

GPS mérés

Juhász Kinga

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Tehcnológiai és Bionikai Kar

1083 Budapest, Práter u. 50/a

juhasz.kinga@hallgato.ppke.hu

Kivonat—Ez a dokumentum azoknak a méréseknek a jegyzőkönyvét tartalmazza, melyeket Juhász Kinga végzett el 2020.04.01-én a Visual GPS programmal. A mérés során a műholdas helymeghatározó rendszereket ismertem meg.

Keywords—keyword; keyword; keyword

I. HELYMEGHATÁROZÓ RENDSZEREK

Helymeghatározás alatt egy vonatkoztatási rendszerben egy objektum térbeli helyzetének (koordinátáinak) meghatározását értjük. A helymeghatározás esetében általában nem ragaszkodunk a koordináták azonnali, a mérés időpontjában történő meghatározásához.

I-A. A globális navigációs műholdrendszerek

Jelenleg még az amerikai NAVSTAR-GPS (röviden GPS) rendszer a legismertebb tagja a földkerekség bármely pontján elérhető műholdas navigációs szolgáltatásokat biztosító rendszereknek, de már jelenleg is üzemel az orosz GLONASS rendszer, kiépítés alatt áll a kínai COMPASS, az európai Galileo, az indiai INNS és még számos más regionális lefedettséget biztosító műholdas rendszer. Az említett globális rendszereket összefoglaló néven **globális navigációs műholdrendszereknek** (GNSS) nevezzük.

Ezek a rendszerek önállóan is képesek a globális lefedettség biztosítására, de egymással kombinálva is használhatóak. A kombinált használat előnye, hogy több műholdra tudunk egyszerre észleléseket végezni, ezáltal megbízhatóbb helymeghatározást végezhetünk.

Az említett rendszerek mindegyike a mikrohullámú (a deciméteres rádióhullámokat felhasználó) távmérési elvet alkalmazza. A mikrohullámú távmérés esetében a mérőjel terjedési idejét mérjük a műhold és egy földi észlelő között. Ismerve a jel terjedési sebességét – amelyről első közelítésben feltehetjük, hogy megegyezik a fény vákuumban érvényes terjedési sebességével – a mérőjel által megtett út meghatározható, ezáltal a műhold és a földi észlelő távolsága kiszámítható.

Ahhoz azonban, hogy a mérőjel terjedési idejét meg tudjuk határozni, nagyon pontosan meg kell mérnünk a jel kibocsátásának és a jel észlelésének az időpontját. Az ilyen rendszereknél a jel kibocsátása a műholdon történik, míg az észlelés a földfelszínen, így két különböző időmérő eszközt kell használnunk. Ennek a két időmérő eszköznek pontosan ugyanabban az időrendszerben kell járniuk, azaz ugyanabban a pillanatban ugyanazt az időpontot kell mutatniuk. Ellenkező esetben az órák igazítatlansága miatt időmérési hiba lép fel, amely a távmérési eredménybe tovaterjed. Könnyen belátható, hogy a pontos időmérés megvalósítása kulcsfontosságú a globális műholdas navigációs rendszerek szempontjából. Mindössze 1 ns (1 nanosec = 10^{-9} s) időmérési hiba a fény terjedési sebességének köszönhetően már 30 cm nagyságú távmérési hibát okozhat.

I-B. Az alkalmazott koordinátarendszer

A globális helymeghatározás megvalósításához egy egy- séges globális koordinátarendszert vezettek be. Ezt a GPS rendszernek hívják. A WGS-84 (World Geodetic System 1984) rendszernek hívják. A WGS-84 koordinátarendszere egy jobbsodrású térbeli derékszögű koordinátarendszer. A koordinátarendszer kezdőpontja a Föld tömegközéppontja, Z tengelye jó közelítéssel párhuzamos a Föld forgástengelyével, az X tengelye jó közelítéssel a greenwich-i meridiánsík irányába mutat, míg az Y tengely merőleges mind az X, mind a Z tengelyekre.

A GPS rendszer esetében tehát az összes koordinátamegoldást ebben a térbeli derékszögű koordinátarendszerben kapjuk meg. Mivel a Föld tömegközéppontjához viszonyított térbeli derékszögű koordináták kevésbé informatívak, ezért a WGS-84 rendszerhez hozzárendeltek egy geocentrikus elhelyezésű forgási ellipszoidot is. Így egy tetszőleges P pont helyzetét nem csak a térbeli derékszögű koordinátarendszerben, hanem a referencia-ellipszoid felületére levetített ellipszoidi koordinátákkal, valamint a P pont és az ellipszoid felülete közötti, az ellipszoidi normális mentén mért távolsággal is megadhatjuk. Az ellipszoidi koordináták nagy előnye, hogy segítségükkel már sokkal könnyebben tájékozódhatunk a földfelszínen. [1]

