



Az aktív hálózatok adottságainak kihasználása a műholdas helymeghatározásban



Dr. Busics György, Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Főiskolai Kar
Horváth Tamás, Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatórium

A valós idejű kinematikus mérés (RTK) hagyományos megoldása

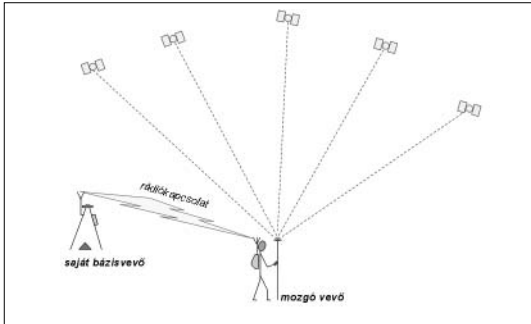
Magyarországon 1991 óta használják a GPS technikát földmérési feladatok megoldásához. Ez kezdetben az ún. hagyományos relatív statikus módszer alkalmazását jelentette, ami legalább egyórás mérési időt és utólagos feldolgozást igényelt. Később a gyors statikus módszer terjedt el, ami tízpercekre rövidítette a mérési időt, de szintén utófeldolgozással járt. Viszonylag ritkán használták a kinematikus és félkinematikus mérést – ami mozgás közben tette lehetővé nagyszámú pont cm-es pontosságú bemérését –, mert a mérés esetleges sikertelensége itt is csak utólag derülhetett ki. 1994-ben jelent meg az első olyan GPS vevőpár, amellyel valós idejű pontmeghatározás is lehetséges volt, mert az ismert ponton üzemelő ún. referenciavevő (bázisvevő) teljes mérési anyagát (kódméréseket, fázisméréseket vagy azok korrekcióit) egy URH rádióadó azonnal a mozgó vevőhöz továbbította. A relatív helymeghatározás, azaz a mért térbeli vektor feldolgozása, kiértékelése és helyi rendszerbe való átszámítása a mozgó vevőnél így szinte a méréssel egyidőben megvalósulhatott. Ezt a fázismérésen alapuló, valós idejű, cm-es pontosságú technológiát nevezzük hagyományos RTK-nak (1. ábra), ahol az RTK jelölés a *Real-Time Kinematic* angol kifejezésnek a szaknyelvben meghonosodott rövidítése. Az első hazai tapasztalatokat a „világpremier” követően hamarosan nálunk is publikálták (Borza, 1995). Az RTK technológia két előnyös tulajdonságát érdemes kiemelni. Az egyik: lehetővé teszi a helyszínen a mérés minőségének ellenőrzését, így elkerülhető a pótmérés. A másik: elvégezhető a geodéziai pontosságú kitzűzés vagy egy objektum mozgásának folyamatos követése, ami az alkalmazások újabb sorát nyitja meg.

Az RTK gyakorlati alkalmazásához szükség volt az inicializálás problémájának megoldására.

Az 1990-es évek elején ugyanis, a kinematikus méréseknél a fázis-többértelműség egész számként való feloldása (ezt nevezzük inicializálásnak) elsősorban a mozgó vevő ismert pontról történő indításával vagy statikus méréssel volt csak lehetséges, ami kényelmetlen volt, nem beszélve a takarások miatt gyakran szükséges újra-inicializálásról. A probléma megoldását egy új matematikai modell és az azon alapuló szoftverfejlesztés hozta el, amit menet közbeni inicializálásnak nevezünk. Az új inicializálás kezdetben 15–20 km-es bázishosszakon belül tette lehetővé a cm-es pontosságot eredményező fix megoldást.

A bázishossz növelésének nemcsak szoftveres korlátai voltak, hanem a saját URH rádióadó teljesítménye is gyakran kicsinek bizonyult, vagy éppen terepakadály, domborzati fedettség akadályozta a rádiós átvitelt. Az ilyen kommunikációs zavarokon a GSM alapú mobiltelefonos összeköttetés segített, amellyel kritikus helyzetben kiváltható volt a saját rádió.

Az 1990-es évek közepén-végén a fejlett országokban sorra épült ki a folyamatosan üzemelő permanens GPS-állomások hálózata, az ún. aktív GPS hálózat. Természetesen merült fel a kérdés, hogy a saját telepítésű bázisállomás helyett a permanens állomást használják fel referenciavevőként. A felhasználónak így nem kell bázisvevőt vásárolnia és fizetnie annak telepítési és őrzési költségeit, amivel jelentős összegeket takaríthat meg. Az aktív GPS hálózatok először csak utólagos feldolgozáshoz szolgáltattak referencia adatot, s csak később terjedt el a valós idejű alkalmazások központi támogatása. Kommunikációs csatornaként kezdetben többnyire GSM mobiltelefont vagy meglévő URH rádió hálózatot alkalmaztak. Akár saját telepítésű referenciavevőt használunk, akár permanens állomás adatát a mozgó vevő helymeghatározásához, az egyetlen bázisvevő miatt egybázisos megoldásról beszélünk.



