

Precíz valós idejű műholdas helymeghatározás: az első DGPS megoldástól az EUPOS-ig

BORZA TIBOR, FEJES ISTVÁN, HORVÁTH TAMÁS

FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium
horvath@gpsnet.hu

Lektorált

Kulcsszavak: GNSS, EUPOS, valós idejű műholdas helymeghatározás

Kizárólag a műholdas helymeghatározó rendszerekre (GPS, GLONASS, Galileo) támaszkodva, a helymeghatározást csak több méter hibával lehet végezni. Természetes vágya volt a felhasználóknak, hogy egyesítsék a valós idejű navigáció hatékonyságát az utólagos feldolgozású geodéziai pontossággal. Ezt az igényes célt még kevés országban valósították meg. Nálunk – 14 közép- és kelet-európai országgal együtt – az EUPOS projekt keretében, fejlesztés alatt áll.

1. Bevezetés

Akik kevésbé járatosak a GPS technikában, könnyen zavarba jöhetnek, ha a műholdas helymeghatározó rendszerek pontosságáról esik szó. Hallható egyrészt, hogy egyetlen vevővel csak több méteres pontosságot lehet elérni, ugyanakkor találkoznak milliméter pontos mozgásvizsgálatokról szóló információkkal is. A tisztánlátás érdekében vázlatosan ismertetjük az egyes mérési technikákat és a velük elérhető pontosságot.

Abszolút meghatározást végzünk, amikor egyetlen vevőt használunk. Ez esetben a pozíciót közvetlenül a műholdak ismert helyzetéből kapjuk valós időben. Abszolút meghatározásra minden vevő képes, erre a feladatra hozták létre a rendszert. Az abszolút meghatározás pontossága attól függően, hogy milyen rendelkezésre állást szabunk meg 5-15 méter (például 99%-os rendelkezésre állásnál, 100 mérésből mindössze egy esetben megengedett a kívánt pontosságtól nagyobb eltérés).

A pontosság növelésének leghatékonyabb módja a *relatív mérési technika*. Ilyenkor a pozíció meghatározást a korábban már nagy pontossággal meghatározott, referencia pontokra támaszkodva végezzük. Amilyen mértékben rövidebb a referencia- és a meghatározandó pontok távolsága, olyan mértékben csökken a meghatározás hibája.

A szélső pontosságú, utólagos feldolgozással végzett relatív méréseket mellőzve, koncentráljuk a relatív, más szóval differenciálisan végzett valós idejű mérésekre. A valós idejű meghatározásnál alapfeladat a referencia-állomáson mért és számított korrekciók azonnali eljuttatása a mozgó vevőkhöz. Ezekkel a korrekciókkal javítjuk meg a mozgó vevő által végzett abszolút méréseket.

Megkülönböztetjük a robusztusabb, de méteres pontosságú kód mérésre alapozott DGPS és a kényesebb, fázismérést használó centiméteres pontosságú RTK technológiát. A DGPS technikát a 80-as évek végén, főleg a hajók partmenti navigálásához vezették be, mára a használata teljesen általános. Az RTK nagy pon-

tosságát a földmérés, a mezőgazdaság, és számos térinformatikai feladat igényli. Kezdetben a referencia-állomások a felhasználók biztosították maguknak egy plusz műszer és mérnök beállításával, valamint a referencia- és a mozgó vevő közötti rádiós kapcsolat létrehozásával. Mindez jelentős költséget és nehézséget jelent, ezért országos szinten kézenfekvő a központi kiegészítő rendszer létesítése.

Világszerte elkezdődött tehát a referencia-állomások központi telepítése és országos hálózatba szervezése. A központilag létrehozott szolgáltatás fenntartása értelemszerűen nem csupán gazdaságosabb, mint az egyedi önkiszolgálás, de megbízhatóbb is.

