

Come usare gli elementi kepleriani

Con l'arrivo del 1989 molti OM andranno in crisi perché i loro programmi smetteranno di girare sui computer.

In precedenza si è visto che molti incontrano difficoltà nel cambiare gli elementi kepleriani perché non conoscono il significato degli stessi.

Cosa sono dunque quelle lunghe liste di numeri che immessi nel programma ci permettono di conoscere dove puntare le antenne?

Gli elementi kepleriani nel loro insieme rappresentano una "istantanea" di dati che in quell'istante definiscono la posizione del satellite nel tempo e nello spazio rispetto alle stelle e alla terra.

In questo modo il satellite assume una ben precisa collocazione temporale e spaziale dalla quale si può partire per conoscere dove si troverà nei momenti successivi.

Cominciamo ad analizzare gli elementi uno alla volta:

1) Catalog Number

E' un numero che serve per identificare il satellite secondo un criterio usato dalla NASA. Il suo uso è opzionale e non comporta alcuna variazione dei calcoli.

2) Epoch Time

E' il tempo espresso in giorni e frazioni di giorno solare a partire dalle ore 00:00 UTC del primo giorno dell'anno fino al momento in cui vengono calcolati tutti i dati del set di elementi kepleriani in questione.

E' in pratica l'istante a cui tutti gli altri dati degli elementi kepleriani sono riferiti e hanno valore. Ecco un esempio.

Sia il valore di Epoch Time = 88273.72659. Allora 88 significa l'anno a cui l'Epoch è riferito e non va mai immesso nel computer attaccato a 273. Immettere 88273 è un errore che il computer accetta, ma poi sbaglia nei calcoli.

Il numero 273 è invece l'epoch day che significa il giorno dell'anno a cui si riferiscono i calcoli.

Se prendiamo un calendario del 1988 e sommiamo i giorni dei mesi fino ad arrivare al giorno 273 troveremo che siamo al 29 settembre 1988.

In genere i programmi chiedono l'immissione dell'Epoch day + Fraction day e in questo caso bisogna inserire nel programma tutto il numero 273.72659.

Cosa significa la parte decimale 0.72659?

Significa che l'orario a cui tutto il set di dati kepleriani è riferito è esattamente la frazione di giorno di 24 ore pari a 0.72659 parti di 24 ore. L'orario è dunque: $0.72659 \times 24 = 17.43816$ ore e decimali. Attenzione ore e decimali e non ore minuti e secondi.

Ci sono alcuni programmi che vogliono invece le ore i minuti e i secondi.

Come si fa a ricavare i minuti e i secondi da ore e decimali?

Dal numero in questione 17.43816 togliamo il 17 ore e restano 0.43816 parti di ora.

Facciamo $0.43816 \times 60 = 26.2896$ e otterremo 26 minuti e decimali. Togliamo allora 26 minuti e resta 0.2896.

Facciamo $0.2896 \times 60 = 17.376$ che significa 17 secondi 3 decimi, 7 centesimi e 7 millesimi di secondo.

In conclusione il nostro famigerato Epoch Time 88273.72659 significa: anno 1988, mese settembre, giorno 29, 17 ore, 26 minuti, 17.367 secondi.

Si vede così che dall'Epoch è possibile estrarre anno giorno e ora.

A seconda del programma che si usa, sia che venga richiesto l'Epoch Day, sia che venga richiesta la data e l'ora, tutto può essere ricavato con semplici calcoli.

Esistono molte calcolatrici che hanno già la funzione per passare da ore e decimali a ore minuti e secondi.

3) Inclination

E' sempre espressa in gradi e rappresenta l'inclinazione del piano orbitale del satellite rispetto al piano equatoriale terrestre. Non presenta ambiguità in quanto tutti i programmi la accettano in gradi e frazioni di grado, ossia gradi, decimi, centesimi e millesimi di grado.

Nessun programma la richiede in gradi, primi e secondi. Il valore fornito dagli elementi kepleriani è perciò in gradi e decimali.

