



A FÖMI GNSS szolgáltatása változó környezetben

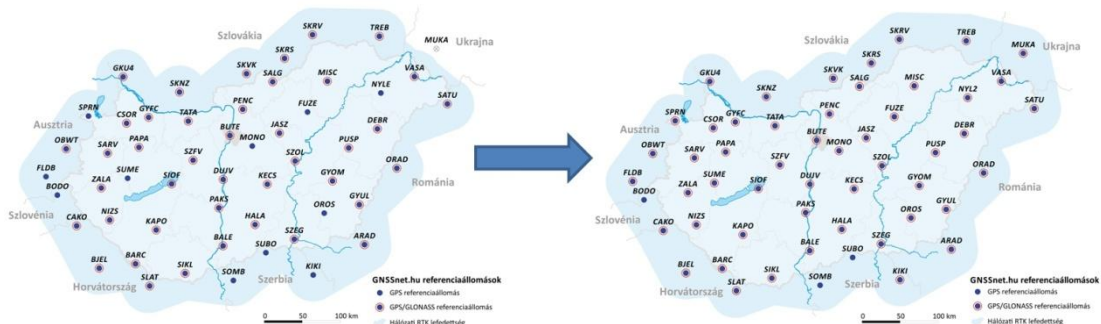
Braunmüller Péter
Földmérési és Távérzékelési Intézet
Kozmikus Geodéziai Observatórium

1. Bevezetés

A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) 2000 óta fejleszti a hazai országos földi kiegészítő GNSS rendszert. A konkrét megvalósítást a penci Kozmikus Geodéziai Observatóriumban (KGO) üzemelő GNSS Szolgáltató Központ (GSZK) végzi. A folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően a GSZK GNSSnet.hu hálózata utólagos és valós idejű felhasználáshoz is kínál adatokat. A hálózati RTK megoldásokkal az egész országra kiterjedő homogén, centiméteres pontosság érhető el. Jelen cikk röviden összefoglalja az elmúlt néhány év legfontosabb fejlesztéseit, a környezetben végbemenő folyamatos változásokat és az ezekre való reakciókat, valamint kitekintést ad a következő években várható fejlesztésekre, újdonságokra.

2. Az elmúlt évek újdonságai

Az elmúlt néhány év legfontosabb fejlesztései az állomás-korszerűsítések voltak. Ennek során mind a 35 hazai referenciaállomás GPS/GLONASS képes vevővel lett felszerelve. Ezek közül 5 darab ún. GNSS+ vevő, amik föl vannak készítve a kiépítés alatt álló Galileo és COMPASS műholdrendszerek holdjai által kibocsátott jelek vételére is. A GNSSnet.hu hálózatába integrálásra került a kárpátaljai Munkács állomás. Ezen kívül a külföldi kollégák több vevőt is GLONASS képesre cseréltek. Így a 19 külföldi állomás közül már 16 képes az orosz műholdrendszer holdjait is észlelni.



1. ábra. Állomás-korszerűsítések

További fejlesztés volt az RTCM alapú VITEL bevezetése, aminek segítségével valós időben lehet a GPS koordináta-rendszeréből (ETRS89) az Egységes Országos Vetületi Rendszerbe (EOV) történő átszámításokat elvégezni anélkül, hogy a hagyományos VITEL adatbázist telepíteni kellene a felhasználó vevőjére. Újdonságként jelent meg 3 új mountpoint a GSZK kínálatában 2011 nyarán, amik a GLONASS jelek speciális kezelését segítik.

