar.
- **Den federala radionavigeringsplanen** är den officiella källan för policyen för radionavigering i USA. Den senaste versionen är från 2012, men arbetet med 2014 års version pågår. I detta arbete diskuteras ett beslut om den tidigare angivna intentionen att kodlös åtkomst av L2-signalen ska upphöra i december 2020.

¹⁷ IDM = Interference Detection and Mitigation

Webbaserad information om GPS, CGSIC och PNT-kommitténs arbete finns sedan 2012 samlad på www.gps.gov (Figur 6). NCO (PNT-sekretariatet) ansvarar för informationen, medan NOAA¹⁸ driver själva webbplatsen.



Figur 6: Information om GPS, CGSIC och PNT-kommitténs arbete finns på hemsidan på www.gps.gov.

3.3 INTERNATIONELL SAMVERKAN

Utrikesdepartementet ansvarar för USA:s internationella samverkan inom PNT-området. Vid CGSIC-mötet poängterade *Ray Clore, Utrikesdepartementet, Office of Space and Advanced Technology*, att USA uppmuntrar såväl civil användning av GPS världen över som utveckling av egna stödsystem och tjänster kring GPS. Det betonas att kompatibilitet mellan olika GNSS är ett minimikrav och att interoperabilitet eftersträvas.

Ett par begränsande saker från amerikanskt håll kan dock noteras. En ny lag från december 2013 gör det svårt för andra stater att kunna sätta upp kontrollstationer för något GNSS på amerikansk mark. Efter CGSIC-mötet har vidare FCC¹⁹ kommit med ett förslag som kan komma att leda till att det behövs tillstånd för användning av utländska GNSS-signaler i USA, men vart detta leder återstår att se. USA är även generellt negativt inställda till användningen av pseudoliter, som man ser som ett stort hot.

- **EU²⁰:** 2004 undertecknades en överenskommelse mellan GPS och Galileo om bl.a. en gemensam civil signal på L1. Efter att Europeiska rådet slutligen i december 2011 bekräftade att överenskommelsen är gällande så här flera möten hållits.
- **Ryssland:** Diskussioner mellan USA och Ryssland pågår kontinuerligt.
- **Kina:** Möten har hållits även tidigare, men det första större bilaterala mötet om samarbete hölls 19 maj 2014 i Peking. Ett ämne som var uppe till diskussion var störsändare av GPS, som i stor utsträckning tillverkas i Kina.
- **Japan:** Det hålls årliga möten i positiv anda, det senaste i maj 2014.
- **Indien:** Samverkan har återupptagits och några möten har hållits under de senaste två åren.

¹⁸ NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration

¹⁹ FCC = Federal Communications Commission

²⁰ EU = Europeiska Unionen

För att stärka utvecklingen och främja användningen av GNSS, särskilt i utvecklingsländer, har ICG²¹ bildats, se vidare om ICG på www.unoosa.org/oosa/en/SAP/gnss/icg.html. Kommittén blir allt viktigare för det multilaterala samarbetet och den har sitt ursprung i den tredje FN²²-konferensen om "Exploration and Peaceful Uses of Outer Space" som hölls 1999. I kommittén ingår stater som tillhandahåller GNSS, andra medlemsstater i FN och olika internationella organisationer. Sedan 2006 har nio möten hållits och det senaste mötet hölls i Prag, Tjeckien, 9-14 november 2014 (Lilje, 2014). Nästa ICG-möte kommer att hållas i Boulder, Colorado, USA, 10-14 november 2015.

3.4 WAAS

WAAS²³ är ett amerikanskt satellitbaserat stödsystem för GPS (s.k. SBAS²⁴), som sänder ut GPS-data från geostationära satelliter på en GPS-liknande signal. WAAS används främst för flygtillämpningar och har varit helt operationellt sedan juli 2003.

Deane Bunce, Transportdepartementet, FAA, kunde vid CGSIC-mötet informera om att WAAS använder 38 referensstationer, vilket det gjort sedan 2007. Referensstationerna är belägna inom USA, Mexico och Canada. Tre geostationära satelliter används för att sända ut data. Dessa är belägna på 133° W, 107° W samt 98° W och avtal för dem finns t.o.m. 2016 respektive 2018. En ny geostationär satellit som beräknas att bli uppskjuten i slutet av 2015 kommer att bli tillgänglig för WAAS under 2017.

Utvecklingen för en övergång till tvåfrekvensmätningar med L1/L5 pågår och beräknas bli operationellt runt 2021.

