

Károly Krisztián főhadnagy:

GLOBÁLIS MŰHOLDAS NAVIGÁCIÓS RENDSZEREK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI KATONAI ÉS POLGÁRI CÉLÚ FLOTTA- ÉS ERŐKÖVETÉSI RENDSZEREKBE (1.)¹

ÖSSZEFOGLALÓ: A közszolgálatot támogató flotta- és erőkövetési rendszerek elengedhetetlen tartozéka a geolokális pozíciót biztosító műholdas navigációs vevőberendezés. Tudományos közleményemben tárgyalom a globális műholdas navigációs rendszerek (GNSS²) általános felépítését, melyek közül részletesen ismertetem az amerikai GPS-, az orosz GLONASS-, az európai Galileo- és a kínai BeiDou-rendszereket. Kutatásomban vizsgálom a különböző infrastruktúrák műholdas konstellációját, a műholdak által navigációs célból sugárzott jelstruktúrákat. Elemzem továbbá a nyílt és a titkosított csatornák vételi lehetőségeit. Általam konfigurált kísérleti vevőberendezéssel primer méréseket hajtottam végre a GNSS-szolgáltatások tanulmányozása céljából. Kutatásaim alapján javaslatot tettem komplex GNSS-vevőberendezések kifejlesztésére és alkalmazására.

KULCSSZAVAK: GNSS, GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo, műhold, navigáció

BEVEZETÉS

Az embereket az ősidőktől kezdve foglalkoztatják a „Hol vagyok?“, illetve a „Hol vannak a társaim, merre mozognak a többiek?“, valamint a „Mi a legrövidebb út az úti célomig?“ kérdések. Ezek megválaszolására, a navigáció elősegítése érdekében, kezdetekben az úti beszámolók és mérések alapján térképeket készítettek. Később az ősi Kínában felfedezték a Föld mágneses tulajdonságait és ennek felhasználási lehetőségeit a tájékozódásban. Ez a tudás arab közvetítéssel jutott el Európába, ahol felhasználva ezeket az ismereteket a 13. és 14. században Flavio Gioia olasz hajós, illetve Girolamo Cardano olasz fizikus kialakította a mai fogalmainknak megfelelő iránytűt,³ ezzel lehetővé tették a pontosabb navigációt. A technika fejlődésével a térképek és a navigációs eszközök egyre pontosabbak lettek. A 19. században, az első repülőeszközök megjelenésével lehetőség nyílt felülnézetből, fotók alapján pontosítani a földfelszínről alkotott ismereteinket, ami újabb ugrást eredményezett a navigációban. A 20. század derekán a LORAN⁴-rendszer révén rádiójel méreésével új meg-

¹ A tanulmányban hivatkozott kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériumának Nemzeti Tehetség Program, Nemzet Fiatal Tehetségeiért Ösztöndíjpályázat (NTP-NFTÖ-17) keretében valósult meg.

² Global Navigation Satellite System.

³ Szemjon Grigorjevics Gingyikin: Történetek fizikusokról és matematikusokról. Typotex Kiadó, Budapest, 2004, 21–48.

⁴ Long Range Aid to Navigation – nagy távolságú navigációs rendszer.

oldásokkal bővült a navigáció eszköztára.⁵ A világűrbe juttatott műholdak segítségével pedig ez az infrastruktúra került ki részben a világűrbe. Ilyen a jól ismert amerikai NAVSTAR⁶ GPS⁷-rendszer is, melynek vevőberendezései napjainkban milliósámra megtalálhatók használati tárgyainkban, eszközeinkben. A globális műholdas navigációs rendszereknek köszönhetően mára már napszaktól és látási viszonyoktól függetlenül, automatizáltan képesek vagyunk saját geolokális pozíciónk nagy pontosságú meghatározására.

A közszolgálati alkalmazásokban a navigációs célú helymeghatározás egyik fő alkalmazását a flotta- és az erőkötvetési rendszerek jelentik. Az elsősorban angolszász katonai szakterminológiából származó „erőkötvetési rendszerek” kifejezés olyan helymeghatározó és jelentő rendszereket takar, amelyek alapvető rendeltetése a csapatok (alegységek, járművek, katonák) aktuális helyzetére vonatkozó geolokációs információik megosztása (periodikus frissítéssel) és megjelenítése digitalizált térképi felületeken annak érdekében, hogy a parancsnokok és törzsek felhasználják azokat a teljes helyzetismereti kép kialakítása során. Az ezzel összefüggő folyamatok korszerű információtechnológiai eljárásokra alapozva, automatizáltan, az üzemeltető, illetve a kezelőállomány beavatkozása nélkül mennek végbe.⁸ Flottakövető rendszernek nevezzük azokat a polgári célú informatikai megoldásokat felhasználó elektronikai rendszereket, amelyek révén lehetővé válik az adott társadalmi szervezet, gazdasági vállalkozás technikai eszközeinek és személyi állományának nyomon követése.⁹ A fenti fogalmi meghatározásokból is jól látható, hogy a globális műholdas navigációs rendszerek által szolgáltatott mérési eredmények, helymeghatározási információk kulcsszerepet töltenek be a nyomkövetésben.¹⁰

Célom, hogy kutatásaim alapján átfogó képet nyújtsak a globális műholdas navigációs rendszerek alkalmazási lehetőségeiről a közszolgálati flotta- és erőkötvetésben, figyelmet fordítva többek között az e rendszerek működését negatívan befolyásoló fenyegetettségekre. Kutatómunkám eredményeként kívánok javaslatot tenni olyan globális műholdas navigációs rendszereken nyugvó megoldásokra, amelyek képesek biztosítani a geolokációs információkat a közszolgálatot támogató flotta- és erőkötvető rendszerek számára, akár a különleges jogrend idején, vagy más, a navigációs infrastruktúrát veszélyeztető szituációban. Közleményemben terjedelmi korlátok miatt eltekintek az egyes jelek, modulációk matematikai összefüggésekkel történő bemutatásától.

A GLOBÁLIS NAVIGÁCIÓS MŰHOLDAS RENDSZEREK ÁLTALÁNOS FELÉPÍTÉSE

Mára már az amerikai NAVSTAR GPS-rendszer hegemoniáját együttesen megtörte a többi globális műholdas helymeghatározó rendszer, ezért vált szükségessé egy átfogó elnevezés használata, így a műholdas alapú helymeghatározást széles körben jelölő GPS betűszót

⁵ Papp Zoltán: A helyzet-meghatározó rendszerek zavarása. Hadmérnök, VII. évf. 2012/1. szám, 3.

⁶ Navigation System with Timing and Ranging – navigációs műholdas idő- és távolságmeghatározás.

⁷ Global Positioning System – globális helymeghatározó rendszer.

⁸ Gulyás Attila, Károly Krisztián és Németh András kutatók által alkotott fogalom, továbbá Károly Krisztián: NATO-hadseregek Erőkötvetési Rendszerei a honi alkalmazhatóság tükrében. Magyar Honvédség Összhaderőnemi Tudományos Kutatóhely pályázata 2015, pályamű, 5.

⁹ Karmazin György: Flottamenedzsment-rendszerek bevezetése és pozitív hatásai. Logisztikai Trendek és Legjobb Gyakorlatok, 2015/06. szám, 1.

