

Position med precis precision



GNSS-korrektion ger centimeterprecision

Om helt autonom körning ska kunna bli verklighet krävs det att flera olika teknikområden mognar och tas i bruk tillsammans. Ett av dessa områden är robust positionering med hög precision – som dessutom har lågt pris och är skalbar.

De senaste decennierna har vi sett GNSS (Global Navigation Satellite System) växa kraftfullt i prestanda.

Tidigt 00-tal sjönk tiden det tog att erhålla en första noggrann position från minuter till under trettio sekunder. Under senare delen av samma decennium förbättrades mottagarens känslighet dramatiskt, från -130 dBm till -167 dBm.

Antalet aktiva positioneringssatellitkonstellationer hade år 2015 ökat från en enda global konstellation år 2000 – amerikanska GPS – till fyra stycken – GPS, ryska Glonass, kinesiska Beidou och EU:s Galileo, dessutom med komplement av två regionala system – indiska Navic och japanska QZSS.

DETTA ÖPPNADE DÖRRARNA till GNSS-mottagare som utnyttjade flera konstellationer parallellt. Satellitsignaleringen har även den moderniserats, och från och i år kom-



Av Thomas Nigg, u-blox

Thomas Nigg har jobbat 15 år på u-blox varav 6 som chef för teknisk support och 9 inom produktstrategi. Under denna tid har han byggt upp stor kunskap som ledare av expertgrupper kring satellitpositions-mottagare och mobilmodem för tillämpningar inom fordon, industri och konsument.

mer multi-band-GNSS att ha ett överkomligt pris. Dessa framsteg har bäddat för nästa stora trend inom GNSS: noggrannhet på decimeter- och centimeternivå.

GNSS-mottagare triangulerar sin position genom att mäta avståndet till minst fyra GNSS-satelliter. Eftersom de mäter avstånd baserat på den tid det tar en satellitsignal att nå fram, kan det allra minsta fel – ner till några miljarddels sekunder – påverka noggrannheten. Fel i satellitens position i omloppsbanan kan ge cirka 2,5 meters förlust i noggrannhet. Satellitens klockfel kan lägga till ytterligare 1,5 meter. Störningar i troposfären och jonosfären kan lägga till ytterligare en respektive fem meter – ännu mer om satelliten ligger nära horisonten, eller under perioder med in-

tensiv solaktivitet. Det överlägset största felet orsakas av multipath-effekter, där satellitsignaler når mottagaren på flera olika eller indirekta vägar, till exempel genom att studsas mellan väggarna i den typ av "ravin" som formas mellan höghus som står på rad. Under öppen himmel har GNSS-mottagare typiskt en noggrannhet på strax under två meter.

HÖGPRECISIONS-GNSS fintrimmar sin precision avsevärt med hjälp av GNSS-korrektionsdata som cancellerar några av nämnda GNSS-felkällor. Ett sätt att erhålla dessa data är via GNSS-signaler från basstationer med kända koordinater. Avvikelser från basstationens position noteras och skickas till en rover – ett bemannat eller obemannat