3.5 NDGPS

Transportdepartementet ansvarar tillsammans med U.S. Coast Guard och Army Corps of Engineers för NDGPS²⁵, som är en amerikansk DGPS²⁶-tjänst där korrekktionerna sänds ut från fasta referensstationer via radiosändare. *James Arnold, transportdepartementet, Office of the Secretary of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, gav vid CGSIC-mötet en statusrapport för tjänsten som sedan starten 1998 har byggts ut till nästan nationell täckning.*

Efter några år med problem med finansieringen ser den nu lite stabilare ut för både drift och uppdatering av utrustning. Av de 85 referensstationerna har dock 4 tagits ur drift och ytterligare 15 är under översyn.

4 Status för övriga GNSS

4.1 STATUSEN FÖR GLONASS

Det ryska federala Glonass-programmet innehåller budgetuppgifter och gällande version löper under åren 2012-2020. Finansieringen för fortsatt

²¹ ICG = International Committee on GNSS

²² FN = Förenta Nationerna

²³ WAAS = Wide Area Augmentation System

²⁴ SBAS = Satellite Based Augmentation System

²⁵ NDGPS = Nationwide Differential Global Positioning System

²⁶ DGPS = Differential Global Positioning System

utveckling och drift ser således stabil ut och den kommer från både Russian Space Agency och ryska försvarsdepartementet. Ryssland påtalar ofta att de civila tjänsterna är fritt tillgängliga globalt och att Glonass är prioriterat.

Utvecklingen av nästa satellitmodell efter Glonass-M som heter Glonass-K fortsätter. Det första steget var tänkt att omfatta två testsatelliter som sköts upp 26 februari 2011 och 30 november 2014. Modellen för dessa bägge testsatelliter kallas Glonass-K1. Satelliten som sköts upp 30 november 2014 kommer att ersätta en aktiv Glonass-M-satellit i mitten av 2015. Den senaste uppskjutningen av en Glonass-M-satellit skedde 14 juni 2014 och fler kommer att skjutas upp, där det under 2015–2016 nämns upp till nio nya Glonass-M-satelliter.

Att interoperabiliteten mellan olika GNSS är viktig påtalas ofta. I linje med detta sänder Glonass-K1-satelliterna förutom signalerna L1 och L2 även ut en helt ny signal kallad L3. Emedan L1- och L2-signalerna sänds ut med s.k. frekvensåtskillnad (FDMA²⁷), så sänds L3-signalen ut med s.k. kodåtskillnad (CDMA²⁸), som GPS använder för samtliga signaler. För de operationella satelliterna (modellen kommer att kallas Glonass-K2) kommer L1- och L2-signalerna att sändas ut med både frekvensåtskillnad och kodåtskillnad. Glonass-K2 kommer dock att bli försenat och som en orsak till det nämns exportrestriktionerna till Ryssland från västvärlden. Så under december 2014 finns det uppgifter i rysk press om att ytterligare nio Glonass-K1-satelliter kommer att tillverkas och skjutas upp före den första Glonass-K2-satelliten.

Uppskjutningstakten av kommande satelliter kommer att styras av behovet och från 2014 sänder även de nya Glonass-M-satelliter ut L3-signalen. Annars blir kvaliteten på Glonass-signalerna allt bättre med de moderniseringar av systemet som har genomförts och närmar sig den för GPS. De fortsatta förbättringarna som planeras rör bl.a. en utbyggnad av kontrollstationer på flera håll i världen. Man har också börjat titta på att ha en signal i L5-bandet.

Sammanfattningsvis har Glonass i dag (december 2014) 24 aktiva satelliter, 3 satelliter i reserv och 2 testsatelliter (av modellen Glonass-K1).