4) RAAN

Right Ascension of the Ascending Node

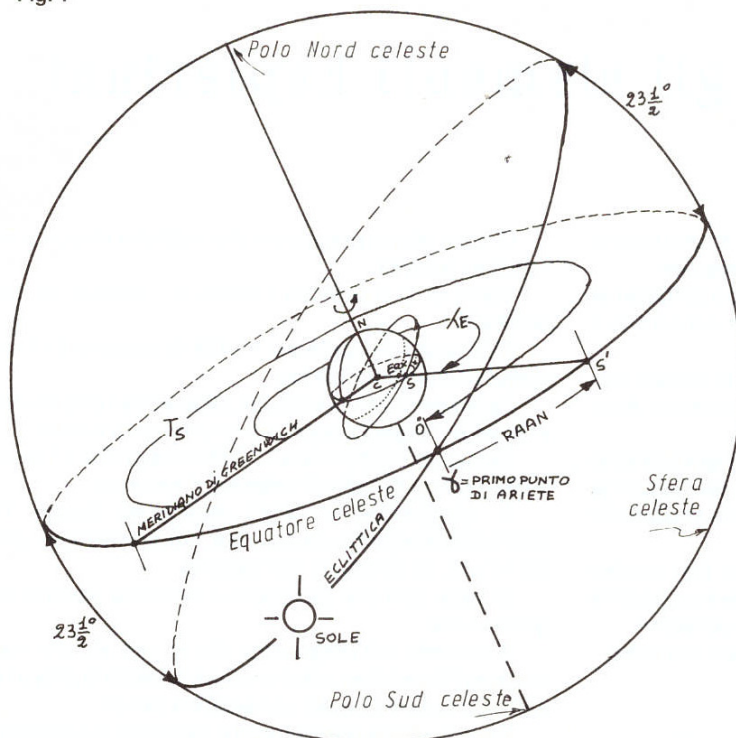
Ascensione retta del nodo ascendente. Questo parametro, abbastanza misconosciuto, si può visualizzare osservando la fig. 1 che rappresenta la sfera celeste.

Sul piano orbitale del satellite uniamo con una retta il centro della terra, l'equatore terrestre, l'orbita del satellite e l'equatore celeste.

L'arco, misurato in senso antiorario dal Punto Primo di Ariete (o punto gamma) e il punto di intersezione della retta con l'equatore celeste è la RAAN e si misura in gradi.

Gli elementi kepleriani la danno in gradi e decimali. In pratica, la RAAN mette in relazione fra loro il piano orbitale del satellite col sistema di coordinate celesti in quanto il punto primo di Ariete è l'origine da cui in astronomia si comincia a contare l'ascensione retta degli astri.

Fig. 1



Coordinate celesti

γ = Primo punto di Ariete. Il sole si trova in γ il 21 marzo, all'equinozio di primavera.
RAAN = Right Ascension of Ascending Node (ascensione retta del nodo discendente)
T_s = Tempo siderale a Greenwich in ore o in gradi (si ricava dalle effemeridi nautiche)
S' = Intersezione fra piano orbitale del satellite, equatore terrestre ed equatore celeste.
 λ_E = Longitudine del nodo ascendente, in gradi W
O = Origine per la misura del tempo siderale a Greenwich e dell'ascensione retta.
 Esempio: $T_s = 340^\circ$; $RAAN = 30^\circ$; $\lambda_E = T_s - RAAN = 340^\circ - 30^\circ = 310^\circ W$
 Viceversa: $RAAN = T_s - \lambda_E = 340^\circ - 310^\circ = 30^\circ$

Questo punto, detto anche il punto Gamma, è il luogo in cui nello spazio il sole si trova all'equinozio di primavera il 21 marzo.

In pratica il punto Gamma è l'intersezione fra equatore celeste ed eclittica del sole il 21 marzo. La fig. 1 mette in evidenza questo concetto.

