

AZ EGNOS RENDSZER ÉS ALKALMAZÁSA SORÁN SZERZETT TAPASZTALATOK

Absztrakt

Korunk társadalma egyre jobban technológiafüggővé válik, erre egyik jó példa a műholdas navigációs rendszerek területe. A földön mindenki számára elérhető és megfelelően kiépített modern navigációs szolgáltatást – az Egyesült Államok tulajdonában lévő – GPS rendszer testesíti meg. Az EGNOS rendszer az Európai Unió első lépése, hogy behozza lemaradását és csökkentse kiszolgáltatottságát az Egyesült Államokkal szemben a műholdas navigációs rendszerek terén. Ezért az olvasó a cikkben megismerkedhet a GPS rendszerrel kapcsolatos problémákkal, az ezekre a problémákra részleges megoldás nyújtó EGNOS rendszerrel, annak felépítésével, az alkalmazásából származó előnyökkel, a bevezetés során jelentkező hibákkal, különös tekintettel a pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése során szerzett tapasztalatokra.

Contemporary society is becoming more and more technology dependant and it is especially true for satellite navigation systems. For the grassroots the satellite navigations system means the Global Positioning System operated by US Ministry of Defense. Counterbalancing the lag and dependency in this field the first step of European Union is the development of EGNOS augmentation system, which makes the GPS system more reliable. For that reason this article familiarise the reader with the problem related to the GPS, its application and the EGNOS which is partial solution for these problems.

Kulcsszavak: GPS, GLONASS, GALILEO, SA, DGPS, SBAS, EGNOS, WAAS, navigációs pontosság, navigációs integritás, navigációs folyamatosság, navigációs elérhetőség, pilóta nélküli repülőgépek, PRN120, AOR-E Inmarsat.

Bevezetés

Helymeghatározás, pontos idő és frekvenciaszolgáltatás napjainkban egyre fontosabb és egyre szélesebb körben alkalmazott. A katonai felhasználókön kívül, a bankszektortól, a földmérésen, a repülésen, anyagszállításon, vasúton keresztül a távközlésig, a magáncélú felhasználókig igen szerteágazó a felhasználók köre. A fenti szolgáltatások műholdas navigációs rendszereken alapulnak, alapulhatnak. Az alkalmazások nagy része igen nagy megbízhatóságot és/vagy pontosságot igényel a műholdas helymeghatározó rendszerektől. Ide tartozik a repülés, beleértve a pilótánélküli repülőgépeket. A 70-es évektől, katonai megbízásból, fejlesztik az

¹ ZMNE BJKMK KMDI doktorandusz hallgató

Egyesült Államok NAVSTAR GPS-ét (röviden GPS, Globális helymeghatározó rendszer, *Global Positioning System*) és a volt szovjet GLONASS-át (*Global Navigation Satellite System*) [33]. A GLONASS anyagi okok miatt sosem érte el az 50%-os készenléti fokot és felhasználóinak száma sem több néhány tízezernél. Ezért a kereskedelmi polgári célú vevőberendezések a NAVSTAR GPS rendszeren alapulnak és csak az L1 sáv vételére alkalmasak. Az így elérhető pontosság néhányszor 10m, ráadásul akár 30 (215) perc is eltelhet, mire a rendszer felismeri, és a felhasználóval tudatja, hogy egy műhold meghibásodott, és azt kizárja a navigációból. Mindemellett mindkét szolgáltatás csak 95%-os rendelkezésre állási idővel rendelkezik, ami azt jelenti, hogy napi 72 percre, a pontossága 100-150m-re csökkenhet [10, 13]. A GPS rendszer pontossága akaratlagosan lerontható néhány 100m-re és ezzel a lehetőséggel az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma élhet is, ha érdekei megkívánják. A civil felhasználók így ki vannak szolgáltatva a technikai és politikai korlátoknak, amely ellenlépések megtételét tette szükségessé az Európai Unió részéről. Emellett a gazdasági szempontok is segítik, a saját európai műholdas navigációs rendszer létrejöttét. Az igen gyorsan fejlődő iparág előreláthatóan sokkal többet hoz, mint amennyibe kerül annak teljes kiépítése. A fenti okok vezettek a GNSS1/EGNOS (Globális műholdas navigációs rendszer/Európai geostacionárius kiegészítő rendszer, *Global Navigation Satellite System/European Geostationary Navigation Overlay Service*) és a GNSS2/Galileo rendszer kifejlesztéséhez. Első lépésként a civil repülés kezdeményezésére a GNSS1 kiépítésébe kezdtek, amely magába foglalja a GPS, GLONASS-t és a földi/műholdas kiegészítő rendszert az EGNOS-t. A jövőben folyamatos áttérés várható az Európai Unió Galileo nevű saját műholdas rendszerét magába foglaló GNSS2-re. Az EGNOS az első eleme az európai műholdas navigációs rendszer stratégiájának, és első fő lépés a Galileo-hoz Európa jövőbeli saját műholdas rendszeréhez. Az EGNOS az *ESA (European Space Agency)*, az *EC (European Commission)* és az EUROCONTROL közös projektje, ami előreláthatólag 2005 végére lesz teljesen üzemképes és alkalmas biztonság szempontjából kritikus alkalmazások kiszolgálására (*Safety Critical Applications*).

Műholdas navigációs rendszereket kiegészítő szolgáltatások rövid osztályozása

A műholdas navigációs rendszereket kiegészítő és pontosság növelő szolgáltatásainak alapvető módszere a differenciális pozíció meghatározás. A differenciális GPS (*DGPS*) egy olyan módszer, amelynek segítségével GPS pozíció hibái csökkenthetőek egy ismert pozíciójú referencia GPS állomás adatainak segítségével. Ezzel a technikával a következő hibák

1. Teljesen kiküszöbölhetőek:
 - Szelektív elérhetőség (*Selective Availability, SA*),
 - Műhold pályaadat és órajel hibák.
2. A következő hibaforrások pontosságot rontó tényezők mérséklése távolsággal csökken:
 - Ionoszférikus késleltetési hiba,
 - Troposzférikus késleltetési hiba.
3. De az itt felsorolt hibákat nem tudja csökkenteni:
 - Többutas terjedés,
 - Vevő hibák.