3. Fejlesztési területek

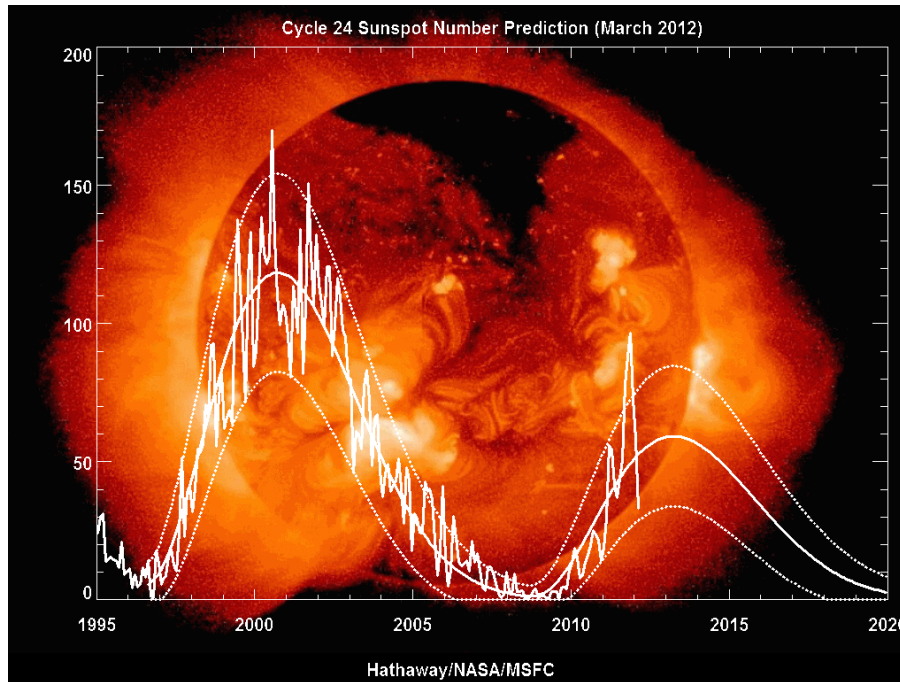
Jelenleg a kutatási és fejlesztési feladatokat tekintve a GSZK elsősorban a légkörrel és a helyi hatásokkal foglalkozik. A légkör a GNSS mérések szempontjából két részre bontható, az ionoszférára és a troposzférára. Mindkettő hatásának alapos ismerete és megfelelő modellezése szükséges, hogy biztosítani lehessen az egész országra a centiméteres pontosságot. Ezen kívül kiemelkedően fontos a helyi hatások, többek között a többutas jelterjedés okozta késleltetés értékek leválasztása a többi hibaforrás hatásáról. Így növelni lehet a helymeghatározás pontosságát és megbízhatóságát is.

3.1. Ionoszféra

A 24. napfoltciklus maximumához közeledve az ionoszféra állapotának figyelemmel kísérése és modellezése különös jelentőséggel bír, hiszen a megnövekedett aktivitása inicializálási nehézségekhez – lassabb vagy akár hibás megoldáshoz – vezethet.

Az ionoszféra a légkör 50 és 1000 km magasság között elhelyezkedő rétege. Az itt található semleges atomokat és molekulákat a Nap elektromágneses sugárzása ionizálja, ezzel befolyásolva a GNSS műholdak által kibocsátott jelek terjedési sebességét. Ennek a módosításnak a mértéke a szabad elektronok és ionok mennyiségétől függ. Az ionoszféra diszperzív közeg, azaz a hatása frekvenciafüggő. Ezen tulajdonságát kihasználva kettő (vagy több) frekvencián végzett GNSS mérések esetén a hatását jelentős mértékben lehet csökkenteni. Ez alapvetően azért lényeges, mert az ionoszféra térben és időben változó.

Az időbeli változása három ciklusból tevődik össze. A 11 éves periódusát napfoltciklusnak nevezik, amit alapvetően a napfolttevékenységek, a napfoltok száma befolyásol. A napfoltok a Nap felszínén található olyan sötét foltok, amelyek hőmérséklete a környezetüknél mintegy 2000 °C-al alacsonyabb. Az elmúlt évek napfoltjainak számát és a következő évekre vonatkozó előrejelzését a 2. ábra mutatja. Ennek maximuma előreláthatólag 2012-2013-ban lesz, nagysága pedig várhatóan elmarad az átlagostól. Ennek ellenére számítani lehet jelentős méretű geomágneses viharokra.