4.2 STATUSEN FÖR GALILEO

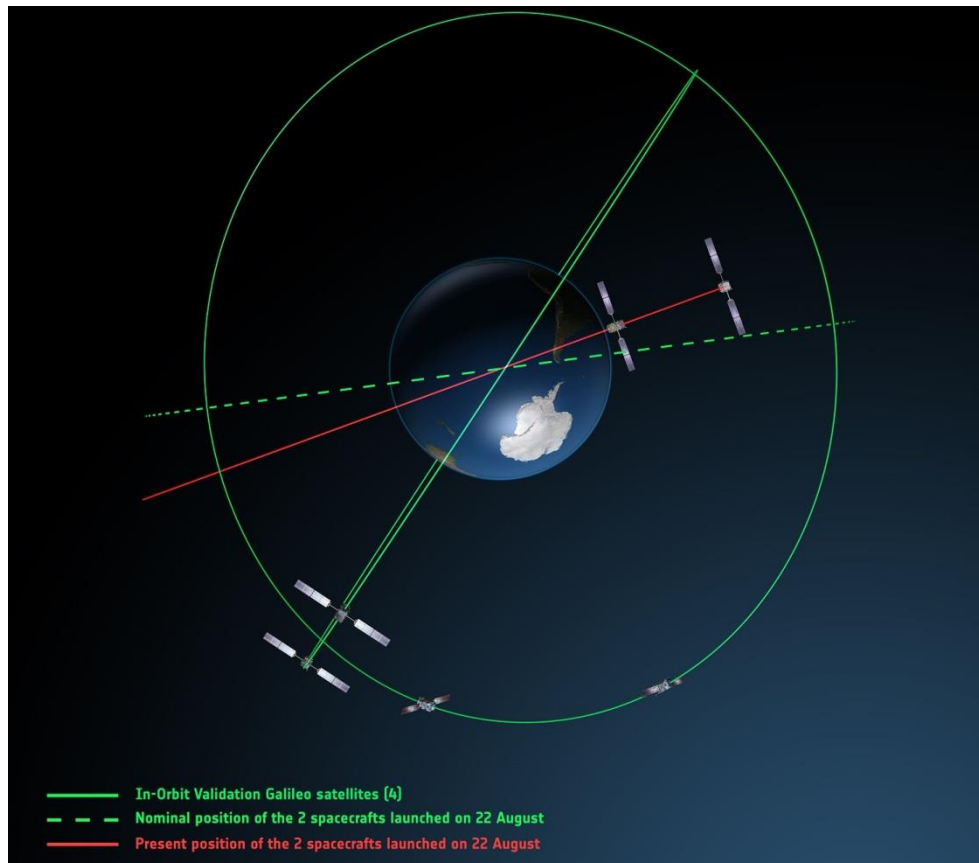
Den försenade uppbyggnaden av det europeiska Galileo har innefattat två testsatelliter (Giove-A och Giove-B) och fyra s.k. IOV²⁹-satelliter (uppskjutna i två omgångar 21 oktober 2011 och 12 oktober 2012). Av de fyra IOV-satelliterna, som kommer att fungera som fullt operativa satelliter, är tre för närvarande i full funktion. IOV-satelliterna opereras från de två markstationerna i Oberpfaffenhofen i Tyskland och Fucino i Italien. Oberpfaffenhofen sköter kontroll och banpositionering av satelliterna, medan Fucino står för själva signalhanteringen.

²⁷ FDMA = Frequency Division Multiple Access

²⁸ CDMA = Code Division Multiple Access

²⁹ IOV = In Orbit Validation

De två första FOC³⁰-satelliterna sköts slutligen upp 22 augusti 2014. En frusen bränsleslang orsakade dock under uppskjutningen en misstänkning av en motor för attitydkontrollen, vilket ledde till att satelliterna hamnade i helt fel bana. Banan blev alldeles för elliptisk och med för låg inklination (figur 7). Genom ett antal manövreringar av den ena satelliten under november 2014, har man nu fått den i en mindre elliptisk bana, där förutsättningar för att den operativt ska kunna användas är mycket bättre. Motsvarande manövreringar planeras för den andra satelliten.



Figur 7: De två Galileo-satelliter som sköts upp från Kourou i Franska Guyana 22 augusti 2014 hamnade i en alldeles för elliptisk bana med för låg inklination. Bild: European Space Agency (ESA).

Planen är nu att återuppta uppskjutningarna under 2015, där i varje fall den tidigare avsikten var att göra en uppskjutning varje kvartal. Efter fyra uppskjutningar med ryska Soyuz-raketer (åtta satelliter) planeras en uppskjutning med en fransk Ariane 5-raket, vilken kan ta fyra Galileo-satelliter. En konstellation med 18 satelliter skulle då kunna uppnås 2016. Därefter finns kontrakt för uppskjutning av ytterligare åtta satelliter via två Ariane 5-uppskjutningar.

En full konstellation med 30 satelliter är mer osäker och omfattas av EU:s nästa finansiella perspektiv. Den 11 december 2013 fastslogs det dock att Galileo-programmet ska få totalt 4,93 miljarder euro för detta perspektiv, vilket löper 2014–2020. Målet är att ha en full konstellation till dess och

³⁰ FOC = Full Operational Capability

under tiden fram dit kommer det att vara vissa begränsningar i Galileos tjänster.