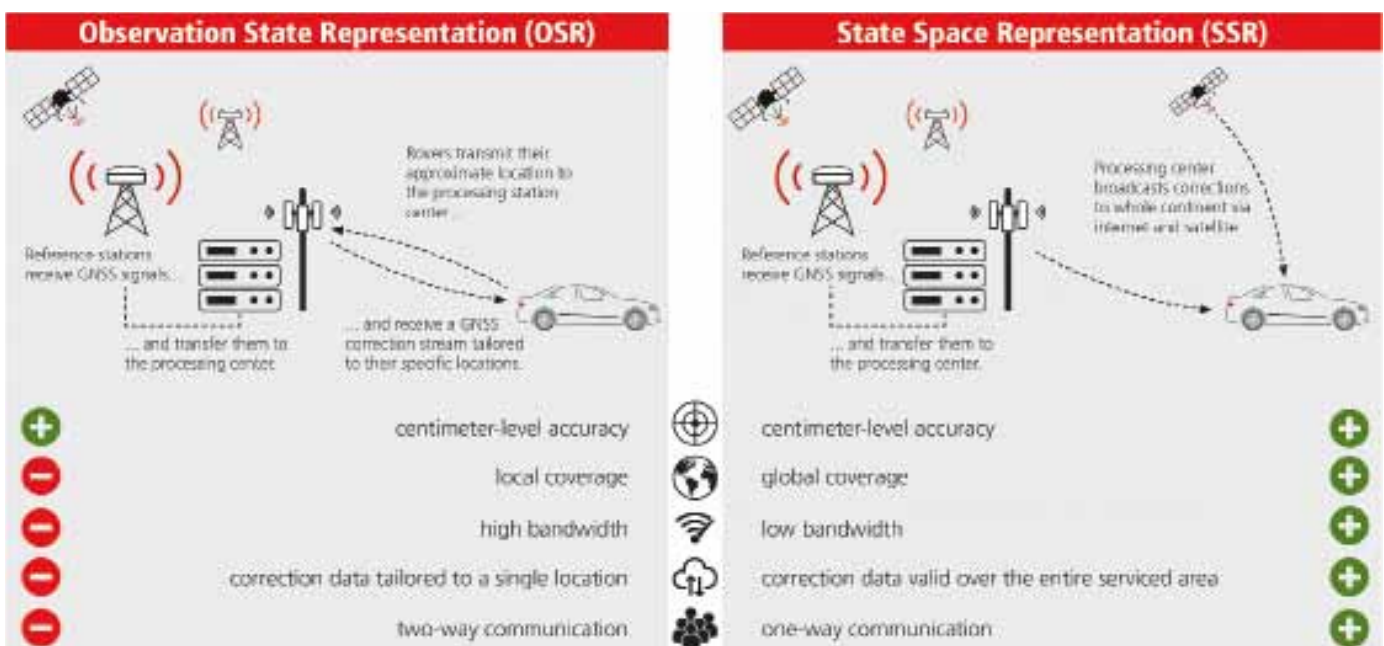


Bild 1. Observationsrumsrepresentation (OSR) jämfört med tillståndsrumsrepresentation (SSR).

fordon utrustat med en GNSS-mottagare – för att ge den en mer exakt positionsbestämning. Under gynnsamma förhållanden kan tillvägagångssättet ge en noggrannhet på centimeternivå, om basstationen och rovern inte är för långt ifrån varandra.

Tyvärr kan inte alla GNSS-fel elimineras på detta sätt. Eftersom satellitsignalerna som når en basstation utsätts för flera av samma felkällor som de som når en rover, kan korrigeringsdata användas för att eliminera satellitpositionsfel, klockfel och atmosfärstörningar. Flerstudsavvikelser orsakas dock av roverns lokala omgivning, till exempel av närliggande höghus, och måste adresseras av mottagaren själv.

HÖGPRECISIONS-GNSS är inget nytt. Lantmätare och andra yrken har använt det i årtionden. Utrustningen har varit dyr liksom korrekctionstjänsterna, vilket hindrat tekniken från att expandera ur nischmarknader. Men nu finns teknik som gör GNSS intressant även för massmarknader, och därmed för tillämpningar som exakt körfältspositionering, utökad verklighet, drönarflygning och -landning med hög precision, automatiska gräsklippare och traktorer samt V2X-kommunikation där anslutna fordon kommunicerar trådlöst med andra fordon och infrastruktur för att undvika kollisioner. Många fler tillämpningar kommer säkert att dyka upp allteftersom tekniken etableras.

En korrekctionstjänst kan rapportera GNSS-felet till en rover på två sätt. Bara ett av dem är skalbart till massutrustning. OSR-metoden (observation space representation) beräknar de förväntade observerade felen vid varje enskild rovers position och sänder dem trådlöst till varje enskild rover. SSR-baserade metoder (state space representation) gör tvärtom: med utgångspunkt från observerade GNSS-signalfel byggs en modell i form av ett tillståndsrum som anger lokala fel över ett helt område under en given tid. Samma parametrar sänds till samtliga rovers i regionen.

OSR ANVÄNDS INOM satellitnavigering av den typ som kallas RTK (real time kinematics) och ger positioneringsnoggrannhet på centimeter- eller till och med millimeternivå. Metoden fungerar när basstation och rover ligger inom 30 kilometers avstånd från varandra. OSR kräver dubbelriktad kommunikation mellan rovern och leverantören av korrigeringsdata till alla rovers inom hela området. Denna förenklade kommunikation och det faktum att den kan leverera en robust tjänst vid en relativt låg densitet av referensstationer (150–250 kilometer) betyder att SSR är det enda möjliga alternativet för masstillämp-