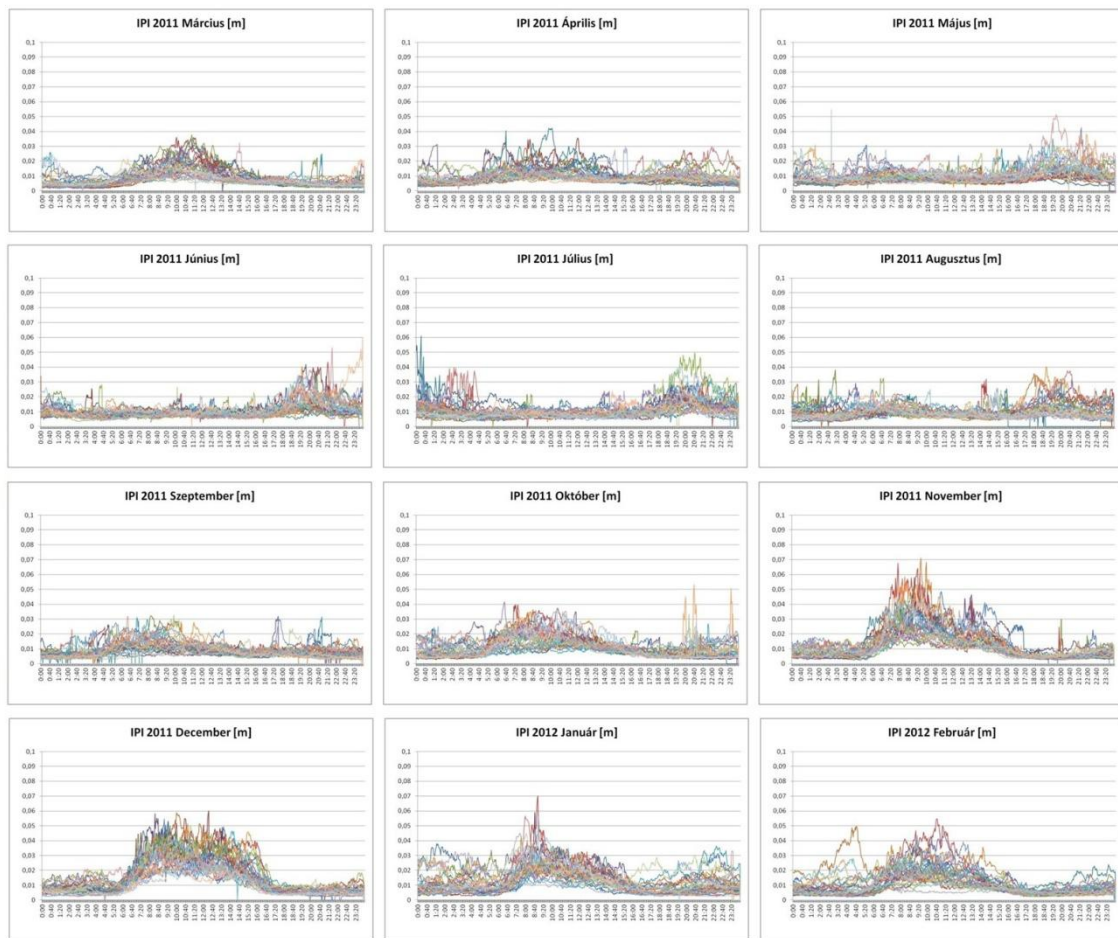


2. ábra. A 24. napfoltciklus

Az ionoszféra évszakos periódusát a Föld Nap körüli keringése okozza, mivel ennek során a Nap relatív helyzete a Föld északi és déli félteke között megváltozik. Ennek köszönhetően jellemzően télen nagyobb az ionoszféra hatása. A napi periódusú változást többek között a Föld forgása okozza.

A 2011. március és 2012. február közötti időszak ionoszféra maradékhiba ábrái a 3. ábrán láthatóak. Ezeket havi bontásban kerültek felrajzolásra az egyes napok maradékhibái. Megfigyelhető, hogy a legnagyobb maradékhiba maximumok tavaly november és december hónapokban jelentkeztek. Az ábrákon egyértelműen látszik az a trend is, hogy a napi maximumok nyáron az esti-éjszakai órákra tolódnak.