A referencia-állomások hálózatát, a méréseket fogadó, és a felhasználók igényeit kielégítő szolgáltató központot együttesen kiegészítő rendszernek, illetve GNSS infrastruktúrának nevezzük. Az alaprendszerekre (GPS, GLONASS, Galileo) végzett valós idejű abszolút meghatározást, fejlett kiegészítő rendszer használatával egészen a centiméteres pontossáig fel lehet javítani, miközben az egy vevővel végzett navigálás komfortja megmarad.

2. GNSS kiegészítő rendszerek

A GNSS alaprendszerek képességének feljavítására először műholdakra alapozott megoldások születtek. Innen származik a „Satellite Based Augmentation Systems” – SBAS elnevezés is. A magántőke is felfigyelt a lehetőségre és már a 90-es évek végén világszintű szolgáltató SBAS rendszereket építettek ki (ilyen például az OmniStar).

Később központilag finanszírozott, kontinentális rendszereket is üzembe állítottak, ilyen például a WAAS az amerikai kontinens, vagy az EGNOS Európa térségében. Az EGNOS rendszerrel műholdas kommunikációt alkalmaznak geoszinkron hold felhasználásával, melynek jeleit Magyarország területéről eléggé kedvezőtlen, alacsony magassági szög alatt lehet csak venni. SBAS rendszerekkel a pontosság is korlátozott.

Ezen hátrányok kiküszöbölésére gyakorlatilag minden ország igyekszik saját, földi kommunikációra alapozott kiegészítő rendszert építeni, amely ha megfelelő sűrűségű referenciaállomás-hálózattal rendelkezik, a legprecízebb felhasználói igények kielégítésére is alkalmas.

3. Az Állami Földmérés fejlesztései

A magyarországi országos GNSS kiegészítő rendszert az Állami Földmérés keretében a Földmérési és Távérzékelési Intézet építi (1. ábra). A fejlesztéseknek nagy lendületet adott 2002-ben az OMFB-től nyert támogatás. A gpsnet.hu honlapon találjuk a FÖMI Kozmikus Geodéziai Observatóriumában üzemelő *Országos GNSS Szolgáltató Központ* on-line elérését.

A már öt éve épülő szolgáltató rendszer – a realitásoknak megfelelően – mindössze 12 állomás üzembeállítását célozta meg, amiből már csak kettő hiányzik. Ez a hálózat a 100 km-es sűrűségével még nem alkalmas a centiméter-pontos valós idejű helymeghatározásra az ország teljes területén, ahhoz 40-70 km sűrűségben kell az állomásokat telepíteni (Párhuzamosan a 12 állomás építésével – elsősorban Budapest környezetében – elkezdjük a hálózat sűrítését is, a későbbiekben ismertetett EUPOS által előírt szintre. Ennek tudható be, hogy jelenleg már 17 állomás üzemel.).

Újabb lökést adott a fejlesztéseknek 2004-ben a KPI által kezelt GVOP pályázat, amely Budapest tágabb környékét lefedve, egy pilot projekt végrehajtását célozta meg, sűrűbb hálózattal. Ez a 2006-os év végéig kiépülő rendszer sok tekintetben része a – tervek szerint az egész országot, sőt a régiót lefedő – nemzetközi EUPOS programnak.

4. Az EUPOS kezdeményezés

Az EUPOS (European Position Determination System) egy olyan földi bázisú GNSS kiegészítő rendszer, mely Európában regionális szinten biztosítja a valós idejű korrekciókat minden olyan felhasználó számára, akinek precíz helymeghatározásra, vagy navigációra van szüksége. A „precíz” jelző alatt a szub-méterestől egészen a centiméteres pontosságot értjük. Nem valós időben, úgynevezett utófeldolgozással, elérhető a milliméteres pontosság is.