1. ábra. A hagyományos RTK technológia saját bázis használatán alapul.

A hálózati RTK

A hagyományos RTK korrekciók „hatékonysága” a referenciaállomástól távolodva csökken, elsősorban az ún. távolságfüggő hibák (ionoszférikus és troposzférikus hatások, műhold pályahibák) miatt. Ezek a hatások közel azonos mértékben befolyásolják a referenciavevő és a mozgó vevő méréseit, ha a kettő közel van egymáshoz. Ugyanakkor, minél távolabb kerül a mozgó vevő (más néven: *rover*) a bázistól, annál inkább különbözik ezen hibák hatása a két vevő méréseire. Ilyenkor nemcsak, hogy romlik a helymeghatározás pontossága, hanem lehetetlenné válik a fázis-többértelműség egész számként való feloldása; a centiméteres *fix* megoldás helyett csak néhány deciméter pontos ún. lebegőpontos (*float*) megoldást kapunk. Ha hosszabb idő alatt esetleg sikerül is inicializálni, nem biztos, hogy a hosszú bázisonalapon kapott *fix* megoldás helyes lesz.

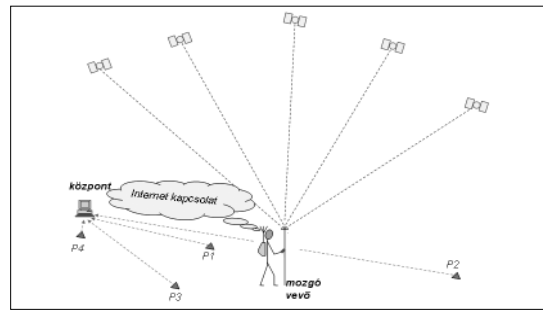
Mivel a permanens állomások hálózatban üzemelnek, felmerült az a gondolat, hogy az RTK méréshez ne csak egyetlen állomás adatát használják fel referenciavevőként, hanem több, a mozgó vevő környezetében működő állomását. Ezáltal növelhető a biztonság (ha kiesne egy állomás adata), modellezhető a távolságfüggő hibahatások, és pontosabban meghatározhatók a műholdak órahibái. Ilyen modellezés révén növelhető lenne a telepítendő állomások közötti távolság is, ugyanakkora területet kevesebb permanens állomás telepítésével lehetne lefedni, mint egybázisos megoldás esetén.

A 90-es évek vége az internet rohamos terjedésének az időszaka is. Magától értetődőnek tűnt az internet felhasználása az adatátvitelben. A terepi használatot támogatták a mobiltelefonია olyan új lehetőségei, mint az adatcsomagokban történő adatátvitel (GPRS). A percdíjon alapuló,

drága GSM kommunikációhoz képest a GPRS mobiltelefonos előfizetés olcsóbb, mert a letöltött adatmennyiség után kell fizetni.

Így jutottunk el a hálózati RTK megvalósításáig az ezredfordulón.

A hálózati RTK egy nagyobb földrajzi térségben összehangoltan működő permanens GNSS* állomásokat jelent, amelyek adatait feldolgozó központ gyűjti és elemzi abból a célból, hogy a méréseket befolyásoló tényezőket modellezze, és szolgáltatásai révén lehetővé tegye a térségben tevékenykedő felhasználók igényeinek kielégítését a nagy pontosságú, megbízható és hatékony valós idejű helymeghatározás érdekében (2. ábra). Ez a meghatározás a következő feltételek teljesülését is jelenti.



2. ábra. A hálózati RTK technológiánál több permanens állomás adatát használjuk fel, a működést egy központ koordinálja.

- A bázisállomások és a központi szolgáltatók valóban folyamatosan működnek a hét minden napján, az ún. rendelkezésre állást garantálni kell.
- A bázisállomások biztonságos működését (az adatok jóságát, integritását) is garantálni kell. A mérési adatok folyamatos ellenőrzésére, a szolgáltatott adatok helyességének felügyeletére eljárásokat kell működtetni.
- Legalább egy feldolgozó központra feltétlenül szükség van, ahol megfelelő hardveres, szoftveres és kommunikációs háttér és felügyelő személyzet biztosítja a működést.
- A központnak valós idejű (azonnali) adatokat kell szolgáltatnia a felhasználók felé.

A hálózat-alapú működés azon tulajdonságát használják ki, hogy a referenciavevők ismert helyzetű pontokon folyamatosan mérnek, így az állomások között értelmezett fázis-többértelműség,

* A GNSS (Global Navigation Satellite System) az alrendszeret (GPS, Glonassz, Galileo) valamint a földi és műholdas kiegészítő rendszereket magába foglaló össze-foglaló elnevezés.