I-C. Positioning és localization

A *positioning* és a *localization* hasonló fogalmak, de azért nem teljesen ugyanazt jelölik. A *positioning* esetében egy embernek (vagyis inkább egy jeladónak) a konkrét helyzetét értjük a Földön, (hosszúsági és szélességi) koordinátákkal megadva. A műholdjaink meg tudják határozni nekünk ezeket a koordinátákat. Ezzel szemben a *localization* sokkal inkább koncentrálna a környezetünk leírására, ezzel nem egy darab konkrét pontot adunk meg, hanem egy területet, amelyet emberek számára is érthető módon jellemeztek. [2]

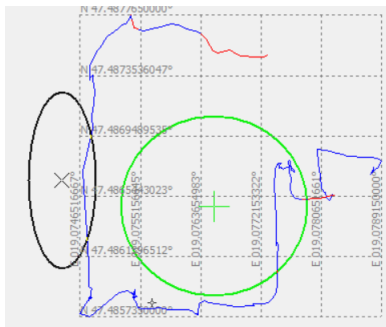
II. MÉRÉSI SÉTA

Én végül a honlapra feltöltött 7-es számú logfile-t választottam ki elemzésre. Az adatokat feltöltöttem a Google Maps alkalmazásba, amely ki tudta nekem rajzolni az útvonalat, amelyet a mérést készítő bejártak. Az adatok alapján a PPKE-ITK épületétől a Corvin-sétányon keresztül elsétáltak a Corvin Plázáig, majd a Futó utcánál jobbra fordultak, és elsétáltak egészen a Nap utcáig, hogy ott ismét jobbra fordulva majdnem visszaérjenek végül az ITK épületéhez.

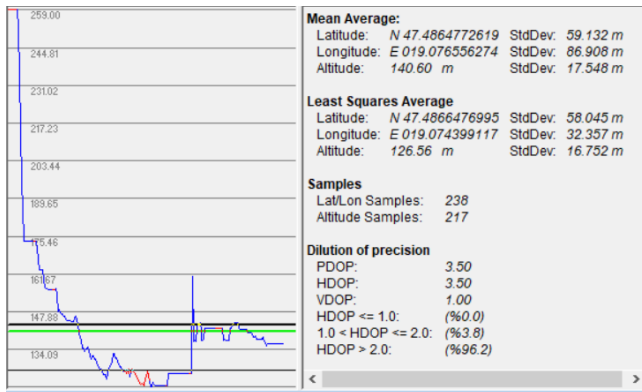
III. VIRTUÁLIS ÚTVONAL

A 7-es logfile-t importáltam a VisualGPS programba, így az alább látható eredményeket kaptam.

Itt is látható, hogy a mérést végzők egy körsétát tettek, a magasságértékek viszont ingadoznak. Ez azzal magyarázható, hogy a műholdak alkalmazásával a magasságot lehet a legpontosabban meghatározni.



Survey ablakban a séta során bejárt pontok



Survey ablakban a séta útvonala

IV. A VÁLASZTOTT MÉRÉSI PONTOK

Az én választott pontjaim a 13:56:21-kor és a 14:01:12-kor felállított mérési pontok voltak. Az első pont a Corvin sétány mellett található. A pont adatait a következő NMEA mondatok tartalmazzák:

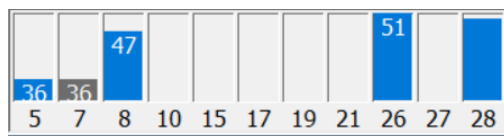
\$GPRMC,135621,A,4729.1515,N,01904.4875,E,000.0,350.9,120412,002.9,E*7E

\$GPGGA,135621,4729.1515,N,01904.4875,E,1,04,2.3,141.0,M,41.0,M,*,*4E

Ezekből a sorokból kiolvashatók többek között a pont koordinátái, és a pontban látott műholdak száma is. Ezeket a GPGGA sorból határoztam meg. Az észlelt műholdak száma 4.

A signal quality window alapján a vevő érzékelt egy ötödik műholdat is, azonban az nem vett részt a pozíció meghatározásában.