5) Eccentricity (E)

Esprime di quanto un'orbita differisce da una perfettamente circolare. L'eccentricità di un cerchio è zero. OSCAR-13, per esempio, ha un'eccentricità di 0.6578. La formula che permette di calcolare l'eccentricità è:

$$E = \frac{H_a - H_p}{2(H_a + R)} \quad \text{dove:}$$

H_a = altitudine del satellite all'apogeo;

H_p = altitudine del satellite al perigeo;

R = lunghezza media del raggio terrestre, pari a 6370 km.

L'eccentricità è un numero puro e come tale va inserito nel computer.

6) Argument of perigee

L'argomento del perigeo rappresenta l'angolo sul piano orbitale misurato fra il nodo ascendente e il perigeo nel senso del moto del satellite (fig. 2).

Questo angolo è misurato in gradi e decimali e come tale va immesso nel programma.

7) Mean Anomaly

Anomalia media. E' l'angolo sul piano orbitale fra il perigeo e la posizione del satellite all'Epoch Time, misurando l'angolo nel senso del moto del satellite (fig. 2). Si ha che Mean Anomaly + Argument of Perigee = 360 gradi. Esiste una lieve differenza dovuta alla rotazione della linea degli aspidi di cui si parlerà in seguito.

Anche la Mean Anomaly è fornita in gradi e decimali e come tale va immessa nel programma.

8) Mean Motion

E' il numero di orbite compiute dal satellite in 24 ore. E' un numero intero seguito da decimali.

Per esempio OSCAR-13 compie 2.09698 orbite al giorno, il che significa $24/2.09698 = 11.44503047$ ore e decimali oppure 11 ore, 26 minuti primi, 42.109 secondi. La Mean Motion è un modo diverso per esprimere il periodo anomalistico di un satellite. Il dato va inserito nel programma così com'è e tutti i programmi lo accettano nello stesso modo.

9) Decay Rate

Si chiama anche Drag Factor ed esprime l'accelerazione con la quale la velocità del satellite aumenta ogni orbita avvicinandosi alla terra.

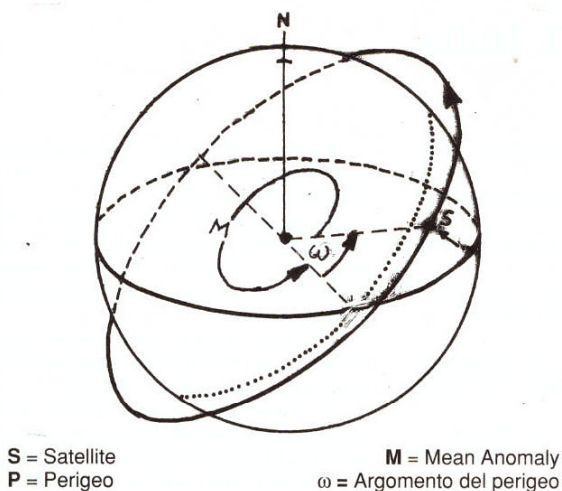
E' un numero molto piccolo che moltiplicato per il periodo anomalistico viene sottratto al periodo stesso.

Per OSCAR-13 per esempio un Decay Rate di 3.0×10^{-7} Rev/day significa che il periodo anomalistico diminuisce di 0.0000003 parti al giorno. E' espresso quasi sempre in forma esponenziale, come ad esempio 6.8×10^{-4} . Se ciò non fosse, basta convertirlo nella forma $6.8 \times 10^{-4} = 0.00068$ o viceversa.

10) Epoch Revolution

E' il numero dell'orbita e non richiede commenti tranne il ricordare che l'orbita dal momento del lancio al successivo passaggio al perigeo è l'orbita zero e non uno.

Fig. 2 - L'angolo misurato dal nodo ascendente sull'equatore fino al perigeo del satellite (P), nel senso del moto orbitale, si chiama Argomento del perigeo e si indica con la lettera omega minuscola (ω)



11) SMA Semi Major Axis

Semiassse Maggiore o SMA. Esprime la lunghezza del Semiassse Maggiore dell'orbita in km.

