

PM

2005-11-11

- Artikel presenterad i Kartografiska Sällskapets tidskrift *Kart & Bildteknik*, 2005:4, sid 6-9

RTK-teknikens utveckling

Ända sedan den första GPS-satelliten sköts upp 1978 har mätmetoder och användningsområden av GPS-tekniken utvecklats. För centimeternoggrannhet används den teknik som kallas relativ bärvågs-mätning. Här har utvecklingen gått från omfattande datorberäkningar i efterhand av statiska mätningar till blixtnabba uppkopplingar i realtid mot en RTK-tjänst.

Första steget i utvecklingen mot RTK var att efterberäkningar av statiska mätningar även kunde kompletteras av efterberäkningar av mätningar under rörelse. Denna utveckling påbörjades i mitten av 1980-talet (Remondi, 1984 och Remondi, 1985). Termerna kinematisk och semikinematisk positionsbestämning lanserades och togs i början av 1990-talet upp i den GPS-terminologi som togs fram vid den tiden (SIS, 1994). Om semikinematisk positionsbestämning står det att läsa att det innebär "statisk positionsbestämning utan ny bestämning av periodobekanta för varje punkt som skall positionsbestämmas, och där antalet periodobekanta är känt även under förflyttning".



Figur 1: Kartering av ledningar genom RTK-mätning. Foto: Lasse Halvarsson.

Dan Norin

Lantmäteriet Informationsförsörjning Geodesi 801 82 Gävle
Tfn: 026-63 37 45 Fax: 026-61 06 76
E-post: dan.norin@lm.se Internet: www.lantmateriet.se

Begreppet RTK lanseras

Under början av 1990-talet utvecklades tekniken, så att bärvågs-mätning även kunde utföras i realtid. 1993 lanserade GPS-tillverkaren Trimble ett system med varumärket RTK (Griffoen et al, 1993), där RTK står för Real Time Kinematic. Fortsättningsvis har RTK, även i Sverige, blivit en synonym för all relativ bärvågs-mätning i realtid, oavsett hur "kinematisk" mätningen är.



Figur 2: Tidig (1995) RTK-tillämpning, inmätning av Åsarna IK:s SM-skidspår från snöskoter. Thomas Wassbergs utrustning är en DGPS-utrustning. Foto: Thord Nilsson.



Figur 3: Maskinguidning med RTK är en tillämpning under snabb utveckling. Foto: Dan Norin.

Utveckling pågick vid denna tid även hos övriga stora GPS-tillverkare och Leica var t.ex. tidigt ute med att använda teknik för att lösa de s.k. periodobekanta under rörelse (Frei et al, 1993), medan Ashtech tidigt presenterade ett PC-baserat system kallat UPDGPS (Ultra Precise DGPS), vilket medgav centimeternoggrannhet i realtid (Qin et al, 1992).

Det RTK-system som Trimble lanserade 1993 mätte bara på L1-frekvensen och klarade inte av att lösa periodobekanta under rörelse (RTK I). I april 1994 lanserade man en tvåfrekvensutrustning (RTK

II), som klarade detta. Inom det närmaste året lanserade även Leica och Ashtech kommersiella realtidsprodukter med motsvarande prestanda, vilka ett tag lanserades med egna namn för tekniken (RT-SKI respektive RTZ). RTK är dock den term som bestått. I Sverige genomförde Lantmäteriet under hösten 1995 en marknadsundersökning av de tre nämnda GPS-tillverkarnas produkter för realtidsmätning (Ottoson, 1995).



Figur 4: *Inmätning av elledningar med RTK i Oskarshamn. Foto: Peter Nilsson, Oskarshamns kommun.*

Redan i november 1993 hade den dåvarande svenska Trimble-leverantören NOAB genomfört ett inledande noggrannhetstest med RTK-tekniken i Sverige (Bard, 1994a och Bard, 1994b). Vidare genomförde de vid denna tid två produktionsstest för terrängmodell tillsammans med Vägverket i Värmland. När sedan tvåfrekvens-utrustningen lanserades i april 1994 genomfördes det pilotprojekt med denna, där följande kan nämnas:

- Inmätning av brukspunkter och flygsignaler vid ett vägprojekt genom NCC Geodesi tillsammans med Mätkonsult Br. Bergstrand (Bard, 1994b).
- Linjeutsättning och detaljmätning genom Metimur AB (Adolfsson, 1994).
- Inmätning av fotogrammetriska geostödpunkter genom Metimur AB (Adolfsson, 1995).

De första RTK-tester som Lantmäteriet gjorde utfördes i april 1994 med Ashtech-utrustning och ett program (PNAV) som då bara fanns i en PC-version (Norin, 1994). Således behövdes det en PC i fält för att använda denna utrustning och testerna inskränkte sig till

utsändning av data från den använda referensstationen via kabel. En tidig svensk RTK-studie som var inriktad på höjdbestämning gjordes som ett examensarbete på KTH i Stockholm under vintern 1994-1995 (Strandberg, 1995).