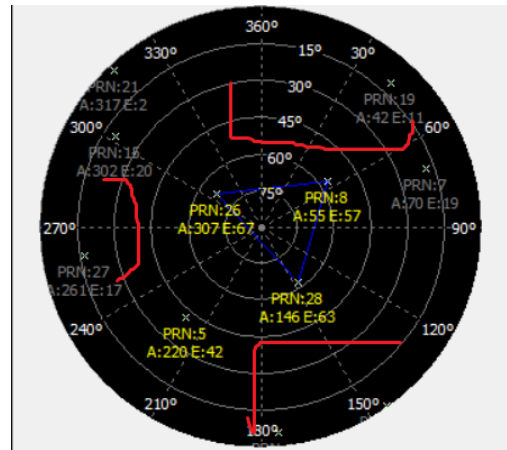
	NMEA kódészlet	jelentése
szélességi fok	4729.1515, N	északi, 47°29.1515'
hosszúsági fok	01904.4875, E	keleti, 19°04.4875'
"látott" műholdak száma	04	4



Signal Quality Window

Az azimut térképen látható az észlelt műholdak helyzete (amelyek sárgával vannak kiírva), továbbá képszerkesztő programban berajzoltam pirossal az "árnyékoló" tereptárgyakat. A sétányt északról és délről egy hosszan elnyúló panelház

határolja, nyugatról pedig a Corvin Plaza. Ezzel magyarázható, hogy az eszköz nem látott holdakat ezekből az irányokból.



Az első pont azimut térképe



Az első pont Google Earthben

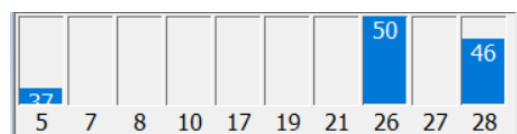
A második pont a Futó utca mentén volt. Ennek a pontnak az adatait a következő NMEA mondatok tartalmazzák:

\$GPRMC,140112,A,4729.2398,N,01904.4881,E,000.0,357.6,120412,002.9,E*78

\$GPGGA,140112,4729.2398,N,01904.4881,E,1,04,2.4,141.9,M,41.0,M,*,*4E

Ugyanúgy, mint az előbb, ezekből a sorokból olvashatók ki a pont koordinátái, és a pontban látott műholdak száma is, ezeket ebben az esetben is a GPGGA sorból határoztam meg. Az észlelt műholdak száma ebben a pontban is 4 volt, a signal quality window azonban csak 3 db érzékelt műholdat mutat.

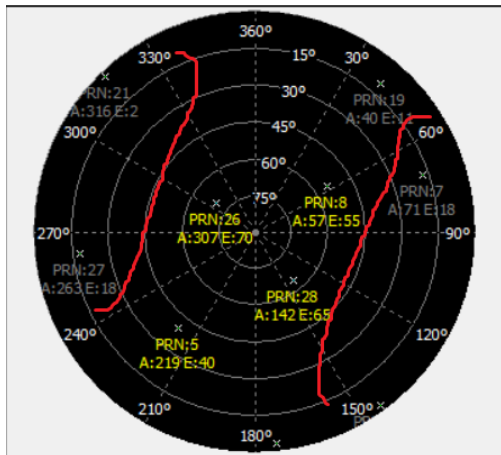
	NMEA kódészlet	jelentése
szélességi fok	4729.2398, N	északi, 47°29.2398'
hosszúsági fok	01904.4881, E	keleti, 19°04.4881'
"látott" műholdak száma	04	4



Signal Quality Window

Ennek a pontnak az azimut térképen is látható az észlelt műholdak helyzete (itt is sárgával jelölve), továbbá képszer-

kesztő programban itt is berajzoltam pirossal az "árnyékoló" tereptárgyakat. Az utcát végig határolja keletről és nyugatról délről egy-egy hosszan elnyúló panelház. Ezzel magyarázható, hogy az eszköz nem látott holdakat ezekből az irányokból.



A második pont azimut térképe



A második pont Google Earthben

V. ÁTSZÁMÍTÁS SZÖGFOK, SZÖGPERC, SZÖGMÁSODPERC ALAKBA

Szögpercből szögmásodpercebe úgy kell átváltani, hogy a nem egész részt (tehát a tizedesvessző utáni részt) megszorozzuk 60-nal. Így tehát az első pont koordinátái esetében:

$$29.1515' = 29'(60 * 0.1515)'' = 29'9.09''$$

$$04.4875' = 4'(60 * 0.4875)'' = 04'29.25''$$

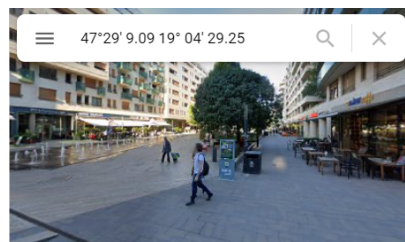
Az első pontom koordinátái tehát:
északi szélesség $47^{\circ} 29' 9.09''$
keleti hosszúság $19^{\circ} 04' 29.25''$

A második pont koordinátái esetében:

$$29.2398' = 29'(60 * 0.2398)'' = 29'14.388''$$

$$04.4881' = 4'(60 * 0.4881)'' = 04'29.286''$$

A második pontom koordinátái tehát:
északi szélesség $47^{\circ} 29' 14.388''$
keleti hosszúság $19^{\circ} 04' 29.286''$