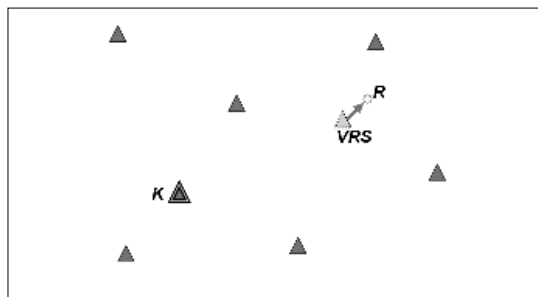
a műhold pályahibák, a légköri és más hatások megismerhetők, e hibahatásokból adódó korrekciók a felhasználók felé közvetíthetők, mert ennek technikai feltételei adottak. A hálózati RTK előnye általában, illetve az egybázisos RTK-val összevetve a következőkben foglalható össze.

1. A GNSS hibahatások egyenkénti, valós idejű, folyamatos modellezése megvalósítható.
2. A modellparaméterek előrejelzése is lehetséges.
3. Egyes állomások kiesése nem végzetes.
4. A bázisállomások közötti távolság növelhető, azonos pontossági igény mellett.
5. A permanens állomások esetleges mozgása ellenőrizhető.
6. A felhasználók száma nem korlátozott.
7. A felhasználó szempontjából nagyobb biztonság és pontosság érhető el.
8. Megvalósítható az egy vevővel végzett, cm pontosságú GPS mérés.

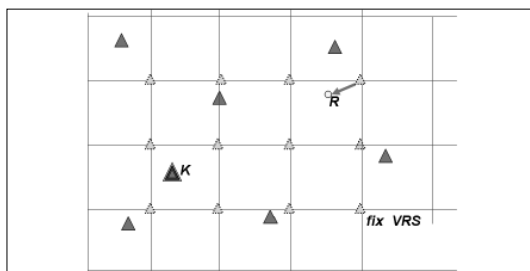
A hálózati RTK gyakorlati megvalósítása az évezred első éveire tehető. Ekkor jöttek létre az ún. elsőgenerációs hálózati megoldások a fejlett országokban. A gyakorlatban eddig három elgondolást (konceptiót) valósítottak meg szoftveres úton is, ezek lényegét ismertetjük a következőkben.

A virtuális referenciaállomás koncepció (VRS)

A VRS (*Virtual Reference Station*) koncepciót Lambert Wanninger dolgozta ki 1997-ben (*Wanninger, 2003*), s azt a Trimble cég megvásárolta, majd műszereiben megvalósította. E koncepció szerint a mozgó vevőnek először el kell küldenie a központba a földrajzi helyzetének közelítő koordinátáit, ami kétirányú adatátvitelt feltételez a felhasználó és a központ között. A központ erre a helyre lokalizált mérési eredményeket vagy korrekciókat generál, majd ezeket a virtuális ada-



3. ábra. A VRS-koncepcióban az R jelű RTK-vevő relatív helymeghatározását (térbeli vektorát) a virtuális referenciaállomáshoz (VRS) viszonyítva számítják.



4. ábra. Előre meghatározott, fix pozíciójú VRS állomások négyzetrács-hálózatban.

tokat továbbítja a mozgó vevőnek. A felhasználó számára a VRS olyan, mint egy közvetlen közelben lévő „igazi” referenciaállomás (3. ábra).

Az elv széles körben elterjedt, ami annak is tulajdonítható, hogy a felhasználói oldalon nincs szükség különleges hardver vagy szoftver elemre, mivel a méréseket ugyanúgy kell feldolgozni, mint a hagyományos RTK esetében. Minden egyes mozgó vevőre más-más referencia-mérést kell generálni, ezért egységes adatszórásról nem lehet szó.

Az eredeti koncepció szerint a virtuális korrekciók mindig a mozgó vevő kezdeti koordinátaira vonatkoztak, függetlenül annak mozgásától. Ez akkor jelentkezik hátrányként, ha a felhasználó esetleg több km-rel eltávolodik eredeti helyétől, mert ez már nem elhanyagolható hibát okozhat a pozícióban. Mivel a mozgó vevő nem érzékeli a referenciaállomás mesterséges voltát, a „túl közeli” referencia miatt esetleg nem optimális feldolgozást használ (például egyfrekvenciás mérésen alapuló megoldást a kétfrekvenciás helyett). Ezen hátrányok miatt egyes szoftverek eleve eltolják a virtuális referenciaállomás koordinátáit kb. 4–5 km-rel az elsőre beküldött közelítő pozícióhoz képest. Ennek a változatnak a rövidítése PRS-mód (*Pseudo Reference Station*).

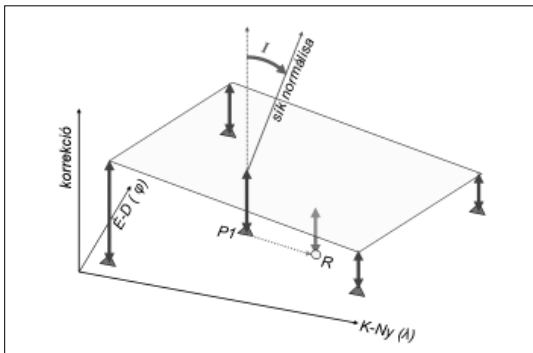
A korrekciók szabványosítására egy szabályos négyzetháló alapú megoldást javasoltak (*Townsend, 2000*). A központi szoftver nem minden egyes felhasználó pozíciójára, hanem egy előre rögzített négyzetháló sarokpontjaira generál korrigált mérési eredményeket. A mozgó vevő számára ezekből kell a hozzá legközelebb esőt kiválasztani vagy interpolálással meghatározni (4. ábra).

