# 20. Tétel

GPS és DGPS. Működő rendszerek és főbb jellemzőik, a helymeghatározás elve. Pontosság és annak növelési lehetőségei

## Navigáció alapjai

### Tájékozódás szentháromsága

* Hol vagyok? (Where am I?)
* Hova megyek? (Where am I going?)
* Hogyan juthatok el oda? (How should I get there?)

### Relatív pozíció mérés

Dead-reconing (deduced-reckoning = leszármaztatott helyzet-megállapítás)

☺: bármikor kiszámolható

☹: halmozott hibát gyűjt 🡪 a pontatlanság az idővel arányos módon nő

Ma már egyre kevésbé használják kizárólagos pozíció meghatározásra

#### Odometria

* + Az elmozdulást a fedélzeten elhelyezett odométerek által gyűjtött jelekből számolja.
  + Ezek lehetnek:
    - Enkóderek a tengelyeken
    - Kormányszög mérése (pl. szintén enkóder)
  + ☺: az adatok rendelkezésre állása esetén bármikor képes pozíció becslésre
  + *☹*: a mérés inkrementális jellegű 🡪 a hiba is

#### Inerciális helymeghatározás

* + Gyorsulás és szögsebesség mérése 🡪 kettős integrálás 🡪 pozíció
  + *☺*: zárt alakban megadható számítási eljárás, ami minden időpillanatban rendelkezésre áll
  + *☹*: a mérési zaj kétszeresen integrálódik.
  + Korlátozottan alkalmazott
  + Nagypontosságú szenzorok:
    - Nehezek és drágák. Általánosan repülőgépek használják
    - Optikai giroszkópok: egyre olcsóbbak, és könnyebbek 🡪 jövő robotaiban ?

### Abszolút pozíciómérés

* + Beacon – Min. 2,3 jelzőegység 🡪 Jelek beérkezési irányából, és az adók távolságából meghatározza a pozíciót
  + Mesterséges tereptárgyak – Jól elkülöníthető, ismert tereptárgyakat kell elhegyezni a mozgástérben.
  + Természetes tereptárgyak felismerése (kisebb megbízhatóság)
  + Modell felismerés

## Globális navigációs rendszerek

### NAVSTAR GPS

* Amerikai védelmi minisztérium fejlesztette, és üzemelteti
  + 1978 óta üzemel
  + 1991-ben ezzel nyerték meg az öbölháborút, mivel éjszaka is tudtak vonulni
* Egyetlen teljes mértékben funkcionáló navigációs rendszer
* *Paraméterek:*
  + 24 műhold
  + 6 pálya
  + Magasság: 20 180 km
  + A pályák egymáshoz képest 60°-al vannak elforgatva
  + 55°-os inklinációs szög
  + Egyszerre 7-12 műhold látható sík terepről
  + Helymeghatározás
    - 3 műhold
    - Terngerszint feletti magasság meghatározása: 4. műhold
  + Keringési idő: 11 óra 58 perc (egy műhold kb. 5 órán keresztül látható) -- NEM GEOSTAC
  + Pontosság: 5-10-20 m
* Több mint 4 műhold látása: ki lehet válogatni az helyzetmeghatározás szempontjából optimálisakat
* 1994 óta civil szféra számára is elérhető
  + *Selective availability switch (SA)*
  + Pályaadatok szándékos torzítása 100 méter pontosságra
  + Civil célú használat ezzel kb. lehetetlenné vállik nagyobb sebességű járművek esetén
  + 2000-ben ki lett kapcsolva

### GLONASS

* Orosz rendszer (katonai felügyelet alatt)
* *Töri:*
  + Tervezés kezdete: 70-es évek második fele
  + műhold: 1982
  + A használatba vételhez szükséges szám elérése 1991-ben
  + Teljes funkcionalitás : 1995
  + Orosz hanyatlás 🡪☹
  + 2001-ben újraindítják a programot
* *Paraméterek:*
  + 24 műhold
  + Inklinációs szög: 64,8° --> elviekben jobb lefedettség (különösképpen a sarkokon)
  + Magasság: 19 130 km
  + Egyszerre legalább 5 műhold látható
  + Kezdetektől fogva publikus