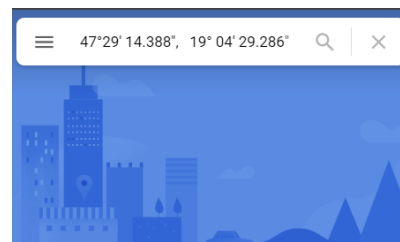


$47^{\circ}29'09.1''N$ $19^{\circ}04'29.3''E$
47.485858, 19.074792

Az első pont koordinátái Google Maps-ben

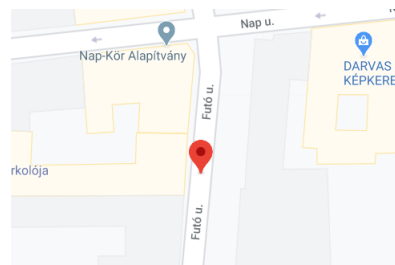


Az első pont jelölve a Google Maps-ben

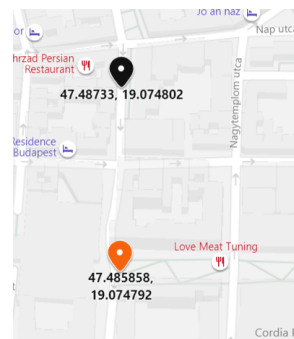


$47^{\circ}29'14.4''N$ $19^{\circ}04'29.3''E$
47.487330, 19.074802

A második pont koordinátái Google Maps-ben



A második pont jelölve a Google Maps-ben



A két pont és koordinátáik a Bing Térképen

VI. EGY SZÖGMÁSODPERC TÁVOLSÁGA

A (0,0) pont az Egyenlítőn helyezkedik el, melynek hossza 40075 km. Ebben az esetben 1 szögmásodperc távolság:

$$\frac{R_{Fold}}{360 * 60 * 60} = \frac{40075}{360 * 60 * 60} = 0,0309 \text{ km} = 30,9 \text{ m}$$

A választott mérési pontban a Föld területének kiszámítása:

$$\sin(90^\circ - \alpha) = \frac{R}{R_{Fold}}$$

(A Föld sugara az egyenlítő mentén 6371 km.)

Az első mérési pont koordinátái fokban:

47,486° észak, 19,075° kelet

Szélesség esetében:

A Föld sugara: 4305,33 km

A Föld kerülete: 27051,19 km

1 szögmásodperc távolság: 20,87 m

Hosszúság esetében:

A Föld sugara: 6021,18 km

A Föld kerülete: 37832,19 km

1 szögmásodperc távolság: 29,19 m

Ha a Földet gömbnek tekintjük, akkor két meghatározott hosszúsági kör közötti távolság állandó, ezért egy szögmásodperc eltérés minden pontban azonos távolságot jelentene, azonban a Föld nem tökéletes gömb, így mégiscsak van egy kis eltérés a hosszúsági körök esetében is a két érték között.

Szélességi körök esetében azonban ez a távolság már nem állandó. Az Egyenlítőnél a legnagyobb az eltérés, a sarkoknál viszont 0, így a szélességi körök esetében nagyobb eltérés tapasztalható.

VII. KÉT PONT TÁVOLSÁGA

A két választott pontom koordinátái:

északi szélesség 47° 29' 9.09"

keleti hosszúság 19° 04' 29.25"

és

északi szélesség 47° 29' 14.388"

keleti hosszúság 19° 04' 29.286"

Az előző pontban kiszámoltam, hogy 1 szögmásodperc távolság a szélességi kör esetében 20,87 méter, a hosszúsági kör esetében 29,19 méter távolságot jelent. Így tehát a szélességi eltérés: $|14.388 - 9.09| = 5.298$ szögmásodperc, azaz $5.298 * 20.87 = 110.57$ m, a hosszúsági eltérés: $|29.286 - 29.25| = 0.036$ szögmásodperc, azaz $0.036 * 29.19 = 1.05$ m. A két pont távolsága így: $\sqrt{1.05^2 + 110.57^2} = 110.57$ m.

A két pont távolsága a térképprogramok szerint:

program	távolság
VisualGPS	141,02 m
Google Maps	158,10 m
Bing Térképek	161 m

A két internetes térképszolgáltatás nagyjából azonos távolságot határozott meg, a VisualGPS-ben kapott érték egy picit jobban eltért tőlük, azonban ez állt legközelebb a számolt értékemhez.

HIVATKOZÁSOK

[1] <https://edu.epito.bme.hu/local/coursepublicity/mod/resource/view.php?id=11567>

[2] <https://www.mapiq.com/resources/viewpoints/positioning-or-localization-in-the-smart-office/>