

Progetto TPA 2024 - StarLink

Testo del primo progetto del corso di "Tecniche di Programmazione Avanzata" del Dipartimento di Ingegneria Industriale, anno accademico 2023/2024.

Il progetto va svolto **a coppie** (al massimo un gruppo da 3). Ogni metodo/classe/funzione deve avere fra i commenti chi lo ha sviluppato. Ogni membro del gruppo sarà valutato solo ed esclusivamente in base alle parti che ha sviluppato singolarmente.

Il progetto consiste nella progettazione e nell'implementazione di un software C++. Il software deve essere scritto mediante il paradigma di programmazione ad oggetti, quindi utilizzando ad esempio (ove possibile e sensato): classi, incapsulamento, ereditarietà, polimorfismo, passaggio per riferimento/costante, puntatori, operatori, overload, valori di default, template, etc.

Nessun codice di partenza è fornito e il testo è volutamente ambiguo, in modo da lasciare al gruppo la libertà di scegliere l'implementazione migliore. Il gruppo deve occuparsi sia della progettazione che dell'implementazione.

L'implementazione deve includere anche una serie di test per verificare il corretto funzionamento del codice scritto.

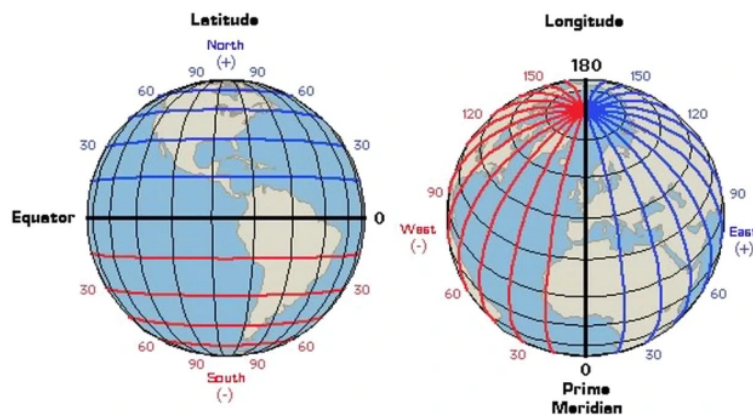
Descrizione StarLink

Grazie all'abbattimento dei costi per il lancio di satelliti, molte industrie stanno progettando delle costellazioni di nano-sat (satelliti di basso costo) geo-stazionari. Una miriade di satelliti sono posizionati attorno al globo terrestre e, comunicando fra loro, creano una rete capace di controllare lo stato del pianeta, identificare attività sospette, facilitare la comunicazione (star link di SpaceX), etc.

Dovete scrivere un software per la gestione del lancio, del posizionamento e del controllo di costellazioni di nano-sat.

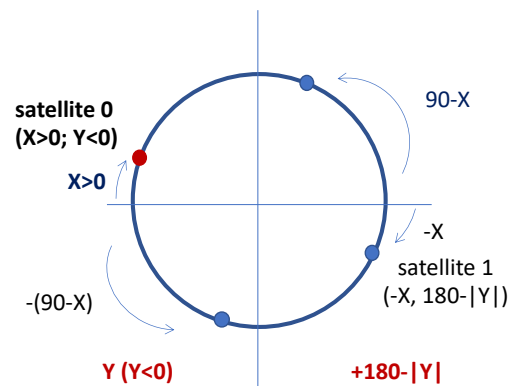
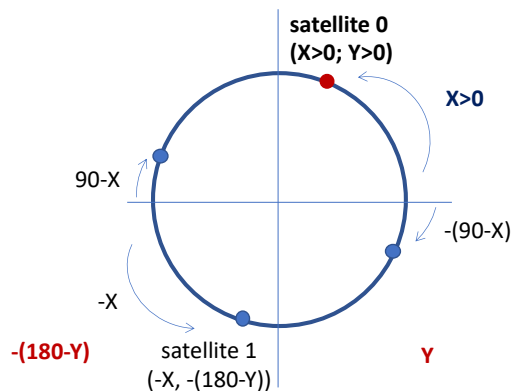
Un satellite è caratterizzato dalle seguenti informazioni:

- **Orbita** (distanza dalla superficie terrestre). Le orbite possibili sono solo tre: 35,000km, 36,000km e 37,000km per garantire la geo-stazionarietà (orbite GEO).
- **Coordinate**: la posizione rispetto all'asse terrestre. Le coordinate sono espresse usando latitudine e longitudine (X, Y) dove X è la latitudine e Y la longitudine. Per semplicità, si considerino la latitudine come valore fra (-90 e +90) e longitudine come valore fra (-180 e +180) come mostrato in figura (in rosso i valori negativi). Ad esempio noi siamo circa a (+30, +120). *Per facilità i poli e l'equatore non sono posizioni utilizzabili.*
- **Identificativo della costellazione** a cui appartiene (deve essere univoco).
- **Identificativo del satellite** (numero del satellite dentro la costellazione).