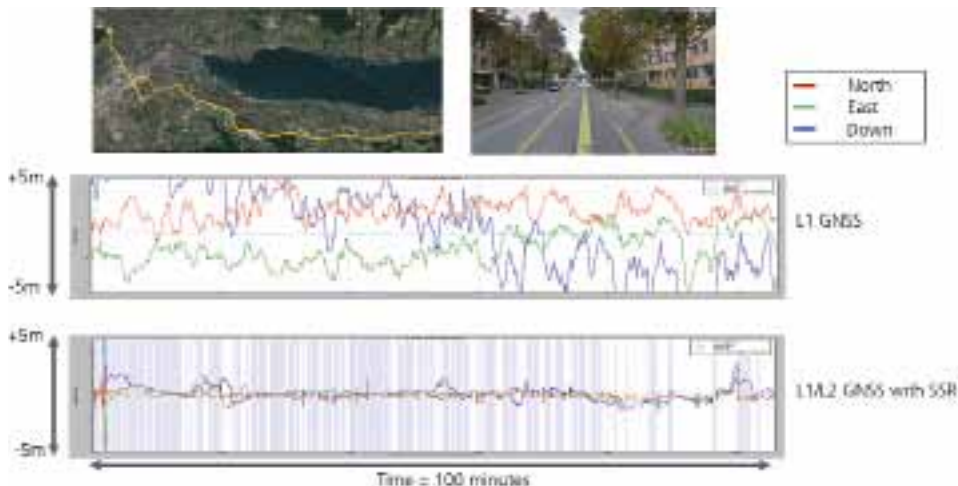


Bild 2. Prestandajämförelse mellan GNSS i enkla respektive dubbla band, med SSR-korrigeringsdata.

ningar, som avancerat förarstöd.

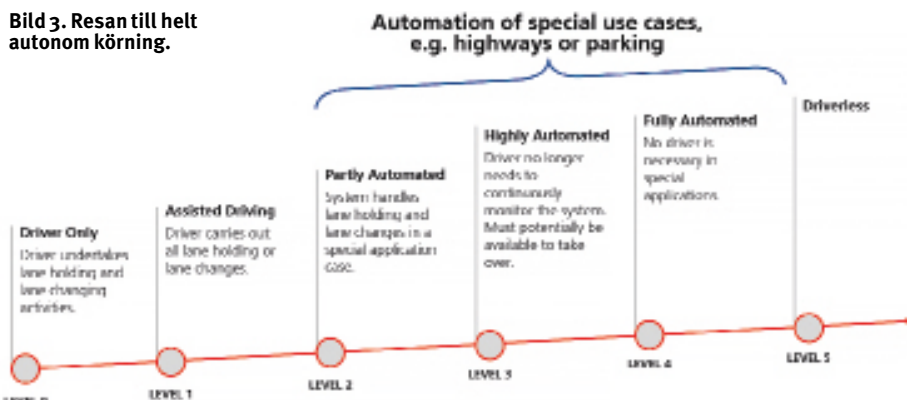
Mer avancerade mottagare som kan ta emot mer satellitdata förbättrar prestanda ytterligare. Medan den första generationen GNSS-satelliter bara sände sina signaler i ett enda frekvensband skickar dagens moderna navigationssatellitssystem sina signaler i upp till tre separata band. Det amerikanska GPS-systemet sänder exempelvis i L1-, L2- och L5-banden, centrerat på 1575 MHz, 1227 MHz respektive 1176 MHz. Ryska Glonass sänder endast i L1- och L2-banden, liksom Kinas BeiDou. GNSS-mottagare kan höja precisionen genom att utnyttja flera frekvensband från samma konstellation och kraftigt minska tiden som krävs för att uppnå hög precision. Resultatet är en klart bättre positioneringsprestanda och i slutändan en mer tillförlitlig tjänst för användaren.

FRAMTIDENS GNSS-SYSTEM består av flera komponenter utöver de mest uppenbara – de GNSS-konstellationer som för närvarande är i omlopp. Nere på jorden står GNSS-referensstationer som övervakar GNSS-signalfelen i realtid. Via SSR sänder korrigeringsstationer feljusteringar både över Internet och via geostationära satelliter. Utöver GNSS-mottagare med dubbla band är rovers utrustade med mobilmodem som tar emot feljusteringarna över Internet, och L-bandsmottagare som tar emot dem via satellit.

Dagens fordonsflotta domineras fortfarande av fordon som körs manuellt, även om de allt oftare erbjuder en och annan förarassistanstjänst. Övergången till autonom körning kräver att fordonen stegvis ökar sin självständighet, genom att först automatisera vissa specialfall, som motorvägskörning eller parkering. Förarassistans av idag på SAE-nivå 1 i figuren nedan, innebär att föraren håller sig själv kvar i filen och byter fil på egen hand. Vissa bilar är semiautonoma på nivå 2 och kan hantera nämnda uppgifter under speciella omständigheter. Vid hög automatisering på nivå 3 kommer föraren att kunna släppa ratten men måste vara beredd att ta över den igen om det behövs. Vid helt automatiserad körning på nivå 4 behövs ingen förare alls under specifika körfall. Först när dessa nivåer klarats av kommer självkörande fordon att kunna hantera samtliga användningsfall, på nivå 5.