¹⁰ Gulyás Attila: Force Tracking System in SOF applications. AARMS 2009 Volume 8 Issue 4., továbbá Gulyás Attila: Field identifications in SOF applications. AARMS 2012 Volume 10 Issue 3.

felváltotta a sokkal pontosabb GNSS megjelölés. E rendszerek az amerikai GPS, az orosz GLONASS,¹¹ a kínai BeiDou¹² – angol rövidítéssel COMPASS¹³ – és az európai Galileo.¹⁴ Helymeghatározás szempontjából említésre méltó rendszerek továbbá a regionális műholdas helymeghatározásra képes rendszerek, úgymint a japán QZSS¹⁵ és az indiai IRNSS.¹⁶

A GNSS-ek a helymeghatározás és a pontos idő szolgáltatás feladatait hivatottak ellátni, ezért is jelölik őket a PNT¹⁷ jelzővel. A helymeghatározás módszere azon alapszik, hogy a műholdak helyzete ismert, azok egy definiált vonatkoztatási rendszerben adott időpillanatban ismert pontoknak tekinthetők. A műholdakat egy ismert helyzetű földi vezérlő- és követőrendszer monitorozza, és meghatározza pályadataikat, mely navigációs adatokat maguk a mesterséges holdak sugározzák. A GNSS vevője közvetett módon távolságot határoz meg az észlelt műholdak és a vevő között, ennek következtében a műhold pozícióadatai és a mért távolságok alapján a vevő képes kiszámítani saját pozícióját az adott vonatkoztatási rendszerben. A PNT-szolgáltatás következtében megfelelő szoftveres támogatással a vevő sebessége is számítható, mivel ismert a vevő két geokális helyzete között eltelt idő és a megtett távolság.¹⁸

A GNSS-t többféleképpen értelmezhetjük. Bővebb megfogalmazásban részei az önálló alapszisztemek (pl. GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo), melyek vezérlő, műholdas és felhasználói szegmensekből állnak, továbbá tartalmaznak műholdas (SBAS¹⁹) és földi telepítésű (GBAS²⁰) kiegészítő rendszereket. A szűkebb értelmezés szerint a GNSS csak az alapszisztemeket takarja. Ez a szélesebb körben elterjedt megfogalmazás, többek között a 47/2010. (IV. 27.) FVM-rendelet így definiálja: „GNSS: a globális műholdas helymeghatározó rendszerek (GPS NAVSTAR, GLONASSZ, Galileo, COMPASS...) közös elnevezése.”²¹

A GNSS-eket támogatják kiegészítő rendszerek is, melyek célja a mérés pontosságának növelése. Ilyenek lehetnek például a rendszerfenntartótól független követőállomások. Ezek az állomások a referenciamérések során nagy pontosságú adatokat állítanak elő, melyeket megosztanak más vevőkkel. Ezeket a rendszerfenntartó független követőállomásokat és szolgáltatásaikat csoportosíthatjuk a mérés folyamatossága szerint, azaz lehetnek passzív vagy aktív hálózatok, illetve az adattovábbítás médiuma szerint műholdas vagy földi telepítésű rendszerek. Az adattovábbítás fejlettsége szerint megkülönböztetünk 1. szintű (passzív hálózat, referenciapont), 2. szintű (aktív hálózat, utólagos adatszolgáltatás – mérést követően történik a korreláció) és 3. szintű szolgáltatást (aktív hálózat, valós idejű adatszolgáltatás a mérés közben, pl. network RTK²²).²³

¹¹ ГЛОНАСС, Globalnaja Navigacionnaja Szputnyikovaja Szisztéma – globális műholdas navigációs rendszer.

¹² 北斗卫星导航系统, a kifejezés a Göncölszekér kínai megnevezésére utal, a rendszer teljes neve: BeiDou Satellite Navigation System (BDS) – BeiDou műholdas navigációs rendszer.

¹³ Iránytű (angol).

¹⁴ Nevét Galileo Galilei neves itáliai csillagászról kapta.

¹⁵ Quasi-Zenith Satellite System – kvázi zenit (elhelyezkedésű) műholdas rendszer.

¹⁶ Indian Regional Navigation Satellite System – indiai regionális műholdas helymeghatározó rendszer.

¹⁷ Positioning, Navigation, Timing – pozíció, navigáció, pontos idő.

¹⁸ Busics György: Műholdas helymeghatározás I. A GNSS-ről általában, jegyzet. NYME-GEO, Székesfehérvár, 2011, 5. (Továbbiakban: Busics 1.)

¹⁹ Satellite Based Augmentation System – műholdas telepítésű kiegészítő rendszer.

²⁰ Ground Based Augmentation System – földi telepítésű kiegészítő rendszer.

²¹ 47/2010. (IV. 27.) FVM-rendelet a globális műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmazásával végzett pontmeghatározások végrehajtásáról, dokumentálásáról, ellenőrzéséről, vizsgálatáról és átvételéről. 1.§ 1. bek.

²² Real Time Kinematic – valós idejű kinematikus (mérés).

²³ Busics 1.: i. m. 5–9.

A helymeghatározás célja (pontossága) alapján megkülönböztetünk navigációs (10 méteres), térinformatikai (méteres, elsősorban kód mérésen alapuló), geodéziai (centiméteres, fázismérést is alkalmazó) és geológiai (milliméter-pontosságú) méréseket. Kutatásaim során a navigációs célú vevőket vizsgálom. Mint az a fenti leírásokból is kitetszik, az egyes alaprendszerek a civil felhasználások esetén nem biztosítanak az egyik vevőnek tízméteres, a másiknak centiméteres pontosságot. Az alaprendszeri információk a vevők számára ugyanolyan „pontatlanok”, ezeket javítják fel a GNSS-infrastruktúra által nyújtott különböző szolgáltatásokkal.²⁴

A mérési eljárás szerint megkülönböztetünk kód mérést (C/A²⁵), vivőfázismérést és Doppler-mérést. A kód mérés a vevő által előállított referenciajel (replikakód) és a műhold által kibocsátott jel kódelemeinek keresztkorrelációján alapszik. Az eredmény a pszeudotávolság méterben kifejezve. A fázismérés a vevő által előállított referenciajel és a műhold által kibocsátott jel fázisának keresztkorrelációján (fáziskülönbség-mérés) alapszik. A fázismérés eredményében az egész részek az egész periódusok számát jelentik, a tört részek pedig a fáziskülönbséget ciklusegységben kifejezve. A Doppler-mérés az elektromágneses hullám megváltozott frekvenciájának mérésén alapszik, amelyet a műhold és a vevő egymáshoz viszonyított mozgása eredményez. Eredménye az időegység alatt mért Doppler-szám.²⁶

A mérések végrehajtása szerint megkülönböztetünk autonóm mérést, ahol egyetlen vevővel végzünk feladatot, illetve relatív helymeghatározást, ahol több vevő adatait hasonlítjuk össze. A relatív helymeghatározás teszi lehetővé a DGPS-²⁷ vagy újabban DGNSS-szolgáltatást,²⁸ ahol kódtávolság-korrektúrákat veszünk igénybe valós időben a mérés során. Navigációs méréseknél leggyakoribb az autonóm mérés, de ezek eredményei feljavíthatók a DGNSS-szolgáltatásokkal, melyeket az SBAS vagy a GBAS nyújthat.