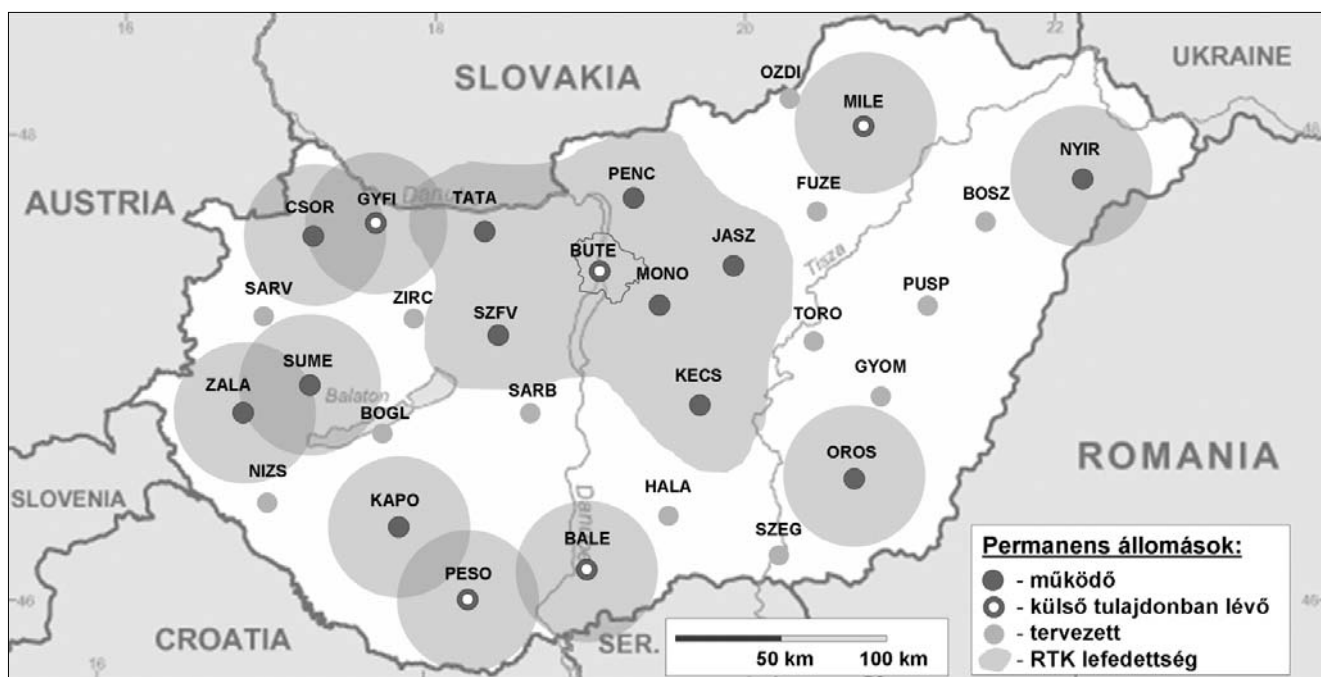
Technikailag egységes szempontok alapján kiépített, GNSS vevőket folyamatosan működtető, földrajzilag jó eloszlású állomáshálózatra épül. Az állomásoknak adatátviteli kapcsolatban kell állnia egy olyan központtal, ahol a korrekciók előállítására és a felhasználók felé való továbbítása történik (2. ábra).

A projekt német kezdeményezésre indult 2002-ben, felhasználva a németországi SAPOS földi bázisú GNSS rendszer kedvező tapasztalatait. Magyarországról kezdettől fogva részt veszünk az EUPOS előkészítésében, amivel kapcsolatban több szakmai munka is született [1].

Az EUPOS fő jellemzői röviden összefoglalva [2]:

- *Regionális rendszer* – eddig 14 ország csatlakozott az EUPOS-hoz, szomszédaink közül, Szlovákia, Ukrajna, Románia, Szerbia és Szlovénia;
- *Határokon átvívelő adatcsere*, ami jelentős beruházási és működési megtakarítást eredményez ahhoz képest, mintha minden ország önálló rendszert építene ki;
- *Közösen elfogadott szabványok* az adatátvitelben, adatformátumokban, a rendszer-követelményekben, ami lehetővé teszi a felhasználók határokat átszelő mozgását;

