

Navigáció, navigációs rendszerek fejlődése

Rieger István

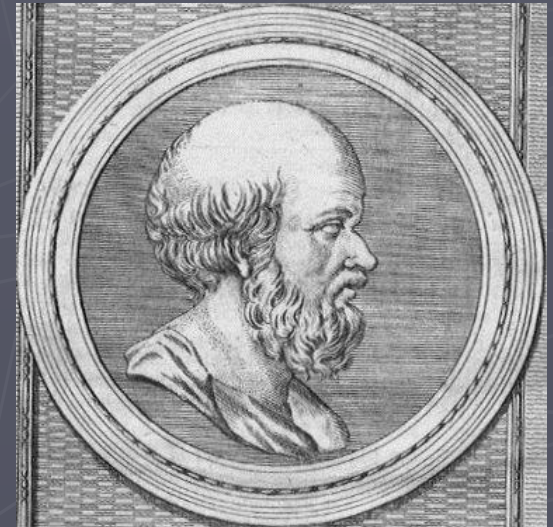
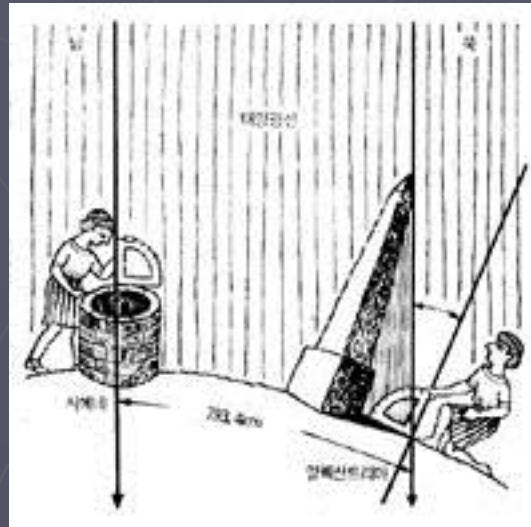
rieger@mht.bme.hu

2016. 04. 22



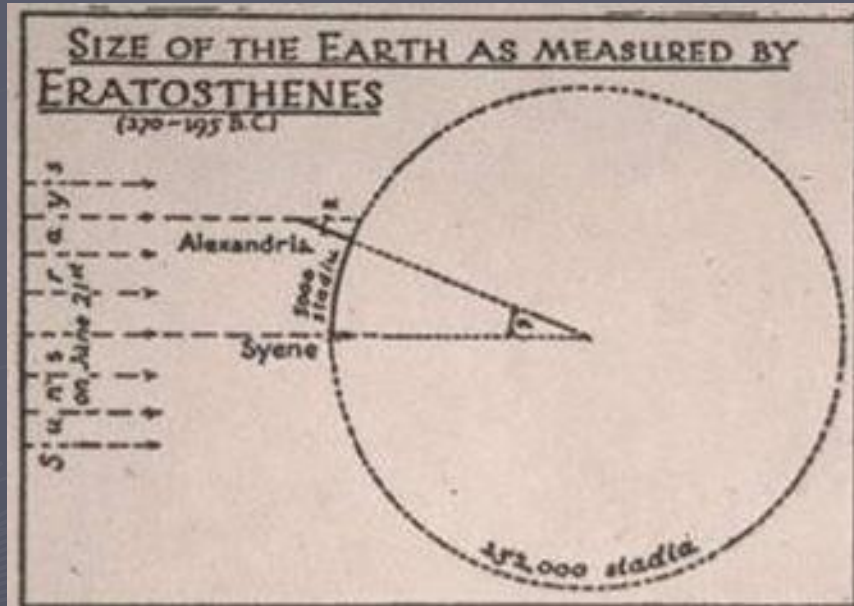
A földrajzi helyzet meghatározása régen

- ▶ Tereptárgyak (sziklák, magasabb fák, folyómedrek), égi objektumok (Nap, fényesebb csillagok), távolságot lépésben vagy az út megtételéhez szükséges idő becslésével
- ▶ Ősi civilizációkban fejlett csillagászati megfigyelések, bolygók mozgásának megfigyelése (Stonehenge, piramisok)
- ▶ ie. 200 körül Eratoszthenész a Föld kerületének becslése



A földrajzi helyzet meghatározása régen

- ▶ kb. i.e. 200 körül Eratoszthenész: 40 000 km
- ▶ i.sz. 150 Ptolemaiosz: 30 000 km



Sziéna és Alexandria
távolsága

Föld kerülete = $5000 \cdot 360 / 7.2 = 250000$
Ha 1 sztadion = 160m akkor a Föld kerülete
40 000 km-re adódik

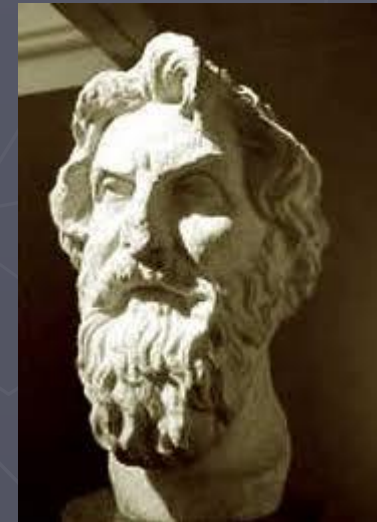
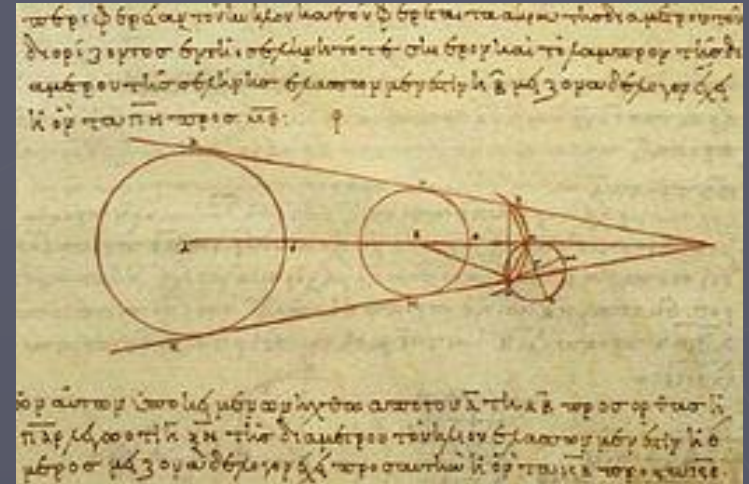
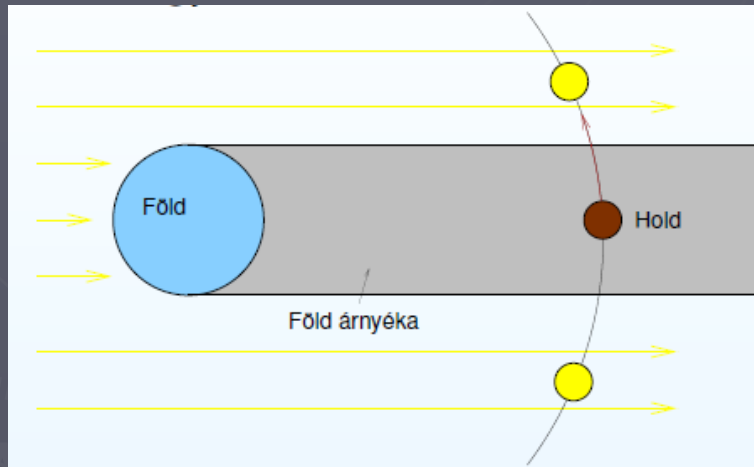
$$\frac{\text{Sziéna és Alexandria távolsága}}{\text{a Föld kerülete}} = \frac{\text{mért szög}}{360^\circ}$$

A földrajzi helyzet meghatározása régen

Arisztarkhosz (i.e. 310-230)

Hold-Föld távolság mérése

Holdfogyatkozás



Az árnyékról látható, hányszor nagyobb a Föld mint a Hold, a Föld mérete ismert, így a Holdé kiszámítható.

Azt viszont tudta, hogy kb. fél fokosnak látszik a Hold a Földről.

Méret+szögméret → távolság.

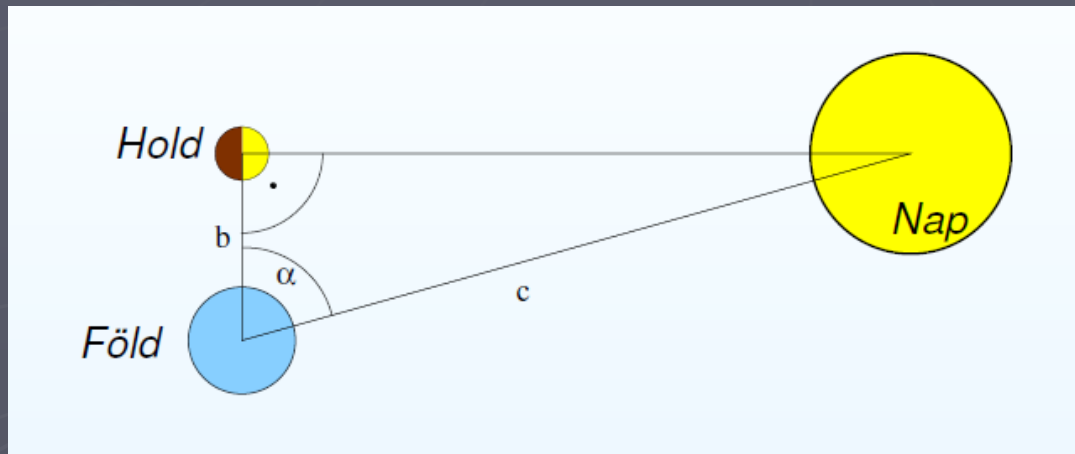
Érték: Föld-Hold távolság kb. 60 földugárnyi.

Szuper mérés! A pontos érték: 62 földugár.

A földrajzi helyzet meghatározása régen

Ötlet: félholdkor mérjük meg a Nap-Hold szögtávolságot (α)

Nap-Föld távolság: $c = b / \cos \alpha$



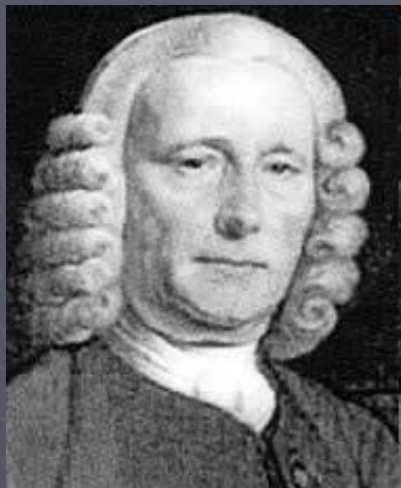
Sajnos kicsit félremért, így $c=20b$ -t kapott a helyes $c=400b$ helyett
De ebből is kiderült, hogy a Nap nagyobb, mint a Föld!

Következtetés: A Nap a középpont.

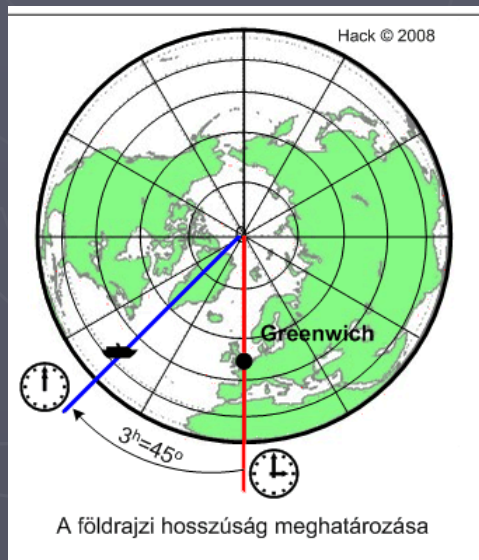
(Végső fejlemény: Istentagadó nézetei miatt számúzik...)

A földrajzi helyzet meghatározása régen

- ▶ A tengeri kereskedelmet, hajózást segítette a kínai eredetű mágneses iránytű európai elterjedése.
- ▶ 1707 okt. angol flotta balesete (4 hajó, 1647 ember), kronométer kifejlesztése,
- ▶ John Harrison,
- ▶ földrajzi hosszúság meghatározása: kronométer és a Nap delelési idejének meghatározásával illetve a Hajózási Almanach segítségével.
„A hosszúsági fok” című film (Longitude, 2000)



John Harrison
1693-1776



$$\lambda = t_h - t_0$$

$$t_h = 12^h - e$$



Harrison's Chronometer H5,
1772.