Questo dato in precedenza veniva fornito, ma attualmente la maggior parte dei programmi lo ricavano da soli utilizzando la Mean Motion.

```

KEPLERIAN ELEMENTS : OSCAR13
EPOCH YEAR      : 1989      START OFF: 1
EPOCH DAY       : 1         END OFF: 2
DATE MM/DD/YY   : 1/ 1/ 89  START B : 3
TIME HH:MM:SS.  : 0: 0: 0   END B  : 99
INCLINATION     : 57.54      START OFF: 1
R.A.A.N.       : 225.93580269 END OFF: 2
ECCENTRICITY    : .6578      START B : 3
ARG.OF PERIGEE : 196.140268288 END B : 99
MEAN ANOMALY   : 353.990701  START L : 100
MEAN MOTION    : 2.09698     END L  : 149
DECAY RATE     : 3E-07      START B : 150
EPOCH REV.     : 420        END B  : 239
S.M.A.         : 25783.16015 START OFF: 240
ANOM.PERIOD    : 686.7018283 END OFF: 255
APOGEE         : 36264.507   START B : 150
PERIGEE        : 2545.826    END B  : 239
BEACON         : 145.812     ALAT.   : 5
SIDERAL TIME   : .27676777  ALON.   : 180
AMSAT-ITALIA SOFTWARE EXCHANGE IV3IBX & I8CVS
    
```

Fig. 3 - La tabella degli elementi kepleriani di AO-13

In ogni caso per i vecchi programmi che non funzionassero senza questo parametro esiste una semplice formula per ricavarlo. E infatti:

$$SMA = 42220 \times MM^{-(2/3)}$$

Ove 42220 è una costante uguale per tutti i satelliti e solo la Mean Motion MM va elevata alla meno due terzi.

12) Sidereal Time

Alcuni vecchi programmi non girano se non si aggiorna il Sidereal Time. Questo parametro non è fornito dagli elementi kepleriani, tranne quelli pubblicati su Radio Rivista.

Per l'anno 1988 il Sidereal Time vale 0.27676777 e come tale va inserito nei programmi che si bloccano richiedendolo. Come entità astronomica esso esprime il Tempo Siderale a Greenwich in frazioni di 24 ore o di 360 gradi.

Le effemeridi nautiche lo esprimono in gradi.

Il Tempo Siderale a Greenwich è l'arco misurato in gradi o in ore fra il meridiano di Greenwich e il punto primo di Ariete in senso orario alle ore 00.00.00 UTC del primo dell'anno.

La fig. 1 ne illustra il concetto.

La lettera che lo contrassegna è T_s .

Alcuni programmi vogliono la longitudine del proprio QTH espressa in gradi W o gradi West.

Si ricorda che altri programmi la vogliono in Long., Est oppure West, così come usato in navigazione marittima.

La Long. W o in gradi W parte dal meridiano di Greenwich e ruota in senso orario per West fino a ritornare al meridiano di Greenwich dopo aver percorso 360 gradi.

La Long. per esempio di 14 gradi Est equivale a una Long. W pari a $360-14 = 346$ gradi W.

Si spera con queste poche note di aver chiarito alcuni punti che se mal interpretati costringono a lunghe discussioni in radio o peggio telefoniche attraverso le quali è difficile chiarire i concetti.

Purtroppo l'uso del computer ha relegato in secondo piano la conoscenza dei fenomeni astronomici che rappresentano uno degli aspetti più affascinanti dell'attività via satellite. Far girare un programma senza sapere perché gira equivale a camminare nel buio annaspando con un bastone. La meta si raggiunge lo stesso, ma con meno soddisfazione.

RMS INTERNATIONAL s.r.l.

Via Roma, 86/A - 28071 Borgolavezzaro

cerca

Ingegneri (radioamatori)

neolaureati o con esperienza da adibire alla progettazione di apparati radio RTX.

Telefonare per appuntamento

0321-85356