Fontos megemlíteni, hogy a műholdas navigációs rendszerek fenntartása jelentős költségeket emészt fel, így hazánk számára nem opció saját GNSS üzemeltetése. Ezért rászorulunk szövetségi, illetve szövetségi rendszerünkön kívüli nagyhatalmak rendszereinek alkalmazására, melyeket a következőkben mutatok be. Az alábbiakban részletesebben kifejtem, hogy e rendszerek a nagyhatalmak kezében egyben érdekérvényesítő eszközök²⁹ is lehetnek, mert egy gombnyomással képesek korlátozni az általuk nyújtott szolgáltatásokat.

AZ AMERIKAI NAVSTAR GPS

Az Amerikai Egyesült Államok műholdas helymeghatározó rendszere a GPS, amely a témában a legismertebb rövidítés a világon. A rendszer politikai felügyeletét a Védelmi Minisztérium, míg üzemeltetését és fenntartását a Légierő és a Katonai Térképész Szolgálat látja el. A GPS-t hivatalosan egy duális katonai és polgári célú rendszernek tekintik. Elsődlegesen katonai célokra fejlesztették ki még a hidegháború idején. Kezdeti szolgáltatásai az 1980-as évektől elérhetőek, de teljes globális lefedettséget csak 1995 óta képes biztosítani. 2000. május 2-áig a polgári felhasználók csak egy mesterségesen lerontott jelet voltak képesek venni. A korlátozás

²⁴ Basics 1.: i. m. 19.

²⁵ Coarse-aquisition – durva vétel.

²⁶ Basics 1.: i. m. 9.

²⁷ Differenciál GPS.

²⁸ Differenciál GNSS.

²⁹ Erdész Viktor: A Galileo globális műholdas navigációs rendszer konkurencsei. Nemzet és Biztonság – Biztonságpolitikai Szemle, 2008/7. szám.

feldolgoásával a polgári eszközök pontossága is javult a korábbi 100 méteresről 5 méteresre. Mindazonáltal érdemes megemlíteni, hogy a szelektív hozzáférés politikai döntésre bármikor visszakapcsolható, továbbá a Föld egyes területei fölött is regionálisan bekapcsolható. Továbbá napjainkban is korlátozzák egy bizonyos sebesség felett (pl. rakéták, lövedékek), és bizonyos magasság felett (pl. nagy magasságú repülés) a navigációs jelek feldolgozását.

A rendszer műholdas szegmensének célja, hogy a Föld bármely pontjából, bármely időpillanatban legalább négy mérésre alkalmas műhold legyen látható, amelyet a következő műhold-konfiguráció biztosít: az Egyenlítő síkjával 55 fokos szöget bezáró hat ellipszispályán, pályánként négy műhold kering, 12 sziderikus óra keringési idővel, a Föld felszínétől kb. 20 200 km magasságban. Teljes kiépítésében ez 24 műholdat jelent.

A GPS műholdas szegmense folyamatos fejlesztés alatt áll. Az eszközök tervezett és várható élettartama miatt azokat folyamatosan cserélni kell, mely lehetőséget biztosít a fejlesztések implementálására. A rendszer 24 műhoddal képes üzemelni, de ennél többet tartanak pályán a redundancia biztosítása okán.³⁰

1. táblázat A NAVSTAR GPS jelstruktúrája (A NAVSTAR GPS hivatalos weboldala és Rodriguez: GPS Signal Plan alapján szerkesztette a szerző)

| A NAVSTAR GPS jelstruktúrája | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------------|--------------|--------------------|
| Sáv | Csatorna megnevezése | Frekvencia | Sávszélesség | Moduláció |
| L1 | C/A | 1575,42 MHz | 1 023 kHz | BPSK ¹ |
| | L1C | | | TMBOC ² |
| | P(Y) kód = L1P | | 10 230 kHz | BPSK |
| | M kód | | 5 115 kHz | BOC ³ |
| L2 | L2C | 1227,60 MHz | 5 115 kHz | BPSK |
| | P(Y) kód = L2P | | 10 230 kHz | BPSK |
| | M kód | | 5 115 kHz | BOC |
| L3 | L3 | 1381,05 MHz | | |
| L4 | L4 | 1379,913 MHz | | |
| L5 | L5I | 1176,45 MHz | 10 230 kHz | BPSK |
| | L5Q | | | |

¹ Binary phase-shift keying – bináris fázisbillentyűzés.

² Time Multiplexed Binary Offset Carrier Modulation – időosztásos bináris offset vivős moduláció.

³ Binary Offset Carrier Modulation – bináris offset vivős moduláció.

Forrás: Busics György: *Műholdas helymeghatározás 2.*

A műholdak által sugárzott jelek tekintetében megkülönböztetünk öt sávot, melyet az 1. táblázat szemléltet, ezek az L1, L2, L3, L4 és L5 sávok. Az L3 sáv az Amerikai Egyesült Államok nukleáris robbanást detektáló rendszerében játszik szerepet, míg az L4

³⁰ Tarsoly Péter: *Geodézia 7. Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrel.* NYME-GEO, Székesfehérvár, 2010.

sávon ionoszférikus korrekciós méréseket végeznek a szolgáltatás minőségének javítása érdekében. Ezeket a csatornákon nem valósulnak meg közvetlen navigációs mérések.³¹

Az L1 sáv L1C csatornját felhasználják kódérésre és vivőfázismérésre egyaránt, melyet sokszor megtévesztően „P”-vel jelölnek. Az L1 sávban elérhető továbbá egy titkosított, úgynevezett P(Y) kódú katonai jel is (L1P). Lényege, hogy megfelelő titkosító kulcs birtokában a P(Y) kódú jel visszafejthető. A C/A kódú, közcélú jel 1023 kódelem/μs adatot hordoz, míg a katonai célú P(Y) kódú jel ennek tízszeresét, 10230 kódelem/μs. Az L2 sáv csatornáin jelenleg már elérhető a C/A és a P kódérés egyaránt (L2C; L2P), valamint vivőfázismérés is megvalósítható. 2010-től elérhető a közcélú L5 csatorna, mely a repülés részére biztosít egy nemzetközileg szabályozott, interferenciákkal szemben védett szolgáltatást, az L5Q csatornán pilotjelet, az L5I-n adatot sugározva.³²

Létezik továbbá az M³³ kódú mérés, mely szintén katonai alkalmazások számára elérhető. Visszafejtése lényegesen bonyolultabb, és így védettebb, mint a P(Y) kód. Várhatóan a Block IIIA típusú műholdakkal lesz elérhető a szolgáltatás az L1 és az L2 csatornán.³⁴

A GNSS-védeltechnikában a pszeudóvéletlen zaj (PRN³⁵) kódszekvenciájú direkt szekvenciális szórt spektrumú (DSSS³⁶) jeleket alkalmaznak, melyek a kódosztásos többszörös hozzáféréseken (CDMA³⁷) alapulnak.³⁸

2017-től a GPS modernizációjával már négyféle kódérés érhető el civil felhasználásra (L1C, L2C, L5I, L5Q) és négyféle kódérés katonai-kormányzati célokra (L1M, L2M, L1P, L2P), továbbá vivőfázismérés minden csatornán.³⁹

A fent ismertetett GPS-jelstruktúra tükrében szükséges szót ejteni a GPS-vevők csatornaszámairól. Szemléltetésképpen egy vevő egy csatornája egyidejűleg egy műhold egyféle kódolású frekvenciáját képes fogni (pl. az 58-as műhold L1C).⁴⁰ Tehát ha feltételezünk egy polgári vevőt, amely öt műholdat lát, és képes az L1, L2, L5 frekvenciát fogni C/A kód- és vivőfázisméréssel (és a műhold ezeket sugározza is), akkor $5 \times 3 \times 2 = 30$ csatornára lesz szükség a jelfeldolgozáshoz. Tehát a példa esetében öt műholdról 30 méréssel történik a helymeghatározás.