A differenciális GPS rendszerek a következő csoportba oszthatóak:

- Helyi rendszerek (*Local-Area Differential GPS, LADGPS*), ahol a referencia állomás látótávolságon belül van,
- Nagy kiterjedésű DGPS (*Wide-Area Differential GPS, WADGPS*), ahol a korrekciós jeleket általában geostacionárius műholdak vagy egyéb földfelszíni adók hálózata vagy adathálózat viszi át.
- Nagy kiterjedésű kiterjesztő-rendszerek, amelyek WADGPS jeleken kívül integritás adatokat is szolgáltatnak. Ezek lehetnek:
 - Földfelszíni kiterjesztő rendszerek (*Ground-Based Augmentation System, GBAS*).



1. Ábra
SBAS rendszerek célterületei²

- Műholdas alapú kiterjesztő rendszerek (*Space-Based Augmentation Systems, SBAS*) közé tartozik az Egyesült Államok WAAS (*Wide-Area Augmentation System*), az európai EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay System*), a japán MSAS (*Multifunctional Transport Satellite Based Augmentation System*) és az indiaiak által tervezett GAGAN (*GPS and GEO (Geostationary Earth Orbit) Augmented Navigation*) regionális rendszer. Ezen rendszerek átjárhatóságát (*interoperability*) szabványok biztosítják (*RTCA Inc, Minimum Operational Performance Standards (MOPS) for EGNOS and WAAS equipment, DO229 version C*). A SBAS rendszerek alkalmasak arra, hogy egy repülőgép az egész földet körülrepülve probléma nélkül navigáljon segítségükkel. A világ valamelyik táján vásárolt SBAS jelek vételére alkalmas készüléknek működőképesnek kell lennie a Föld bármely pontján.

Jelen cikk az egyik SBAS rendszer, az EGNOS sajátosságait mutatja be.

Az EGNOS rendszer szükségessége

GPS és GLONASS rendszer jelenlegi kiépítettsége megfelel bizonyos felhasználói körnek, de akadnak hiányosságai. Európa számára elfogadhatatlan a polgári felügyelet hiánya. Másrésztől bizonyos alkalmazói kör, így például a repülés nagy pontosságot követel a leszállópálya megközelítésénél. Csak GPS vagy GLONASS alapján ez nem

² http://www.essp.be/egnos_new.htm

valósítható meg. Hasonló nagy precizitást igénylő alkalmazás a hajózásban, a kikötő megközelítése. Egyedül a GPS/GLONASS rendszer alkalmatlan a fenti probléma megoldására a nagy forgalmú kikötőkben.

Az EGNOS rendszer Európa szerte GPS szerű jeleket sugároz korrekciós jelekkel, így biztosítva a GPS/GLONASS rendszer minőségét. A fő előnye az SBAS szolgáltatásnak a javított pontosság, elérhetőség és folytonosság. A pontosság teljes kiépítettség esetén elérheti az 1m-t (csak nagypontosságú vevők esetén) az integritás adatok alapján a hibás pozíció adatok detektálása 6 másodpercen belül megtörténik. Egyik fő előnyként hangsúlyozni kell, a szolgáltatás mindenki számára szabad foghatóságát és ingyenes elérhetőségét.

Az EGNOS rendszer GPS/GLONASS rendszert kiegészítő szolgáltatásai

Az EGNOS rendszer négy paraméterben biztosít jobb teljesítményt, mint a GPS rendszer önmagában:

1. **Integritás (*Integrity*):** az a jellemző, amely megmutatja, hogy a pozíció adatok mennyire megbízhatóak és a hibás - navigációra alkalmatlan - adatokat a rendszer mennyire tudja kiszűrni [36].
2. **Folyamatosság (*Continuity*):** a navigációs szolgáltatás pontossága egy valószínűségi változóval definiált, ami megmutatja, hogy a navigációs rendszer által támogatott pontossági és integritási mutatók a teljes repülés vagy a repülési órák alatt milyen valószínűséggel felelnek meg az elvárásoknak. A 48 órával az esemény bekövetkezése előtt megjósolt műhold kimaradás, nem járul hozzá a folyamatossági mutató romlásához [36].
3. **Elérhetőség (*Availability*):** a navigációs szolgáltatás elérhetősége az a valószínűségi mutató, amely megmutatja, hogy milyen valószínűséggel érhető el a pozíciószolgáltatás és az integritás ellenőrzési funkció és az a megfelelő pontossági, integritási és folytonossági mutatókat teljesít. A valószínűség bármelyik időpillanatban számolható a rendszer egész élettartamára szolgáltatás elérhetőségének időszerűségében, a kimaradások figyelembevételével. A szolgáltatás elérhető, ha annak minőségi paraméterei megfelelnek a pontossági, integritási és folytonossági előírt elvárásoknak [36].
4. **Pontosság (*Accuracy*):** A megfigyelési idő 95%-ában ($\pm 2\sigma$) a navigáció pontossága nagyobb, mint a megadott érték. Vonatkozhat függőleges és horizontális értékre.

A GPS rendszer pontossága SA (*Selective Availability*) bekapcsolva, standard pozíció szolgáltatás esetén – csak L1 sávot használó kommersz vevő esetén - (*Standard Positioning Service, SPS*):

- Pozíció: 100m 2D (95%)
- Sebesség: 0,1m/s (95%)
- Idő: 100ns (95%)
- Magasság: 100m (95%), 300m (99,99%, $\pm 3\sigma$) [34, 37].