Felületi módszer a korrekciós paraméterekre (FKP)

Ennek a koncepciónak a rövidítése (FKP) német eredetű (*Flächen-Korrektur-Parameter*), ugyanis a német geodéziai szolgálat kezdemé-

nyezte az ottani SAPOS elnevezésű aktív hálózatban a korrekciók szabványosítását.

Az elv szerint az állomáshálózati kiegyenlítés alapján a központ külön-külön határoz meg korrekciós paramétereket minden egyes permanens állomáshoz. A távolságfüggő korrekciók modellezésére egy felületet használnak egy-egy permanens állomás esetében. A gyakorlatban a legegyszerűbb lineáris modell (kiegyenlítő sík) is hatékonyan bizonyult. A kiegyenlítő felület dőlésének É–D-i és K–Ny-i irányú összetevője a két paraméter (5. ábra).



5. ábra. A felületi korrekciók szemléltetése. A paraméterek egy sík dőlésének összetevői.

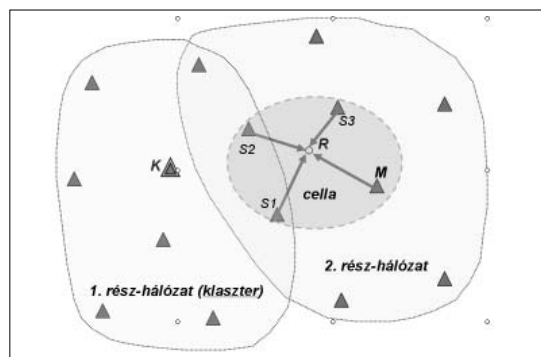
A felhasználónak tudnia kell, melyik a legközelebbi permanens állomás, és ehhez kell kapcsolódnia, pontosabban ennek a valóságos állomásnak a nyers mérési adatait vagy korrekcióit és a hálózati információt tartalmazó korrekciófelület két paraméterét kell letöltenie a központi szerverről. A kapcsolat tehát egyirányú, csak adatletöltésről van szó, így a korrekciók továbbítása központilag egységesen lehetséges, ami előnyös tulajdonság. A nyers mérési adatok feldolgozása, javítása tehát a felhasználói oldalon történik. A letöltött referenciaállomás és a mozgó vevő közötti koordináta-különbségből, valamint a vett korrekciós paraméterekből számítható a mozgó vevő pillanatnyi helyzetére vonatkozó távolságfüggő hiba, külön L1 és L2 frekvenciára.

A gyakorlatban itt is lehetőség van a közelítő pozíció beküldésére, vagyis a kétoldalú kommunikációra, aminek az lehet az előnye, hogy a felhasználó helyett a központi szoftver választja ki a működő állomások közül a legközelebbit. Ebben az esetben elegendő a mérés elején, egyetlen alkalommal beküldeni a pozíciót, ezután a lokalizálást a mozgó vevő végzi.

Előnyös, hogy a mozgó vevő esetleg több kilométeres eltávolodásától függően mindig a megfelelő egyedi javítást számítja a felhasználói szoftver. Hátrányos viszont, hogy a bázistávolság nem növekedhet túl nagyra (a határt 100 km-re becsülik), mert a korrekciós paraméterek a távolság növekedésével elvesztik érvényüket.

A tömörített adatformátum koncepció (MAC)

A Leica cég által ajánlott MAC-koncepció (*Master Auxiliary Concept*) célja az, hogy minden lényeges információt – elsődlegesen nyers mérési adatot és korrekciót – továbbítson a mozgó vevőnek, de tömörített formában, elkülönítve a gyors és lassú változású korrekciókat (*Euler et al., 2001; Cranenbroeck, 2005*). A főállomás és a segédállomás (kiegészítő állomás) fogalmának bevezetését ez esetben a küldendő adatok mennyiségének csökkentése indokolja. Ugyanis csak a főállomás nyers mérési adatait továbbítják teljes terjedelemben, eredeti formában; az összes többi, a feldolgozáshoz szükséges állomás esetében csak a főállomás adataihoz viszonyított korrekció különbségeket (6. ábra). Az előnyt az adattovábbítás során a bitekben elérhető megtakarítás jelenti, mert ezáltal kisebb sávszélességre van szükség. A felhasználói oldalon a különbségekből visszaállíthatók a kiegészítő állomások eredeti nyers mérései, s tetszőleges módon, a felhasználó által kiválasztott modell alapján feldolgozhatók. A felhasználói szabadság ilyen értelmű növelését is előnyösnek tartják. A fenti elv szerint generált