Mint korábban említettem, a GPS is rendelkezik földi követőállomással. Egy fő és egy tartalék vezérlőállomás található az Amerikai Egyesült Államok területén, illetve további 16 követőállomás és 12 távvezérlő pont szerte a világban, közel egyenletesen elosztva, amelyek a globális szintű műholdkövetést és -vezérlést segítik elő. A monitorállomások feladata az egyes műholdak pályaadatainak és órakorrekcióinak előrejelzése, meghatározása, valamint ezeknek az adatoknak és más navigációs adatoknak a feljuttatása a műholdakra.⁴¹

³¹ Papp (2012): i. m. 217.; továbbá Busics György: Műholdas helymeghatározás 2. GNSS-alaprendszerek. NYME-GEO, Székesfehérvár, 2011, 3–6. (Továbbiakban: Busics 2.)

³² Papp (2012): i. m. 217.; továbbá a NAVSTAR GPS hivatalos oldala, úrszegmens bemutatása. <http://www.gps.gov/systems/gps/space/#generations> (Letöltés időpontja: 2017. 09. 18.)

³³ Military – katonai.

³⁴ Papp (2012): i. m. 217., Busics 2.: i. m. 3–6., továbbá a NAVSTAR GPS hivatalos oldala, úrszegmens bemutatása.

³⁵ Pseudorandom noise.

³⁶ Direct-sequence Spread Spectrum.

³⁷ Code Division Multiplexing Acces.

³⁸ Papp (2012): i. m. 217.

³⁹ Papp (2012): i. m. 217.; Busics 2.: i. m. 3–6., továbbá a NAVSTAR GPS hivatalos oldala, úrszegmens bemutatása.

⁴⁰ Gere Tamás: GPS technika csúcsra járva – Hogyan hozd ki a műholdas helymeghatározásból a maximumot? GPS Expert Kft., 2016.

⁴¹ Busics 2.: i. m. 5. továbbá a NAVSTAR GPS hivatalos oldala, úrszegmens bemutatása.

Az első katonai GPS-vevők az első öbölháborúban jelentek meg, melyek még csak az L1C csatornát használták. Pár évvel később lépett szolgálatba a PLGR,⁴² amely ötcsatornás vevőként képes volt kezelni az L1C és kulcsolt állapotban az L1P frekvenciákat. A különböző PLGR-szerűs vevők után a következő nagy ugrás a DAGR⁴³ megjelenése volt 2003-ban, ami egybeesett az amerikaiak iraki műveleteinek kezdetével. A DAGR már képes volt 12 csatorna kezelésére az L1C, L1P, L2P frekvenciákon egyaránt.⁴⁴ A két eszköztípust az Amerikai Egyesült Államok sikerrel alkalmazta saját erőkövető rendszerében, az FBCB2 BFTS-ben.⁴⁵ A 2000-es évek afganisztáni és iraki műveleteiben is széles körben alkalmazott DAGR készülék az 1. ábrán látható.



1. ábra DAGR kulcsolható GPS-rendszerű vevő

Forrás: Clarke (2008–2014)

A katonai kivitelű titkosított jeleket is feldolgozó vevők fő tulajdonsága, hogy gyárilag rendelkeznek a P és az M kóddal titkosított jelek vételére és feldolgozására alkalmas elektronikával. Ezeket azonban csak egy periodikus időként frissíthető titkosító kulcs birtokában képesek feldolgozni.

A kizárólag GPS-jelek vételére alkalmas és a GNSS-vevők közötti különbség szemléltetésére elvégeztem egy kísérletet szimulátorprogramokat alkalmazva. Pontos tartózkodási helyem („álláspontom”) megfelel egy tűzérési tűzmegfigyelő szolgálati helyének, ahol a magasabb szintű koordináció és a baráti tűz elkerülése érdekében erőkövető rendszert használnak. A kilátási feltételek korlátozottak, az égbolt 70 fokos szelete ki van takarva. Első mérési változatnál GPS-rendszerű vevő kerül telepítésre, amely 24 óra leforgása alatt négy óra időtartamra nem képes mérési eredményeket biztosítani, mert csak három, illetve kevesebb műholdat lát a vevő. Ez idő alatt a kulcsolható GPS-vevők sem képesek a titkosított jel vételére. A második mérési változatban, ugyanebben az időtartamban egy GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo GNSS-vevő átlag 10-12 műholdat lát, a legkedvezőtlenebb félórás időintervallumban is minimum nyolcat. Ez a mennyiség már elegendő a megfelelő pozicionálásra.⁴⁶ A kísérletből látható, hogy bizonyos igen gyakori peremfeltételek mellett (magas kitakarási szög) a GNSS-vevők alkalmazása még egy felkulcsolt, titkos csatornákon dolgozó GPS-vevőnél is előnyösebb lehet, feltéve, hogy működnek a nyíltan hozzáférhető szolgáltatások. Napjainkban a polgári és a közszolgálati (katonai, rendvédelmi, katasztrófavédelmi stb.) műholdas navigációs megoldásokban a GPS-rendszerű vevők alkalmazása a legelterjedtebb.

⁴² Precision Lightweight GPS Receiver – Precíziós Pehelykönnyű GPS Vevő.

⁴³ Defense Advanced GPS Receiver – Védelmi célú Továbbfejlesztett GPS Vevő.

⁴⁴ Brooke Clarke: DAGR – Defense Advanced GPS Receiver, 2008–2014., továbbá a Rockwell Collins cég védelmi navigációs termékeinek weblapja. http://www.rockwellcollins.com/Products_and_Services/Defense/Navigation/Ground_Products.aspx (Letöltés időpontja: 2017. 01. 28.)

⁴⁵ Force XXI Battle Command Brigade and Bellow Blue Force Tracking System – XXI. századi haderő harcászati szintű vezetési rendszere, baráti erők követése rendszer.

⁴⁶ N2YO.com internetes élő műholdkövető szolgáltatás. <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 08.), továbbá a szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 8-án 24 óra időtartamban az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 08.)