4.3 STATUSEN FÖR BEIDOU

Kinas utveckling av ett fullt utbyggt GNSS kallat BeiDou fortsätter enligt fastlagda planer. Den formella versionen (version 1.0) av BeiDous ICD³¹ släpptes 27 december 2012 och i december 2013 släpptes version 2.0 med information om B2-signalen. BeiDou är uppdelat i tre steg:

- **Steg 1:** Ett regionalt demonstrationssystem utvecklades under åren 1994–2000, där fyra experimentsatelliter sköts upp 2000–2007.
- **Steg 2:** Ett regionalt operativt system med täckning över delar av östra Asien och Pacific-området färdigställdes 2012 och tjänsterna tillhandhålls fr.o.m. 2013. Under åren 2007–2012 sköts 16 satelliter upp (5 satelliter i global bana, 6 geostationära satelliter och 5 geosynkrona satelliter med inklinering). Den äldsta satelliten från 2007 (går i global bana) är dock bara en testsatellit och den äldsta geostationära satelliten från 2009 är ur drift.
- **Steg 3:** Ett globalt system med 35 satelliter ska vara klart 2020. Det kommer att bestå av 27 satelliter i global bana, 5 geostationära satelliter och 3 geosynkrona satelliter med inklinering. Uppskjutningar av satelliterna kommer att påbörjas under 2015 och de kommer att tillverkas i 4–5 olika generationer.

Det färdiga regionala systemet har påvisat god prestanda och används redan på bred front i t.ex. bilnavigatorer och mobiltelefoner i Kina. Ett nationellt nät av fasta referensstationer för både DGPS och RTK kallat NDBDS³² håller på att byggas upp. Det har också skett en markant ökning av de internationella aktiviteterna, inklusive överläggningar med andra stater.

4.4 STATUSEN FÖR QZSS

Någon mer japansk QZSS³³-satellit har inte skjutits upp efter den första som sköts upp 11 september 2010 (geosynkron satellit med inklinering). QZSS är inte ett separat system, utan är ett tilläggsystem som ska "bättra på" GPS-konstellationen i Japan med omkringliggande områden. Planerna är efter den lyckade starten att forcera utbyggnaden under 2016–2017 och att 2018 ha en tjänst klar med ytterligare tre satelliter (en geostationär satellit och två geosynkrona satelliter med inklinering). En slutlig konstellation kan längre komma att bestå av sju satelliter.

4.5 STATUSEN FÖR IRNSS

IRNSS³⁴ är ett indiskt system som ska bli ett oberoende GNSS, men bara med regional täckning över Indien med omnejd. Systemet förväntas bli fullt utbyggt i slutet av 2015 med en konstellation av sju satelliter (tre geostationära satelliter och fyra geosynkrona satelliter med inklinering). Tre satelliter har hittills skjutits upp, vilket skett under 2013–2014.

³¹ ICD = Signal In Space Interface Control Document

³² NDBDS = National Differential BeiDou Satellite Navigation System

³³ QZSS = Quasi-Zenith Satellite System

³⁴ IRNSS = Indian Regional Navigation Satellite System

5 CGSIC

5.1 AKTUELLT INOM CGSIC

Det civila inflytandet över GPS sker främst via USA:s transportdepartement och för informationsutbytet med civila GPS-användare har CGSIC bildats. CGSIC handhas av Navigation Center, vars huvudsakliga uppgift är att ge civilt användarstöd till i första hand den marina navigations- och transportsektorn, jämför avsnitt 3.1 och figur 4. Navigation Center ligger dock administrativt inte under transportdepartementet, utan under U.S. Coast Guard inom departementet för nationell säkerhet.

CGSIC arrangerar ett årligt möte som en integrerad del av den årliga konferensen ION GNSS+ och det finns fyra underkommittéer som även håller egna möten:

- **International Information Subcommittee (IISC³⁵)**
- **Surveying, Mapping and Geosciences Subcommittee**
- **Timing Subcommittee**
- **U.S. States and Local Government Subcommittee**

Underkommittén IISC verkar bl.a. för att främja internationellt utbyte av information om olika GNSS. IISC anordnar vanligtvis ett årligt europeiskt möte samt möten i Asien och Australien/Oceanien. Det senaste europeiska mötet hölls i London, men det var så pass länge sedan som 28 november 2011.

Lantmäteriet är svensk kontaktorganisation för både CGSIC och IISC.

Bemanningen inom CGSIC följer mönstret att ordföranden representerar transportdepartementet, medan vice ordföranden och verkställande sekreteraren kommer från Navigation Center. Dessutom finns det en vice ordförande från någon organisation utanför USA. Den aktuella bemanningen för dessa fyra poster inom CGSIC är:

- **Ordförande:** *Karen Van Dyke, transportdepartementet, Office of the Secretary of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology*
- **Vice ordförande:** *Captain William Burns, departementet för nationell säkerhet, U.S. Coast Guard, Navigation Center*
- **Verkställande sekreterare:** *Rick Hamilton, departementet för nationell säkerhet, U.S. Coast Guard, Navigation Center*
- **Internationell vice ordförande:** *John Wilde, DW International, Winchfield, Storbritannien*

Aktuell bemanning i underkommittéerna är:

- **Ordförande i IISC:** *John Wilde, DW International, Winchfield, Storbritannien*
 - **Regional vice ordförande i IISC för Europa:** *František Vejražka, Czech Technical University, Prag, Tjeckien*
 - **Regional vice ordförande i IISC för Asien:** *Hiroshi Nishiguchi, Japan GPS Council, Tokyo, Japan*

³⁵ IISC = International Information Subcommittee

- **Regional vice ordförande i IISC för Australien/Oceanien:**
Keith McPherson, Airservices Australia, Canberra, Australien
- **Regional vice ordförande i IISC för Nordamerika:** *Mike Swiek, U.S. GPS Industry Council*
- **Ordförande i Surveying, Mapping and Geosciences Subcommittee:** *Giovanni Sella, handelsdepartementet, NOAA, NGS³⁶*
- **Ordförande i Timing Subcommittee:** *Włodzimierz Lewandowski, BIPM³⁷, Paris, Frankrike*
- **Ordförande i U.S. States and Local Government Subcommittee:**
James Arnold, transportdepartementet, Office of the Secretary of Transportation, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology

5.2 ALLMÄNT OM DET 54:E CGSIC-MÖTET

Det 54:e CGSIC-mötet hölls på Tampa Convention Center i Tampa, Florida, USA, 8–9 september 2014 (figur 8–9), medan 2013 års möte hölls i Nashville, Tennessee (Wiklund, 2013). Årets möte hade totalt samlat runt 180 deltagare, där många var internationella och övriga kom från olika departement, myndigheter och organisationer i USA.



Figur 8: Det 54:e CGSIC-mötet hölls på Tampa Convention Center, Florida, USA, 8–9 september 2014, vilket var i samma lokaler som hela ION GNSS+ 2014 hölls i. Bild: Dan Norin.

Powerpoint-presentationerna från mötet finns utlagda på www.gps.gov/cgsic/meetings/2014.

Under mötets första dag hölls parallella sessioner för de fyra underkommittéerna. Mötet öppnades andra mötesdagen av CGSIC:s ordförande, som även tackade Navigation Center för anordnandet av mötet. Därefter gick CGSIC:s vice ordförande i genom agendan för dagen.

³⁶ NGS = National Geodetic Survey

³⁷ BIPM = Bureau International des Poids et Mesures (internationella byrån för vikt och mått)

Under denna andra dag gavs främst presentationer kring policy, status och framtidsplaner för GPS (se kapitel 2 och 3 om detta). De fyra underkommittéerna lämnade även korta rapporter denna dag.

Sedan 2012 finns all webb-baserad information om CGSIC på www.gps.gov. Det ska dock sägas att Navigation Center fortsätter att handha CGSIC och att ge den civila operationella användarsupporten för GPS.



Figur 9: Tampa, där 2014 års CGSIC-möte hölls, är beläget där Hillsborough-floden rinner ut i Tampabukten. Bild: Dan Norin.

5.3 INTERNATIONAL INFORMATION SESSION

Sessionen för underkommittén IISC vid årets CGSIC-möte hade samlat ca 60 åhörare. Ingen av presentationerna behandlade status m.m. för något enskilt GNSS, utan de belyste diverse GNSS-aspekter i olika delar av världen. I en av presentationerna redogjorde *Dan Norin, Lantmäteriet*, för svenska GNSS-tillämpningar och SWEPOS (Norin, 2014). SWEPOS är det svenska nätet av fasta referensstationer för GNSS. Bland övriga presentationer kan *Sharafat Gadimovas* presentation av ICG nämnas och *Charles Curry, Chronos Technology Ltd*, berättade om automatisk detektering av störsändare av GPS. Han behandlade även fordonsburen GPS-användning, där störningar har studerats i ett brittiskt projekt som heter SENTINEL³⁸.

5.4 SURVEYING, MAPPING AND GEOSCIENCES SESSION

Sessionen för underkommittén Surveying, Mapping and Geosciences Subcommittee är bl.a. ett forum för frågor som rör fasta referensstationer. Vid tiden för årets CGSIC-möte (september 2014) fanns det 2035 referens-

³⁸ SENTINEL = GNSS Services Needing Trust In Navigation, Electronics, Location & timing

stationer i det nordamerikanska (huvudsakligen USA) nätet som kallas CORS³⁹ Network, vilket är en ökning med 90 stationer under det senaste året. Nätet förvaltas av NOAA och dess NGS, även om de själva bara äger ett fåtal av stationerna. Nätet används främst för efterberäkningstillämpningar samt tjänster kopplade till den automatiska beräkningstjänsten OPUS⁴⁰, vilken haft ca 8 000 beställningar på åtta år. Den nyligen lanserade speciella tjänsten OPUS-Projects klarar av nätutjämnning. Det går även att från arkivet beställa rådatafiler fr.o.m. 1994.