Pontosság=1/3 mp/nap

$$15^\circ = 1^h$$

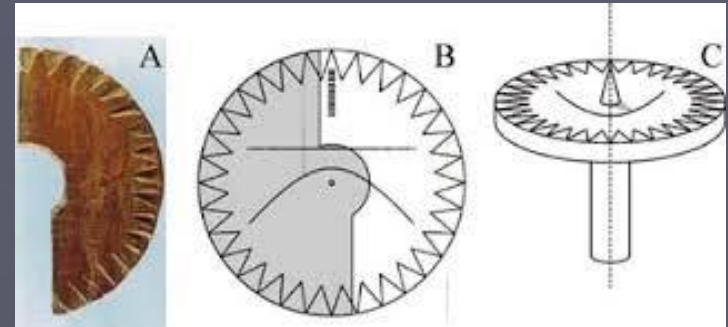
$$1^\circ = 4^m$$

$$1' = 4^s$$

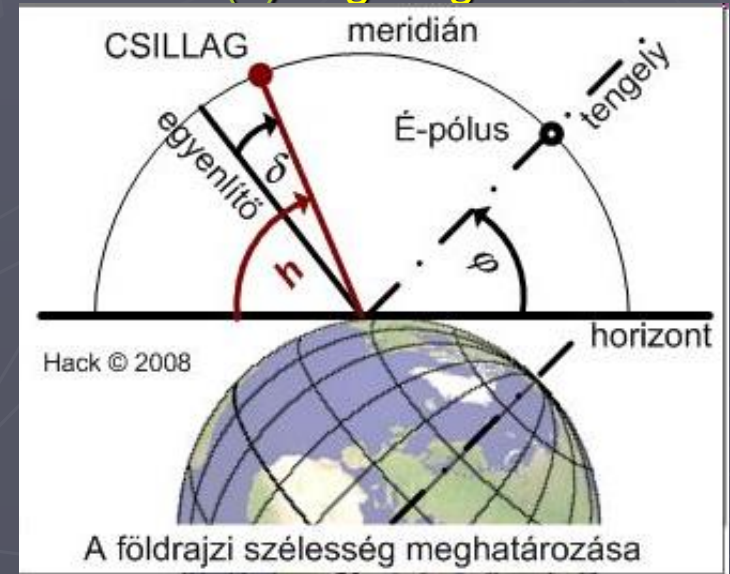
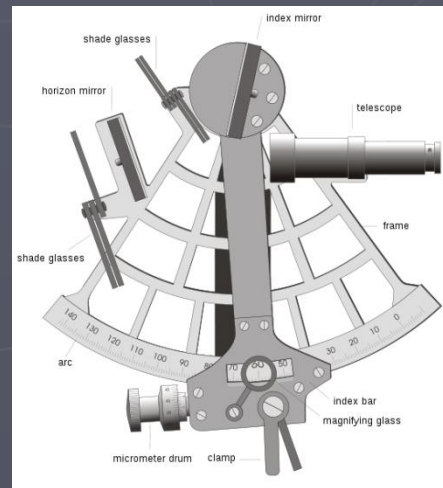
$$e = -14m... + 16m$$

A földrajzi helyzet meghatározása régen

- ▶ Viking napkő (izlandi földpát),
Speciális napóra, ~15-16. század



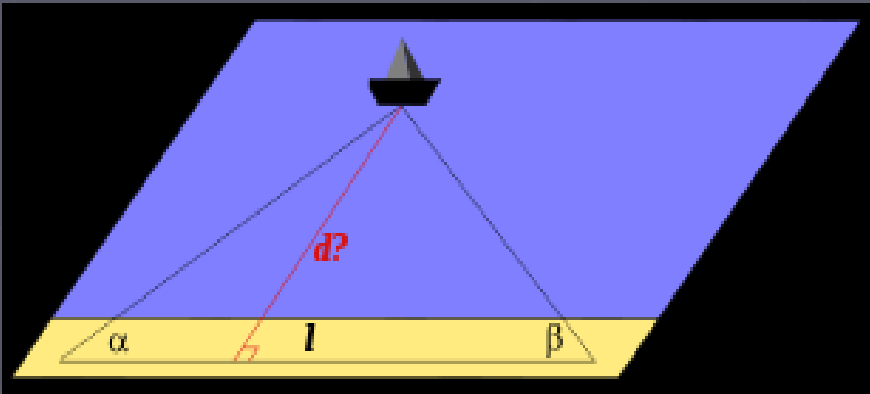
- ▶ Szextáns (oktant) felfedezése, 1730, John Hadley, Thomas Godfrey
a szélességet szextánssal, a Nap delelési idejének meghatározásával,
Sarkcsillag, Dél Keresztje illetve a Hajózási Almanach (δ) segítségével.



$$\varphi = 90 - h + \delta$$

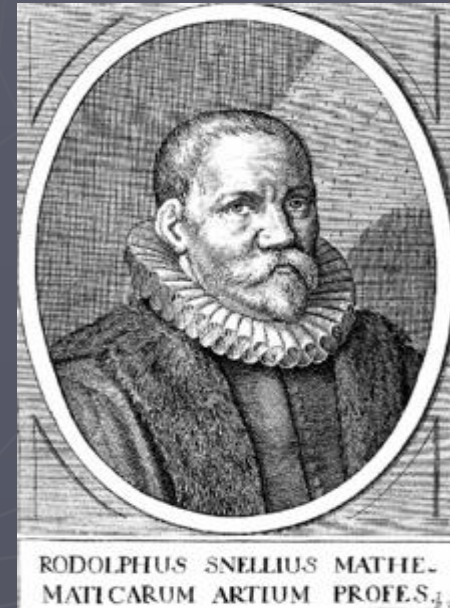
A földrajzi helyzet meghatározása régen

- ▶ A tengeri navigációval párhuzamosan a térképészet és geodézia is fejlődött. Térképek pontosságának növelése a földmérések pontosságának növelésével Rudolph Snellius (1546-1613) háromszögelés módszere,



$$l = \frac{d}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{d}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$d = l / \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right)$$

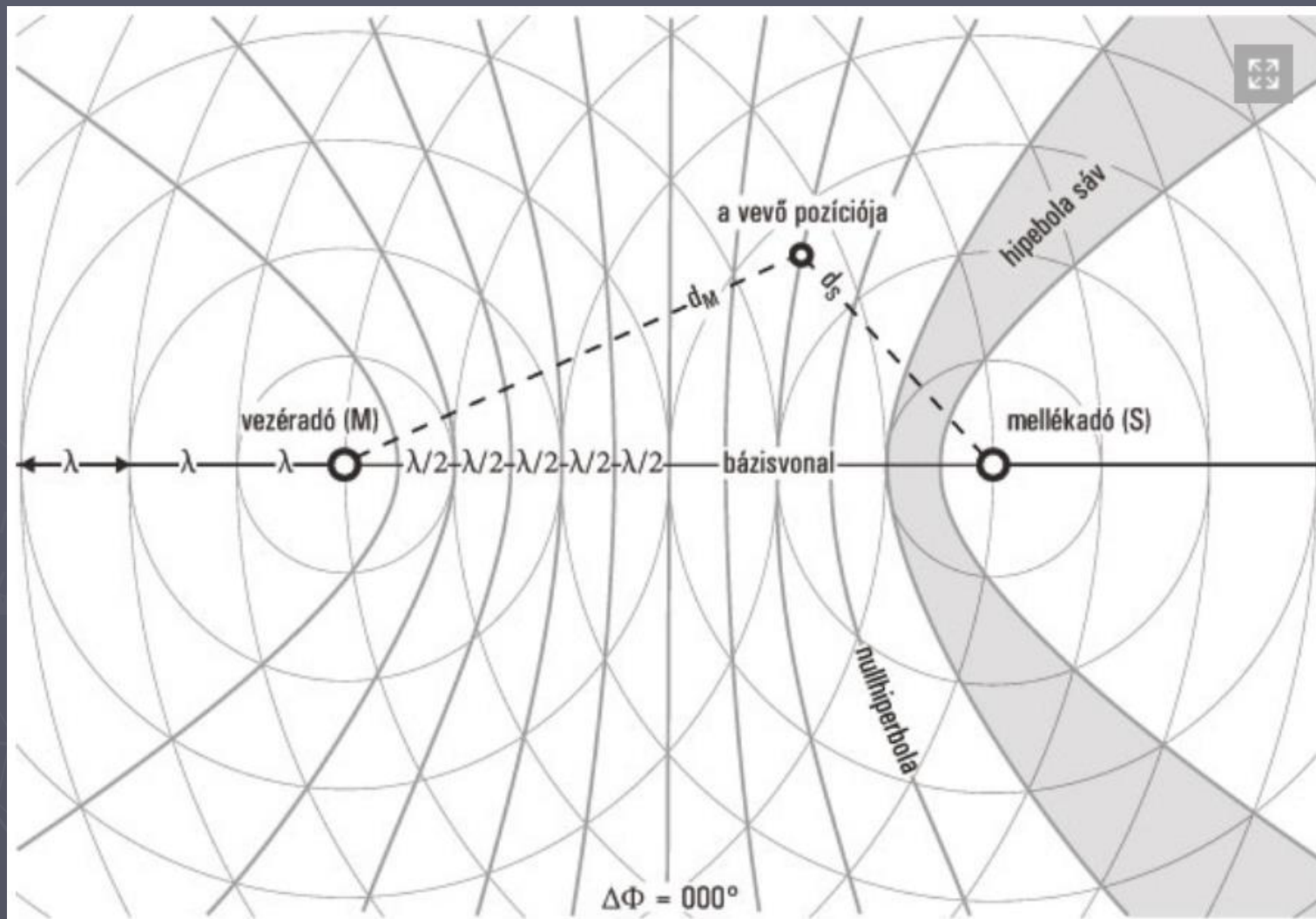


- ▶ Tengeri navigáció, továbbfejlesztett eszközökkel a 20. sz. elejéig
- ▶ Minőségi áttörést hoz a navigációban a **Rádiós iránymérés**,

Rádiós iránymérés, hiperbola navigáció

- ▶ Radar, 1930- II. világháború alatt
- ▶ Decca, Loran 1936-45
- ▶ Loran, 1943-
- ▶ Chayka, SSSR
- ▶ Omega, 1960-
- ▶ Alpha, SSSR
- ▶ Tranzit, Műholdas

Rádiós iránymérés, hiperbola navigáció



Rádiós iránymérés, hiperbola navigáció

- ▶ **LORAN (-C)** (LOng RANge Navigation)
- ▶ USA, (Angol GEE rendszer továbbfejlesztése)
- ▶ Tengeri és légi navigációra, 50-es évektől
 - 90-110 kHz, 100 kW-4 MW, 190-220m antenna torony
 - Pontosság: 180-500m
 - Atomóra, +/-100nsec az UTC-hez
 - eLoran (Enhanced), legújabb technológia, Cézium órák a GPS rendszerrel szinkron működtetve (8-20m pontosság)
 - Az eLoran a GPS kiegészítő (backup) rendszereként működtetik
- ▶ **Chayka**, orosz változat

Rádiós iránymérés, hiperbola navigáció

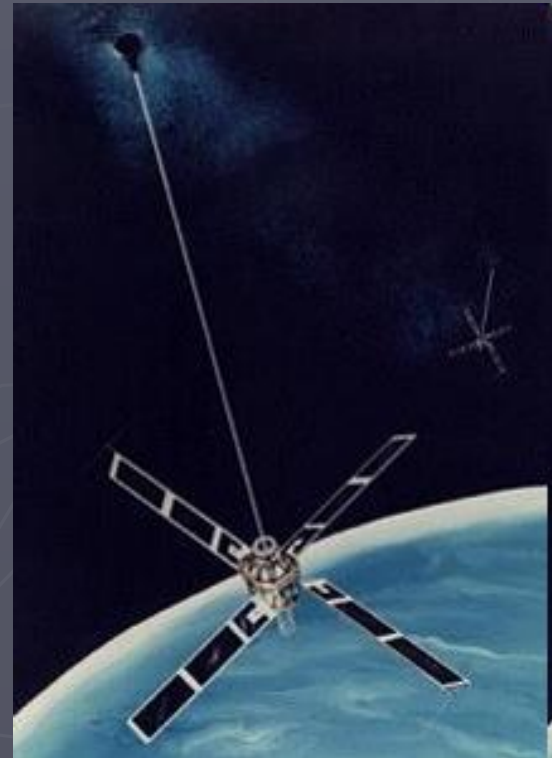
- ▶ **Omega, US Navy, haditengerészeti célokra, 1968-1997**
 - 10-14 kHz, négy hangú minták, 10sec ismétlődés
 - 3 állomás jelével a pontosság ~7,5 km
 - Lefedettség ~10000 km
 - Néhány állomást ma tengeralattjáró kommunikációra...
 - Esernyő antenna

- ▶ **Alpha, SSSR, 2006-ban még működött**

A GPS előzményei

▶ TRANSIT (NAVSAT) Rendszer (US Navy)

- Hiperbola navigáció
- Fejlesztés kezdete: 1958
- Üzemeltetés: 1964-1996



Rádiós iránymérés, hiperbola navigáció



Omega Tower Paynesville, Liberia
Magassága: 417 m
Koordinátái: $6^{\circ}18'20''\text{N}$ $10^{\circ}39'44''\text{W}$



Shipborne Radio Navigation Receiver-Indicator developed by us for the U. S. Navy Department, Bureau of Ships.