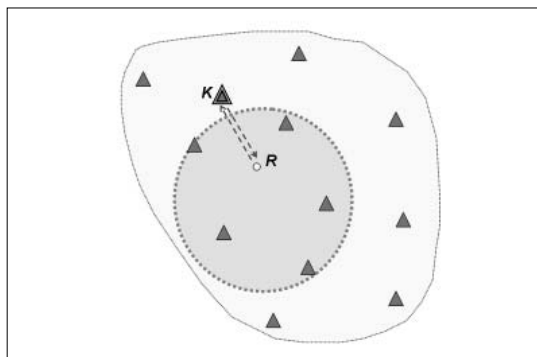


6. ábra. Az ábra szerinti hálózatot két részre osztották. Az R jelű mozgó vevő a 2-es rész-hálózatban elhelyezkedő cella négy permanens állomásának adatait használja fel. A cellában az M jelű a főállomás (master). A K központ az M állomás teljes adatsorát, az S jelű segédállomások adatainak csak az M-hez viszonyított különbségeit továbbítja a mozgó vevőnek.

korrekciós üzenetet MAX rövidítéssel illetik a Leica cég műszereiben.

E koncepció szerint a hálózat klaszterekre és cellákra osztható. *Hálózat* alatt itt most azon permanens állomások összességét értik, amelyek méréseit a központi szoftver feldolgozza és továbbítja. A *klaszter* olyan, akár egymást átfedő részhálózatot jelent (Euler, 2005), amelyet együttesen számítanak, és amelyben a pontpárok közötti fázis-többértelműség értékek azonosak. A *cella* a klaszter azon részhalmaza, amelyet egy-egy mozgó vevő felhasznál a helymeghatározás során. A cellán belül kerül kijelölésre a főállomás és a segédállomások. A cellához tartozó állomások kijelölése attól függ, hogy a felhasználó és a központ között kétirányú vagy egyirányú-e a kapcsolat.

Kétirányú kapcsolat esetén (7. ábra) a mozgó vevő elküldi földrajzi pozícióját a központnak, ahol a szoftver választja ki automatikusan a cellához tartozó állomásokat, és jelöli ki azok közül a főállomást. Egyirányú kapcsolat esetén (8. ábra) olyan, előre definiált cellák közül választhat a felhasználó, amelyeket előzőleg a vezérlő szoftvert működtető operátor manuálisan kijelölt. A cella kiválasztásához tehát a felhasználónak ismernie kell az előre definiált cellákat, illetve azt, hogy éppen melyik cellában tartózkodik.

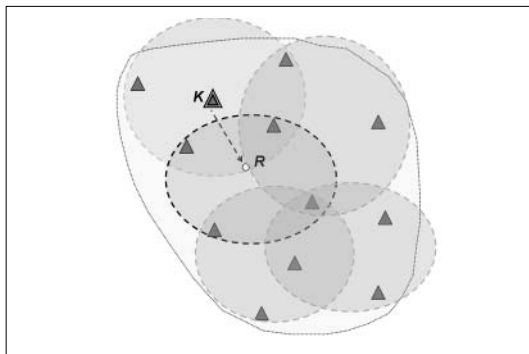


7. ábra. Cellaválasztás kétirányú kapcsolat esetén.

A hálózati RTK hazai infrastruktúrája

A hálózati RTK hazai megvalósítása legalább négy feltétel teljesítését kívánja meg.

1. A permanens állomások hálózatának kiépítését és folyamatos rendelkezésre állását.
2. A feldolgozó központ hardveres és szoftveres felszerelését és üzemeltetését.
3. A korrekciós adatok továbbítását gazdaságos módon.
4. A fogadókésztség biztosítását.



8. ábra. Cellaválasztás egyirányú kapcsolat esetén.

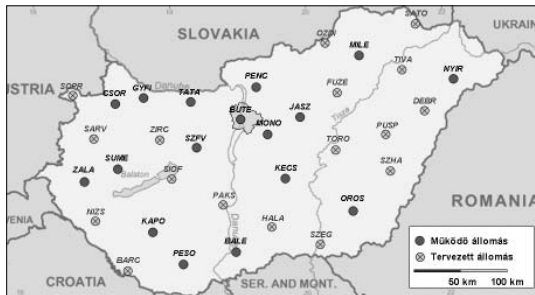
A permanens állomáshálózat az első tervek szerint 12 állomásból állt volna, ebből 2006 elején még két állomás kiépítése hiányzik. Az átlagos állomásközi távolságot 100 km-esre tervezték. Ezekről az állomásokról az utólagos feldolgozáshoz szükséges adatok mellett megkezdődött a valós idejű korrekciók továbbítása is. A FÖMI penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumában (FÖMI KGO) 2004 tavasza óta üzemel egy internetes (NTRIP) szerver, amely az állomásokon előállított hagyományos, egybázisos korrekciókat (az L1 és L2 frekvencián mért kódtávolságok és fázisértékek korrekcióit) teszi elérhetővé a regisztrált felhasználók számára interneten keresztül. A kódmérési adatok a méteres pontosságot igénylő ún. DGPS-felhasználók számára, a kód+fázismérési adatok az RTK-felhasználók számára szükségesek. A szerver egyidőben akár több száz felhasználót képes kiszolgálni; 2006 márciusára több mint 100 felhasználó regisztrálta már magát.