Kockázati tényezőként jelenik meg azonban, hogy ha az USA érdekei úgy kívánják akár globálisan, akár regionálisan, a szelektív hozzáférés visszakapcsolható, ezzel olyan mértékű pontatlanságot előidézve, mellyel ellehetetlenítik a nyomkövetést, a navigációt. Ugyanakkor technikai szempontból nézve a szemben álló felek is korlátozhatják a GPS-jelek vételét. A jelentős katonai-gazdasági erővel bíró nagyhatalmak képesek rakétákkal, illetve EMP-fegyverekkel⁴⁷ károkat okozni a GPS űrszegmentében és földi követőállomásaiban.⁴⁸

Technikai szempontból három szándékos zavarómódszert különíthetünk el: zavarás (elfojtó zavarás), spoofing (megtévesztés) és meaconing (visszajátzás).⁴⁹ Zavarásról (jamming) akkor beszélünk, ha megfelelő energiájú és spektrális összetételű jelek kibocsátása interferenciát okoz a vevőberendezésnél. Így a műholdak által kisugárzott jelek a vevők számára értelmezhetetlenné válnak.⁵⁰ Észak-Korea például rendszertelen időközönként zavarjeleket bocsát ki dél-koreai területek fölé, ezzel akadályozva a repülőforgalmat, illetve megzavarva az amerikai–dél-koreai közös hadgyakorlatokat.⁵¹ Spoofingról beszélünk, ha megfelelő energiájú, az eredetivel megegyező struktúrájú jeleket sugároznak ki a vevőkészülékek megtévesztése céljából. Példa a spoofingra, amikor Irán eltérítette az Amerikai Egyesült Államok RQ–170 Sentinel típusú pilóta nélküli repülőgépet 2011-ben.⁵² Meaconing esetében a műholdak által kisugárzott jeleket rögzítik, majd bizonyos idővel késleltetve, megfelelő energiával újrásugározzák őket, összezavarva ezzel a GPS-vevőket.⁵³

Mint az a fenti példákból is látható, a háborús küszöb feletti műveletekben elég kicsi az esély rá, hogy a GPS vagy más GNSS-ek megbízhatóan üzemeljenek. A nagyhatalmak kölcsönös pusztító fegyverei, valamint az elnyomó zavarás következtében a navigációs jelek vétele ellehetetlenülne, de napjaink hadviselését az aszimmetrikus kihívások, hibrid háborúk dominálják.⁵⁴ E műveletekben a globális műholdas navigációs rendszerek pusztítására alkalmas katonai erők nyíltan nem konfrontálódnak, az incidenseket gyakran háborús küszöb alatt tartva. Ezekben az esetekben felértékelődik az improvizált, házilag készített, esetleg interneten keresztül rendelt GPS-zavaró berendezések használata, továbbá a spoofing és a meaconing módszerek alkalmazása. E problémák ellen egy részről lehet védekezni speciális antennák alkalmazásával. Például a nullázós zavarvédelmi eljárással, a NovAtel GAJT antennája képes hat zavaróforrás irányában nullhelyzetet illeszteni az antenna iránykarakterisztikájába, adaptív antennarendszer alkalmazásával.⁵⁵

⁴⁷ Electromagnetic Pulse – elektromágneses impulzus.

⁴⁸ Papp (2012): i. m.

⁴⁹ Uo., továbbá Ványa László: Navigációs berendezések zavarása és megtévesztése. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVII. évf. 2015. 2. szám.

⁵⁰ Papp (2012): i. m.

⁵¹ Uo.

⁵² Ványa László: A műholdas helymeghatározó rendszerek elektronikai hadviselési kérdései. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVIII. évf. 2016. 2. szám, 147.

⁵³ Papp (2012): i. m.

⁵⁴ Balog Fatime – Fekete Csanád – Németh András – Németh József Lajos: A hibrid hadviselés, különös tekintettel a mobilkommunikációra. Hadmérnök, X. évf. 4. szám, 2015. december; Jobbágy Szabolcs: A negyedik generációs hadviselés infokommunikációs aspektusai – fogalmi kitekintő. Hadmérnök, XII. évf. 1. szám, 2017. március, 203–213.

⁵⁵ Németh András: Adaptív antennarendszer szimulációja. In: Kommunikáció 2003. ZMNE, Budapest, 2003.; Németh András: Adaptív antennarendszer hardverének realizációja. Bolyai Szemle, 2004/1. ZMNE, Budapest, 2004.; Németh András – Folkmann Viktor: Direction Finding Based on Adaptive Antennas. In: Radioelektronika 2002, 12th International Czech-Slovak Scientific Conference, Pozsony, Műszaki Egyetem, 2002.; Németh András – Folkmann Viktor: Iránymérés adaptív antennarendszerrel. Híradástechnika, 2004/3. HTE, Budapest, 2004.

E technikai megoldások azonban költségesek, és elsődlegesen a katonai alkalmazásokban jelennek meg. Másik lehetőség a kizárólag a GPS használatán alapuló megoldások helyett a GNSS-vevők alkalmazása. Kapcsolódva egy korábbi kutatás gondolatmenetéhez⁵⁶ és azt továbbfejlesztve, a navigációs célú GNSS-vevők (GPS/GLONASS, illetve a GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo) alkalmazása a közeljövőben a teljes közzsféra számára elérhető és költség-hatékony megoldást biztosít. Mindazonáltal ezek a vevők is zavarhatók, megteveszthetők, a több rendszer alkalmazása révén azonban növelhető a redundancia, ezáltal a megbízhatóság. Az alábbiakban további GNSS-infrastruktúrákat mutatok be.

AZ OROSZ GLONASS

Az orosz globális műholdas navigációs alaprendszer, hasonlóan a GPS-hez, egy politikai irányítás alatt álló kettős, katonai-polgári rendeltetésű PNT-rendszer, és egyben válasznak tekinthető az amerikai kezdeményezésre. A fejlesztések az 1970-es években indultak, és a teljes kiépítettséget a GPS-hez hasonlóan 1995-ben érték el. A Szovjetunió szétesését követő gazdasági válság következtében azonban alulfinanszírozottá vált a rendszer, és elveszítette globális szolgáltató jellegét, amely csak 2012-re állt ismét helyre.⁵⁷ Napjainkban a második legnépszerűbb PNT-szolgáltatás pontossága 4,5–7,4 m közé tehető, ritkán találni azonban önálló GLONASS-vevőt, sokkal elterjedtebbek a GPS+GLONASS kialakítású vevőkészülékek. Jó példa erre, hogy az orosz katonai vevők is ilyen kettős kialakításúak.⁵⁸

Felépítését tekintve – a GPS-hez hasonlóan – 24 műhold jelenti a teljes feltöltöttséget az űrszegmensben. 2017. szeptember 22-én 26 műhold üzemelt, ebből három tartalék.⁵⁹ A műholdak az Egyenlítő síkjával 64,8 fokos szöget bezáró három pályán (pályánként nyolc műhold) keringenek a Föld felszínétől 19 100 km magasságban.⁶⁰

A rendszer műholdjai a jelstruktúrát tekintve 2013-ig kizárólag frekvenciaosztásos többszörös hozzáférést (FDMA⁶¹) használtak, ellentétben a GPS-szel. Napjainkban az interoperabilitás biztosítása céljából már kódosztásos jeleket, illetve a GPS-hez hasonlóan direkt szekvenciális szórt spektrumú BPSK modulált jeleket is sugároznak. A GLONASS jeleit a 2. táblázat foglalja össze.