1. ábra A GPSNET.HU kiegészítő rendszer jelenlegi és tervezett referencia-állomásai



- *Egységes, nemzetközi referencia-rendszer.*
A pozíció adatok az European Terrestrial Reference System (ETRS 89)-re vonatkoznak;
- *99%-os területi és időbeli rendelkezésre állás;*
- *3 típusú díjfizetéses szolgáltatás:* EUPOS DGNSS, EUPOS Network RTK és EUPOS Geodetic.
Ezek a szolgáltatás típusok a felhasználói igények és költséghatékonyság alapján választhatóak;
- *Szigorú minőség-ellenőrzés, a rendszer integritásának magas fokú biztosítása.*

A szervezeti struktúrára a megosztott felépítés jellemző. Bár a koordináló és a vezetést képviselő iroda (az ISCO) Berlinben működik, az EUPOS kiépítése és működtetése az egyes résztvevő országok feladata. Ezért országonként „EUPOS szegmensek” kiépítése folyik, ki-ki a maga képességei és anyagi erőforrásai szerint. Ezt a feladatot az EUPOS Szolgáltató Központok látják el, amelyek további feladatai közé tartozik a kapcsolatok kiépítése (tartása) az adatszolgáltatók, és a felhasználók felé. A 3. ábrán a Magyar EUPOS Szolgáltató Központ kapcsolatrendszerét mutatjuk be a nemzetközi, az állami, a magán szolgáltatói szervezetek és a felhasználói csoportok vonatkozásában.

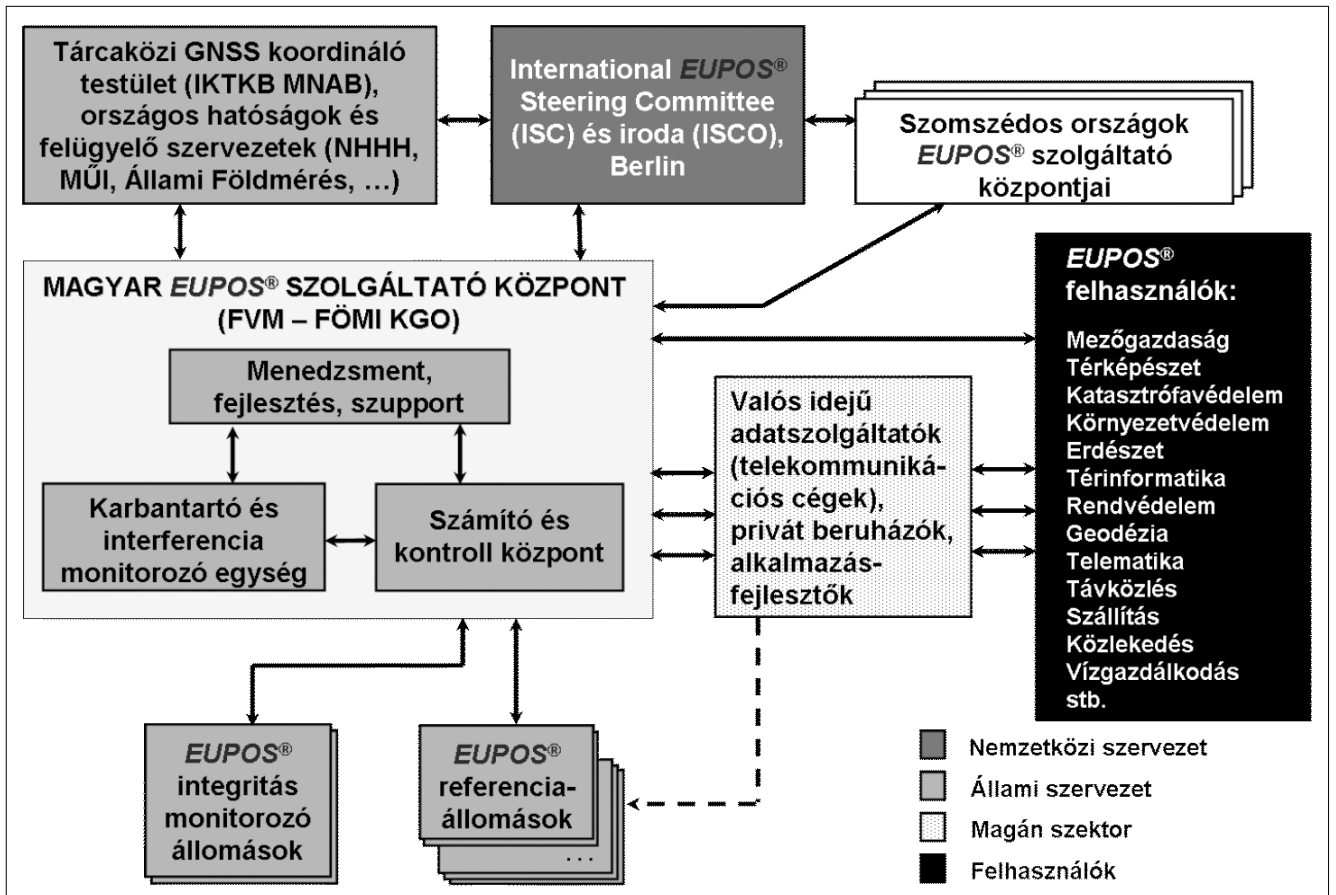
Az EUPOS rendszer három szolgáltatása különböző felhasználói csoportokat céloz meg. Számukra különböző formátumban és úton juttatja el a referenciaállomás-hálózatból származó információkat.