### GALILEO

* EU ESA fejlesztése + Kína
* *Töri:*
  + Kezdés: 2002
  + Fejlesztés szakasz: 2011-ig
  + Működés kezdete: 2014
  + Teljes kiépítés vége: 2020
* *Pontosság:* 
  + Ingyenesen:
    - Horizontális: 4 m
    - Vertikális: 7 m
    - A föld területének 95%-án
  + Fizetős verzió
    - GPS-el való korreció -->cm-es pontosság
* Full publicity
* Kompatibilitás a GPS-el
* *Paraméterek*
  + 27 + 3 = 30 30 műhold (működő + tartalék)
  + Magasság: 23 616 km
  + 10X jobb pontosságg, mint a GPS

### Egyéb navigációs rendszerek:

Kína: BeiDou (2000)

India: IRNSS (2010 --> 2015) /ország + 1500 km-es környezete/

Japán: GZSS -- GPS pontosítása

Franciaország: Doris -- Doppler-effektuson alapuló rendszer, amellyel hosszú idejű átlagolással és számításokkal geodéziai mérésekhez néhány cm-es pontoság

* 0,2 nap: 5m
* 20 nap: 0,1 m
* 30+ nap: 0,05 m

## GPS működése:

Alapja: a vevő és a műholdak közötti távolságok mérése.

* Ha már tudjuk a pozíciókat:
  + 3 műholdtól vett távolságok 3 metsző gömböt adnak
  + 3 egymást metsző gömb két darab közös pontot ad.
  + Kiválasztás a kettő pont közül: Az egyik fizikailag lehetetlen pozíciót adna
    - Messze a földfelszíntől
    - Messze az előző mért pozíciótól

10000 km 
a) 
10000 krn 
11ûûOkm 
b) 
11ûûOkm 
km 
c) 

* Ha ismerjük a magasságunkat: harmadik gömb kiváltható a földgömbbel 🡪 elég két műhold

### Matek:

3 gamb sugarának 
metszese 
múhald pálya 
T mért 
Ismert 
keresett 
d 
d 
. da 
di 
R 
Ismert 
mért 
keresett 

Legyen:

R : a vevő föld középpontjától vett helyzetvektora (ismeretlen)

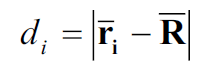
r\_i : a műholdak föld középpontjából vett helyzetvektora (ismert)

d\_i = e\_i \* d\_i : a vevő és a műhold távolsága

Ekkor egy adott műhold pozíciója a vevőtől távolságának és annak helyzetvektorának vektoros összege

C:\Users\asarpi\AppData\Local\Temp\msohtmlclip1\02\clip_image020.png

Ebből számolható a vevőtől való való távolság abszolút értéke:



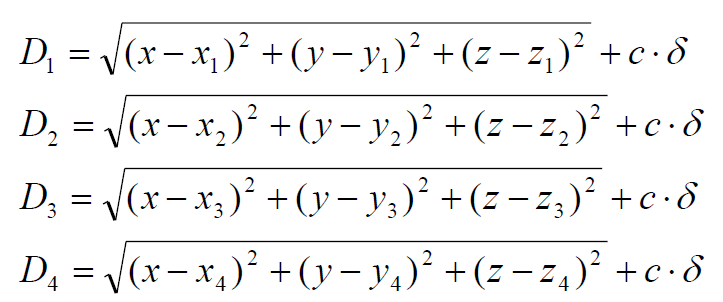
A műholdban atomóra van, de a vevőben nem 🡪 time offset 🡪 mért pozíció offset

Számítógép által létrehozott helyettesítő szöveg:
Ad 

Pszeudotávolság: a mért/becsült távolság:

C:\Users\asarpi\AppData\Local\Temp\msohtmlclip1\02\clip_image023.png

Ezekből a következő egyenletrendszer adódik:



Ahol az x,y,z pontok, és a time offset az ismeretlen --> 4 nemlineáris egyenlet 4 ismeretlennel

Megoldás: linearizálás --> iteráció

### Távolság mérése a műholdaktól:

* A műholdak szinkronizálva vannak 🡪 mindegyik ugyanakkor adja le a jelét.
  + Ha ismeri a szinkront a vevő, akkor meg tudja határozni az adott EM hullám kiindulási idejét, a beérkezési idejét pedig maga rögzíti
* Műholdak órája: atomóra
  + NAVSTAR GPS: néhány százezer év alatt 1 mp tévedés
  + GALILEO: 3 M év
  + Lehetne ennél pontosabb is, de az ár-érték optimalizálás, illetve az űrbéli körülmények miatt ilyenekre esett a döntés