Electronic phase comparator

Rádiós iránymérés, hiperbola navigáció



Cesium atomic clocks



LORAN transmitter bank

Közel navigációs rendszerek

- ▶ **VOR/DME** (VHF Omni Range/ Distance Measurement)
- ▶ ICAO által ajánlott rendszer polgári repülőgépek számára

- ▶ **TACAN** (Tactical Air Navigation)
- ▶ NATO-ban rendszeresített de a polgári repülésben is használt

- ▶ **RSZBN-2**
- ▶ Orosz belföldi légi forgalomban



VOR/DME adó

Közel navigációs rendszerek

Összehasonlító táblázat

Paraméter	VOR-DME	TACAN	RSZBN-2
Szögcsatorna			
– hatótávolság (km)	370	370	370
– frekvenciasáv (MHz)	108-118	960-1215	1000
– mérési pontosság (fok)	±4	±2	±0,25
Távolsági csatorna			
– hatótávolság (km)	370	370	370
– frekvenciasáv (MHz)	960-1215	960-1215	1000
– mérési pontosság (m)	±900	±900	±200
– egyidejű mérés (rg)	100	100	100
– hatótávolság (km)	370	370	370

Leszállító rádió navigációs rendszerek

- ▶ 1. Álló sugárnyalábú,
 - **ILS** (Instrumental Landing System)
 - **SZP-50M** (Szisztjema Poszadki)

- ▶ 2. Mozgó sugárnyalábú
 - **MLS** (Microwave Landing System) 5 illetve 15 GHz-es

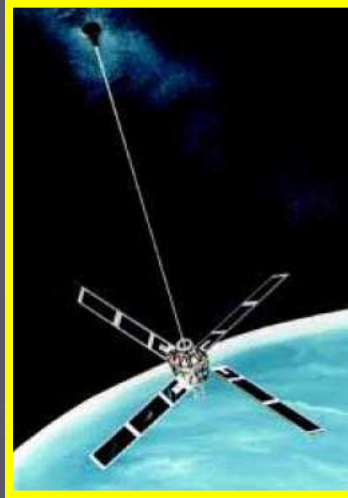
- ▶ 3. Aktív, szekunder rádió-lokációs elven működő rendszerek (fedélzeti kérdező adó-vevő földi iránymérők és válasz-adó)
 - **DLS** (DME Landing System) rendszer

Műholdas navigációs rendszerek



NAVSTAR GPS

1978-2004, 31 műhold, CDMA
20180km, 11h58m, Inc.: 55°, 6 pályasík



Transit
US Navy, 1958



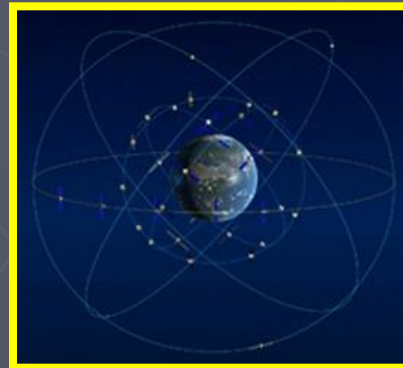
Glonass

1976-2010, 24 műhold (most 18db), FDMA
19130km, 11h15m, Inc.: 64.8°,
3 pályasík



Galileo

30 műhold, 3 pálya sík, CDMA, 23222km, Inc.:56°
Legalább 4 (6, 8) látható, pontosság: néhány cm
90 % rendelkezésre állás, még a poláris részeken is.



Beidou-1,-2

1983-2020, 35 műhold,
5 GEO, 3 IGSO, 27 MEO
21000km, 12h, 55°

A GPS rendszer

Mi a GPS?

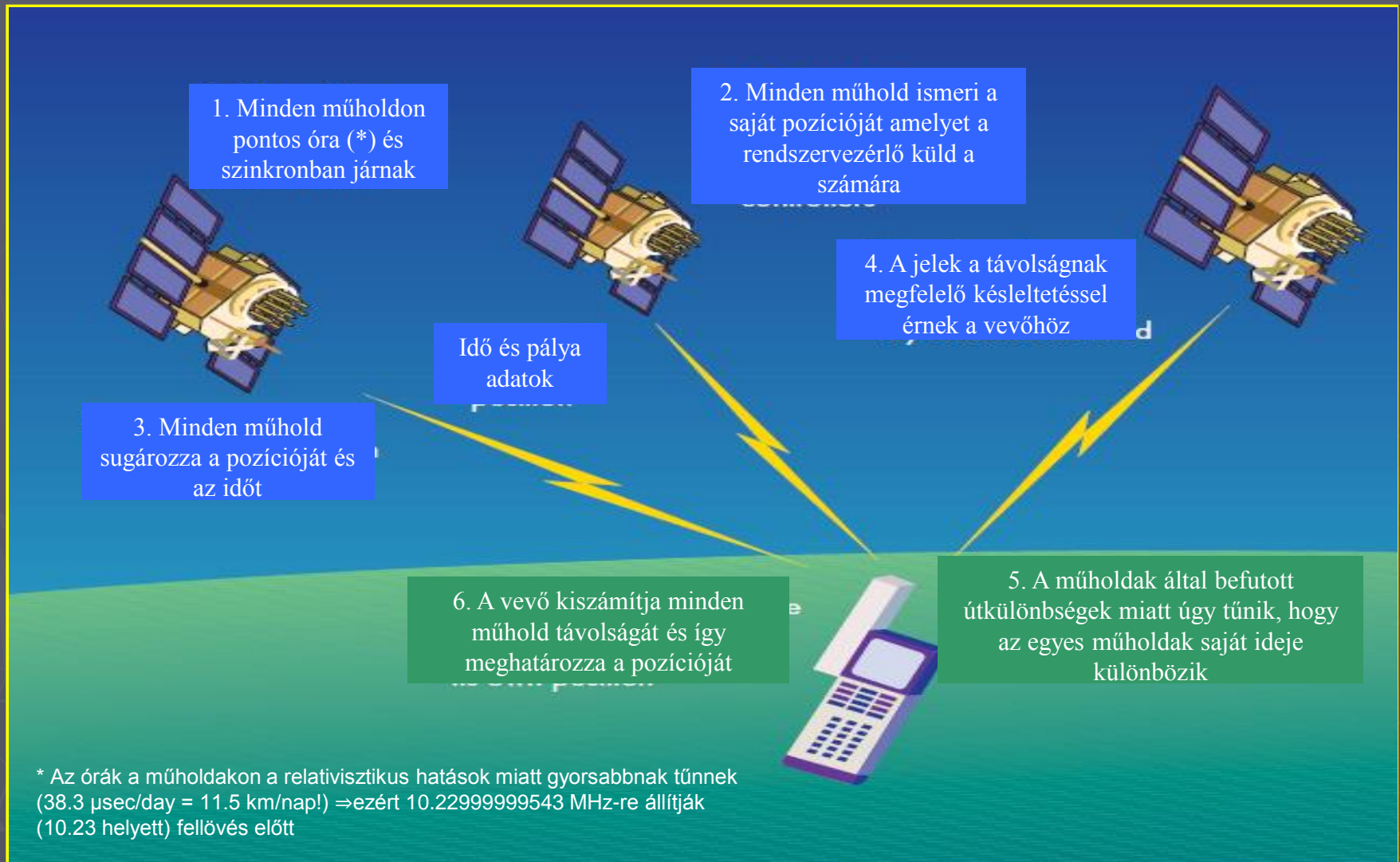
- a Föld bármely pontján, a nap 24 órájában működő

műholdas helymeghatározó rendszer

- ▶ A GPS (Global Positioning System) USA DoD (Departement of Defence)
 - elsődlegesen katonai célokra kifejlesztett és üzemeltetett
 - 1974 NAVSTAR, 1978-1980 6 műhold, teljes kiépítettség 1994
 - 1979 első kísérleti GPS vevő
 - 1985 első sorozatgyártott polgári célú vevő (Trimble TI 4000)
- ▶ A rendszer előnye, hogy független:
 - időjárástól
 - napszaktól
 - légköri viszonyoktól
 - földfelszín feletti magasságtól
 - mozgási sebességtől (vadászgép, műhold)



A GPS rendszer

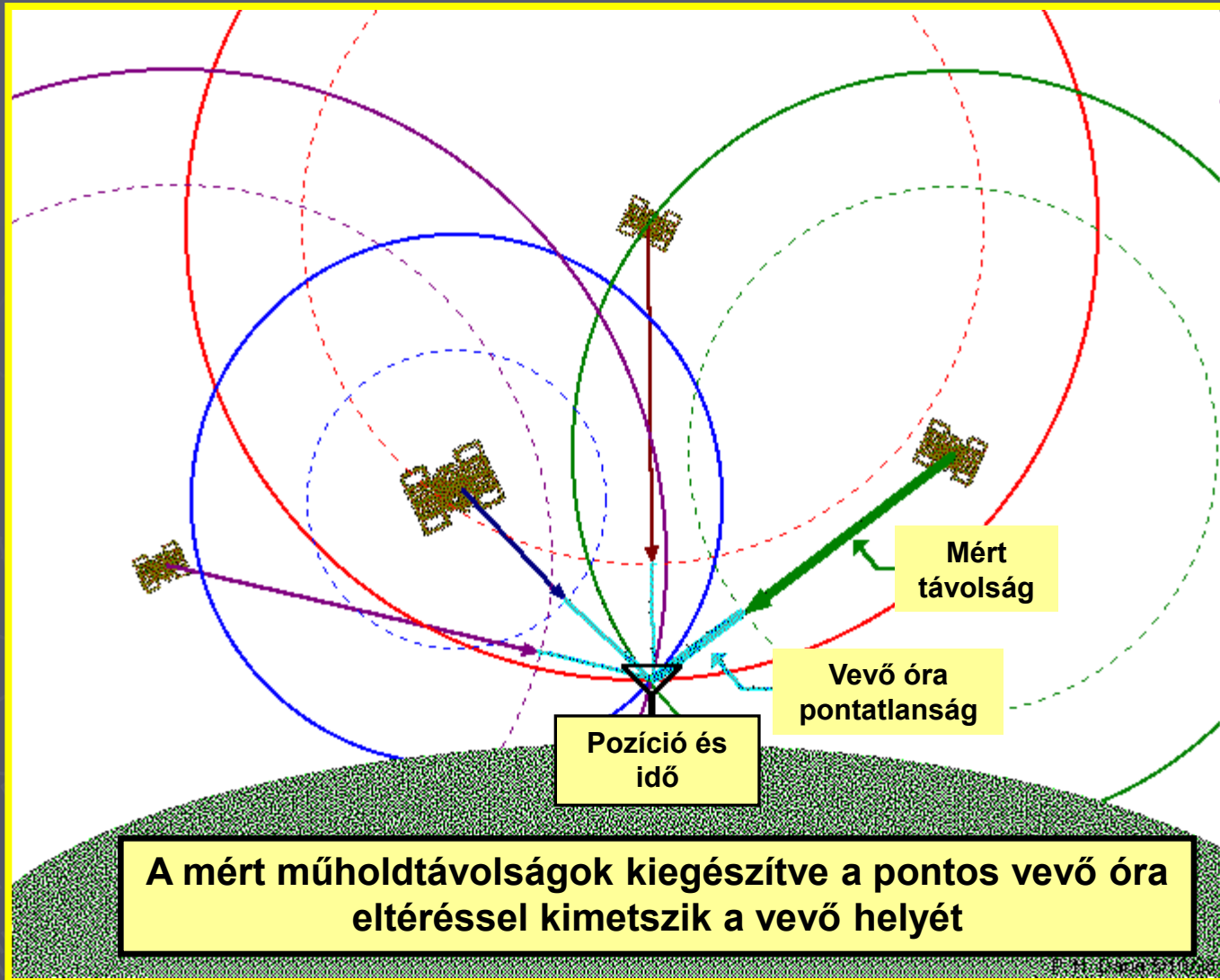


A GPS rendszer

A rendszer legfontosabb jellemzői

- ▶ A GPS rendszerben ismert helyzetű Föld körüli pályákon keringő műholdak jeleket sugároznak a Föld felszíne felé. A földi vevőkészülék ezeknek a jeleknek a mérési adataiból, illetve az általuk szállított információk feldolgozásából meghatározza a saját helyzetét. A rendszer tehát aktív műholdakkal és passzív földi vevőkészülékkel működik.
- ▶ A GPS rendszer működéséhez feltétlenül szükséges az, hogy a vevőkészülék antennája és a műholdak között ne legyen akadály, ez azt jelenti, hogy beltéri helymeghatározásra a GPS rendszer nem alkalmas.
- ▶ A GPS rendszer működésének alapfeltétele az időmérés pontossága. Minden műholdon igen pontos cézium és rubídium atomórák találhatók, melyek abszolút pontossága eléri a 10^{-13} – 10^{-14} értéket. Ez azt jelenti, hogy egy ilyen pontosságú óra kb. 300 000-3 000 000 év alatt késik vagy siet egyetlen másodpercet.