⁵⁶ Németh András: Távlati műholdas megoldások a katasztrófavédelmi kommunikáció területén. In: Kommunikáció 2007, ZMNE, Budapest, 2007, 158.; Németh András: A katasztrófavédelmi kommunikáció alternatív megoldásai. In: Kommunikáció 2006. ZMNE, Budapest, 2006.

⁵⁷ Busics 2.: i. m. 6.

⁵⁸ Космические возможности ГЛОНАСС: и няня, и путеводитель, и надзиратель. <https://ria.ru/science/20081225/158075448.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 02.)

⁵⁹ GLONASS Information and Analysis Center for Position, Navigation and Timing. Korolyov, Oroszország. <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/> (Letöltés időpontja: 2017. 09. 22.)

⁶⁰ Busics 2.: i. m. 6.

⁶¹ Frequency Division Multiplexing Acces.

2. táblázat A GLONASS jelstruktúrája (szerkesztette a szerző)

| A GLONASS jelstruktúrája | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|
| Kódosztás | Frekvencia | Bevezetés ideje | | |
| | | 2014-től (üzemel) | 2018-tól (tervezés alatt) | 2025-től (kutatói fázis) |
| FDMA-jelek | 1602 MHz + n×562,5 kHz | L1OF, L1SF | L1OF, L1SF | L1OF, L1SF |
| | 1246 MHz + n×437,5 kHz | L2OF, L2SF | L2OF, L2SF | L2OF, L2SF |
| CDMA-jelek | 1600,995 MHz | | L1OC, L1SC | L1OC, L1SC |
| | 1248,06 MHz | | L2OC, L2SC | L2OC, L2SC |
| | 1202,025 MHz | L3OC | L3OC | L3OC, L3SC |
| Interoperábilis CDMA-jelek | 1575,42 MHz (= GPS L1C) | | | L1OCM |
| | 1207,14 MHz (= Galileo/BeiDou E5b) | | | L3OCM |
| | 1176,45 MHz (= Galileo/BeiDou E5a) | | | L5OCM |

Forrás: A GLONASS hivatalos oldala; Revnivykh: GLONASS status and modernization; Urlichich: GLONASS modernization

A 2. táblázatban a jelek megnevezésénél az „O” a nyílt hozzáférésre utal, míg az „S” a katonai jelekre, az „M” az interoperábilis csatornákat jelöli. Az FDMA-jelek esetén $n = -7, -6, -5, \dots, 0, \dots, 5, 6$. 2017. február 5-én álláspontom felett 12 darab L1 és L2 csatornákon sugárzó műhold volt látható, melyekből kettő az L3OC csatornán is üzemelt.⁶²

A GLONASS vezérlő alrendszeréből a vezérlőállomás Moszkva mellett települ, amelyet kiegészít kilenc követőállomás Oroszország területén, melyeket a közeljövőben nyolccal terveznek kibővíteni. További követőállomások találhatóak az Antarktiszon, és terveznek Kubába, Vietnamba, Brazília és Ausztrália is.⁶³

Mivel jelenleg Oroszország kívül esik hazánk szövetségi rendszerén, így nincs lehetőség az orosz GNSS kódolt csatornáinak vételére.

AZ EURÓPAI GALILEO-RENDSZER

Az európai Galileo-rendszer globális műholdas navigációs szolgáltatása nehézkes, csaknem két évtizedes tervezési és inicializációs tevékenység után kezdődött 2016. december 15-én.⁶⁴

⁶² A szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 5-én 13:19-kor az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

⁶³ Busics 2.: i. m. 10., továbbá a GLONASS hivatalos weboldala. <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/> (Letöltés időpontja: 2017. 09. 22.)

⁶⁴ Balogh Csaba: Felejtsé el a GPS-t: elindult az új rendszer, itt a sokkal pontosabb GNSS. http://hvg.hu/tudomany/20161215_gps_glonass_europai_navigacio_helymeghatarozas_gnss_galileo (Letöltés időpontja: 2017. 02. 05.)

A kezdeményezés 1999-ben indult útjára az Európai Unió (EU) és az Európai Űrügynökség (ESA⁶⁵) társfinanszírozásával. Kezdetben komoly reményeket fűztek a magántőke bevonásához, de az elmaradt. 2003–2006 között a kínaiakkal közös műholdas navigációs rendszer jelentette volna a kiutat, melyből Kína később kihátrált (megalkotva saját rendszerét, a BeiDou-t). Több komoly gazdasági válságot követően 2011-ben kezdték meg az első „éles” műholdak felbocsátását,⁶⁶ melyet 2018-ig várhatóan 28 darab követ majd.⁶⁷

A rendszer tervezetten 30 műholdból fog állni, közülük egyelőre kettőnek még nincs elhatározott felbocsátási időpontja. A harmincból 27 üzemi és három tartalék fog keringeni 24 000 km-es magasságban. A műholdak konstellációját úgy tervezték, hogy a skandináv országokban a GPS-hez képest jobb vételi lehetőséget lehessen biztosítani. A rendszer követőállomásait közel egyenletesen osztanák el a Földön. Terveznek Európába, Francia Guyanába, a Csendes-óceánra, Dél-Koreába, az Indiai-óceánra és Új-Kaledóniába is. A vezérlőállomásokat Németországba és Olaszországba telepítették. Önálló SBAS-alrendszere az EGNOS, mely jelenleg európai lefedettséggel bír.⁶⁸ Pontosságát tekintve a polgári felhasználók számára méteres, a titkosított csatornákon centiméteres pontosságot biztosít majd a rendszer.

Jelstruktúráját nézve a Galileo-rendszer is direkt szekvenciális szórt spektrumú jeleket sugároz kódosztásos hozzáféréssel (CDMA), melyeket a 3. táblázat részletez.

3. táblázat A Galileo-rendszer jelstruktúrája (szerkesztette a szerző)

| A Galileo-rendszer jelstruktúrája | | |
|-----------------------------------|--------------|---------------------|
| Csatorna megnevezése | Frekvencia | Moduláció |
| E1a | 1575,42 MHz | BOC |
| E1b | | CBOC ¹ |
| E1c | | |
| E5a | 1191,795 MHz | AltBOC ² |
| E5b | | |
| E6a | 1278,75 MHz | BOC |
| E6b | | BPSK |
| E6c | | |

¹ Composite Binary Offset Carrier – kompozit bináris offset vivős moduláció.

² Alternative Binary Offset Modulation – alternatív bináris offset vivős moduláció.

Forrás: Rodriguez: *Galileo Signal Plan (2011)*, a GNSS SDR fejlesztői oldal

A 3. táblázatban az E1, E6 csatornaszám melletti „a” jelölés a védett kormányzati szolgáltatást, a „b” jelölés a nyílt hozzáférésű csatornát, a „c” adathordozás nélküli pilótjelet jelöli. Az E5a és az E5b kódolású csatorna esetében az adatfolyamot egy kiegészítő jellel látták el, így a kódolt szolgáltatás a nyílt hozzáférésű csatornára lett ültetve, és így a két szolgáltatás egyidejűleg fogható. A Galileo-rendszer szolgáltatásai között szerepel a nyílt szolgáltatás,

⁶⁵ European Space Agency.