EN KOMBINATION AV TEKNIK krävs för att uppfylla säkerhetskraven för autonom körning. Kamera-, lidar- och radardata i kombination med högupplösta kartor gör det möjligt för fordon att bestämma sin kartposition med hög noggrannhet (ungefär 10 centimeter) och under många förhållanden upptäcka hinder. Med detta sagt är dessa system ändå inte i sig tillräckliga för att föraren helt ska kunna tas ur tjänst. Medan

Bild 3. Resan till helt autonom körning.



övergången till helt automatiserad körning fortfarande pågår kommer det att vara fordonets exakta position som avgör om autonom körning kan aktiveras. Svåra väderförhållanden eller frånvaron av tydliga landmärken kan betyda att optiska system inte räcker till för att avgöra vilket som är det korrekta användningsfallet, och blir en utmaning i nivå 4-system där föraren helt ska kunna avstå från kontroll över fordonet i vissa situationer.

Det är i dessa situationer som GNSS med hög precision i kombination med död räkning (att räkna ut en ny position från individuell hjulhastighet, gyroskop och accelerometrar) kan leverera en exakt positionering där GNSS saknas och fungera som en helt oberoende positionskälla. Den exakta position som levereras skulle inte bara kunna hjälpa till att identifiera rätt segment av högupplöst karta och möjliggöra så kallad geofencing inom områden som kräver till exempel lägre hastighet, utan också för att kalibrera fordonets sensorer. Endast med ett sådant system på plats blir det möjligt att uppfylla de säkerhetskrav för autonoma fordon som anges i ISO 26262. Dessa inkluderar funktionell personsäkerhet som är förmågan reagera på fel som uppstår både i firmware och på hårdvarunivå, utan att

äventyra säkerheten för passagerarna.

Funktionell personsäkerhet är en förutsättning för trafiksäkra autonoma fordon. Det är dock inte tillräckligt. Funktionell personsäkerhet är bil-orienterat i meningen att det handlar om fel som kan uppstå på fordonet. När det gäller positionering är dock de huvudsakliga felkällorna externa: satellitklockan och positionen, multipath-effekter och potentiella störningar i korrekationsflödet. Det betyder att ett funktionellt personsäkert fordon i sig inte skulle se någon anledning att avvisa felaktiga uppgifter. Att hantera sådana externa fel kräver en mer holistisk inställning; man kan kalla den "integritet". I motsats till funktionell personsäkerhet skulle integritet hantera hela teknikkedjan ur ett holistiskt perspektiv, inklusive de olika sensorerna, V2X-infrastrukturen och säkerhetssystemen på alla nivåer. Detta förutsätter att alla dessa tekniker, inklusive GNSS, anger ett mått på tillförlitligheten på sina egna aktuella data, för att kunna ge en varning om att alternativ teknik ska användas istället.

ÖVERGÅNGEN TILL HÖG GNSS-noggrannhet är avgörande för att trafiksäkerheten ska kunna öka vid övergången till avancerade förarassistanssystem (ADAS) och helt au-

tonom körning. GNSS – utförd i hög precision med hjälp av multibandsmottagare och SSR-korrigeringsdata – utgör en oberoende källa för positioneringsinformation som tillförlitligt levererar garanterat korrekt position för fordonet, oberoende av omständigheterna. I slutänden kommer den att behöva vara exakt till decimeternivå på landsvägar och till under en meter utmanande stadstrafik, för att försäkra sig om att rapporterad position inte bara är noggrann, utan också är det med extremt stor sannolikhet. För att bli en volymprodukt måste den dessutom vara av felfri kvalitet och ha ett överkomligt pris.

u-blox resa mot högprecisions-GNSS startade år 2016 med lanseringen av NEO-M8P, marknadens klart minsta och mest strömsnåla RTK-mottagare. År 2017 annonserades Sapcorda, ett samriskprojekt med Bosch, Mitsubishi Electric och Geo++, för en global och prisvärd GNSS-korrigerings-tjänst lämpad för massmarknader. I februari 2018 presenterades den nya teknikplattformen u-blox F9, som erbjuder mångsidig hög precisionspositionering för industri- och fordonstillämpningar. Framöver är u-blox engagerat i att riva de sista hindren i vägen mot höga och helt autonoma system, särskilt automatiserad körning. ■