

Położenie satelity na podstawie wiadomości nawigacyjnej w formacie RINEX



dr hab. inż. Paweł Zalewski,
prof. AM

1. RINEX

RINEX

The Receiver Independent Exchange Format

Version 3.02

International GNSS Service (IGS), RINEX Working
Group and Radio Technical Commission for Maritime
Services Special Committee 104 (RTCM-SC104)

April 3, 2013

2. Przykładowy plik wiadomości nawigacyjnej

```

2.10          N: GPS NAV DATA          RINEX VERSION / TYPE
TPP 2.5          2014-02-27 23:59:59 PGM / RUN BY / DATE
DOMES: 12241M001 COMMENT
COMMENT
COMMENT
.2608E-07      .7451E-08   -.1192E-06    .1192E-06    ION ALPHA
.1331E+06     -.1638E+05    .0000E+00    -.5898E+06    ION BETA
.279396772385E-08 -.888178419700E-15  405504      1781 DELTA-UTC: A0,A1,T,W
16 LEAP SECONDS
END OF HEADER
01 14 02 27 20 0 0.0  .152923166752E-05  .204636307899E-11  .000000000000E+00
.240000000000E+02  -.510937500000E+02  .406516933062E-08  .205620428395E+01
-.257045030594E-05  .274188141339E-02  .139605253935E-04  .515369603157E+04
.417600000000E+06  -.260770320892E-07  -.680415077562E-01  .391155481339E-07
.961249538965E+00  .106875000000E+03  .360134762247E+00  -.781853995929E-08
.313941648358E-09  .100000000000E+01  .178100000000E+04  .000000000000E+00
.200000000000E+01  .000000000000E+00  .651925802231E-08  .240000000000E+02
.410418000000E+06  .000000000000E+00  .000000000000E+00  .000000000000E+00

```

Nr sat.	data	toc	a0	a1	a2
1	27.02.2014	20:00:00.0	.15292E-05	.20463E-11	0
		IODE	Crs	Δn	M0
		.24000E+02	-.5109E+02	.40651E-08	.205620E+01
		Cuc	e	Cus	va
		-.2570E-05	.27418E-02	.13960E-04	.515369E+04
		toe	Cic	Ω	Cis
		.41760E+06	-.2607E-07	-.6804E-01	.391155E-07
		i0	Crc	ω	$\Omega.$
		.961249538	.10687E+03	.360134762	-.78185E-08
		IDOT	Codes L2	GPS week	L2 P flag
		.31394E-09	1	1781	0
		SV accuracy	SV health	TGD	IODC
		.20000E+01	0	.6519258E-08	.240000E+02
		Trans. time	Fit interval	Spare	Spare
		.41041E+06	0	0	0

3	toc	Epoka zegara	hh:mm:ss.s
4	a0, a1, a2	Współczynniki do poprawki zegara satelity	s, s/s, s/s ²
5	IODE	Nr wydania (emisji) danych efemerydalnych	-
6	Crs	Korekta promienia wodzącego satelity (sin)	m
7	Δn	Poprawka ruchu średniego	rad/s
8	M0	Anomalia średnia dla epoki danych efemerydalnych	rad
9	Cuc	Korekta argumentu szerokości (cos)	rad
10	e	Mimośród orbity (ekscentryczność)	-
11	Cus	Korekta argumentu szerokości (sin)	rad
12	\sqrt{a}	Pierwiastek dużej półosi orbity	\sqrt{m}
13	toe	Czas odniesienia danych efemerydalnych (epoka efemeryd)	s
14	Cic	Korekta inklinacji (cos)	rad
15	Ω_0	Rektascensja węzła wstępującego orbity	rad

16	Cis	Korekta inklinacji (sin)	rad
17	i0	Inklinacja orbity	rad
18	Crc	Korekta promienia wodzącego satelity (cos)	rad
19	ω	Argument perygeum	rad
20	Ω.	Zmiana rektascensji w czasie (pochodna)	rad/s
21	IDOT	Zmiana inklinacji w czasie (pochodna)	rad/s
22	Codes L2	Ilość kodów na kanale (częstotliwości) L2	-
23	GPS week	Licznik tygodni GPS	-
24	L2 P flag	Znacznik danych kodu P na kanale L2	0, 1
25	SV accuracy	Błąd pomiaru zależny od wys. topocentrycznej satelity: URA_{ED}	m
26	SV health	Status sygnału satelitarnego (0 – Ok.)	-
27	TGD	Estymowana różnica opóźnienia grupowego pomiędzy L1 a L2	s
28	IODC	Nr wydania (emisji) danych w celu weryfikacji IODE	-