NGS har tagit fram en ny tioårig strategisk plan, i vilken målet är att det nationella höjdsystemet NAVD 88⁴¹ och det nationella referenssystemet NAD 83⁴² ska bli utbytt år 2022 (NGS, 2013). Kopplat till detta arbete har man tagit fram några videor om geodetiska referenssystem, vilka finns på https://www.youtube.com/playlist?list=PLsyDl_aqUTdFY6eKURmiCBBk-mP4R10Dx.

I USA finns det många nätverks-RTK-tjänster, både privata och statliga. Företaget eGPS Solutions driver en tjänst i Georgia och Florida. De erfarenheter eGPS Solutions har från att bygga upp referensstationsnätet och tjänsten sammanfaller mycket med svenska erfarenheter från uppbyggnaden av SWEPOS. Det delstatliga transportdepartementet i Florida har också en tjänst. Under det senaste året har man satsat 1,4 miljoner dollar på uppgraderingar av systemet.

NRCAN⁴³ i Kanada har en beräkningstjänst med global täckning som använder PPP⁴⁴-tekniken och som har mycket stor användning. Under 2013 gjordes ca 350 000 beställningar.

5.5 TIMING SESSION

Sessionen för underkommittén Timing Subcommittee vid årets CGSIC-möte diskuterade bl.a. tidsskalor. Den senaste skottsekunden för UTC⁴⁵ infördes 30 juni 2012, vilket gör att tidsskillnaden mellan UTC och internationell atomtid, TAI⁴⁶, är 35 sekunder. Då skottsekunder medför problem i en hel del tillämpningar har det ända sedan år 2000 diskuterats om UTC ska upphöra med att tillämpa sådana. Diskussionerna runt ett förslag att genomföra detta har blivit utdragna, då vissa konservativa stater motsätter sig en förändring. Förhoppningen är att ett beslut ska fattas vid nästa "World Radiocommunication Conference" (WRC-15), som hålls 2-27 november 2015 i Geneve, Schweiz. CGSIC har även skrivit en resolution till ITU⁴⁷ om att stödja ett sådant beslut.

Det enda GNSS som har en tidsskala som följer UTC är Glonass, men med vissa problem. Tidsskalorna för Galileo, QZSS och IRNSS följer GPS-tid, vilken har 19 sekunders skillnad mot TAI (figur 10). Tidsskalan för BeiDou

³⁹ CORS = Continuously Operating Reference Station

⁴⁰ OPUS = Online Positioning User Service

⁴¹ NAVD 88 = North American Vertical Datum of 1988

⁴² NAD 83 = North American Datum of 1983

⁴³ NRCAN = National Resources Canada

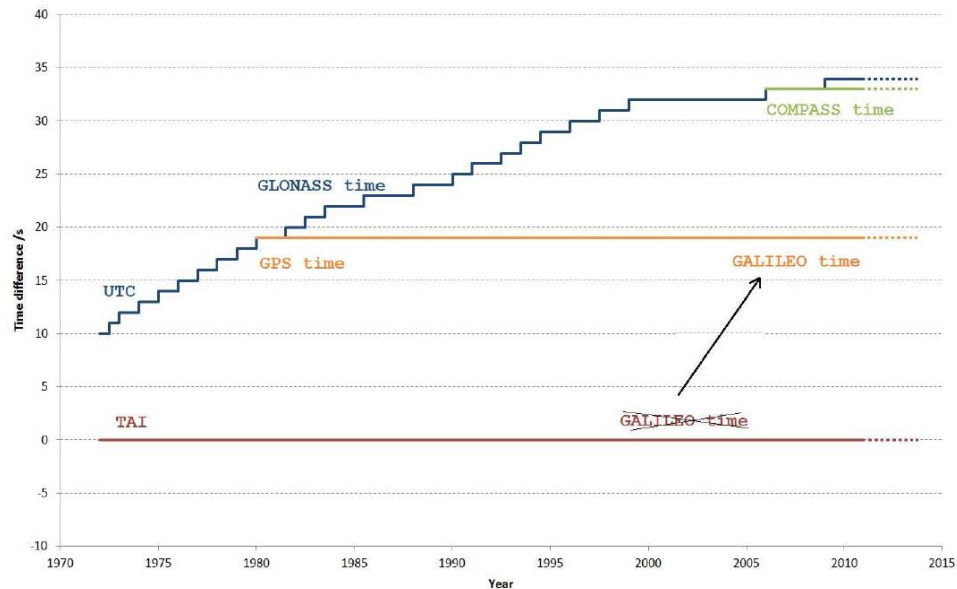
⁴⁴ PPP = Precise Point Positioning

⁴⁵ UTC = Coordinated Universal Time

⁴⁶ TAI = International Atomic Time

⁴⁷ ITU = International Telecommunication Union

har 33 sekunders skillnad mot TAI. Synkroniseringen av tidsskalorna har blivit bättre.