Azoknak, akiknek elegendő a helymeghatározás eredményét utólag megkapni (például tektonikus leme-



2. ábra
Az EUPOS kiépítés alatt levő állomáshálózata

3. ábra
Az EUPOS tervezett magyarországi szervezeti felépítése [3]



zek mozgásvizsgálata, egyes geodéziai alkalmazások) áll rendelkezésére az EUPOS Geodetic szolgáltatás. Itt a referencia-állomásokon rögzített adatfájlokhoz lehet hozzáférni egy központi FTP szerveren keresztül. A szerverről 1 órás és 24 órás szabványos fájlokat lehet letölteni, amelyeket a felhasználók irodai feldolgozás során tudnak alkalmazni. Ezzel a technológiával érhető el a legnagyobb (milliméteres) pontosság, de csak a mérést követően némi késéssel.

Azoknak, akiknek valós időben (azonnal, már mérés közben) szükségük van a helymeghatározás eredményére (például gépvezérlés, kitűzés, precíz navigáció) két lehetőségük van. Az EUPOS DGNSS szolgáltatás differenciális korrekciókat továbbít a kisebb pontosságigényű (szubméteres) alkalmazások számára, míg az EUPOS Network RTK szolgáltatás lehetővé teszi a centiméteres pontosság elérését, valós időben, a lefedettségi területen belül bárhol. Mindkét valós idejű szolgáltatás esetében a referenciaállomás-hálózatból gyűjtött adatok alapján egy központi feldolgozó egység számít korrekciókat.

Az EUPOS DGNSS olcsóbb, néhány százezer Ft-os felhasználói GPS vevőt igényel, míg a nagyobb pontosság eléréséhez jóval drágább, több millió Ft értékű felhasználói eszközre van szükség.

Az adattovábbítás több úton történhet, de minden esetben folyamatos kommunikációs kapcsolatra van szükség a szolgáltató és a felhasználó között. Az elsődleges adatátviteli médium az Internet. A korrekciókat egy központi Internet szerver (NtripCaster) továbbítja a felhasználók számára, akik terepen dolgozva valamilyen mobil telekommunikációs szolgáltatást (GPRS, EDGE, UMTS) igénybe véve Internet kapcsolatot létesítenek, és folyamatosan töltik le a korrekciós adatokat [4]. Az EUPOS nem kötelező szabványként tartalmazza az URH rádiós adattovábbítást is.