Az SA segítségével az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma globálisan le tudja rontani az SPS pontosságát, de ezt 2000. május 1-én kikapcsolták. Ezt a döntést azért hozhatták meg, mert az USA érdekei szerint továbbra is helyileg le tudja rontani a kommersz vevők pontosságát, és gazdaságilag többet nyerne a GPS szolgáltatáshoz kötődő üzletágakban (túl nagy volt a nyomás az adófizetők

részéről). Az SA nélkül a horizontális pontosság 10m-es nagyságrendben van (2dRMS, 95%, $\pm 2\sigma$).

A fenti paramétereket az EGNOS három szolgáltatással biztosítja, javítja [35]:

1. Távolságmérési szolgáltatás (*Ranging Service*) lehetővé teszi az EGNOS holdaknak a GPS jelhez hasonló navigációs jelek sugárzását. Így a három EGNOS műholddal több sugározza az adatokat a felhasználóknak. Ez azért fontos, mert legalább folyamatosan hat műhold szükséges a biztonságos navigációt igénylő alkalmazásokhoz (repülőgép navigáció). Négy látható műhold szükséges a 3D-s pozíció meghatározáshoz, míg az integritással kapcsolatos funkciók (Vevő önálló integritás ellenőrzés, *Receiver Autonomous Integrity Monitoring, RAIM* valamint a Hibadetektálás és elkülönítési funkció, *Fault Detection and Isolation, FDI*) több műholdat igényelnek. Így az integritás ellenőrzéséhez legalább öt (RAIM), a hibás műhold kizárásához (FDI) legalább hat látható műhold szükséges. Minél több a látható műholdak száma, annál jobban működnek ezek a funkciók. Az EGNOS javítja a rendelkezésre álló műholdak számát. A távolságmérési szolgáltatás 1998. óta rendelkezésre áll, ez az első lépés az EGNOS többlépcsős bevezetésében [34].
2. Integritássl szolgáltatás (*Integrity Service*) felügyeli a GPS/GLONASS/EGNOS holdak távolságmérési szolgáltatásának hibáját, és ha a meghatározott tűrésen kívül kerül, akkor azt hat másodpercen belül jelzi, anélkül hogy kritikus esemény bekövetkezhetne. Ez igen fontos repülőgépek landolásánál, ahol emberi életek foroghatnak veszélyben. Integritássl szolgáltatás nélkül, 215 perc is eltelhet a hibás műholdak vagy a csökkent pontosságú navigációs szolgáltatásnak a bekövetkezésétől annak a felhasználók tudomására jutásáig.
3. Nagy kiterjedésű differenciális szolgáltatás a navigációs pontosság javításához.

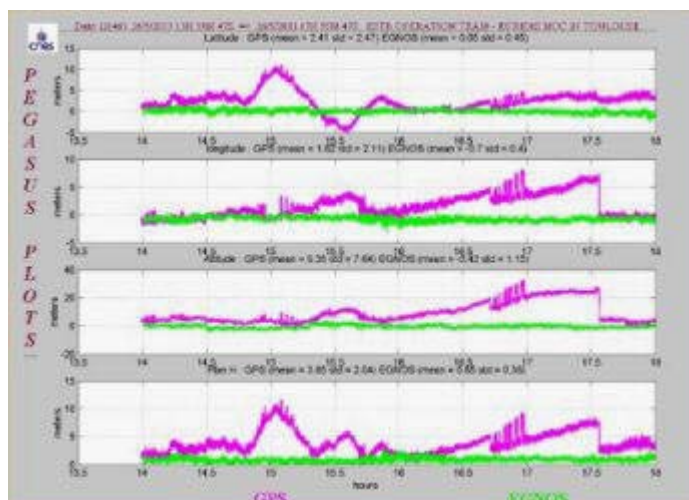
Az EGNOS minőségi paraméterei az ICAO (*International Civil Aviation Organisation*) által definiáltak, a rendszert arra tervezték, hogy megfeleljen a nagy biztonságot igénylő repülési alkalmazásoknak. Ezek az alkalmazások a következő táblázatban láthatóak. Az EGNOS lehetővé teszi a navigációt a civil repülés összes fázisát, egészen a APV II-ig (Precíziós megközelítés függőleges vezetéssel, *Precision Approach with Vertical Guidance II*). Előreláthatólag a CAT-I-et önállóan az EGNOS nem lesz képes teljesíteni. A vertikális és horizontális pontosság eléri a 95% biztonságot, és nem lépi túl a horizontális (*Horizontal Alert Limit, HAL*) és vertikális határértéket (*Vertical Alert Limit, VAL*). Ha mégis ilyen esemény történne, akkor a felhasználót a megadott riasztási időn (*Time to Alert*) belül figyelmezteti a rendszer.

Működési típus	Horizontális pontosság (95%)	Horizontális riasztási érték	Vertikális pontosság (95%)	Vertikális riasztási érték	Integritás (megközelítésként)	Riasztási idő	Folyamatosság (bármelyik 15s-ban)	Elérhetőség
APV-I	220m	556m	20m	50m	2×10^{-7}	10s	$1-8 \times 10^{-6}$	0,99-0,99999
APV-II	16m	40m	8m	20m	2×10^{-7}	6s	$1-8 \times 10^{-6}$	0,99-0,99999
CAT-1	16m	40m	6m-4m	15m-10m	2×10^{-7}	6s	$1-8 \times 10^{-6}$	0,99-0,99999

1. Táblázat A megközelítési eljárások számára előírt követelmények³

³ http://www.essp.be/egnos_benefits.htm

A GPS rendszer pontossága 5-10m-es tartományban van, de ez az érték nem garantált. Az EGNOS teszt rendszer (*EGNOS Test Bed, ESTB*) eredményei szerint az EGNOS pontossága eléri a 2-3m-es tartományt, ami javulást jelent a felhasználók többségének.