A permanens állomások szoftverei végzik a nyers GPS mérési adatok előzetes ellenőrzését, az utólagos feldolgozáshoz szükséges RINEX-adatok előállítását és a valós idejű korrekciók központba való továbbítását. A régebbi GPS vevők mellett számítógépre telepített referenciaállomás szoftver fut, a legmodernebb vevőknél azonban már nincs szükség külső számítógépre, mert mindezen funkciókat a GPS vevőben található integrált számítógép végzi el. A valós idejű adat-szolgáltatáshoz a bázisállomások TCP/IP porton keresztül másodpercenként küldik a korrekciókat a központnak. Az állomáshálózat és az internetes honlap neve: *gpsnet.hu*; az utólagos adatletöltés és a regisztráció erről a honlapról történik.

Időközben egy sűrűbb állomásokból álló hálózat terve született meg, és 2005 nyarán megvalósult egy 7 állomást magába foglaló, Budapest környéki mintahálózat. Az országosnál jóval sü-

rűb mintahálózat kiépülésével Budapest tágabb környezetében nyílt először lehetőség a hálózati RTK eljárások tesztelésére.

Magáncégek, illetve intézmények állomásai is csatlakoztak a hálózathoz, 2006 tavaszán így már 17 állomás működik az országos hálózatban (9. ábra). A bázisállomásokon három gyártó (Trimble, Leica és Sokkia) különböző típusú GPS vevői üzemelnek, különböző típusú antennákkal.



9. ábra. A hazai aktív hálózat működő és tervezett állomásai 2006 tavaszán (www.gpsnet.hu).

A pénci központban ideiglenesen több szerveren, többféle központi feldolgozó és adattovábbító szoftver fut. 2005 elején telepítették a *GNSMART*, valamint a *SpiderNET* szoftvereket, amelyek a tárgyalt hálózati koncepciók (VRS, FKP, MAC) szerinti korrekciók számítására képesek. Ezek a szoftverek már nem egyszerűen a referenciaállomásokon előállított korrekciókat továbbítják a felhasználók felé, hanem az állomások nyers mérési adatait gyűjtik és dolgozzák fel valós időben.

A hálózati RTK szolgáltatás először csak Budapest környékén volt elérhető, később, elsősorban a magáncégek által finanszírozott állomások megjelenésének köszönhetően, sikerült az ország területének közel kétharmadára, a Jászberény–Kecskemét vonaltól nyugatra kiterjeszteni a lefedett területet. A hálózatsűrítés e sorok írásakor még a Dunántúlon sem fejeződött be, de hosszú bázisvonalakon a hálózati korrekciókkal már így is jobb eredményeket lehet elérni, mint a hagyományos RTK korrekciókat használva. A fejlesztés tovább folytatódik. Cél, hogy az egész országban a Budapest környéki mintaprojektnek megfelelő sűrűségű hálózat épüljön ki. Ez összesen mintegy 36 állomást jelent. A hálózat végleges konfigurációjának rögzítése azért nem történt meg, mert lehetőség lesz a környező országok állomásait is bevonni a hazai feldolgozásba, és így létrehozni egy, az országhatárokig terjedő, valóban homogén rendszert. 2006 tavaszán még

nem minden szomszédos országban épültek ki az állomások, az egyes országok hálózatfejlesztési projektjei különböző fázisban vannak. Már most látható, hogy nem lesz érdemes mindenhol állomásokat telepíteni a határainkhoz közel, ugyanakkor vannak olyan területek, ahol akár éveket kell még várni arra, hogy a határ túloldaláról adatokat lehessen átvenni.

A hálózati RTK szolgáltatás 2006. február óta (egyelőre csak demonstrációs céllal) bárki számára elérhető, a felhasználóknak a hozzáféréshez elegendő előzőleg regisztrálni magukat. A hálózati RTK korrekciók, csakúgy, mint a hagyományos egybázisos korrekciók jelenleg ingyenesen hozzáférhetők. A hozzáféréshez a felhasználónak rendelkeznie kell az ingyenes *NtripClient* programmal. Ennek van kézi számítógépen futó változata is, de ma már az új RTK vevőkbe a program gyárilag be van építve. A modern RTK vevőkben már beépített ipari mobiltelefon található, a felhasználónak a vevő megfelelő foglalatába kell behelyezni a SIM-kártyát. A felhasználónak természetesen megfelelő ismeretekkel is rendelkeznie kell, hogy a hálózati RTK szolgáltatást kihasználhassa, a kapott eredményeket megfelelően értelmezhesse.