Hazánkban jelenleg az Interneten keresztül történik a korrekciósugárzás, 2004 óta üzemel a Kozmikus Geodéziai Obszervatóriumban egy Internet szerver, ami párhuzamosan gyakorlatilag korlátlan számú felhasználó számára teszi hozzáférhetővé a korrekciókat, jelenleg még ingyenesen. Az internetes kommunikáció nagy előnye, hogy olcsó. Az Internet, mint rendelkezésre álló infrastruktúra mellett a szolgáltatóknak nem kell saját kommunikációs hálózatot kiépíteni. További előnye, hogy a jelenleg kapható professzionális GPS vevők döntő többsége képes közvetlenül kapcsolódni az Internetre és hozzáférni a korrekciókhoz, vagyis a felhasználóknak GPS vevőjükön kívül nem kell további hardver eszközöt beszerezni. A módszer hátránya abból adódik, hogy Magyarországon még nem mindenhol van GPRS lefedettség. Lakott területen kívül (például erdőben) előfordulhat, hogy a felhasználó nem tud hozzáférni a korrekciókhoz.

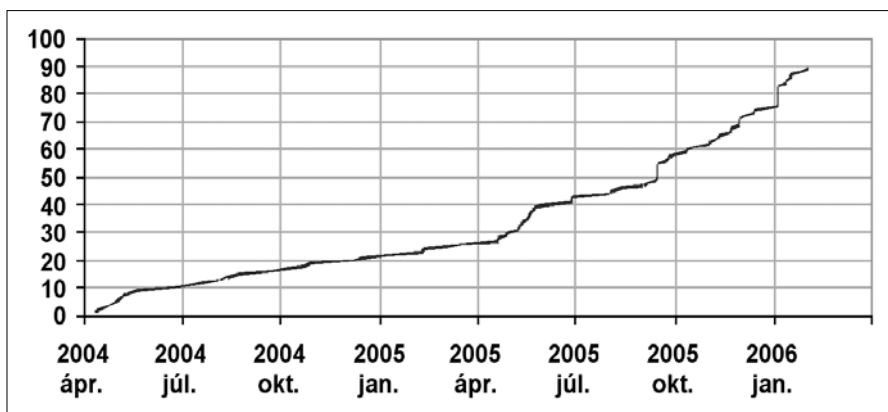
Magyarországon az eddig kiépített összesen 17 db permanens GPS referencia állomás az EUPOS Geodetic és az EUPOS DGNSS szolgáltatások elindításához gyakorlatilag elegendő. Az EUPOS Hálózati RTK szolgáltatás országos rendelkezésre állásához további mintegy 13 állomás beüzemelése szükséges. Az összesen 30 állomásból álló tervezett hálózat már elegendően sűrű lesz ahhoz, hogy bárhol lehetőség legyen centiméteres pontosságú valós idejű műholdas helymeghatározásra.

A Budapest környéki pilot projekt abból a célból indult, hogy megkezdődhessen a legfejlettebb infrastruktúra (Hálózati RTK) tesztelése és bevezetése hazánkban. Amint az 1. ábrán látszik, a hálózat Budapest környékén jóval sűrűbb az átlagosnál. A rendszer tesztelése 2005-ben kezdődött és jelenleg is tart. Méréseink azt bizonyították, hogy a lefedettségi területen belül (tehát Budapest környékén) bárhol, függetlenül az állomásoktól való távolságtól, valósággá vált a centiméteres helymeghatározás.

A 2005-ös évben külső partnereink finanszírozásában több új állomást sikerült beüzemelni, köztük háromat a nyugati országrészben. Így 2006 közepére szeretnénk kiterjeszteni a Hálózati RTK lefedettséget az ország területének több, mint felére (a Jászberény-Kecskemét vonaltól nyugatra lévő országrészre). 2006 folyamán számos tesztet fogunk végezni, amelyekbe immár felhasználóinkat is bevonjuk.