⁶⁶ Korábban, 2005-ben még csak tesztműholdakat lőttek fel.

⁶⁷ Busics 2.: i. m. 11., továbbá a Navipedia, az Európai Űrügynökség GNSS-eket átfogóan ismertető portálja. http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_General_Introduction (Letöltés időpontja: 2017. 02. 06.)

⁶⁸ Busics 2.: i. m. 13., továbbá a European GNSS Service Centre honlapja. <https://www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system> (Letöltés időpontja: 2017. 09. 24.)

amely bárki számára elérhető lesz, a kereskedelmi szolgáltatás, amely előfizetést követően nyújt nagy pontosságú adatokat, például a geodéziai mérésekhez, illetve a védett kormányzati szolgáltatás, melyhez a hozzáférés engedélyhez kötött és titkosított adatfolyamot használ. Ezeken felül üzemel még az életvédelmi szolgáltatás és az életbiztonsági kutató-mentő szolgáltatás, melynek keretében többek között 2018 áprilisától az Európai Unió területén belül a forgalomba helyezett új gépkocsikat felszerelik Galileo-képes vevőberendezésekkel, amely integráns része lesz a jármű vészhelyzeti segélyhívó rendszerének. A Galileo-rendszer atomóráin keresztül szuperpontos időszinkronizálási szolgáltatásokat is nyújt az európai kritikus infrastruktúrák számára.⁶⁹

Kísérletemben 2017. február 8-án 24 órás időintervallumban átlagosan 4-6 műhold volt látható, amelyek az E1, E5, E6 frekvencián sugároztak.⁷⁰

Fontos megemlíteni, hogy a Galileo-rendszer védett kormányzati szolgáltatása hazánk számára is elérhető, így már a NATO szövetségi rendszer révén a GPS védett szolgáltatása mellett az Unió védett szolgáltatása is biztosított.

A korábbi szimulátorprogramos kísérlethez hasonlóan végeztem vizsgálatokat egy GPS/Galileo titkosított jelek vételére alkalmas elméleti vevővel a korábban már említett programokkal. A GPS L1, L2 és a Galileo E1, E5, E6 csatornák elérhetőségét vizsgáltam egy olyan szituációban, amikor csak a rejtjelezett csatornák hozzáférhetőek. 24 órás időintervallumra kivetített kísérleti eredmények alapján álláspontomról átlagosan 6-7 műhold érhető el, legkedvezőtlenebb félórás időintervallumban is elérhető a minimális pozicionáláshoz elegendő négy műhold.⁷¹ A kísérleti eredményeket elemezve következtetésként vonható le, hogy általánosságban érdemes lenne olyan GNSS-vevőket alkalmazni, amelyek képesek a négy nagy globális műholdas navigációs rendszer nyílt szolgáltatásait elérni, emellett viszont a közsféra szűkebb szegmense számára a GPS/Galileo-rendszerek minősített szolgáltatásaihoz való hozzáférést is célszerű lenne biztosítani.

Az elméleti számításokat és a szimulátorprogramokkal végrehajtott kísérleteket követően kutatómunkámban a következő lépésben valódi polgári navigációs célú GPS/GLONASS és GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo GNSS-vevőkkel végzek méréseket, illetve ezek eredményeit elemzem.

ÖSSZEGZÉS

Tudományos közleményem első részében felvázoltam a globális műholdas navigációs rendszerek általános felépítését, melyek közül részletesen ismertettem az amerikai NAVSTAR GPS-, az orosz GLONASS- és az európai Galileo-rendszereket. Bemutattam a különböző rendszerek műholdas konstellációját, a műholdak által navigációs célból sugárzott jelstruktúrákat. Elemzésemben kitértem a nyílt és a titkosított csatornák vételi lehetőségeire, továbbá

⁶⁹ Busics 2.: i. m. 15., továbbá Hosszú vajúdás után indult el az uniós GPS. Index.hu, 2016. december 15. http://index.hu/kulfold/eurologus/2016/12/15/nehezkes_vajudas_utan_indul_az_unios_gps/ (Letöltés időpontja: 2017. 02. 06.)

⁷⁰ <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 08.), továbbá a szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 8-án 24 óra időtartamban, N 47° 19' E 20° 18' állásponton.

⁷¹ <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 08.), továbbá a szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február 8-án 24 óra időtartamban az N 47° 19'E 20° 18' állásponton.

különböző interneten elérhető források alapján (követőrendszerek⁷² és szimulátorprogramok⁷³ segítségével) kísérleteket hajtottam végre, valamint modelleztem az álláspontom felett elérhető GNSS-szolgáltatásokat.

Megállapítható, hogy a flotta- és az erőkövető rendszerek navigációs igényeinek ki-
elégítésére csak a GPS alkalmazása helyett jóval kézenfekvőbb egy több szolgáltatáshoz
hozzáférést biztosító integrált GNSS-vevő alkalmazása, melyet GPS/Galileo minősített jelek
vételére alkalmas áramkör egészíthetne ki.

Publikációm következő részében részletesen tárgyalom a kínai BeiDou rendszert, illetve
feldolgozom gyakorlati mérési tapasztalataimat, melyek alapján ajánlásokat fogalmazok meg.
(*A tanulmány 2., befejező részét folyóiratunk 2018/2. számában közöljük.*)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- 47/2010. (IV. 27.) FVM-rendelet a globális műholdas helymeghatározó rendszerek alkalmazásával
végzett pontmeghatározások végrehajtásáról, dokumentálásáról, ellenőrzéséről, vizsgálatáról
és átvételéről.
- A NAVSTAR GPS hivatalos oldala, űrszegmens bemutatása. <http://www.gps.gov/systems/gps/space/#generations>
- A Rockwell Collins cég védelmi navigációs termékeinek weblapja. http://www.rockwellcollins.com/Products_and_Services/Defense/Navigation/Ground_Products.aspx
- A szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február
8-án 24 óra időtartamban az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>
- A szerző kísérlete a QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása segítségével 2017. február
5-én 13:19-kor az N 47° 19' E 20° 18' állásponton. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>
- Balog Fatime – Fekete Csanád – Németh András – Németh József Lajos: *A hibrid hadviselés, különös
tekintettel a mobilkommunikációra*. Hadmérnök, X. évf. 4. szám, 2015. december.
- Balogh Csaba: *Felejtse el a GPS-t: elindult az új rendszer, itt a sokkal pontosabb GNSS*. http://hvg.hu/tudomany/20161215_gps_glonass_europai_navigacio_helymeghatarozas_gnss_galileo
- Busics György: *Műholdas helymeghatározás 1. A GNSS-ről általában, jegyzet*. NYME-GEO, Szé-
kesfehérvár, 2011. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_MHM1/index.html
- Busics György: *Műholdas helymeghatározás 2. GNSS-alaprendszerek*. NYME-GEO, Székesfehérvár,
2011. http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_MHM2/index.html
- Clarke, Brooke: *DAGR – Defense Advanced GPS Receiver, 2008–2014*. <http://www.prc68.com/I/DAGR.shtml>
- Erdész Viktor: *A Galileo globális műholdas navigációs rendszer konkurensei*. Nemzet és Biztonság
– Biztonságpolitikai Szemle, 2008/7. http://www.nemzetesbiztonsag.hu/cikkek/erdesz_viktor-a-galileo_globalis_muholdas_navigacios_rendszer_es_konkurensei.pdf
- European GNSS Service Centre honlapja. <https://www.gsc-europa.eu/galileo-gsc-overview/system>
- Gere Tamás: *GPS technika csúcsra járatva – Hogyan hozd ki a műholdas helymeghatározásból a maximumot?* GPS Expert Kft., 2016.