A GNSSnet.hu felhasználói számára fontos, hogy folyamatosan nyomon tudják követni az ionoszféra változását. Ezt valós időben a GNSSnet.hu monitor oldalán tehetik meg (www.gnssnet.hu/pda). Ezen kívül idén március óta a GSZK honlapján grafikonos és időszávos megjelenítésben is megtalálhatók ezek a maradékhiba értékek, kiemelve az egyes riasztási szintekhez tartozó küszöbértékeket. Így a felhasználók utólag is ellenőrizni tudják az ionoszféra állapotát a méréseik időpontjára. Az ionoszféra hatását két részre, keleti és nyugati országrészre bontva lehet megtekinteni. Az adatok részletesebb böngészését a táblázatos formátum segíti. Ezen maradékhiba idősorok elérhetősége: [www.gnssnet.hu/monitor/ionoszfera.php]. Érdeemes megjegyezni, hogy a napfolttevékenység és a geomágneses aktivitás bizonyos mértékben előre jelezhető. Ezzel is foglalkozik az Amerikai Űridőjárás Előrejelző Központ (www.swpc.noaa.gov) és az Ausztrál Űridőjárás Ügynökség (www.ips.gov.au/Space_Weather). Sajnos ezek megbízhatósága nem hasonlítható az hagyományos időjárás előrejelzéséhez, valamint a központok helyére – Amerikára és Ausztráliára – vonatkoznak.

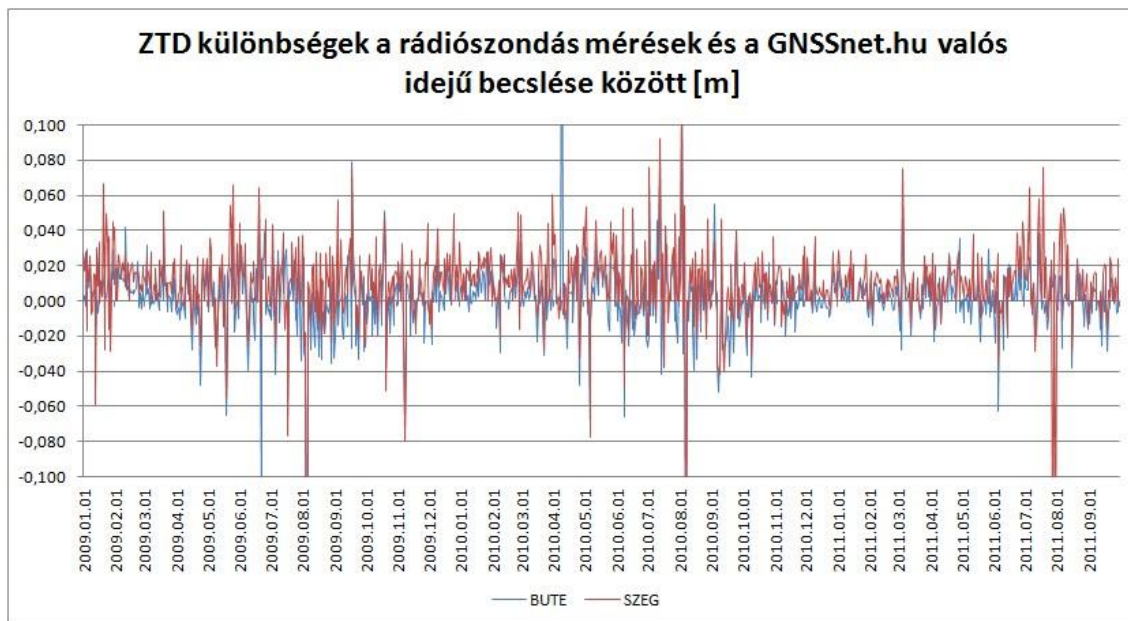


3. ábra. Ionoszféra maradékhiba ábrák (2011. március – 2012. február)