A jelenlegi szolgáltatások annyiban térnek el az EUPOS szabványban definiáltaktól, hogy az időbeli és térbeli rendelkezésre állás még nem éri el a 99%-ot. Ahhoz, hogy a nap 24 órájában, a hét minden napján elérhető legyen a szolgáltatás, hálózati fejlesztésekre, tartalék szerverek beüzemelésére és folyamatos ellenőrzésre/szupportra van szükség. A minőségi szolgáltatás bevezetése és fenntartása szükségessé teszi a Kozmikus Geodéziai Obszervatórium személyi állományának bővítését. A térbeli lefedettséghez elengedhetetlen a további hálózatsűrítés. Az ország nagyobb részén jelenleg még nincs Hálózati RTK, ott a valós idejű centiméter pontosságú helymeghatározás még csak a referencia-állomások 40-50 km-es környezetében lehetséges.

4. ábra
A valós idejű GNSS korrekciós szolgáltatás felhasználóinak száma



A kiépítés jelenlegi fázisa mellett feltűnő, hogy máris közel 90 cég és magánszemély regisztrálta magát a valós idejű korrekciós szolgáltatás eléréséhez (4. ábra).

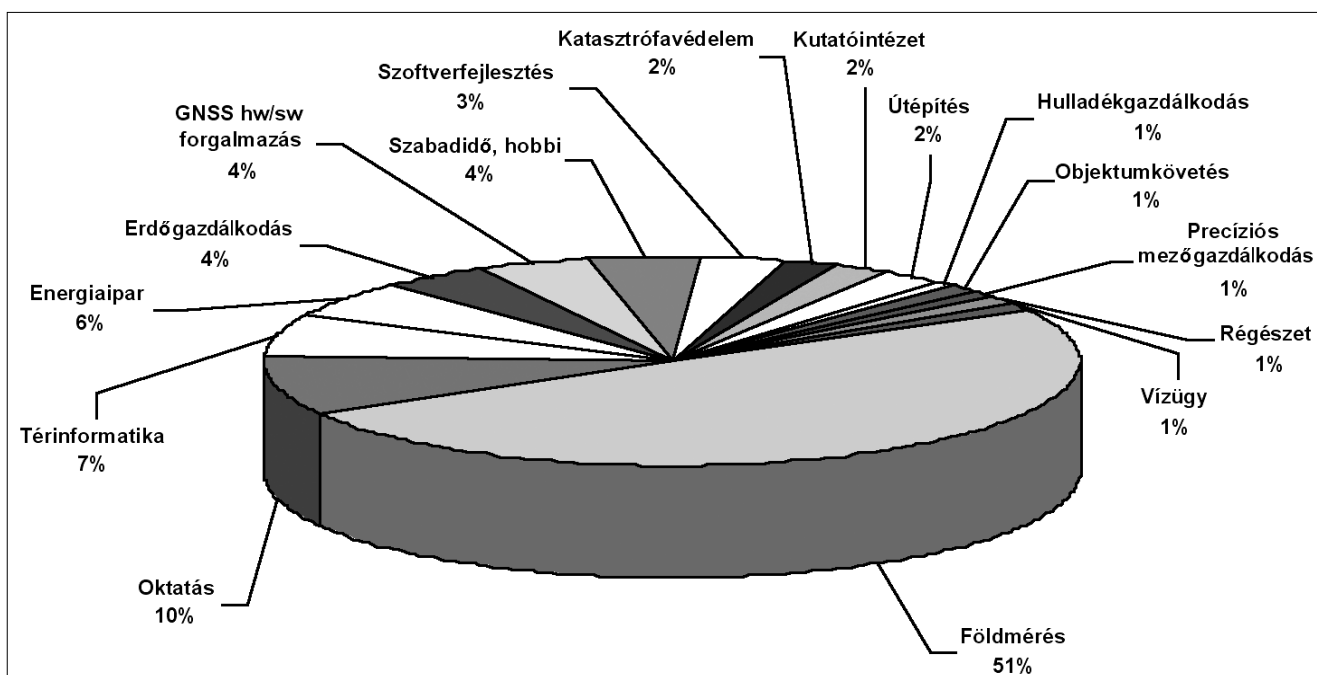
A felhasználók fele földmérő, mellettük ugyanakkor megjelent a más ágazatokból érkező felhasználók széles skálája is (5. ábra). A regisztrált kliensek döntő többsége professzionális felhasználó, ennek megfelelően a nagy pontosságú Hálózati RTK korrekciókat igényli. Kevesebben, elsősorban térinformatikusok, térképészek, erdészek stb. használják a szubméteres pontosságú differenciális korrekciókat.