2. Ábra

*GPS és EGNOS minőségének összehasonlítása
GPS műhold hiba esetén⁴*

A fenti ábra 2003. május 26.-án történt GPS műhold hiba hatását mutatja a pontosság alakulására. A GPS pontossága romlott, mialatt az ESTB esetében változatlan maradt, szemléltetve az EGNOS előnyeit. A GPS horizontális hibája 10m-re és a vertikális hibája 25m-re nőtt, míg ugyanez nem jelentkezett az EGNOS esetén [36].

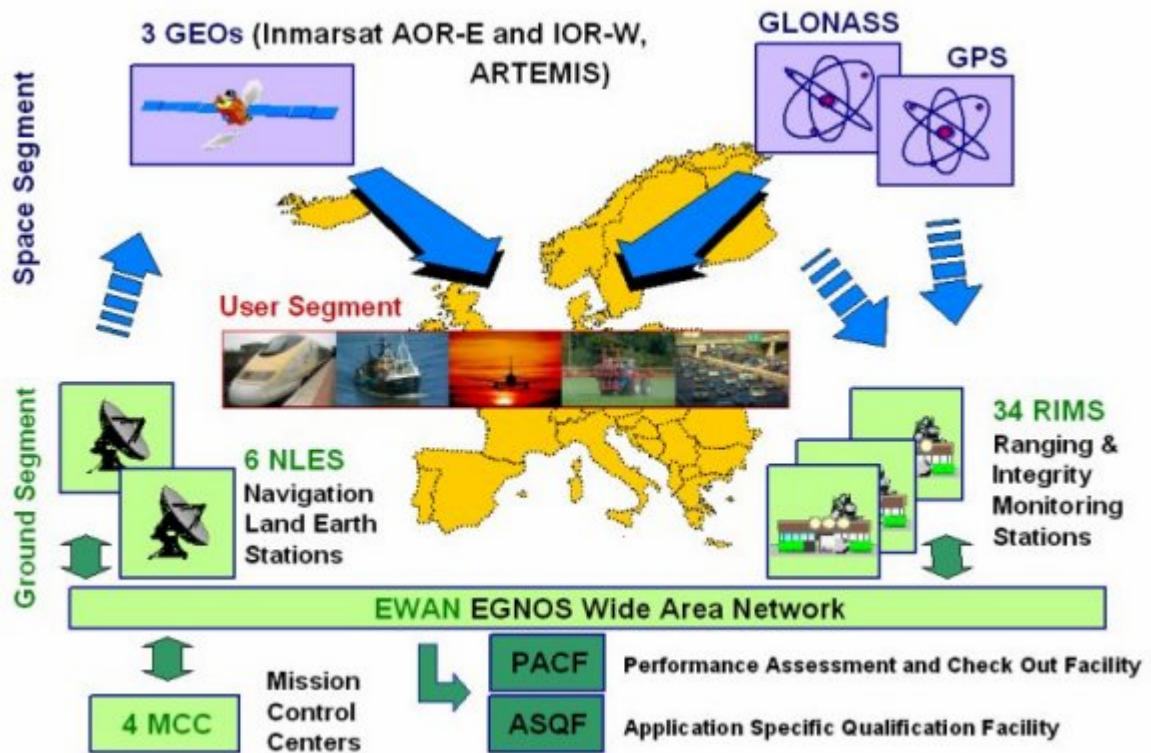
A pontosság növekedésén túl nagyon fontos és jelentős az integritás és folytonossági mutatók javulása.

Az EGNOS rendszer felépítése

Az EGNOS rendszer négy fő szegmensre osztható, mint általában az űrtávközlési és navigációs rendszerek: űrszegmens (*Space Segment*), földi ellenőrző és irányító szegmens (*Ground Segment*), felhasználói szegmens (*User Segment*) és támogatás szegmens (*Support Segment*). Az EGNOS Európa szerte fizikailag is szétosztott, nagy megbízhatóságú redundáns felépítésű hálózat.

1. Az űrszegmens geostacionárius műholdakból áll, a fedélzetükön navigációs transzponderekkel. Jelenleg a következő, egyenlítő felett 36000km magasan keringő, műholdak alkotják: *Inmarsat III Atlantic Ocean Region-East* (AOR-E, 3F2) nyugat 15,4° pozíció, *Inmarsat Indian Ocean Region West* (IND-W, 3F5) kelet 25° pozíció, együtt az ESA Artemis telekommunikációs műholdjával kelet 21,5° pozíció. Az EGNOS műholdak a GPS-nek megfelelő L1 frekvenciás (1575,42MHz) jeleket sugároznak. A lesugárzott jel integritási és nagy kiterjedésű differenciális korrekciós, valamint navigációra (pseudo-ranges) is alkalmas jeleket tartalmaz. A műholdak átjátszó üzemmódban működnek, ezért a sugárzott üzeneteket mindenki foghatja a műhold ellátottsági területén belül [1].