A GPS rendszer mérési elve



A GPS rendszer mérési elve

Tételezzük fel, hogy:

- ▶ Műhold (S) helyzete ismert,
- ▶ Vevő (R) helyzete ismeretlen,
- ▶ Mindkettő órája tökéletesen szinkronizált és pontos,
- ▶ A műhold t_0 időpontban kibocsájt egy kódolt jelet amely Δt idő alatt ér a vevőhöz

A műhold-vevő távolság:

$$\rho = c * \Delta t$$

A GPS rendszer mérési elve

Három műholddal kvázi, négyvel pontosan meghatározható a vevő helyzete, vektorosan:

$$\rho = \|\rho_S - \rho_R\|$$

ahol: ρ a két pont közötti geometriai távolság
 ρ_R a vevő ismeretlen helyvektora (X_R, Y_R, Z_R),
 ρ_S a műhold ismert helyvektora (X_S, Y_S, Z_S)

Három távolság, három ismeretlen, három egyenlet.

Mivel a vevőkben nem pontos óra van amelynek δ hibája van.

Így a mérésnek $c\delta = \Delta\rho$ hibája lesz.

A mért távolságot pszeudótávolságnak (R) nevezzük.

$$R = \rho + \Delta\rho$$

A GPS rendszer mérési elve

A vevő órahibájával gyakorlatilag mindig számolni kell, ezért a vevő három ismeretlen térbeli koordinátája mellett van egy negyedik meghatározandó paraméter is (δ).

$$R_i = \sqrt{(X - X_i)^2 + (Y - Y_i)^2 + (Z - Z_i)^2} + c\delta$$

Ahol $i=1,2,3,4\dots x$ (ahány műholdat vesz a vevő)

$c = 299\,792\,458$ m/s

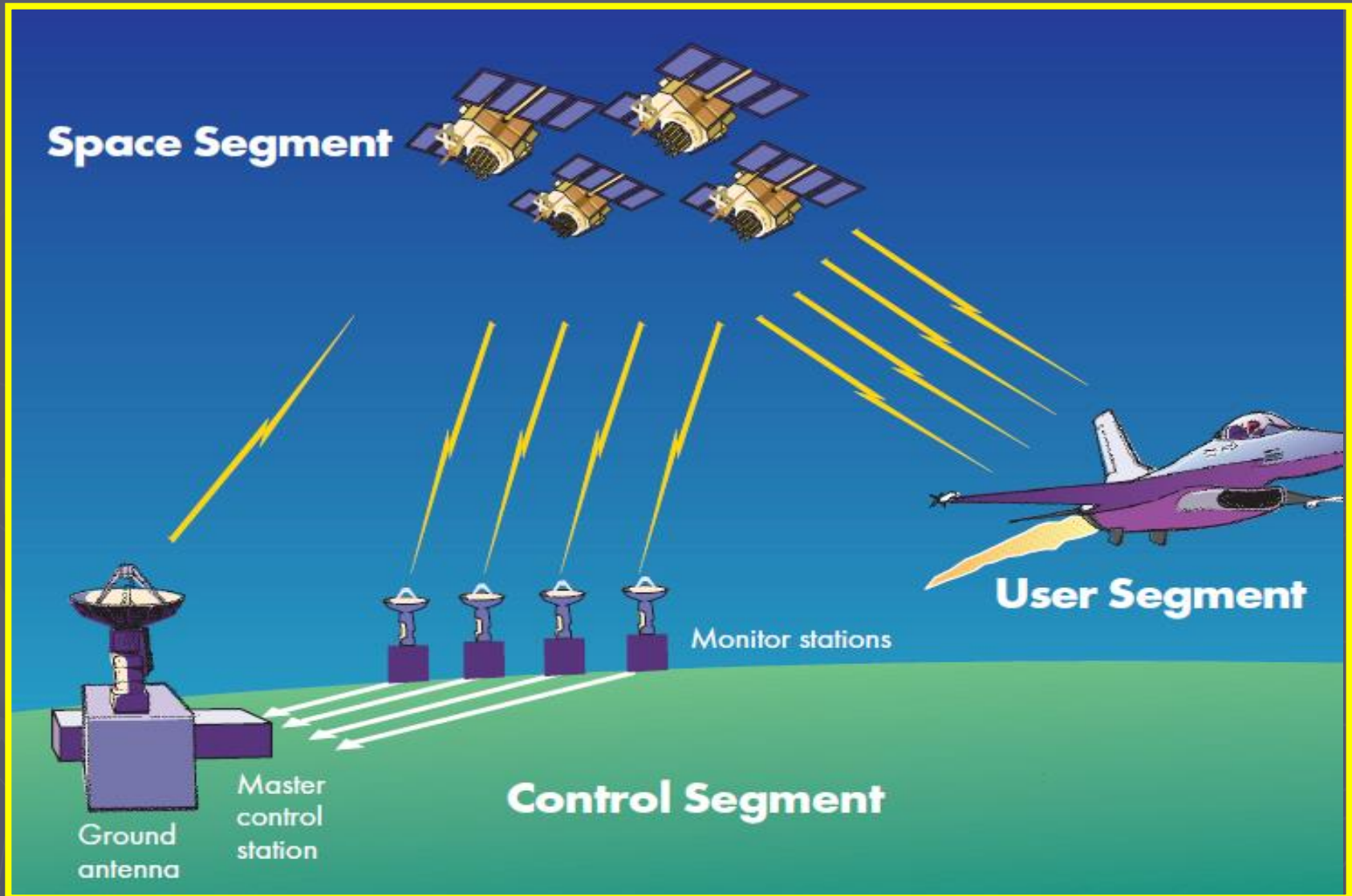
A négy egyenlet négy ismeretlent tartalmaz: a vevőantenna X , Y , Z koordinátáit és a δ vevő órahibát.

Ez egy nemlineáris egyenletrendszer amelyet linearizálni kell majd iterációval lehet megoldani. Az iterációt addig kell folytatni amíg a koordináta-változások egy kívánt érték (pl. 1cm) alatt maradnak.

A GPS rendszer mérési elve

- ▶ Négynél több mesterséges hold követése esetén túlhatározott egyenletrendszert kell megoldani a legkisebb négyzetek módszere szerint.
- ▶ Magát az eljárást a GPS-szel történő abszolút helymeghatározás modelljének nevezzük.
- ▶ A fenti számítás algoritmus a vevő-berendezések számítógységébe be van programozva, rendszerint másodpercenkénti kiértékeléssel kapunk egy új eredményt. Az X , Y , Z koordinátákból transzformált φ , λ , h földrajzi koordináták a kijelzőn folyamatosan követhetők.

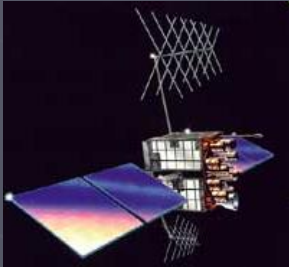
A GPS rendszer felépítése



Az űrszegmens



GPS-Block IIA Satellite



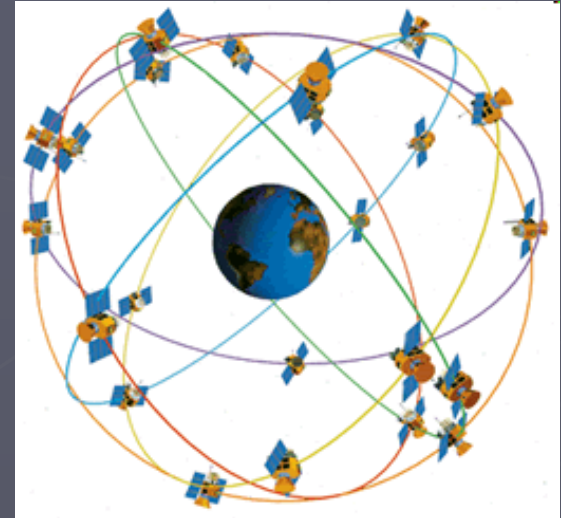
GPS-Block IIR and IIR-M Satellite



GPS-Block IIF Satellite



Delta rocket



Small atomic clock
 ± 1 second in 1 million years

Az űrszegmens

- ▶ A 24 aktív, 7 tartalék műhold
 - I, II, IIA Rockwell International, IIR Lockheed Martin, IIF Boeing
- ▶ ~20.200 km magasságban keringenek körpályán
- ▶ 6 pályasík, 4 műhold/pályasík
 - Mindig látható legalább 4 műhold az idő 99.99%-ban
- ▶ 55° inklináció az egyenlítő síkjához viszonyítva
- ▶ A pályasíkok 30°-onként az egyenlítő mentén
- ▶ 11 óra 58 perc keringési idő
- ▶ Kezdeti működési kapacitás: 1993. dec. 8
- ▶ Teljes működési kapacitás: 1995. ápr. 27
- ▶ Generációk (4): Block(-I), -II, -IIA, -IIR, -IIF, (-III)
- ▶ 1.6 -1.8 -2 tonna súlyú
- ▶ a napelemek mérete ~18 méter
- ▶ a teljesítményfelvétel 0.7-1.1-2.4 kW
- ▶ a műhold tervezett élettartama 7.5-10-15 év

Az űrszegmens

Műhold típusa	Block I	Block II	Block IIA	Block IIR(M)	Block IIF
fellövési periódus	1978-1985	1989-1990	1990- 1997	1997- 2006	2005-2010
darabszám	11	9	19	(8: 2004) 21	33
tervezett élettartam	4,5 év	7,3 év	7,3 év	7,8 év	11 év
súly	845 kg	1660 kg	1816 kg	2032 kg	
atomóra típusa	cézium	2 cézium + 2 rubídium	2 cézium + 2 rubídium	3 rubídium	Hidrogén mézer
költség		50 millió \$	25 millió \$	25 millió \$	
újdonság	hozzáférés mindenkinek	szelektív hozzáférés (SA és AS)	holdak közti adatátvitel	műhold- műhold távmé- rés, M kód	L5 új frek- vencia

Az űrszegmens

Plane	Slot	SVN	PRN	Block-Type	Clock
A	1	65	24	IIF	CS
A	2	52	31	IIR-M	RB
A	3	64	30	IIF	RB
A	4	48	7	IIR-M	RB
B	1	56	16	IIR	RB
B	2	62	25	IIF	RB
B	3	44	28	IIR	RB
B	4	58	12	IIR-M	RB
B	5	71	26	IIF	RB
B	6	51	20	IIR	RB
C	1	57	29	IIR-M	RB
C	2	66	27	IIF	RB
C	3	72	8	IIF	CS
C	4	53	17	IIR-M	RB
C	5	59	19	IIR	RB