⁷² <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 08.)

⁷³ QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html> (Letöltés időpontja: 2017. 02. 08.)

- Gingyikin, Szemjon Grigorjevics: *Történetek fizikusokról és matematikusokról*. Typotex Kiadó, Budapest, 2004.
- GLONASS Information and Analysys Center for Position, Navigation and Timing. Korolyov, Oroszország. <https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/>
- GNSS SDR fejlesztői oldal. <http://gnss-sdr.org/docs/tutorials/gnss-signals/>
- Gulyás Attila: *Field identifications in SOF applications*. AARMS 2012 Volume 10 Issue 3.
- Gulyás Attila: *Force Tracking System in SOF applications*. AARMS 2009 Volume 8 Issue 4.
- Hosszú vajúdás után indult el az uniós GPS. http://index.hu/kulfold/eurologus/2016/12/15/nehezkes_vajudas_utan_indul_az_unios_gps/
- Jobbágy Szabolcs: *A negyedik generációs hadviselés infokommunikációs aspektusai – fogalmi kitekintő*. Hadmérnök, XII. évf. 1. szám, 2017. március.
- Karmazin György: *Flottamenedzsment-rendszerek bevezetése és pozitív hatásai*. Logisztikai Trendek és Legjobb Gyakorlatok, 2015/06. <http://logisztikaitrendek.hu/wp-content/uploads/2015/06/Flotta-menedzsment-rendszerek.pdf>
- Károly Krisztián: *NATO hadseregek Erőkötési Rendszerei a honi alkalmazhatóság tükrében*. Magyar Honvédség Összhaderőnemi Tudományos Kutatóhely pályázata 2015, pályamű.
- N2YO.com internetes élő műholdkövető szolgáltatás. <http://www.n2yo.com/satellites/?c=35>
- Navipedia, az Európai Űrügynökség GNSS-eket átfogóan ismertető portálja. http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_General_Introduction
- Németh András: *Adaptív antennarendszer hardverének realizációja*. Bolyai Szemle, 2004/1. ZMNE, Budapest, 2004. ISSN 1416-1443 http://uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2004/1/nemeth_andras.pdf
- Németh András: *Adaptív antennarendszer szimulációja*. In: *Kommunikáció 2003*. ZMNE, Budapest, 2003. ISBN 963-86228-6-2 http://www.puskashirbaje.hu/index_html_files/Kommunikacio_2003-NSZTK.pdf
- Németh András: *A katasztrófavédelmi kommunikáció alternatív megoldásai*. In: *Kommunikáció 2006*. ZMNE, Budapest, 2006.
- Németh András: *Távlati műholdas megoldások a katasztrófavédelmi kommunikáció területén*. In: *Kommunikáció 2007*, ZMNE, Budapest, 2007.
- Németh András – Folkmann Viktor: *Direction Finding Based on Adaptive Antennas*. Radioelektronika 2002, 12th International Czech-Slovak Scientific Conference, Pozsony, Műszaki Egyetem, 2002.
- Németh András – Folkmann Viktor: *Iránymérés adaptív antennarendszerrel*. *Híradástechnika*, 2004/3. HTE, Budapest, 2004. http://www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2004/2004_03/HT0403-13.pdf
- Papp Zoltán: *A helyzet-meghatározó rendszerek zavarása*. Hadmérnök, VII. évf. 2012/1. http://hadmernok.hu/2012_1_papp.pdf
- QZSS navigációs rendszer GNSS view alkalmazása. <http://app.qzss.go.jp/GNSSView/gnssview.html>
- Revnivykh, Szergej: *GLONASS Status and Modernization*. International GNSS Comitee IGC-7, 2012. november 4–9. Peking. <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2012/icg-7/3-1.pdf>
- Rodriguez, J. A. Avila: *Galileo Signal Plan*. University FAF München, 2011. http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_Signal_Plan
- Rodriguez, J. A. Avila: *GPS Signal Plan*. University FAF München, 2011. http://www.navipedia.net/index.php/GPS_Signal_Plan
- Tarsoly Péter: *Geodézia 7, Térbeli helymeghatározás navigációs műholdrendszerrel*. NYME-GEO, Székesfehérvár, 2010. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_GED7/ch01s02.html

- Ulrichich, Jurij – Subbotin, Valerij – Stupak, Grigorij – Dvorkin, Vjacseszláv – Povalyaev, Alexander – Karutin, Szergej – Bakitko, Rudolf: *GLONASS Modernization*. GPS WORLD magazin, 2011. november 1. <http://gpsworld.com/glonass-modernization-12232/>
- Ványa László: *A műholdas helymeghatározó rendszerek elektronikai hadviselési kérdései*. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVIII. évf. 2016. 2. szám. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_2/2016-2-09-0308_Vanya_Laszlo.pdf
- Ványa László: *Navigációs berendezések zavarása és megtévesztése*. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, XXVII. évf. 2015. 2. szám. http://epa.oszk.hu/02600/02694/00068/pdf/EPA02694_rtk_2015_2_007-016.pdf
- Космические возможности ГЛОНАСС: и няня, и путеводитель, и надзиратель. In: ria.ru, 2008. 12. 25. <https://ria.ru/science/20081225/158075448.html>

A Zrínyi Kiadó újdonsága

Őrzők, vigyázatok a határra! Határvédelem, határőrizet, határ vadászok a középkortól napjainkig (Tanulmánygyűjtemény)



Ez a hiánypótló tanulmánykötet nagy történelmi időtávlatot ölel fel, napjaink aktuális határbiztonsági kihívásainak összefoglalásával zárva. Tudományos alaposággal vizsgálja a határőrizet, határvédelem kérdéseit, így az olvasó egy könyvet kézbe véve alkothat véleményt a határőrizet, valamint a határvédelem helyéről és szerepéről az egyén, a társadalom, illetve az állam életében, figyelembe véve távoli és közelebbi évszázadok, továbbá a mai kor tapasztalatait.

Részletek a kötet hátsó borítójáról:

„Ebben a bizonytalan világban a Magyar Honvédség, a katonák, valamint a belügyi szervek és azon belül is a határokat őrzők szerepe jobban felértékelődött, mint az utóbbi húsz évben bármikor. Nem szabad elfelejtenünk, hogy a magyar katonák és rendőrök nemcsak Magyarország határait védemzik, hanem egész Európát, a keresztény kultúrkört, közös értékeinket is, amelyért annyi évszázadon át harcoltunk.”

Dr. Simicskó István honvédelmi miniszter

**További információk,
rendelés:
shop.hmzrinyi.hu/**