Utveckling mot nätverks-RTK

Under RTK-teknikens barndom var det vanligast att en tillfällig referensstation etablerades under mätningen. I mitten av 1990-talet började flera organisationer (t.ex. kommunala mättningsorganisationer) att fundera på möjligheten att sätta upp en fast referensstation (t.ex. på kommunhusets tak), vilken kontinuerligt sänder ut RTK-data. Dessa funderingar efterföljdes av tankar på att i stället utnyttja en RTK-tjänst, så under 1997-1998 drevs ett forskningsprojekt som syftade på att studera förutsättningarna för en rikstäckande sådan (Engfeldt, 1999). Projektet fick namnet Ciceron och hade deltagare från Lantmäteriet, Onsala Rymdobservatorium och Teracom.



Figur 5: Cykelbaserad kartering av brunnar i Västerås med RTK-mätning. Foto: Jan Virking, Västerås stad.

Ciceronprojektet delades 1 januari 1999 in i två delar, dels i driften av en RTK-tjänst, dels i ett fortsättningsprojekt som fick namnet NeW-RTK (NetWork-RTK). RTK-tjänsten utnyttjade bara individuella referensstationer (enkelstations-RTK-tjänst) och fick även den namnet Ciceron. Denna var i drift fram till augusti 2002 lokalt i åtta svenska städer (Teracom, 2000). En annan enkelstations-RTK-tjänst med namnet Göteborgs Positionerings-System, vilken fortfarande är

i drift, startades lokalt i Göteborg i maj 2000 (Aronsson, 2000 och Roupé, 2002).

Projektstarten för NeW-RTK blev först 1 februari 2000 och det var inriktat på nätverks-RTK-tekniken. I projektet etablerades en testplattform för nätverks-RTK med fem SWEPOS-stationer i Västsverige (Lilje, 2001 och Lilje, 2002).

Under hösten 2000 startades vidare ett nytt samverkansprojekt mellan Lunds Tekniska Högskola, Banverket, Vägverket, Lantmäteriet, SWEPOS och ett antal kommuner i Skåne upp, vilket fick namnet SKAN-RTK (Oredsson, 2000 och Ollvik, 2001). Detta efterföljdes av flera etableringsprojekt med nätverks-RTK i Stockholm-Mälardalen (Wiklund, 2002 och Wiklund, 2004), i Sydsverige (Johansson, 2004) och i Västsverige (Kempe, 2004). Etableringsprojekten övergick till den tjänst som heter SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst 1 januari 2004, vilken sedan dess har utvidgats och håller fortsatt på att utvidgas (Lantmäteriet, 2005, Wiklund & Jonsson, 2005 och www.swepos.com).



Figur 6: Användning av RTK-tekniken för att bestämma takhöjder i Stockholm. Foto: Peter Deagle, Stockholms stad.

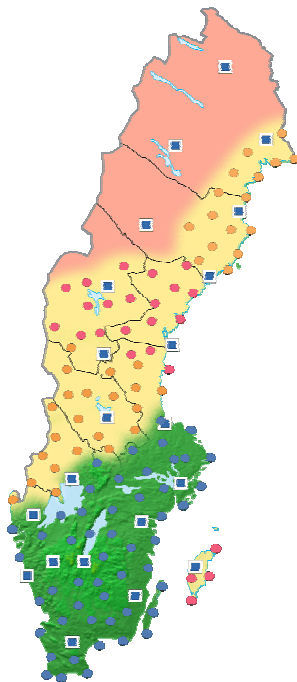
Råd för RTK-mätning

Stommätning med GPS var en mycket viktig tillämpning med GPS i 1990-talets inledning. När handböckerna i HMK-serien lanserades under första halvan av 1990-talet, så kom en av handböckerna att behandla just stommätning med GPS (Lantmäteriet, 1996). I takt med RTK-teknikens utveckling har tillämpningsområdena exploderat inom t.ex. detaljmätning, utsättning och maskinguidning. Några råd för RTK-mätning liknande de i HMK-serien har dock aldrig tagits fram. I Norge har Statens Kartverk tagit fram en generell GPS-standard som till stora delar behandlar RTK-tekniken (Statens

Kartverk, 2005). I Sverige har Lantmäteriet påbörjat ett arbete med att ta fram en guide till RTK-mätning. Den skall ge generella råd för RTK-mätning och kommer förhoppningsvis att underlätta för både nya och mer erfarna RTK-användare i Sverige.



Figur 7: Med denna "RTK-kärra" inmättes 600-700 punkter/timme vid kartering av vägar m.m. i ett exploateringsområde i Borås. Foto: Jan-Olof Gustafsson, Borås stad.



Figur 8: Täckningsområde för SWEPOS Nätverks-RTK-tjänst i grönt och med planerade utvidgningar i gult, där referensstationerna i Dalarna/Värmland med omnejd etablerades i november 2005.