⁴ http://www.essp.be/egnos_benefits.htm



3. Ábra
Az EGNOS rendszer szegmensei⁵

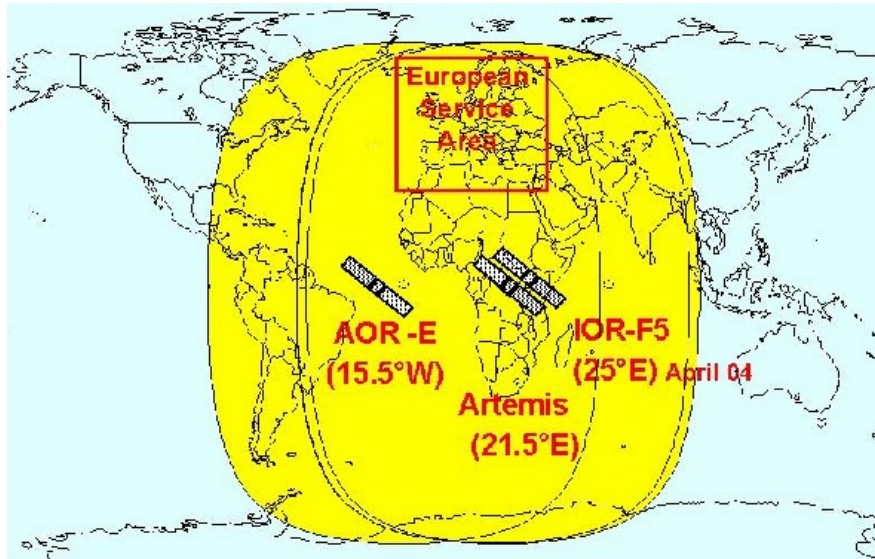
Az EGNOS ellátottsági területe Nyugat-Európa lesz, de ez a terület könnyedén kiterjeszthető - a műholdak besugárzott területén belüli - Kelet-Európára, Afrikára és Oroszországra (Fő problémát a földi RIMS állomások hiánya okozza.).

2. Az EGNOS földi szegmensét 4 irányító központ (*Mission Control Centres, MCC*), 34 referencia állomás (*Ranging and Integrity Monitoring Stations, RIMS*), 6 feladó állomás (*Navigation Land Earth Stations, NLES*), az állomásokat összekötő nagy kiterjedésű adathálózat (*EGNOS Wide Area Network, EWAN*) és 2 támogató létesítmény (*PACF, ASQF*) alkotja.

Az MCC-k a következőként épülnek fel:

- Központi irányító részleg (*Central Control Facility, CCF*), amely ellenőrzi és irányítja a földi szegmenset és rögzíti az EGNOS adatokat.
- Központi feldolgozó részleg (*Central Processing Facility, CPF*) biztosítja a valós idejű adatfeldolgozást a nagy kiterjedésű differenciális korrekcióhoz, távolságmérési adatokat a geostacionárius műholdaknak, valamint az integritás ellenőrzését.

⁵ http://www.essp.be/egnos_new.htm



4. Ábra

Az EGNOS rendszer célterülete⁶

Az EGNOS rendszer három független RIMS állomás hálózatából áll.

- A RIMS(A)-t az adatfeldolgozásra alkalmazzák.
- A RIMS(B)-t integritás ellenőrzésre.
- A RIMS(C)-t a GPS műholdak hiba detektálására.

33 RIMS állomás alkotja a A és B RIMS csatornát. Ezek közül 15 állomáson RIMS(C) csatorna is található. Egy a RIMS (A) állomások közül interfészként szolgál az UTC idő standardhoz, amit a Bureau International des Poids et Mesures laboratórium biztosít Párizsban.

A RIMS állomások fő feladatai a következők:

- A pseudó távolság kód/fázis mérések végrehajtása a látható navigációs holdakon (GPS L1 and L2 + GEO/GLO L1),
- Az EGNOS SIS (Úrjel, *Signal in Space*) üzenetek dekódolása,
- Csökkenteni a helyi többutas terjedés és az interferenciák hatását,
- Támogatni az űrből származó rendellenes jelek felismerést,
- Becsomagolni és elküldeni az adatokat az MCC-hez az EGNOS adathálózaton keresztül (EWAN),
- Ellenőrző és irányító képességet biztosítása,
- Idő eltolódás korrekció számítása az UTC és UTC RIMS (EGNOS hálózati idő) közt.

Az EGNOS 6 feladóállomása (*Navigation Land Earth Stations, NLES*) sugározza az EGNOS üzeneteket az Inmarsat III Atlanti-óceáni Régió keleti holdjára (*Atlantic Ocean Region – East, AOR-E*) és az Indiai-óceáni régió nyugati holdjára (*Indian Ocean Region – West, IND-W*) és az ESA Artemis holdjára. A NES-ek fő feladata a GPS szerű jelek generálása és feladni ezt a geostacionárius műhold transzponderre, szinkronizálni ezt a jelet az EGNOS hálózati időhöz (*EGNOS Network Time, ENT*) a transzponder L1 sávi antennájának kimenetén. Ezen kívül szabályozza a kód/vivő koherenciáját és felsugározza a geostacionárius integritás csatorna (*Geostationary*

⁶ <http://www.hr-tews.de/GPS/gnss.htm>

Integrity Channel, GIC) és a nagy kiterjedésű differenciális korrekciós (*Wide Area Differential, WAD*) üzeneteket a geostacionárius pályás holdakra.

Az EGNOS állomásokat egy nagy kiterjedésű frame-relay hálózat köti össze (*EGNOS Wide Area Network, EWAN*).

3. Felhasználói szegmens: A felhasználói kör a repülési, hajózási, vasúti, szállítmányozási és magán célú felhasználókból áll. Az EGNOS szolgáltatás megbízhatóságát az ESSP (*European Satellite Service Provider*) - az ESSP üzemelteti az EGNOS rendszert - garantálja szolgáltatás szintű megegyezéssel (*Service Level Agreements, SLA*). A megegyezések a szolgáltatás pontosságára, folyamatosságára, elérhetőségére és integritására vonatkoznak a felhasználók igényeinek figyelembe vételével. Az EGNOS adatok nem csak a három geostacionárius műholdon keresztül érhetőek el, hanem egyéb adatátviteli csatornán keresztül is, beleértve Internet, GSM/GPRS, RDS, DAB, TETRA, stb. kommunikációs csatornákat. Az ilyen adatátvitel fontosságát mutatja be az ESA (*European Space Agency*) projectje a SISNeT⁷ (*Signal In Space through the internet*).
4. Támogatás szegmens egy minőség ellenőrző egységből (*Performance Assessment Check out Facility, PACF*) és egy alkalmazói minőség ellenőrző szervezetből (*Application Specific Qualification Facility, ASQF*) áll. Az utóbbi felelős a technikai felhasználó támogatásért és a megegyezésekben elfogadott minőségi jellemzők ellenőrzésért.