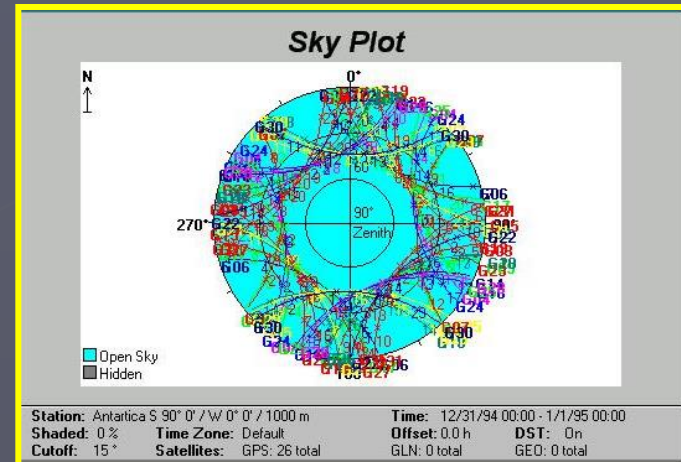
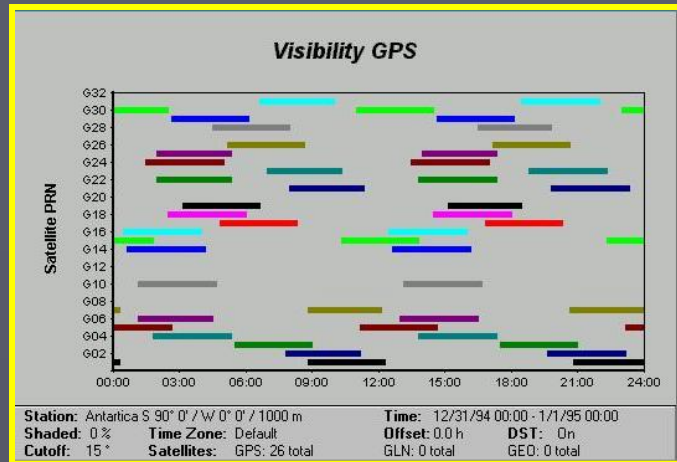
Plane	Slot	SVN	PRN	Block-Type	Clock
D	1	61	2	IIR	RB
D	2	63	1	IIF	RB
D	3	45	21	IIR	RB
D	4	67	6	IIF	RB
D	5	46	11	IIR	RB
E	1	69	3	IIF	RB
E	2	47	22	IIR	RB
E	3	50	5	IIR-M	RB
E	4	54	18	IIR	RB
E	6	73	10	IIF	RB
F	1	41	14	IIR	RB
F	2	55	15	IIR-M	RB
F	3	68	9	IIF	RB
F	4	60	23	IIR	RB
F	5	70	32	IIF	RB
F	6	43	13	IIR	RB

A 31 dbGPS hold elhelyezkedése 2016. 04. 22

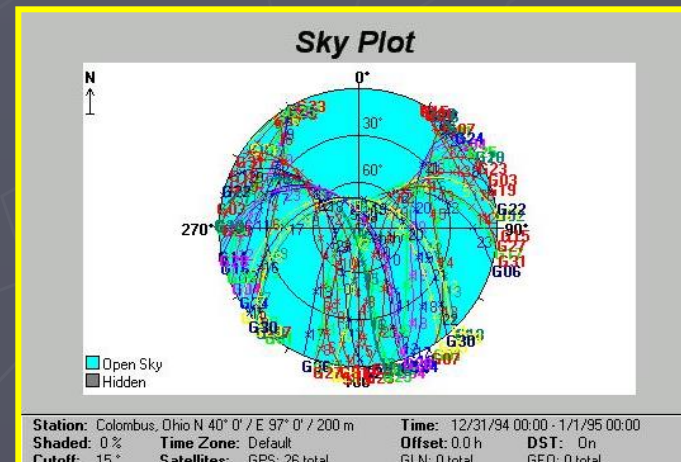
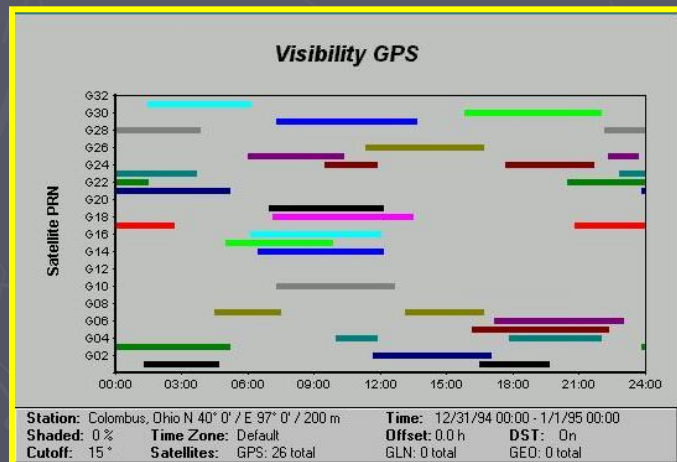
Az úrszegmens

GPS 2R-3		
Satellite		
Int'l Designation	1999 055A	Active
Owner / Sponsor	USAF	
Mission	Navigation	
Satellite bus	NAVSTAR GPS / Block IIR	
Launch Mass	2032 kg (4478 lbm)	
Dimensions, stowed	152 x 193 x 191 cm (5 x 6.33 x 6.25 ft)	
Mission Orbit	MEO / 20 200 km (10 900 nmi)	55°
Transponders	2 L-band (L1=1572.42MHz, L2=1227.6MHz) 1 S-band (2227.5 MHz)	
Design Life	10 years	
Power (EOL)	1.136 kW	
Other names	SVN 46	
Launch		
Launch Vehicle Model	Delta II 7925-9.5	
Date / Time (UTC)	1999 Oct 07	12:51:01
Financial		
Satellite cost	US\$ 42 million	
Web Links		

Az űrszegmens

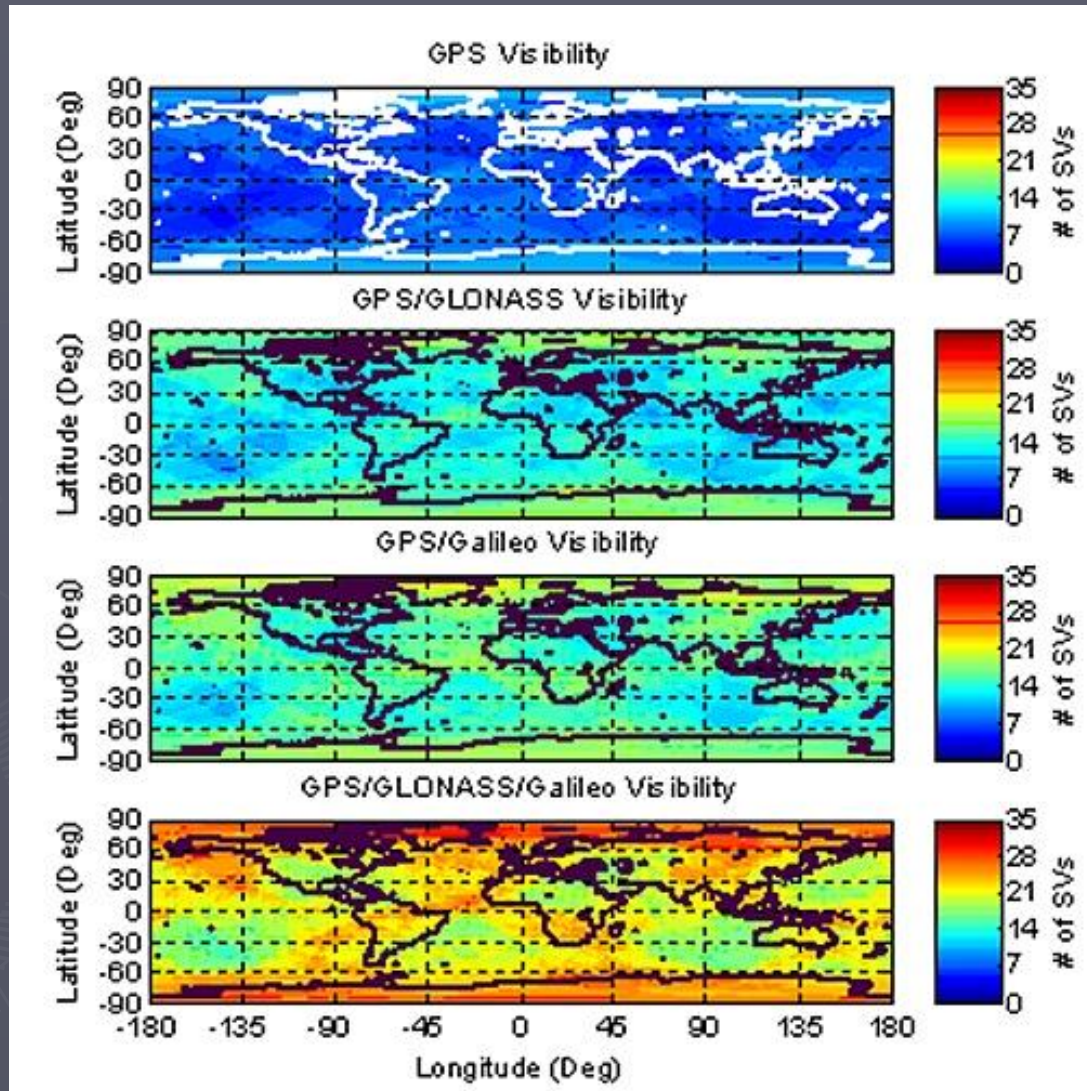


Lefedettség az Antarktiszon (1994)



Lefedettség az USA középső részén (1994)

Az űrszegmens



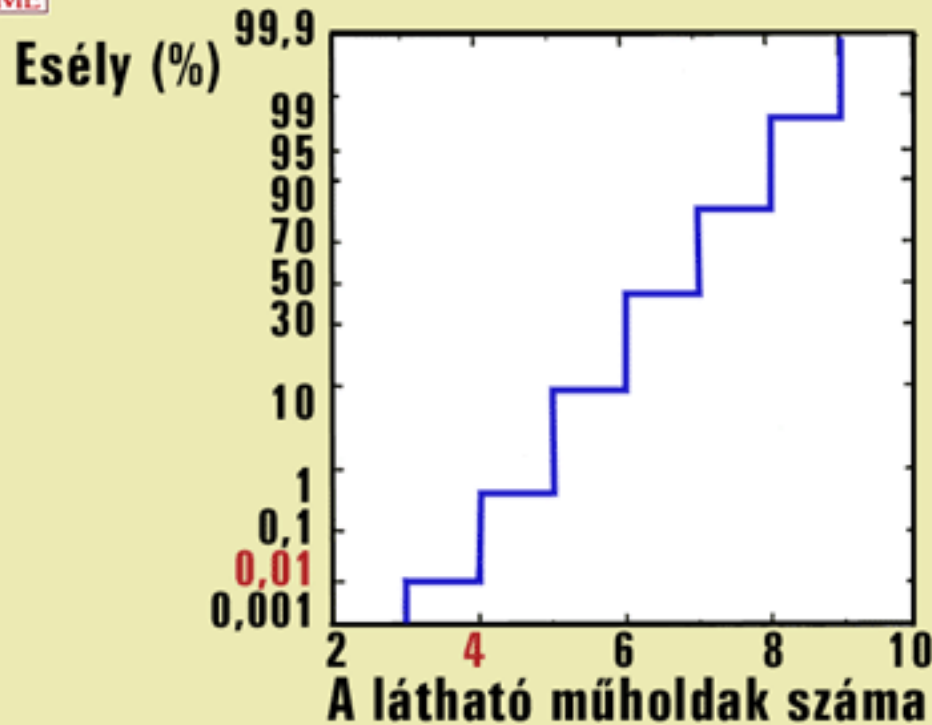
Chris RIZOS, Matthew B. HIGGINS and S. HEWITSON