Figur 10: Illustration av relationerna mellan de olika tidsskalorna. Observera att den senast införda skottsekunden för UTC saknas, så skillnaden mellan UTC och TAI är nu 35 sekunder. Bild: Włodzimierz Lewandowski, BIPM.

5.6 STATES AND LOCAL GOVERNMENT SESSION

Sessionen för underkommittén U.S. States and Local Government Subcommittee vid årets CGSIC-möte behandlade sedvanligt amerikanska frågeställningar. Det senaste egna mötet hölls 6 juni 2014 i Baltimore, Maryland.

6 Noteringar från ION GNSS+ 2014

Symposiet ION GNSS+ 2014 hölls på Tampa Convention Center i Tampa, Florida, USA, 8-12 september 2014, vilket var 27:e året i rad som ION:s satellitdivision arrangerade detta världsledande internationella tekniska GNSS-möte. Symposiet hade samlat 1080 anmälda deltagare från 35 olika länder från världens alla sex världsdelar.

Från Lantmäteriet deltog Dan Norin och Martin Håkansson. Övriga svenska deltagare var Robert Lundin (Rymdstyrelsen), Magnus Persson (Sony Mobile Communications) samt Bo Gustafson (Datagrid). Från övriga nordiska länder fanns det tio anmälda från Norge (varav en från Kartverket), sju från Finland (varav en från geodetiska institutet) samt två från Danmark.

ION GNSS+ 2014 inleddes de två första dagarna med CGSIC-mötet och den andra dagen hölls även inledningssessionen. Den tredje till den femte dagen hölls parallella sessioner med presentationer. Under dessa dagar hölls även paneldiskussioner, vilka bl.a. behandlade statusen för och utvecklingen av olika GNSS (se kapitel 2 och 4 om detta).

På mässan som hölls under symposiet deltog 58 utställande företag och organisationer (figur 11). Det innebär att antalet utställare hade sjunkit med hela 16 stycken sedan förra årets symposium, vilket är lite oroande för arrangörerna. Rörande GNSS-instrumenttillverkarna, så brukar Leica Geosystems och Javad ha stora monstrar, men de saknades nu helt. Trimble och Topcon Positioning Systems hade små monstrar utan direkt inriktning mot surveyingområdet. Datagrid med svensk anknytning hade en monter.



Figur 11: ION GNSS+ 2014 hölls på Tampa Convention Center, Florida, USA, 8–12 september 2014. Mässan som hölls under symposiet hade samlat 58 utställande företag och organisationer. Bild: Dan Norin.

Med framförandena vid paneldiskussionerna undantagna så hölls sammanlagt 276 presentationer under symposiet och många var intressanta. Då arrangörerna hade fått in många abstracts, ca 640 stycken, var man tvungna att gallra hårt bland dem. Lantmäteriet medverkade inte med någon presentation i år, vilket man gjort under två av de tre senaste åren. 2011 höll Gunnar Hedling presentationen "Error sources in network RTK" (Emardson et al., 2011) och 2012 höll Dan Norin presentationen "Test of RTCM⁴⁸ Version 3.1 Network RTK Correction Messages (MAC) in the Field and on Board a Ship for Uninterrupted Navigation" (Norin et al., 2012).

Ingen presentation vid årets symposium var svensk. Däremot var svensken Robert Odolinski, som har doktorerat vid Curtin University i Australien, försteförfattare för en artikel (Odolinski et al., 2014) där den muntliga presentationen gjordes av professorn vid universitetet (Peter J G Teunissen). Den påvisade de möjliga fördelarna som finns med att kombinera GPS, BeiDou, Galileo och QZSS vid RTK-mätning, även med långt avstånd till referensstationen. Presentationen blev även utsett till den bästa presentationen i den session där den hölls. Generellt behandlade många presentationer under symposiet möjligheten att kombinera flera GNSS.

⁴⁸ RTCM = Radio Technical Commission for Maritime Services

Andra vanliga ämnen under presentationerna var jonosfären och PPP i olika former. PPP bygger på att beräknade banddata, satellitklockkorrektioner, jordrotationsparametrar m.m. samt korrektioner för fördröjningar genom atmosfären sänds till mottagaren via geostationära satelliter eller via mobilt Internet. PPP ger en något högre mätosäkerhet än vanlig RTK och kräver en konvergenstid, men har fördelen att det inte alls behövs ett så tätt nät av referensstationer samt att korrektionerna tar mycket mindre plats än vanliga RTK-korrektioner. Användning av positioneringstjänster baserade på PPP i Sverige är inte så vanlig delvis beroende på vi ligger så långt norrut och att geostationära satelliter då ligger nära horisonten och lätt blir skymda. Ett flertal presentationer tog upp hur PPP kan förbättras genom fullständigare lösning av periodobekanta, vilket gör att tekniken närmar sig RTK. Många olika benämningar för detta används (PPPAR, PPP-AR, PPPRTK, PPP-RTK, PPP-AR(RTK) m.m.), där AR står för Ambiguity Resolution (lösning av periodobekanta).