### Technikai részletek:

L1 -1575,42 MHz 
154 
MHz 
1/10 
C kód 
Navigációs 
üzenetek 
Alapfrekvencia 
1023 MHz 
Adatfrissltés a 
kontroll 
szegmenstől 
D kód 
M odulátor 
Antenna felé 
Kimenő iel 
M odulátor 
MHz 
120 
1124 m 
f=1023 MHE 
p 'Y i' kód 
30 m 

#### Két vivőfrekvencia:

* f0 = 10,23 MHz (az atomóra alaposzcillátorának frekvenciája)
* L1 = 154 \* f0 = 1575,42 Mhz (lambda = 19,05 cm)
* L2 = 120 \* f0 = 1227,6 MHz (lambda = 24,45 cm)

*A hasznos információ a vivőhullámokra van modulálva:*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| jel | L1 vivőfrekvencián | L2 vivőfrekvencián |
| P (precision) | X | X |
| C/A (Coarse / Acquisition) | X |  |
| D (navigation Data) | X | X |

* C/A jel dekólásának szabályai publikusan elérhetőek (SPS - Standard Positioning Service)
* SA - Selective Availability - mesterséges savaró jel a C/A-ban
* NAVSTAR GPS-ben a P kód titkosítva van. A feloldásához szükséges algoritmus csak katonai eszközökben érhető el (PPS - Precise Positioning Service)

## A vett jelek feldolgozása:

### Kódmérés:

* a vevő előállít egy saját C/A kóddal modulált jelet, és ezt tologatja a mért jelen, amíg fedésbe nem kerülnek.
* Leggyakrabb megoldás
* Pontosság: 10 m

### Fázismérés

* Vivőhullám fázisát hasonlítja össze a vevőben előállított referenciajellel
* Így ideális esetben mm pontosságot is el lehet érni

### A valós pontosságot rontja:

* Időszinkronizáció hibája – óra-szinkronizáció elcsúszás
* Rádiohullámok terjedési sebességének változása – ionoszféra

## DGPS

Alapötlet: néhány 100 km-es területen kb. ugyanazok a zavaró hatások vannak --> ha van egy állomás, aminek a koordinátái pontosan ismertek, akkor ő tudja, hogy milyen zavar van az ő általa kapott jelben -->a zavar jellemzőit elküldi a vevőnek --> kompenzálás

### Általános DGPS korrekciós szolgáltatások elérhetők:

* Mobiltelefonon
* Kereskedelmi rádió segédfrekvenciáján (RDS)
* Távközlései műholdon
* Speciális rádióadó

Pontosság csökken a referencia-vevőtől való távolság növekedésével

#### Sugárzott korrekciók:

* Pályaadatok (15 percenként frissül, 1-2 percenként küldve)
* Regionális atmoszférikus modell-paraméterek (óránként frissül, 1-2 percenként küldve)
* Egyes műholdak órajavítási paraméterei (~másodperc)

## Referencia-pont hálózatok - WADGPS

* USA -- WAAS (Wide Area Augmentation System)
* Japán -- MSAS
* EU - EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System)

## Milyen pontos a GPS

* Kód frekvenciájához tartozó hullámhossz határozza meg
  + 5-50 m
* Katonai PPS esetén: 10X javulás --> 1-10 m
* DGPS: kb. egy nagyságrend --> 0.5 - 2 m
* Vivőfrekvencia fázismeghatározással
  + 19-24 cm

Statikus pontmeghatározás: vevő hosszabb ideig a mérendő ponton áll

Kinematikus technika: a vevő mozog mérés közben (a legtöbb helymeghatározó rendszer)

Fåzismérés 
i statikus ( 1 ppm ) 
K6dmérés 
Standard (SPS) 
(korlåtozott hozzåtérés mellett (SA)) 
standard (SPS) 
(LI frekvencién, 
CA k".l vev6veI) 
preciz (PPS) 
(kéttrekvenciås 
dflerenciålis 
cm 
cm 
10 
cm 
20 
cm 
50 
cm 
10 
20 
50 
100 
mm mm mm 
cm 

### Kombinált GPS rendszerek pontossága:

* Statikus abszolút pontmeghatározás
* Viszonylag rövid mérési idő
* 5-10 m pontosság
* Egyszerű kódfázis mérés
* Kinematikus abszolút
* Mozgó járművek helyzetét kb. 10-100 m-es pontossággal
* Statikus relatív
* Fázisméréses
* Néhány mm pontosság
* Két, vagy több álló vevő közötti vektor meghatározásán alapul
* Geodéziában alkalmazott