Tipikus 24 órás lefedettség napjainkban

Az úrszegmens



A felhasználó által látott műholdak számának valószínűségi eloszlásfüggvénye

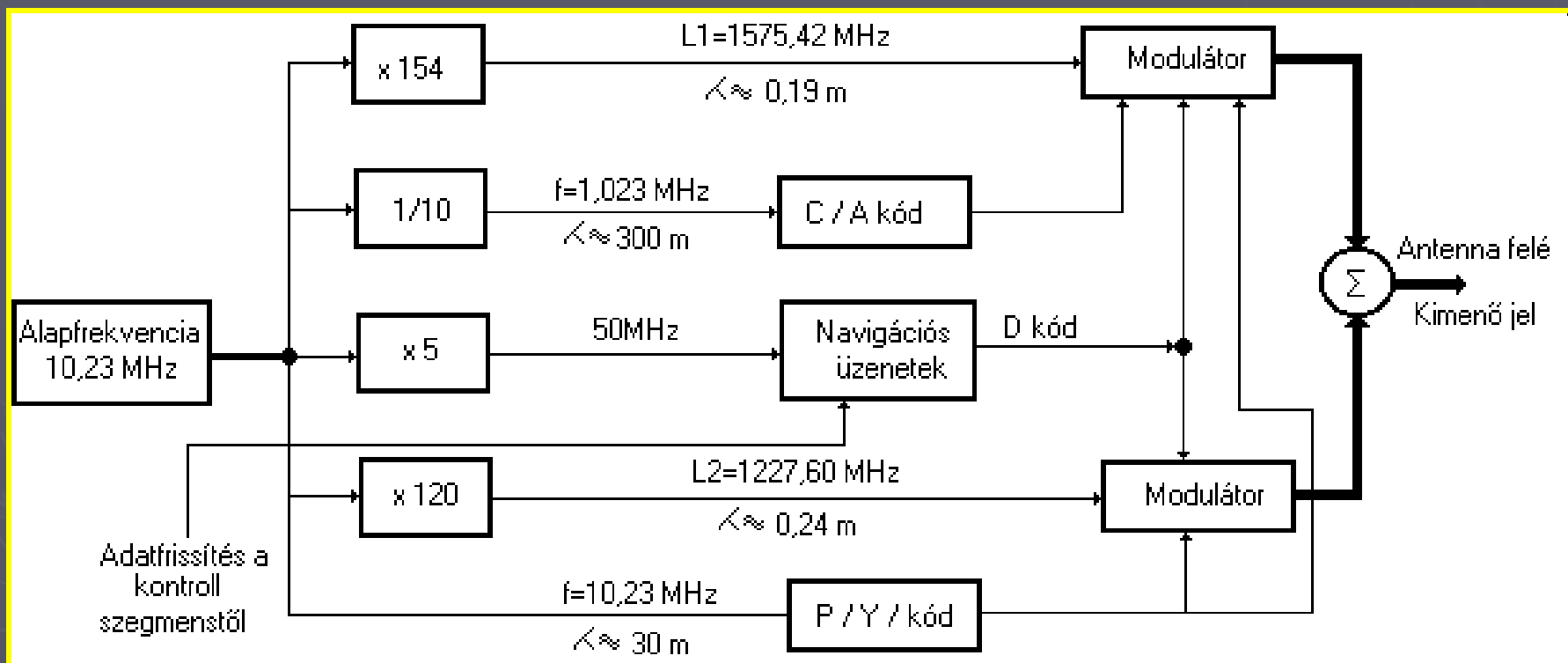


Az űrszegmens

A GPS műhold főbb fedélzeti elemei

- ▶ A pontos időt előállító atomi órák,
- ▶ A kódgenerátorok és modulátorok
- ▶ Az adóberendezések és a hozzájuk tartozó antennák
- ▶ Tápegységek és napelemek,
- ▶ Navigációs egység és fedélzeti számítógép,
- ▶ Helyzetstabilizáló elemek,
- ▶ Műholdközi kommunikációs egységek,
- ▶ Földi kommunikációs egységek.

Az űrszegmens



A GPS műhold jelei

Az űrszegmens

L1 CARRIER 1575.42 MHz



C/A CODE 1.023MHz



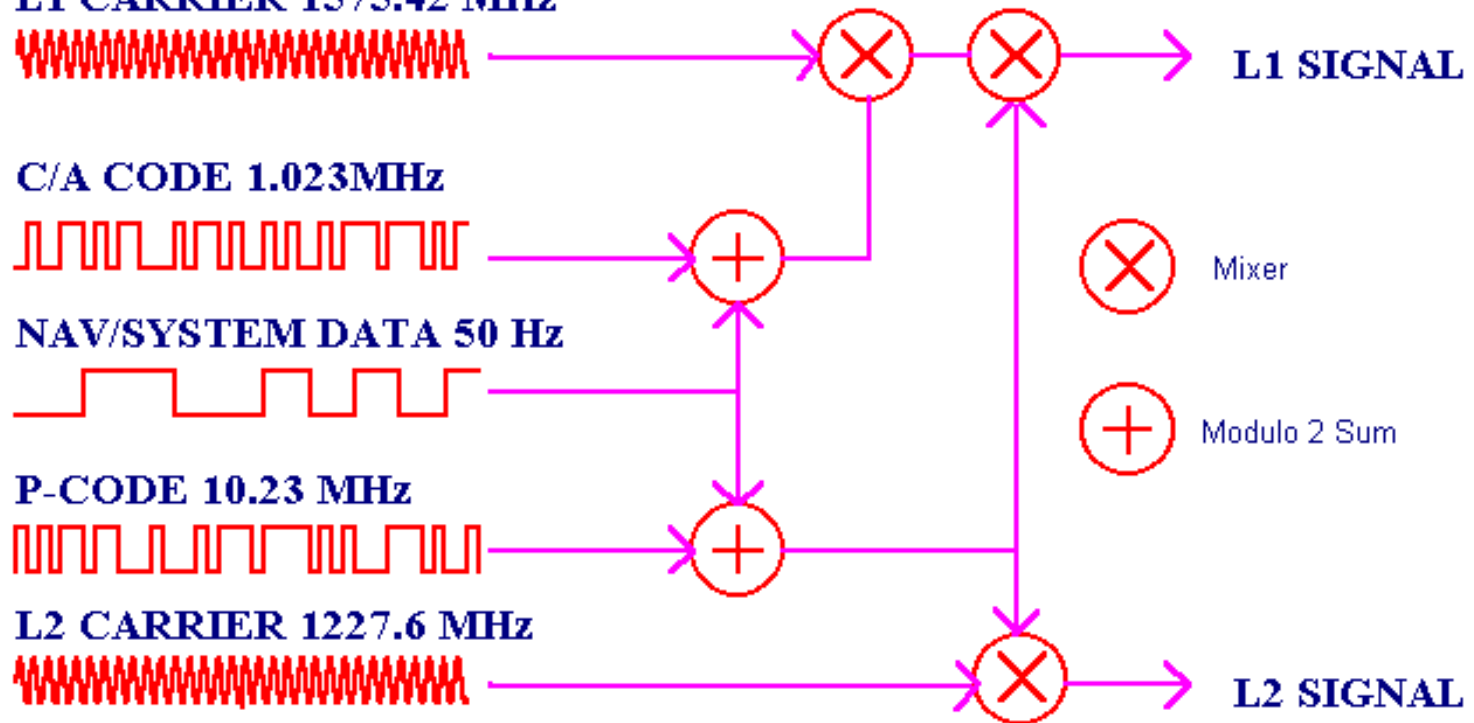
NAV/SYSTEM DATA 50 Hz



P-CODE 10.23 MHz



L2 CARRIER 1227.6 MHz



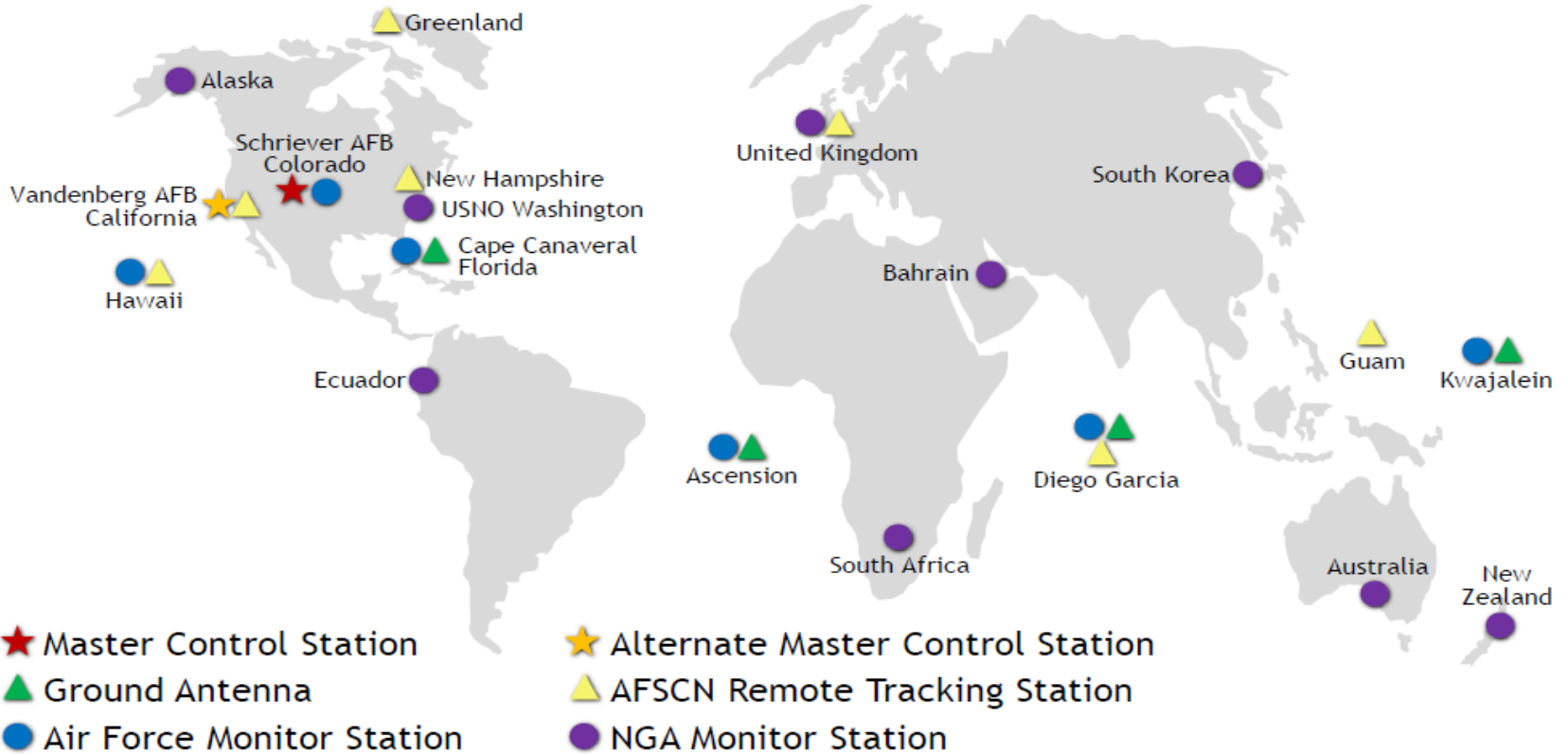
A GPS műholdak jelei

$$L1(t) = a_1 \times P(t) \times D(t) \times \cos(\omega_1 \times t) + a_1 \times C/A(t) \times D(t) \times \sin(\omega_1 \times t)$$

$$L2(t) = a_2 \times P(t) \times D(t) \times \cos(\omega_2 \times t)$$

A kontroll szegmens

GPS Control Segment



Master Control Station: Schriever Air Force Base
The "50th Space Wing's 2nd Space Operations Squadron,"
NGA (National Geospatial-Intelligence Agency)

Minden GPS műholdat egyidejűleg legalább két kontroll állomás tud követni

A felhasználói szegmens

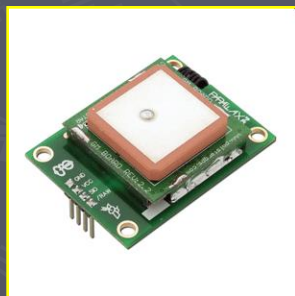
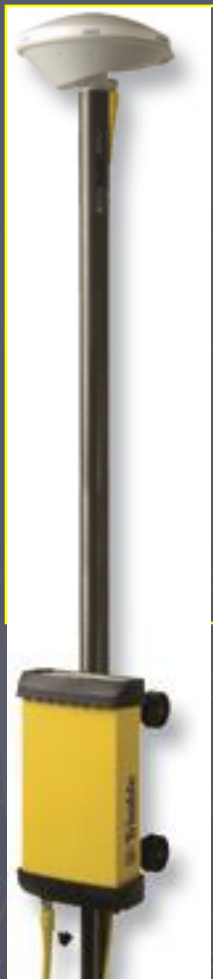
GPS felhasználási területek:

- ▶ **Geodéziai felmérések, térképészet, földön, vízen, levegőben.**
Nagy pontosság mind stacionárius mind mozgó módban.
- ▶ **Geofizikai és erőforrás kutatás, GIS**
(Geológiai Információs Rendszerek)
- ▶ **Navigáció, útvonaltervezés, precíziós navigáció, szállítmány követés, flotta irányítás.**
- ▶ **Keresés és mentési műveletek.**
- ▶ **Űrhajózás.**
- ▶ **Katonai alkalmazások.**
- ▶ **Polgári/szabadidő felhasználások, turizmus, Geo caching, stb.**
- ▶ **Speciális alkalmazások, pontos idő, frekvencia etalon stb.**

A felhasználói szegmens



A felhasználói szegmens



A felhasználói szegmens

▶ Vevő funkciói:

▶ A látható műholdak megtalálása

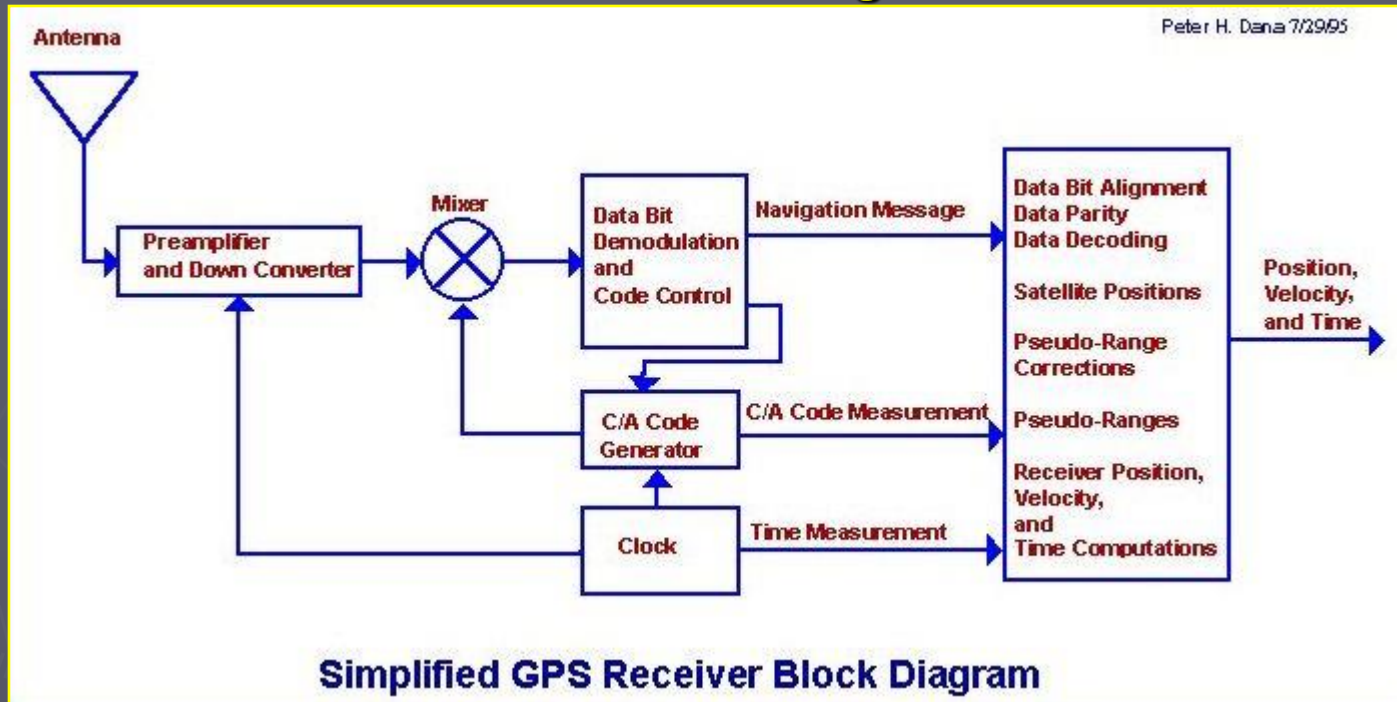
▶ Minden látható műholdra

- ▶ Megtalálni a durva kód fázist és a vivő frekvenciát
- ▶ Az időben változó kód fázisát és frekvenciát követni
- ▶ A navigációs adatok gyűjtése és dekódolása

▶ A vevő pozíciójának meghatározása

- ▶ A műholdak pozícióinak számítása
- ▶ Minden műhold pszeudo távolságának számítása
- ▶ A vevő helyzetének meghatározása

A felhasználói szegmens



\$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,230394,003.1,W*6A

Where:

RMC
123519
A
4807.038,N
01131.000,E
022.4
084.4
230394
003.1,W

*6A The

Recommended Minimum sentence C
Fix taken at 12:35:19 UTC
Status A=active or V=Void.
Latitude 48 deg 07.038' N
Longitude 11 deg 31.000' E
Speed over the ground in knots
Track angle in degrees True
Date - 23rd of March 1994
Magnetic Variation

checksum data, always begins with *

A felhasználói szegmens

	Abszolút vagy relatív	Valós idejű vagy utófeldolgozásos	Kódmérés vagy fázismérés	Pontossági kategória
Navigációs	abszolút	real-time	kódmérés	tíz méteres
DGPS	relatív (differenciális)	real-time	kódmérés	méteres
Statikus	relatív	utófeldolgozás	fázismérés	mm-cm
Kinematikus	relatív	utófeldolgozás	fázismérés	centiméteres
RTK	relatív	real-time	fázismérés	centiméteres

A gyakori mérési és feldolgozási módszerek áttekintése fejlődési sorrendben

A GPS rendszer hibaforrásai

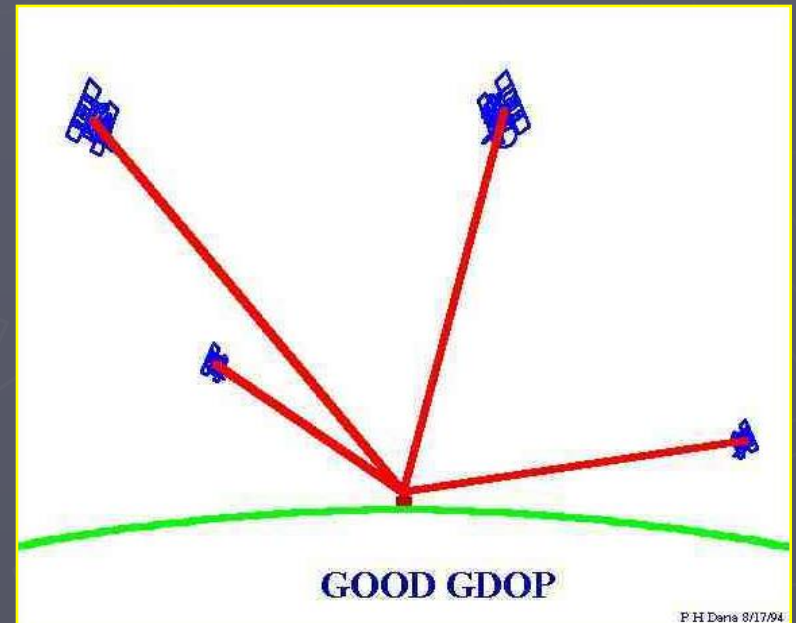
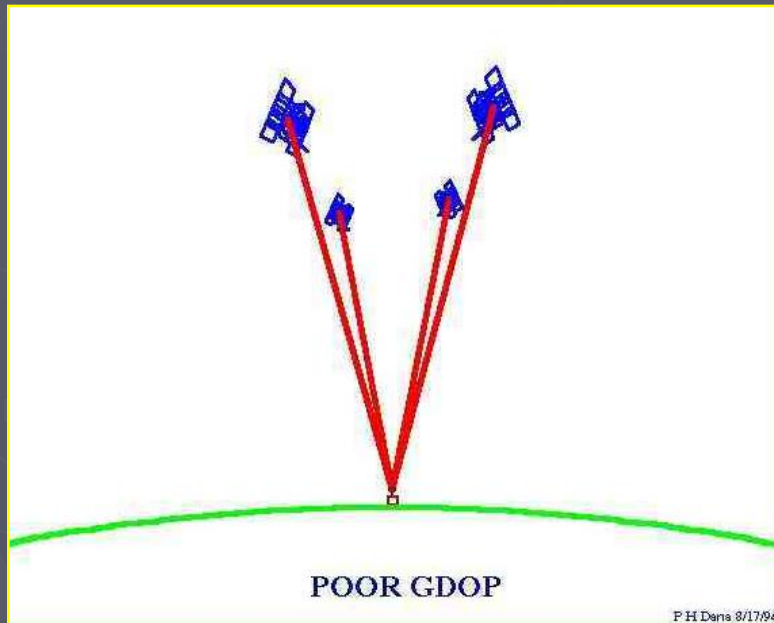
A hibaforrás	Megoldás
pontatlan vevőbeli óra	mérés több műholdra
nem megfelelő műhold-geometria	a méréshez használt műholdak alkalmas kiválasztása
a műholdak pályahibái	pályakorrekciós adatok
az ionoszféra hatása	több frekvencián történő mérés, ionoszféra-modell
a troposzféra hatása	modellezés, a 15° alatti műholdak hanyagolása
több utas terjedés	alkalmas mérési pont választása, early → late kódfázis-illesztés
egyéb, egy területen belül közel azonosan jelentkező hiba	DGPS korrekció (SBAS pl. EGNOS, GBAS pl. EUPOS)

A GPS rendszer hibaforrásai

hibaforrás	abszolút helymeghatározás	relatív mérés (egyszeres különbség)
Műhold		
pályaadat hiba	2-10 m	0,1–0,5 ppm
műhold órahibája	1-10 m	~0
SA pályahiba (SA: on)	10-100 m	0,5–5 ppm
SA órahiba (SA: on)	10-100 m	~0
Terjedési közeg		
ionoszférikus hatás	2 - 150 m (csak L1) ~0 (L1 és L2)	0,1-5 ppm (csak L1) ~0 (L1 és L2)
troposzférikus hatás	2–10 m (modell nélkül) néhány cm (trop. modell-lel)	~0 (rövid vektor) cm (hosszú vektor)
Vevő		
többutas terjedés	néhány méter	néhány cm
fáziscentrum	néhány mm (cm)	~0
zaj (önmagában a kódmérés vagy fázismérés hibája)	1–3 m (C/A kód) 0,3-1 m (P kód)	1,4–4,2 m (C/A kód) 0,4–1,4 m (P kód) 1 mm (fázismérés)
Műhold geometria	DOP érték szerint	DOP érték szerint

Egyes hibák hatása a műhold-vevő távolságra (Hofmann-Wellenhof nyomán)

A GPS rendszer hibaforrásai

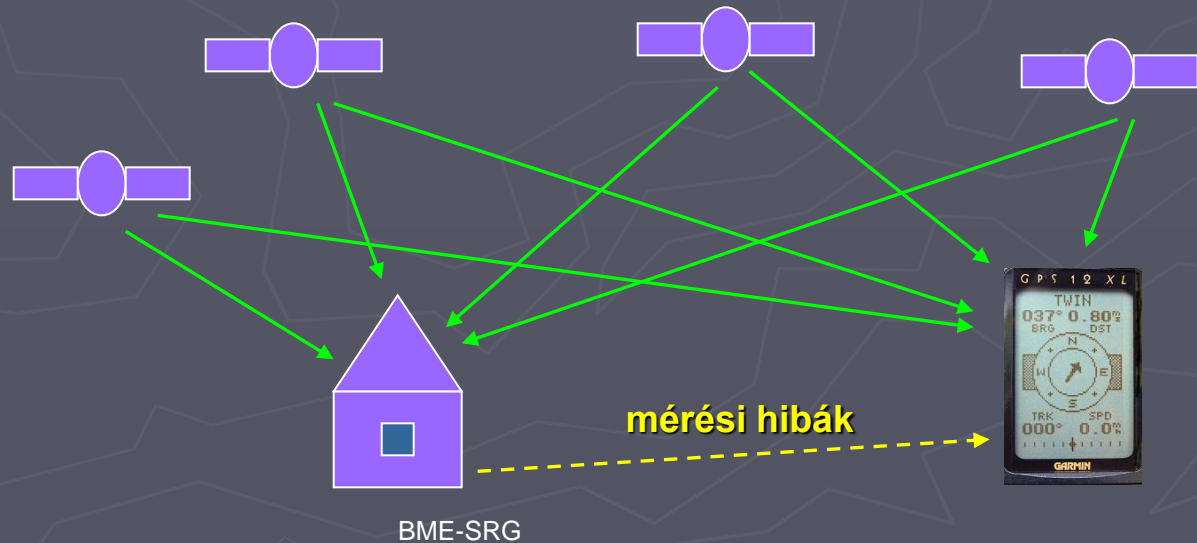


DOP=Dilution of Precision: „a pontosság hígulása”