Az első hazai tapasztalatok a hálózati RTK technológiával

A bevezetés előtt álló hálózati RTK szolgáltatások tesztelése 2005 nyarán kezdődött. Több vevőtípussal (Trimble R8, Leica 1200 és Leica SmartStation), a felsorolt hálózati RTK korrekciók felhasználásával, valós idejű tesztméréseket hajtott végre mind a FÖMI KGO, mind a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Főiskolai Kara. A tesztelések elsődleges célja a hálózati RTK korrekciókkal elérhető pontosság vizsgálata volt. Emellett fontos szempont a napi felhasználói gyakorlatban, hogy a mozgó vevővel mennyi idő alatt lehet inicializálni, valamint, hogy milyen költséget jelent a terepi internet kapcsolat létesítése, vagyis mekkora sávszélességet igényelnek az egyes korrekciós szolgáltatások.

A tesztek az ország több pontján, többek között Péncen, a FÖMI KGO közelében, Vácott, Budapesten, Nadapon, Székesfehérváron, valamint Pápa mellett végeztük. Minden esetben az ETRS89 rendszerben nagy pontossággal ismert pontokon mértünk. Az elérhető legnagyobb pontosság érdekében kitarakás mentes helyszíneken, ideális GPS mérési körülmények között történtek

a tesztmérések. Egyes tesztek álló helyzetű műszerrel, az ismert ponton hosszabb időt eltöltve végeztünk, míg másokat ténylegesen mozgó vevővel, több ismert pontot felkeresve.

Az eredmények azt mutatják, hogy a különböző hálózati RTK módszerekkel (VRS, FKP, MAC) közel ugyanazt a pontosságot lehet elérni. A lefedettségi területen belül 0,5–2 perces inicializálás után a mozgó vevő által meghatározott koordináták hibája (σ) vízszintes értelemben nem haladja meg a 2 cm-t, vertikálisan pedig a 3 cm-t. Ezek az eredmények ETRS89 rendszerben értendők, és nem tartalmazzák a koordináta-transzformációból adódó hibákat. A tesztekről részletesebb információkat a szolgáltatás bevezetése után a gpsnet.hu honlapon találhatnak majd az érdeklődők. A fejlesztők tervezik a hálózati RTK korrekciókkal elérhető pontosság folyamatos, valós idejű monitorozását is. Ehhez az ország több pontján ellenőrző állomásokat kívánnak létesíteni, ezek az állomások felhasználó oldali felszereléssel lesznek ellátva, és a hálózati korrekciókkal javított pozíciójukat másodpercenként továbbítják majd a penci feldolgozó központba. A rendszer pillanatnyi működését a felhasználók az ellenőrző állomások mérési eredményei alapján készített valós idejű idősor grafikonokon tudják majd ellenőrizni az interneten.

A hálózatfejlesztés még nem fejeződött be, vannak területek, ahol megfelelő sűrűségű már a hálózat, másutt (pl. a Balaton és a Duna között) még hiányoznak állomások. Ezért tapasztalhatók különbségek a mérés helyszínétől függően, elsősorban az inicializálás időtartamát tekintve. Különösen igaz ez a lefedett területen kívül, ahol a hálózati szoftvereknek (leegyszerűsítve) nem interpolálni, hanem extrapolálni kell az egyes hibahatásokat. Ezen a szomszédos országok állomásainak hálózatba kapcsolásával lehet majd segíteni. Jelenleg Budapesten – a mintahálózat közepén, ahol a legjobb a hálózat geometriája – értük el a legjobb eredményeket.

A helymeghatározás minőségét (pontosságát, az inicializálás gyorsaságát) befolyásolja a műhold konstelláció, vagyis a horizont felett látható műholdak száma és elhelyezkedésük geometriája, a mérésnél használt műszer és szoftver típusa, valamint a mérés egyéb körülményei (pl. az ionoszféra aktivitása). A választott hálózati RTK eljárás, a korrekciós üzenetek szabványa és a mobil szolgáltató díjcsomagjainak függvényeként változik az adatátviteli költség. Előfizetéssel rendelkezők számára, 8 órás munkanapokkal számolva ez kb. havi 4000 Ft.

2006 februárjában már több mint 30 cég és magánszemély csatlakozott a hálózati RTK korrekciók teszteléséhez a Dunántúl egész területén. Az első visszajelzések biztatóak. Miután sikerült a felhasználóknak a saját vevőjüket megfelelően beállítani (ami feltételez némi szakértelmet), az általános vélemény szerint a rendszer gyorsan és jól működött. Hosszú bázisvonalakon lényegesen rövidebb idő alatt lehet a hálózati korrekciókat használva inicializálni, és sokkal stabilabb az RTK fix megoldás, mint egybázisos esetben. Az érdeklődést jelzi, hogy az épülő új rendszer több készülő diplomamunkának és PhD kutatásnak lett témája.

Network RTK: New Perspectives in Satellite-based Geodetic Positioning

Busics, Gy.–Horváth, T.

Summary

Using multiple GNSS reference stations in a network rather than relying on conventional single-station RTK positioning has numerous advantages. The article addresses these benefits and presents the major characteristics of three widespread Network RTK concepts: VRS, FKP and MAC. The article gives an overview of the Hungarian GNSS network development process and the currently available real-time services. Preliminary results of the first Hungarian Network RTK tests are also referred to.