Megfigyelhető, hogy az elmúlt évekhez képest viszszaesőben van az igény az utólagos feldolgozáshoz szükséges adatokra. Ez a világszerte tapasztalható tendencia az Internetes (és műholdas) korrekcióvábbítás robbanásszerű elterjedésének köszönhető. A jövőben vélhetően döntően csak kutatási célra fogják az utólagos feldolgozást alkalmazni, ahol az egyes hibahatásokat tökéletesen modellezve szélső pontosságra törekcszenek.

A hazai EUPOS hálózat fejlesztéssel párhuzamosan ösztönözzük felhasználóinkat, hogy az EUPOS szolgáltatásokra épülő speciális alkalmazások fejlesztésébe fogjanak. Nyugat-Európától Észak-Amerikán keresztül Japánig és Ausztráliáig számos helyen már sikerrel használnak hasonló GNSS földi kiegészítő infrastruktúrákat munkagépek vezérlésére, precíziós mezőgazdasági alkalmazásokhoz, a vízgazdálkodásban, közműépítésben és -nyilvántartásban, út- és vasútépítésben, a közlekedésbiztonság fokozásában stb.

Az EUPOS rendszer teljes kiépülése Magyarországon is mérőföldkőnek számít majd a nagy pontosságú műholdas helymeghatározás történetében.

5. ábra
A valós idejű GNSS korrekciós szolgáltatás felhasználóinak besorolása (2006. február)



5. Összefoglalás

Az abszolút műholdas helymeghatározás pontossága geodéziai célokra nem alkalmas. A világon egyre jobban terjedő földi kiegészítő állomáshálózatok támogatásával több nagyságrenddel növelhető az elérhető pontosság. Az évtized elejétől hazánkban is egyre gyorsuló ütemben halad a földi referenciaállomás-hálózat kiépítése. Csatlakoztunk a regionális EUPOS rendszerhez, amely Közép-Kelet Európában egységes szolgáltatásokat nyújt majd a professzionális GNSS felhasználóknak. A cikk bemutatta a hazai kiegészítő rendszer technikai és szervezeti felépítését, valamint felhívta a figyelmet a nagy pontosságú műholdas helymeghatározásra támaszkodó alkalmazási lehetőségekre.

Irodalom

- [1] Borza T., Fejes I., Galambos I., Horváth T., Kenyeres A.: EUPOS megvalósítási tanulmány. IHM-MŰI megbízásból a Földmérési és Távérz. Intézet, Kozmikus Geodéziai Observatórium, Penc, 2005.
- [2] EUPOS® Standard Summary (2003): Topicality June 11, 2003. Resolution of the International EUPOS® Steering Committee 3rd Conference, Riga, Latvia, 1st Edition, September 8, 2003.
- [3] Fejes I., Horváth T. (2004): „A Magyar EUPOS® Szolgáltató Központ” Rendszerterv. Földmérési és Távérzékelési Intézet, Kozmikus Geodéziai Observatórium, Penc, 2004.
- [4] RTCM Special Committee No. 104. (2004): „RTCM Recommended Standards for Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip), v1.0”, Radio Technical Commission For Maritime Services (RTCM), Arlington, Virginia, September 30, 2004.