Differenciális GPS (DGPS)

Alapja: egymáshoz közeli pozíciókban (néhány száz km) a mérés adott műholdról közel azonos hibát produkál

- egy pontosan ismert pozíciójú referenciaállomás GPS mérést végez
- kiszámítja a mérés hibáját és azt továbbítja a többi GPS készüléknek



Differenciális GPS (DGPS)

Típusai:

- utófeldolgozás módszere: a referenciaállomások utólag korrigálják a többi vevő által mért adatokat, nincs korrekciós jel sugárzás
pl. járműkövetés
- a korrekciós jelek terjesztése:
 - LAAS (Local Area Augmentation System) pl. kifutópályáknál
 - WAAS (Wide Area Augmentation System) pl. a korrekciós jelek műholdas szórása, Internet

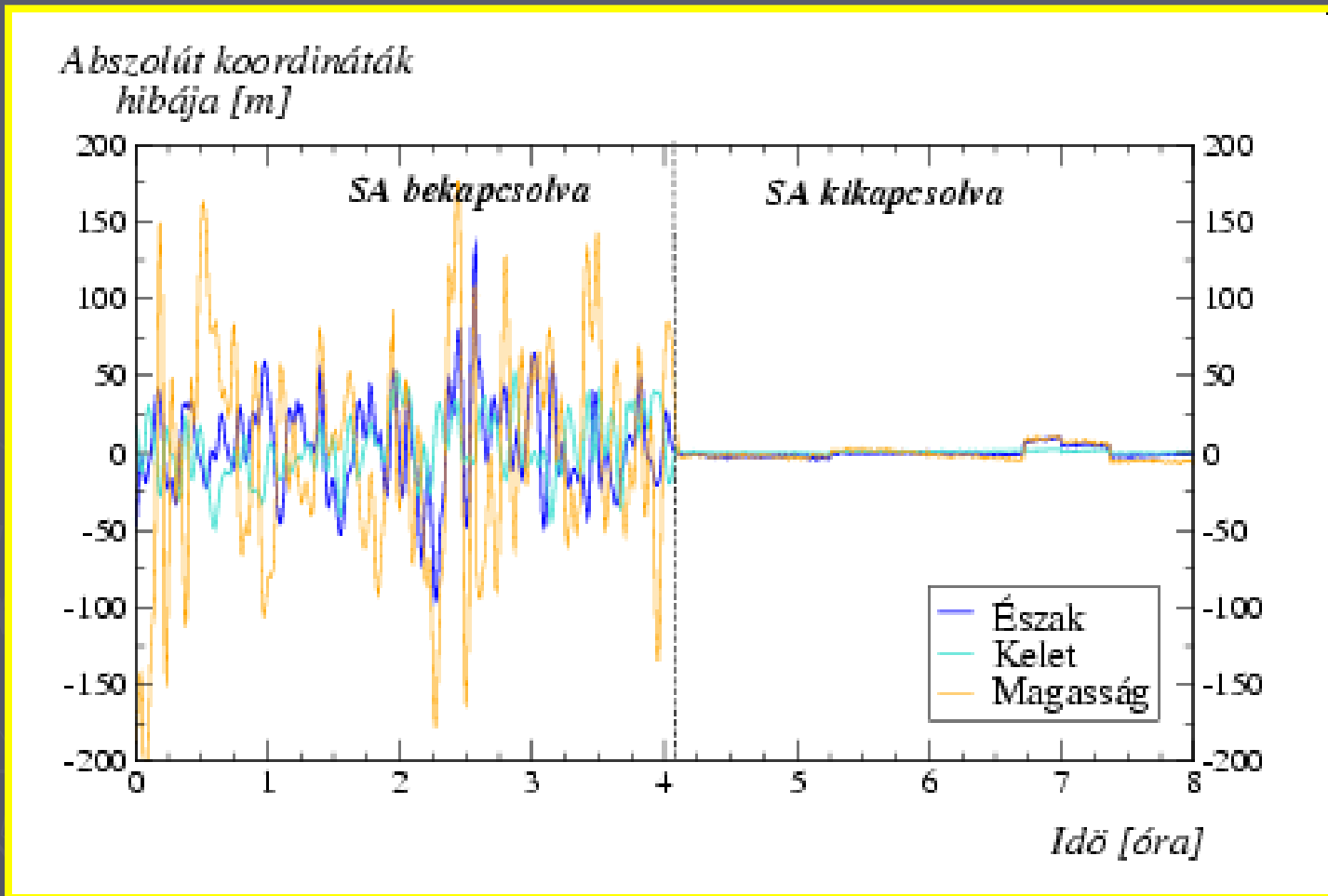
A DGPS eliminálta a kormány által 2000-ig használt korlátozott hozzáférési módszer (SA – Selective Availability) hatását.

Differenciális GPS (DGPS)

Elérhető pontosság:

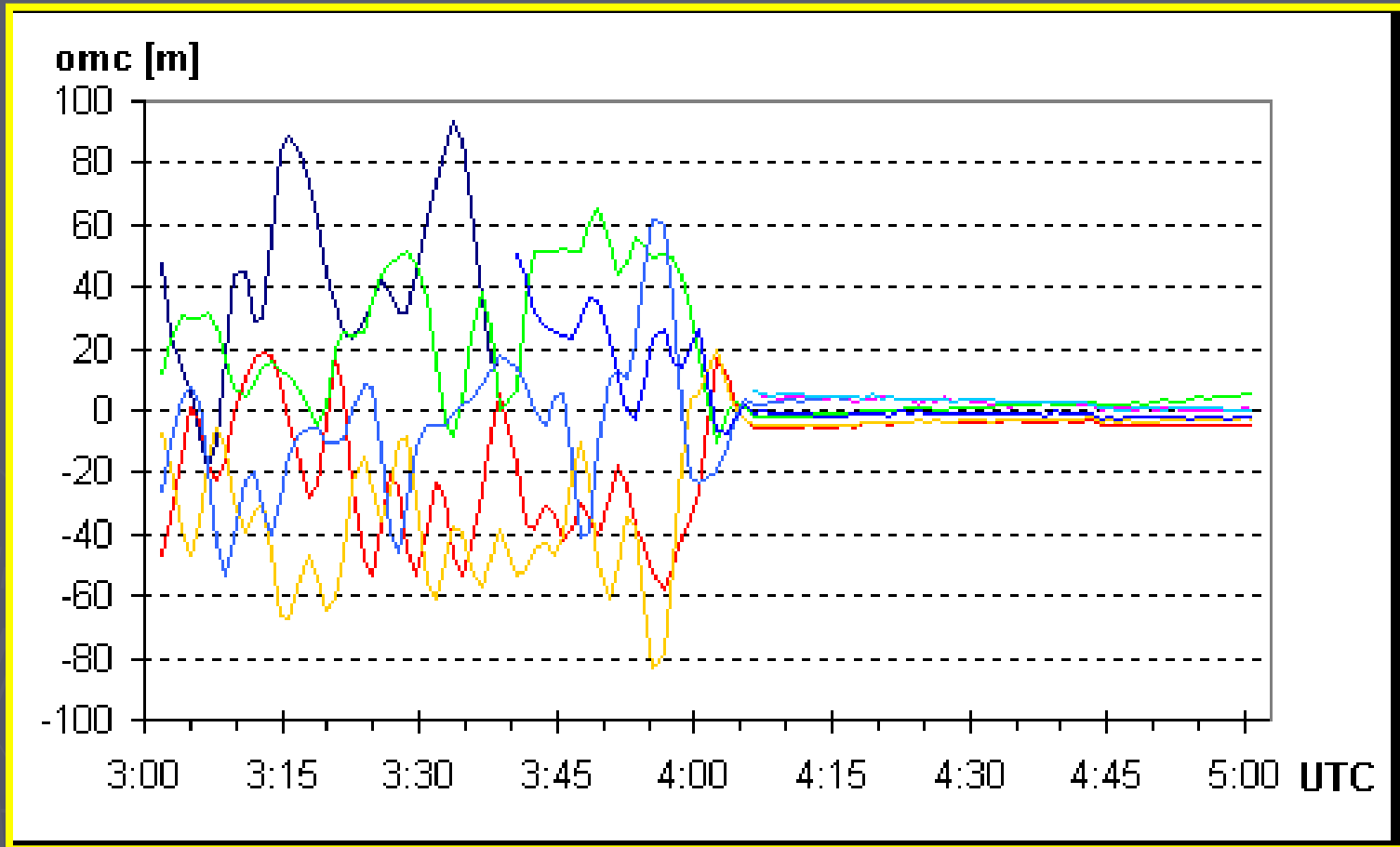
- SA mellett: 100 m
- SA nélkül, hagyományos GPS: 20-30 m
- DGPS:
 - SPS (Standard Positioning Service): 1 - 3 m (C/A kód)
 - PPS (Precise Positioning Service): 0.5 - 1 m (P-kód)
- Elméletileg a vivő fázisba hozásával: 3 - 4 mm

SA hatása



A penci permanens állomás méréseiből számított abszolút pozíciók hibája 2000. május 2-án hajnalban

SA hatása



A penci permanens állomás méréseiből számított pszeudótávolságok hibája 2000. május 2-án hajnalban

Ellenőrző kérdések

- ▶ *A 18. században a tengeri hajózásban milyen eszközök segítették a szélességi és hosszúsági adatok meghatározását? (lásd 2-4. dia)*
- ▶ *Mi volt az alapja a hosszúsági fok meghatározásának? (lásd 3. dia)*
- ▶ *Mi hozott minőségi áttörést a navigációban, ennek használatával kezdetben milyen navigációt valósítottak meg? (lásd 5-8. dia)*
- ▶ *Mi volt az első műholdas navigációs rendszer és milyen rendszerű navigációt használt? (lásd 14. dia)*
- ▶ *Mit jelent a globális helymeghatározás? (lásd 15-18. dia)*
- ▶ *Milyen elven működik a GPS rendszer? (lásd 19-22. dia)*
- ▶ *Minimum hány műhold vétele szükséges a 3D helymeghatározáshoz a GPS rendszerben? Ha a navigációs vevőben lévő óra ugyanolyan pontos lenne és szinkronban járna a GPS műholdakon lévőekkel akkor hány műhold kellene? (lásd 18-22. dia)*
- ▶ *Ismertesse a GPS rendszer felépítését! (lásd 23. dia)*
- ▶ *Ismertesse a GPS rendszer űrszegmensének főbb adatait! (lásd 24-29. dia)*
- ▶ *Ismertesse a GPS rendszer főbb alkalmazási területeit! (lásd 36-37. dia)*
- ▶ *Milyen módszer(eke)t ismer a GPS rendszer pontosságának növelésére? (lásd 42-48. dia)*

Hasznos weboldalak

<http://www.kowoma.de/en/gps/signals.htm>

http://www.agt.bme.hu/public_h/gps/gps1.html

http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/principles_gps.htm

http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/principles_gps.htm

<http://www.gnssnet.hu/index.php>

<http://www.astronautix.com/project/navstar.htm>

http://gisfigyelo.geocentrum.hu/sarkozy_terinfo/t35b.htm

http://eki.sze.hu/ejegyzet/ejegyzet/dr_olah/c4.htm

http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey/principles_gps.htm

<http://galileo.khem.gov.hu/documents.php>

Irodalomjegyzék

Detrekői Á. – Szabó Gy. (1995): Bevezetés a térinformatikába. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó.

Busics György: A háromdimenziós pontmeghatározás, Alappontmeghatározás GPS technikával

Pap László: A technika új csodája: Globális helymeghatározás, Mindentudás egyeteme, 2003

Dr. Seres György mérnök alezredes: Közelnavigációs és leszállító rádió navigációs rendszerek, Haditechnika, 1988/3

Kertész Á. (1997): A térinformatika alkalmazásai. Budapest, Holnap Kiadó.

Krauter A. (szerk.) (2004): Műholdas helymeghatározás. Budapest, Műegyetemi Kiadó.

Borza T. - Gerő A. - Mohos Z. - Szentpéteri L. (2005): GPS mindenkinek. Budapest, Sztrato Kft.

Horváth András: Fizikatörténet, Ókori ismeretek a kozmoszról