Referenser

- Adolfsson B (1994): GPS för infrastrukturprojekt. Metimur AB, PM, Stockholm.
- Adolfsson B (1995): GPS-teknik i realtid för bestämning av fotogrammetriska stödpunkter. Metimur AB, PM presenterat vid Lantmäteriets GPS-seminarium, 21-22 mars 1995, Gävle.
- Aronsson J (2000): Ny teknik, ger ny kommunal service. Medact Press AB, Nordisk Geomatik, nummer 1 2000, 43.
- Bard P (1994a): Detaljmätning med GPS. SLF, Lantmäteritidskriften, 1/94, 44-49. Även i SKMF, Sinus, nr 1 1994, 49-58.
- Bard P (1994b): Trimble GPS Total Station – framtidens GPS-teknik. NOAB, PM, Järfälla.
- Engfeldt A (1999): Detaljmätning med GPS/GLONASS. SKMF, MätKart 99, 5-7 maj 1999, Dokumentation MätKart 99, 2:2:1-2:2:11, Kalmar.
- Frei E, Yau J, Sauer D (1993): Ambiguity resolution on the fly "AROF": Results, facts, limitations. ION, ION GPS-93, 22-24 september 1993, GPS-93 Proceedings, Salt Lake City, USA.
- Griffoen P, Allison T, Dreier S (1993): Real Time Kinematic: The next surveying tool. ION, National Technical Meeting of the Institute of Navigation, januari 1993, San Francisco, USA.
- Johansson D (2004): SKAN-RTK – 2 – nätverks-RTK i produktionstest i södra Sverige. Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2004:12, Gävle.
- Kempe C (2004): Väst-RTK – nätverks-RTK i produktionstest i västra Sverige. Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2004:11, Gävle.
- Lantmäteriet (1996): HMK-Geodesi, GPS. Lantmäteriet, andra utgåvan, Gävle.
- Lantmäteriet (2005): Nätverks-RTK – GPS och SWEPOS[®] ger möjlighet till navigeringsstöd och positionering på centimeternivå. Lantmäteriet, informationsbroschyr, Gävle.
- Lilje C (2001): Projekt NeW-RTK – en utvärdering av programvaror för nätverks-RTK. SKMF, Sinus, nr 1 2001, 22-24.
- Lilje C (2002): NeW-RTK – en utvärdering av programvaror för nätverks-RTK. Slutrapport.

- Norin D (1994): Kinematisk bärvågsmätning i realtid med programmet PNAV. Lantmäteriet, PM, Gävle.
- Ollvik L (red.) (2001): SKAN-RTK – referensstationsnät i Skåne för nätverks-RTK. Rapport från projekt SKAN-RTK.
- Oredsson U (2000): Utbyggnad av referensstationer i Skåne för att öka noggrannhet. Medact Press AB, Nordisk Geomatik, 3/2000, 35-36.
- Ottoson C (1995): Marknadsundersökning av GPS-utrustning för semikinematisk bärvågsmätning i realtid – Ashtech, Leica, Trimble – RTZ, RT-SKI, RTK. Lantmäteriet, Tekniska skrifter, 1995:16, Gävle.
- Qin X, Gourevitch S, Kuhl M (1992): Very precise differential GPS – development status and test results. ION, ION GPS-92, 16-18 september 1992, Albuquerque, USA.
- Remondi B W (1984): Using the Global Positioning System (GPS) phase observable for relative geodesy: Modeling, processing and results. Center for Space Research, The University of Texas at Austin, doktorsavhandling, Austin, Texas, USA.
- Remondi B W (1985): Performing centimeter accuracy relative surveys in seconds using GPS carrier phase. First International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System, 15-19 april 1985, Proceedings, vol. II, 789-798, Rockville, Maryland, USA.
- Roupé P-Å (2002): GPS – Göteborgs Positionerings-System – Gothenburg Positioning System. SKMF, MätKart 2002, 29-31 maj 2002, Dokumentation MätKart 02, 3:3:1-3:3:6, Falkenberg.
- SIS (1994): Satellitbaserad positionsbestämning – GPS – terminologi. Standardiseringen i Sverige, Svensk standard SS 63 70 01, utgåva 2.
- Statens Kartverk (2005): Satellitbasert posisjonsbestemmelse. Statens Kartverk, versjon 2.0, Hønefoss, Norge.
- Strandberg H (1995): Höjdbestämning med GPS bärvågsmätning i realtid. Kungliga Tekniska Högskolan, TRITA-GEOD Report 3046, Stockholm.
- Teracom (2000): Ciceron – en populär kompis. Teracom, T-time, 3/2000, 24.

Wiklund P (2002): Slutrapport för projekt "Position Stockholm-Mälaren - 1". Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2002:1, Gävle.

Wiklund P (2004): "Position Stockholm-Mälaren - 2" - nätverks-RTK i produktionstest. Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, 2004:13, Gävle.

Wiklund P & Jonsson B (2005): SWEPOS® - nulägesrapport och exempel på tillämpningar. KIF-SKMF, KIF MätKart 05, 11-13 maj 2005, Dokumentation föredrag, 3b:1:1-3b:1:7, Göteborg.