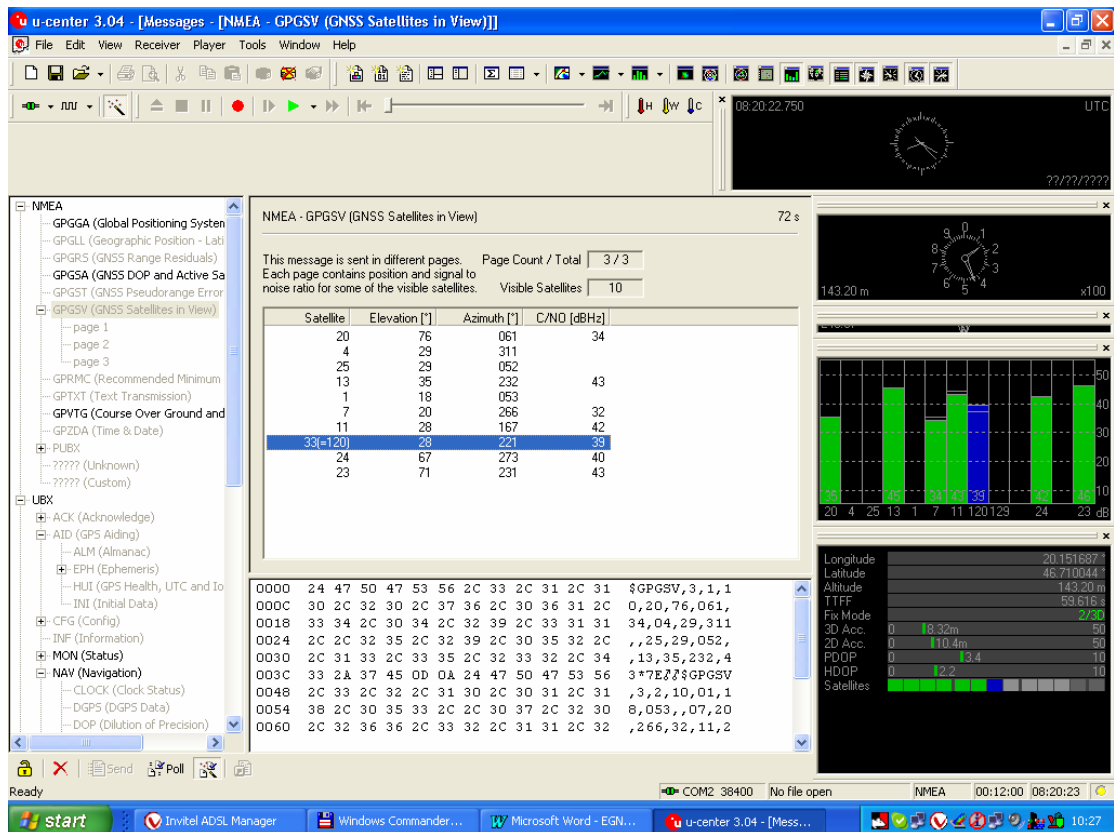
EGNOS rendszer alkalmazásával kapcsolatos tapasztalatok

A Mistral légvédelmi rakétakomplexum célpontjaként szolgáló modernizált Meteor-3 pilótánélküli repülőgép MAYFLY TWO robotpilóta rendszerének fejlesztésekor érdekes tapasztalatokra derült fény az EGNOS rendszerrel kapcsolatban. Az irányító rendszer egy az u-Blox cég által gyártott TIM-LC típusú GPS modult tartalmaz, melynek egyes paraméterei külső lábakkal, a többi szoftverből állítható és azok háttér elemmel védett RAM-ban tároltak. Az EGNOS használata gyárilag engedélyezett és első lépésben bekapcsolt állapotban is maradt. A modul firmware-je gyárilag beégetett, ami nem is változtatható meg, így tudta a gyártó csökkenteni annak árát.

A Meteor-3R repülőgép teszt repülései tavasszal, általában felhős időben történtek. A teszt repülések során semmilyen GPS kimaradást nem volt tapasztalható. Későbbi éles lövészetre felkészítő gyakorlat alatt Győrben, ütemes GPS kimaradás tapasztaltak a pilóták. A jó terjedési viszonyok, 10-11 műhold vételét tették lehetővé. Mivel előtte hasonló hiba nem jelentkezett, ezért helyi zavartatással magyaráztuk a hibát, hazatérve a berendezés jól működött (de a vételi lehetőség rosszabb volt).

Az usztkai BALTI-2-2005 Légvédelmi rakéta éleslövészettel egybekötött hadgyakorlatra történő felkészülés során, a kiskunfélegyházi reptéren is bekövetkezett a fenti hibajelenség. Mődunkban állt egyszerre több elektronika tesztelése is. A jó vétel során mindegyiknél felváltva vagy egyszerre előjött a rendellenes viselkedés.

⁷ <http://www.esa.int/sisnet>



4. Ábra

Az u-center software képernyő képe⁸

A szindróma első látásra szintfüggőnek tűnt, csak jó vételnél jelentkezett, az patch antenna részleges kitakarásával megszüntethetőnek tűnt. Ez a megoldás igen kétesnek tűnt. Laborkörülmények közt a hiba okát keresve a GPS modul üzeneteit a u-center software-el elemezve, kis szerencsével, a PRN120-as AOR-E Inmarsat EGNOS műhold tűnt a hiba kiváltójának. Jó vétel esetén, amikor a 120-as műholdat (lásd a 2. Táblázatot) a modul navigációra használta, akkor a GPS modul elvesztette a pozíció meghatározó képességét, nem adott ki értelmes koordináta adatokat. Rövid nyomozás után kiderült, hogy az EGNOS SBAS szolgáltatás felhasználása letiltható a modulon. Kitiltás után a GPS korrekten működött.