3.2 Troposzféra

A troposzféra a légkör alsó mintegy 11 km vastagsású rétege. Itt található a vízpára kb. 99 %-a, ami a GNSS műholdak által kibocsátott jelek késését okozza. Ezen jelek terjedésének szempontjából a troposzféra nem diszperzív, tehát nem lehet a hatását – az ionoszféra esetében alkalmazott módon – több frekvencián végzett méréssel csökkenteni. A késleltetést két – hidrosztatikus és nedves – összetevőre bonthatjuk. Ezek közül az utóbbi meghatározása a bizonytalanabb.

A GNSS Szolgáltató Központban nemrég megtörtént a GNSS mérésekből becsült troposzférikus késések validációja rádiószondás mérések alapján. A valós idejű becslések során a Niell troposzféra modell kerül alkalmazásra. A rádiószonda egy kisméretű mérőeszköz, ami meteorológiai ballonokkal fölengedve a légkörbe méri a különböző magasságokban a hőmérsékletet, a légnyomást és a harmatpontot. Ezekből az adatokból zárt képletek segítségével határozható meg a troposzféra által okozott késleltetés. Rádiószondát Magyarországon naponta egyszer két helyről – Budapestről és Szegedről – bocsátanak föl. A GNSSnet.hu hálózatának valós idejű becsléséből származó és a rádiószondás mérések alapján számított troposzférikus késésértékek különbségeit a 4. ábra mutatja.



4. ábra. Troposzférikus késésértékek eltérése a GNSSnet.hu hálózata és rádiószondás mérések között

A vizsgált 1014 napon az abszolút eltérések átlaga és szórása sem haladta meg egyik állomás esetében sem a 2 cm értéket. Az ábra alapján megállapítható, hogy a GNSSnet.hu hálózatban jelenleg alkalmazott Niell modell a különböző időjárási körülmények között is megfelelően pontos eredményeket ad.

3.3 Többutas terjedés

Többutas terjedést az antenna környezetében található olyan tárgyak okozzák, amik visszaverik a GNSS műholdak által kibocsátott jeleket. Így az antenna indirekt módon is érzékeli a mérőjeleket. Ez a jelenség a méréseket teszi zajossá, ezzel csökkentve a megbízhatóságot. A többutas terjedést két részre bonthatjuk, az antenna közvetlen környezetében lévő tárgyak okozta, *közeli*, és az antennától messzebb lévő felületek, *távoli* hatására. Előbbi esetén a többutas terjedésnek nem zérus az átlaga és hatása időben sem mutat csökkenést, így a koordinátákat szisztematikus hiba terheli.

Fontos a helyi hatásokat leválasztani a mérésekről; e nélkül a légkör paramétereinek becslése, modellezése során okoznak hibát. A többutas terjedés hatása függ az antenna típusától, a pontjeltől, az antenna környezetétől, valamint az aktuális időjárási körülményektől is. A helyi hatások különválasztására több megoldás is létezik; el lehet végezni az antenna helyszíni kalibrációjával, a hatások kompenzációjával, valamint e két megoldás hálózatban történő vegyes alkalmazásával is.

A GNSSnet.hu hazai állomásain található ún. „choke ring” antennákat tartják a többutas jelterjedés ellen a leghatékonyabbnak. A GSZK többek közt a többutas terjedés hatásának csökkentése érdekében is elvégeztette a hazai állomásokon található antennák egyedi abszolút kalibrációját. Ennek során az antenna geometriai és elektronikai középpontja (fáziscentruma) közötti – magassági szög és azimut függő – különbségei

kerültek meghatározásra. Ezt fáziscentrum külpontosságnak nevezzük. A koordinátákra gyakorolt hatása vízszintes értelemben néhány milliméter, míg magasságilag több centiméter is lehet.