IRODALOM

- Ádám J.–Bányai L.–Borza T.–Busics Gy.–Kenyeres A.–Krauter A.–Takács B.* (2004): Műholdas helymeghatározás. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004
- Borza T.* (1995): Az első cm-pontosságú valós idejű kinematikus GPS-technika Magyarországon. *Geodézia és Kartográfia*, 1995/2, 24–29.
- Cranenbroeck, J.* (2005): An Innovation in GPS Network RTK Software and Algorithms. www.leica-geosystems.com
- Euler, H.-J.* (2005): Reference Station Network Information Distribution. IAG Working Group 4.5.1: Network RTK <http://www.network-rtk.info/euler/euler.html>
- Horváth T.* (2004): Javított valós idejű helymeghatározás interneten keresztül. *Geomatikai Közlemények*, VIII., 123–133. (Geomatikai Továbbképző Szeminárium, Sopron, 2004. október 28–29.)

- Husti Gy.–Ádám J.–Bányai L.–Borza T.–Busics Gy.–Krauter A. (2000): Globális helymeghatározó rendszer (bevezetés). NyME, Sopron, 2000
- Lachapelle, G.–Alves, P. (2002): Multiple Reference Station Approach: Overview and Current Research. Journal of Global Positioning Systems, Vol.1, No.2, 133–136.
- Landau, H.–Vollath, U.–Chen, X. (2002): Virtual Reference Station Systems. Journal of Global Positioning Systems, Vol.1, No.2, 137–143.
- Leica Geosystems (2005): Networked Reference Stations. White Paper. <http://www.leica-geo-systems.com/common/shared/downloads/inc/downloader.asp?id=5367>
- Rizos, C.–Han, S. (2003): Reference Station Network Based RTK Systems – Concepts and Progress. (HTML file)
- Townsend B.–Van, A. J.–Dierendonck, J.–Neumann, I.–Petrovski, S.–Kawaguchi, H. Torimoto (2000): A Proposal for Standardized Network RTK Messages. 13th Int. Tech. Meeting of the Satellite Div. of the U. S. Institute of Navigation, Salt Lake City, Utah, 19–22 September, 1871–1878.
- Wanninger, L. (2003): GPS on the Web: Virtual Reference Stations (VRS). IAG Working Group 4.5.1: Network RTK www.network-rtk.info (HTML file)
- Wanninger, L. (2005): Introduction to Network RTK. IAG Working Group 4.5.1: Network RTK. [www.network-rtk.info](http://www.network-rtk.info/intro/introduction.html) (<http://www.network-rtk.info/intro/introduction.html>)
- Wübbena, G.–Bagge, A. (2002): RTCM Message Type 59-FKP for transmission of FKP, Version 1.0, Geo++ White Paper. <http://www.geopp.de/download/geopp-rtcm-fkp59.pdf>
- Wübbena, G.–Schmitz, M.– Bagge, A. (2004): GNSMART Irregularity Readings for Distance Dependent Errors. Geo++ White Paper. www.geopp.de
- Wübbena, G.–Schmitz, M.– Bagge, A. (2005): PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks. Presented at the ION GNSS 2005, September 13–16, Long Beach, California. http://www.geopp.de/download/ion2005_fw.pdf
- Zebhauser, B.–Euler, H.-J.–Keenan, R.– Wübbena, G. (2002): A Novel Approach for the Use of Information from Reference Station Networks Conforming to RTCM V2.3 and Future V3.0. Published in Proceedings of ION NTM 2002, San Diego, California, January 28–30, 2002

MEGHÍVÓ

A Társaság Alapszabályának megfelelően
az MFTTT Intézőbizottsága tisztelettel meghívja valamennyi Tagtársunkat a
2006. május 30-án, kedden 11.00 órai

kezdettel a FÖMI Székházban (1149 Budapest, Bosnyák tér 5., I. emelet) megrendezendő

KÖZGYŰLÉSRE

Napirend:

1. A 2006. évi beszámoló és a közhasznúsági jelentés elfogadása
Előadók: Uzsocki Zoltán főtitkárhelyettes, Nagy Mária ügyvezető titkár
2. A Felügyelő Bizottság jelentése
Előadó: Szabó Béla FB elnök
3. A Lázár deák emlékérem átadása
4. Egyebek

Az Alapszabály 17. §-a alapján a Közgyűlés határozatképes, ha a tagok legalább fele + egy fő jelen van. Amennyiben az előzőek szerint összehívott Közgyűlés határozatképtelen, úgy a 17. § (2) bekezdése alapján az eredeti tárgysorozattal a Közgyűlést

2006. május 30-án, kedden 11.30 órára

az eredeti helyszínre összehívom. A másodszeri időpontra összehívott Közgyűlés – a megjelentek számára tekintet nélkül – határozatképes.

Budapest, 2006. április 28.

Üdvözlettel: Apagyí Géza s. k.
elnök