29	Trans. time	Moment transmisji wiadomości w sek. GPS week	s
30	Fit interval	Indeks czasu ważności danych (ICD-GPS-200)	-
31	Spare	Pole zapasowe do wykorzystania w przyszłości	-
32	Spare	Pole zapasowe do wykorzystania w przyszłości	-

3. Algorytm obliczeniowy (na podstawie ICD-GPS-200 oraz IS-GPS-800)

Czas GPS ustalany jest przez segment kontrolny GPS w odniesieniu do Coordinated Universal Time (**UTC**) nadzorowanego przez U.S. Naval Observatory (USNO) z epoką zero o północy pomiędzy 5 stycznia 1980 / 6 stycznia 1980.

Największą jednostką czasu GPS jest jeden tydzień (**GPS week**) zdefiniowany jako 604 800 sekund.

Czas GPS może różnić się od UTC ponieważ oparty jest o ciągłą skalę czasu, a UTC jest okresowo poprawiany o całkowitą liczbę **sekund przestępnych** (skokowych – ang. leap seconds). Nie uwzględniając sekund przestępnych skala GPS jest utrzymywana przez segment kontrolny w granicach 50 nanosekund zgodności (przy poziomie ufności 0,95) z UTC (USNO).

Zadane:

t moment, na który wyznaczamy współrzędne według czasu GPS

Stałe:

$$\mu = 3.986005 \cdot 10^{14} \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2} \quad \text{parametr grawitacyjny Ziemi } (G \times m_e)$$

$$c = 2.9979245810^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{prędkość światła}$$

$$\omega_e = 7.292115146710^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \text{prędkość kątowna obrotu Ziemi}$$

Algorytm obliczeniowy (stałe, dane z pliku nawigacyjnego):

1. $\delta t = \underline{a_0} + \underline{a_1}(t - \underline{t_{oc}}) + \underline{a_2}(t - \underline{t_{oc}})^2$ poprawka zegara satelity
2. $t_k = t - \delta t - \underline{t_{oe}}$ czas jaki upłynął od epoki efemerydy
3. $a = \sqrt{\underline{a}^2}$ duża półoś orbity
4. $n_0 = \sqrt{\frac{\underline{\mu}}{a^3}}$ ruch średni satelity (pr. kątowna średnia)
5. $n = n_0 + \underline{\Delta n}$ poprawiony ruch średni
6. $M_k = \underline{M_0} + nt_k$ anomalia średnia na epokę t_k

$$7. E_k = M_k + e \sin E_k$$

$$8. \mathcal{G}_k = 2 \arctan \left(\sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E_k}{2} \right)$$

$$9. u = \omega + \mathcal{G}_k$$

$$10. \delta u_k = C_{us} \sin 2u + C_{uc} \cos 2u$$

$$11. \delta r_k = C_{rs} \sin 2u + C_{rc} \cos 2u$$

$$12. \delta i_k = C_{is} \sin 2u + C_{ic} \cos 2u + \text{IDOT} \cdot t_k$$

$$13. u_k = u + \delta u_k$$

$$14. r_k = a(1 - e \cos E_k) + \delta r_k$$

$$15. i_k = i_0 + \delta i_k$$

$$16. \Omega_k = \Omega_0 + (\Omega' - \omega_e) t_k - \omega_e t_{oe}$$

$$17. x_o = r_k \cos u_k$$

$$y_o = r_k \sin u_k$$

$$18. x = x_o \cos \Omega_k - y_o \cos i_k \sin \Omega_k$$

$$y = x_o \sin \Omega_k + y_o \cos i_k \cos \Omega_k$$

$$z = y_o \sin i_k$$

anomalía mimośrodowa (obliczana iteracyjnie)

anomalía prawdziwa

argument szerokości w układzie orbitalnym

poprawka argumentu szerokości

poprawka promienia wodzącego

poprawka kąta nachylenia orbity

poprawiony argument szerokości

poprawiony promień wodzący

poprawiona inklinacja orbity

poprawiona długość węzła wstępującego

współrzędne orbitalne

szukane współrzędne geocentryczne satelity