A helyszíni kalibráció során három (vagy több) többutas jelterjedéstől mentes antenna kerül a referenciaállomás antennájának környezetében elhelyezésre úgy, hogy a mérések a helyi hatásoktól lehetőleg mentesek legyenek. Ennek az elrendezésnek köszönhetően az eredményeket rövid bázisvonalon lehet feldolgozni. Az ideiglenes antennák az antenntartó rúddal és fejezettel együttesen kalibráltak, kiszűrve ezen tartozékok hatását. A legalább 24 órányi mérést igénylő eljárás végeredménye a fáziscentrum külpontosság valamint az azimut és magassági szög függő többutas terjedés okozta maradékhibák értékei. A módszer hátránya, hogy idő- és költségigényes, valamint az, hogy az antenna környezetében történő bármilyen változás esetén új kalibráció szükséges.

A GSZK jelenleg a hatások kompenzációs eljárással való kiküszöbölését teszteli, ami a GNSS hálózat redundanciáját használja ki. Ez a megoldás a hálózatban lévő összes állomásra becsli a többutas terjedésből adódó maradékhibákat és ezeket a későbbi lépésekben figyelembe veszi. Az eljárás eredménye tehát a maradékhibák csökkenése, valamint a pontosság és a megbízhatóság növekedése.

A harmadik, vegyes eljárás azt jelenti, hogy a hálózatban néhány állomás esetén elvégzik az antenna helyszíni kalibrációját, majd ezeket az eredményeket a kompenzációs eljárás során figyelembe veszik.

4. A következő évek várható újdonságai

A GSZK tervei között szerepel, hogy a jövőben PPP-RTK helymeghatározáshoz állapot-tér adatokat szolgáltatson. A PPP-RTK egy abszolút helymeghatározási módszer, ami a GNSS hibaforrások szétválasztásán – azaz az RTK hálózatok állapot-tér modellezésén – alapszik. A mérések során a vevő számára szükséges információ a műhold pálya- és órahiba, valamint az ionoszféra és a troposzféra állapota. Utóbbi két paraméter előállításához szükség van földi referenciaállomás hálózatra. Ez a helymeghatározási módszer 1-3 cm-es pontosságot tud biztosítani valós időben, rövid – 10-50 mp-es – konvergenciával. További előnye, hogy kicsi a sávszélesség igénye, valamint nincs szüksége sűrű állomáshálózatra sem.

A GNSS Szolgáltató Központ folyamatos fejlesztései a minőség emelkedését szolgálják, ezzel is növelve a felhasználói elégedettséget. A modellezési megoldások finomítása mellett ilyen fejlesztés az idei év során kiépítésre kerülő központi backup rendszer, ami növelni fogja a szolgáltatás rendelkezésre állását. A GSZK fejlesztési tervei között szerepel egy központi automata utófeldolgozó rendszer létrehozása, amivel a felhasználók beruházási költséget és munkaidőt takaríthatnának meg. További terv az Európai Unió kiépítés alatt álló Galileo műholdrendszerének támogatása is.

Irodalom

- Gerhard Wübbena, Martin Schmitz (2011): On GNSS Station Calibration of Antenna Near-Field Effects in RTK-Networks, International Symposium on GNSS, Space-based and Ground-based Augmentation Systems and Applications, Berlin, Germany, 2011
- Gerhard Wübbena, Martin Schmitz, Andreas Bagge (2005): PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks, 18th International Technical Meeting, Long Beach, California, 2005
- Gerhard Wübbena, Martin Schmitz, Norbert Matzke (2010): On GNSS in-situ calibration of near-field multipath, International Symposium on GNSS, Space-based and Ground-based Augmentation Systems, Brussels, Belgium, 2010
- Hathaway (2012): Solar Cycle Prediction, National Aeronautics and Space Administration, 2012
- Tony Philips (2009): New Solar Cycle Prediction, National Aeronautics and Space Administration, 2009

A SZERZŐ ELÉRHETŐSÉGE

Braunmüller Péter
Földmérési és Távérzékelési Intézet
Kozmikus Geodéziai Observatórium
1592 Budapest, Postafiók 585.
Tel. 06 27 200 930
Fax 06 27 374 982
Email: braunmuller@gnssnet.hu