Simon Banville, NRCAN, Canadian Geodetic Survey, diskuterade ytterligare en förbättring till PPP-lösningen, nämligen att inkludera extra information om jonosfären baserad på närliggande fasta referensstationer. I indata skulle även mätdata från användare av en PPP-tjänst kunna ingå i ett samarbetskoncept.

Trimble och Leica Geosystems hade två presentationer vardera (en av Trimblepresentationerna gavs via Trimbleägda Spectra Precision), medan Topcon Positioning Systems inte hade med någon. Samtliga dessa tre instrumentleverantörer medverkade även i några av paneldiskussionerna.

Joe Sass, Spectra Precision (som ägs av Trimble) ersatte en ryss som inte fick visum till USA och presentationen handlade om att kombinera olika GNSS. Slutsatsen vara att "the GNSS world is not GPS-centric anymore". Tidigare var GPS det viktiga systemet vid RTK-mätning med flera GNSS, men nu kan övriga system användas på ett helt annat vis. I presentationen visades ett exempel på RTK mätning med 2+2+2 satelliter (GPS + Glonass + BeiDou). Han tryckte på att vägen till att optimalt kunna använda alla GNSS går via RTCM-formatet och dess version 3.2 med MSM⁴⁹.

X Luo, Leica Geosystems, visade exempel på RTK-mätning med bara Glonass-satelliter respektive med bara BeiDou-satelliter.

En annan sak som diskuterades flitigt i flera presentationer m.m. var behovet av "authentication" av GNSS-signaler. Ett lämpligt svenskt ord för detta skulle riktighetsbekräftelse kunna vara, dvs. riktighetsbekräftelse av att mottagna GNSS-signaler är de man tror de är.

7 Nästa CGSIC-möte

Nästa CGSIC-möte, det 55:e, kommer även det att hållas i Tampa, Florida, 14-15 september 2015 som en integrerad del av ION GNSS+ 2015, vilket hålls 14-18 september 2015.

Nästa europeiska IISC-möte är inte inplanerat.

⁴⁹ MSM = Multiple Signal Messages

8 Slutord

GNSS och PNT har en bred användning inom Sverige och då utvecklingen inom området är snabb finns det ett stort informationsbehov om systemen m.m. Deltagande i CGSIC-mötena/ION GNSS+ ger möjlighet att få informationen direkt från "källan". Mötena ger även en möjlighet till ett brett kontaktnät och tillfälle att föra ut svenska GNSS-tillämpningar.

9 Referenser

Emardson R, Jarlemark P, Johansson J, Bergstrand S, Hedling G (2011): Error Sources in Network RTK. ION, ION GNSS 2011, 19-23 september 2011, s. 2175-2178, Portland, Oregon, USA.

Lilje M (2014): The ninth meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems (ICG-9). FIG⁵⁰, reserapport, Gävle.

NGS (2013): The National Geodetic Survey ten-year strategic plan 2013-2023 - positioning America for the future. NGS, Silver Spring, Maryland, USA.

Norin D, Sunna J, Lundell R, Hedling G, Olsson U (2012): Test of RTCM Version 3.1 Network RTK Correction Messages (MAC) in the Field and on Board a Ship for Uninterrupted Navigation. ION, ION GNSS 2012, 17-21 september 2012, s. 1147-1157, Nashville, Tennessee, USA.

Norin D (2014): GNSS applications in Sweden and on-going developments of the national CORS network SWEPOSTM. CGSIC:s 54:e möte, 8-9 september 2014, PowerPoint-presentation, Tampa, Florida, USA.

Odolinski R, Teunissen P J G, Odijk D (2014): Combined GPS+BDS+Galileo+QZSS for Long Baseline RTK Positioning. ION, ION GNSS 2014+, 8-12 september 2014, s. 2326-2340, Tampa, Florida, USA.

Wiklund P (2013): Reserapport från CGSIC:s 53:e möte vid ION GNSS+ 2013, Nashville, Tennessee, USA, 16-20 september 2013. Lantmäteriet, reserapport, Gävle.

⁵⁰ FIG = Fédération Internationale des Géomètres (Internationella lantmätarfederationen)