A gyártóval történő kapcsolatfelvétel után kiderült, hogy az ESA egyelőre nem javasolja az EGNOS rendszer alkalmazását, nagy biztonságot igénylő felhasználásokban és Európában célszerű azt kitiltani. Az EGNOS rendszert még nem deklarálták működőnek, alkalmazása csak - a többször is elhalasztott - hivatalos működőképesség felülvizsgálata után célszerű (*Operational Readiness Review, ORR*), annak ellenére, hogy bizonyos helyzetekben, például 2003. augusztusi napkitörés, már bizonyított. Az esetek zömében az EGNOS jelek jők, de máskor megbízhatatlanok, különösen, amikor a rendszert tesztelik. A cikk írásának időpontjában kellene az ORR-nek történnie.

Az u-Blox cég többször is tapasztalt rendellenes, több kilométeres hibát az EGNOS holdak távolságmérésében. Az ANTARIS[®] chip készletet (TIM-LC is ilyen) alkalmas a RAIM funkcióval az ilyen hibás EGNOS holdak navigációból való kizárására, de rossz vétel esetén, ha nincs elég műhold, nem képes ezt megtenni. A gyártó szerint ez

⁸ http://www.u-blox.com/products/u_center.html

az oka annak, hogy az EGNOS rendszert célszerű kitiltani. Normális esetben az ANTARIS képes lenne differenciális korrekcióra és integritás ellenőrzésre.

Név	PRN kód	Pozíció	Szolgáltató	SBAS felhasználás	Referencia
AOR-E	120	15,5°W	Inmarsat	EGNOS	3F2
IND-W (röviden IOR-W)	126	25°E	Inmarsat	EGNOS	3F5
IOR	131	64°E	Inmarsat	EGNOS (felhasználás 2004. év első negyedévéig)	3F1
ARTEMIS	124	21,5°E	ESA	EGNOS	nincs
AOR-W	122	54°W	Inmarsat	WAAS	3F4
POR	134	178°E	Inmarsat	WAAS	3F3

5. Táblázat EGNOS és WAAS műholdak⁹

Az u-Blox cég Egyesült Államok WAAS rendszerének 2003-as indítása óta nem tapasztalt vele kapcsolatos gondokat, e rendszert akár emberi élet szempontjából kritikus (*safety-of-life applications*) helyeken alkalmazhatónak deklarálták [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

A következő, javított robotpilóta rendszerben csak az “upgradelhető” GPS modult kerül majd alkalmazásra, az esetleges gyártói software javítások követhetősége miatt.

Összegzés

Az EGNOS rendszer az Európai Unió első lépése, hogy behozza lemaradását és csökkentse kiszolgáltatottságát az Egyesült Államokkal szemben a műholdas navigációs rendszerek terén. AZ EGNOS rendszert egyelőre csak teszt állapotúnak minősítik, alkalmazása pilótánélküli repülőgépekben jelenleg tilos. Ha a rendszer átesik a hivatalos működést bizonyító teszteken, akkor elsősorban integritás ellenőrző szolgáltatásával sokat javít a repülés biztonságán. Sajnos Magyarországon egyelőre nem létesült RIMS állomás, ezért nem számíthatunk akkora pontosság javulásra, mint Nyugat-Európában. Ha fokozatosan a Galileo rendszer kiépül, akkor teljesül a legalább két navigációs forrás elve a csak műholdas navigációra támaszkodó pilótánélküli repülőgépekben is, így redundáns nagy biztonságot igénylő területeken is alkalmazhatóvá válnak. Az ehhez szükséges vevő modulok a jelenlegihez hasonló vagy kisebb méretben már fejlesztés alatt állnak (a rádiófrekvenciás részük közös és azonos lesz a GPS vevőkével).

⁹ http://www.essp.be/egnos_receivers.htm

Irodalomjegyzék:

1. European Satellite Service Provider, Space Segment, <http://www.essp.be/egnosp20space%20segment.htm>, 2005-07-12 19:58
2. European Satellite Service Provider, Ground Segment, <http://www.essp.be/EGNOS%20Ground%20Segment.htm>, 2005-07-12 20:02
3. European Satellite Service Provider, User Segment, <http://www.essp.be/EGNOS%20User%20Segment.htm>, 2005-07-12 20:04
4. European Satellite Service Provider, Support Segment, <http://www.essp.be/EGNOS%20support%20segment.htm>, 2005-07-12 20:06
5. Borza T., Frey S. Az "európai GPS" (1. rész) - Az EGNOS-program Élet és Tudomány, 2004/15, 460 (2004)
6. Borza T., Frey S. Az "európai GPS" (2. rész) - A Galileo-program Élet és Tudomány, 2004/17, 522 (2004)
7. Ádám J., Bányai L., Borza T., Busics Gy., Kenyeres A., Krauter A., Takács B. (szerk.) Műholdas helymeghatározás Műegyetemi Kiadó, Budapest, 458 pp. (2004)
8. Borza T., Gerő A., Mohos Z., Szentpéteri L. GPS mindenkinek Sztrato Kft., Budapest, pp. 256 (2005)
9. Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews, Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration, Wiley, 416 pages, January 2001
10. Érdeemes várunk az EGNOS rendszerre, GPS Magazin 2004/1 (február-március), pp22-23
11. Dr. Moys P. Napjaink műholdas navigációja, GPS Magazin, 2004/6 (2003. december-2004. január), pp34-37
12. Galambos I. A GPS helymeghatározás korrekciós lehetőségei Magyarországon GPS Magazin 2004/3 (június-július), 8 (2004)
13. Szentpéteri L. Az EUPNOS kezdeményezés és hazai GNSS stratégia, GPS Magazin, 2004/3 (2004. június-július), pp10-13
14. Szentpéteri L. EGNOS státusz, GPS Magazin, 2004/2 (2004. április-május), pp14-17
15. u-Blox, TIM-LC GPS Receiver Module, Data Sheet, [http://www.u-blox.com/customersupport/Data_Sheets/TIM-LC_Data_Sheet\(GPS.G3-MS3-03019\).pdf](http://www.u-blox.com/customersupport/Data_Sheets/TIM-LC_Data_Sheet(GPS.G3-MS3-03019).pdf), 2005-07-03 20:31
16. u-Blox, GPS Basics Introduction to the system, Application overview, <http://www.u-blox.com/customersupport/docs/GPS-X-02007.pdf>, 2005-06-03 20:38
17. u-Blox, TIM-Lx System Integration Manual / Reference Design, [http://www.u-blox.com/customersupport/gps.g3/TIM-Lx_Sys_Int_Manual\(GPS.G3-MS3-01001\).pdf](http://www.u-blox.com/customersupport/gps.g3/TIM-Lx_Sys_Int_Manual(GPS.G3-MS3-01001).pdf), 2005-07-03 20:52
18. u-Blox, ANTARIS[®] Protocol Specification, [http://www.u-blox.com/customersupport/gps.g3/ANTARIS_Protocol_Specification\(GPS.G3-X-03002\).chm](http://www.u-blox.com/customersupport/gps.g3/ANTARIS_Protocol_Specification(GPS.G3-X-03002).chm), 2005-07-03 21:05
19. u-Blox, FAQ, How reliable is WAAS?, http://www.u-blox.com/customersupport/faq_antaris/WAAS.html, 2005-07-03 21:06
20. u-Blox, FAQ, Do you see issues with EGNOS?, http://www.u-blox.com/customersupport/faq_antaris/EGNOS.html, 2005-07-03 21:08
21. u-Blox, [Recommendations for use of Satellite Based Augmentation System \(SBAS\)](#), Application Note, http://www.u-blox.com/customersupport/docs/SBAS_Application_Note.pdf, 2005-07-03 21:08

- [blox.com/customersupport/gps.g3/ENGOS_Issues\(GPS.G3-CS-04009\).pdf](http://blox.com/customersupport/gps.g3/ENGOS_Issues(GPS.G3-CS-04009).pdf), 2005-07-03 21:09
22. Federal Aviation Administration, FAQ, Wide Area Augmentation System (WAAS), <http://gps.faa.gov/FAQ/faq-waas.htm> , 2005-07-03 20:44
 23. Federal Aviation Administration, FAQ, National Airspace System (NAS) Implementation, <http://gps.faa.gov/FAQ/faq-nas.htm>, 2005-07-03 20:46
 24. Federal Aviation Administration, FAQ, Global Positioning System (GPS), <http://gps.faa.gov/FAQ/faq-gps.htm>, 2005-07-03 20:48
 25. European Space Agency – What is EGNOS?, [www dokument] http://www.esa.int/esaNA/GGG63950NDC_index_0.html, 2005-07-03 20:50
 26. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, EGNOS monitorállomás a BME-n, <http://stargate.fgt.bme.hu/estb>, 2005-07-08 20:25
 27. Stanford GPS Lab, WAAS Precision Approach Metrics, Accuracy, Integrity, Continuity and Availability, <http://waas.stanford.edu/metrics.html>, 2005-07-08 20:35
 28. European Satellite Services Provider, EGNOS Receivers, http://www.essp.be/egnos_receivers.htm, 2005-07-08 21:04
 29. European Space Agency – *Fact Sheet 1 - EGNOS explained* http://esamultimedia.esa.int/docs/egnos/estb/Publications/EGNOS%20Fact%20Sheets/fact_sheet_1.pdf, 2005-07-11 17:59
 30. Roke Manor Research Limited, GNSS1 Architecture Definition, ftp://ftp.cordis.lu/pub/telematics/docs/tap_transport/gnss_d3.0.pdf, 2005-07-13 20:46
 31. Alcatel, Navigation and satellite aeronautical communications, www.alcatel.com/space/pdf/navigation/nav-gb.pdf, 2005-07-13 21:08
 32. Wu Chen, Department of Land Surveying and Geoinformatics, Hong Kong Polytechnic University, Galileo - European Global Navigation Satellite System, www.lsgi.polyu.edu.hk/sTAAFF/zl.li/vol_2_2/02_chen.pdf, 2005-07-13 21:33
 33. http://www.glonass-center.ru/frame_e.html, 2005-07-13 21:34
 34. EUROCONTROL, GNSS-1 OPERATIONAL VALIDATION PLAN 2000 – 2005 DRAFT, <http://www.eurocontrol.fr/projects/sbas/Library/gov10/GOVplan4B.pdf>, 2005-07-13 21:35
 35. INTERNATIONAL FEDERATION OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS' ASSOCIATIONS, A Beginner's Guide to GNSS in Europe, <http://www.ifatca.org/pdf/files/gnss.pdf>, 2005-07-16 06:56
 36. European Satellite Service Provider, Measuring EGNOS Benefits, http://www.essp.be/egnos_benefits.htm, 2005-07-16 07:05
 37. THE WHITE HOUSE, Office of the Press Secretary, for Immediate Release May 1, 2000, STATEMENT BY THE PRESIDENT REGARDING THE UNITED STATES' DECISION TO STOP DEGRADING GLOBAL POSITIONING SYSTEM ACCURACY, http://www.navcen.uscg.gov/gps/selective_availability.htm, 2005-07-16 10:38