Una **costellazione** è composta da 4 satelliti. Al lancio tutti i 4 satelliti sono posizionati in un'unica posizione (orbita e coordinate stabilite). **I lanci avvengono sempre nell'emisfero nord ($X > 0$) e in orbita di sicurezza (30,000Km).** La costellazione poi si deve posizionare in una delle tre orbite possibili (35,000Km, 36,000Km, 37,000Km) in modo da avere i 4 satelliti in varie latitudini *ma stiano nello stesso piano longitudinale*:

- Il satellite 0 rimarrà nella posizione (X,Y) originale di lancio.
- Il satellite 1 andrà all'antipolo. Per calcolare l'antipolo di un punto di riferimento (X,Y) si ricorda che la latitudine è l'opposto (si cambia il segno), mentre per la longitudine è necessario sottrarre il valore assoluto del punto di riferimento a 180 e usare il segno opposto rispetto al punto di riferimento.
L'antipolo di (X, Y), con $Y > 0$ è $(-X, -(180-|Y|))$, con $Y < 0$ è $(-X, +180-|Y|)$.
- Gli altri 2 satelliti staranno sullo stesso piano longitudinale, e andranno a spostarsi in latitudini equidistanti fra il satellite 0 e il satellite 1, un satellite a Est e un satellite a Ovest, come mostrato in figura. Ad esempio, per un lancio avvenuto in (X,Y), con $Y > 0$ la posizione dei due satelliti sarà $(-(90-X); Y)$ e $(90-X, -(180-Y))$. Se al lancio $Y < 0$, allora la posizione dei due satelliti sarà $(90-X, 180-|Y|)$ e $(-(90-X), Y)$. Non c'è un ordine da rispettare per questi due satelliti.



Il **lancio** di una costellazione può avvenire in un qualunque punto (X,Y), **con $X > 0$** . (X, Y) saranno le coordinate del satellite 0. L'orbita iniziale è un'orbita di sicurezza (30,000Km), in modo da non rischiare di far collidere satelliti di costellazioni già posizionate. Al lancio, si deve controllare che nella posizione (X,Y) a 30,000Km non ci siano altri satelliti (N.B. se ci sono altri satelliti significa che appartengono a costellazioni ancora non posizionate!). **Se ci sono altri satelliti il lancio deve fallire.** Dopo il lancio si posiziona la costellazione in un'orbita libera fra le tre disponibili (35,000Km, 36,000Km o 37,000Km). Orbita libera significa che in nessuna delle 4 posizioni necessarie al posizionamento dei 4 satelliti si trovi un satellite di un'altra costellazione (N.B. non è sufficiente controllare che non ci siano satelliti in X, Y, **ma si devono controllare le 4 posizioni**). Se nessuna delle tre orbite risultasse libera, si cambi la posizione, sommando +1 a X, finché non si trovi una posizione disponibile, limitando a 3 il numero di cambi e mantenendo l'orbita a 37,000. Se il terzo cambio di orbita fallisce si ritorni errore e si posiziona la costellazione a 40,000Km, che è sufficiente per fuggire all'orbita terrestre (diventando quindi spazzatura spaziale), e si disattivino i satelliti.

Implementazione

Creare una classe che implementi il **sistema di posizionamento base**. La classe deve contenere l'orbita e le coordinate X (latitudine) e Y (longitudine). Un sistema di posizionamento deve essere in grado di:

- Inizializzare e modificare l'orbita e le coordinate
- Ritornare l'orbita e le coordinate

Creare la classe **satellite**, che estenda la classe del sistema di posizionamento. La classe satellite deve contenere tutte le informazioni specificate da progetto (orbita, coordinate, identificativo satellite, identificativo costellazione). Un satellite deve essere in grado di:

- ritornare la sua posizione e orbita
- specificare se è allineato oppure no
- ritornare il nome della costellazione a cui appartiene
- specificare se è il satellite principale (satellite 0) della costellazione oppure no
- modificare la propria posizione

Creare una **costellazione**, intesa come insieme di 4 satelliti. Ogni costellazione deve essere in grado di:

- ritornare il suo identificativo
- ritornare la posizione di ogni satellite da cui è costituita
- ritornare l'orbita su cui si trova (comune a tutti i satelliti della costellazione!)
- implementare il lancio della costellazione (con controllo di fattibilità: se le coordinate X,Y dell'orbita 30,000Km non sono libere il lancio deve fallire)
- implementare l'allineamento della costellazione (con controllo di fattibilità ed eventualmente aggiustamento della posizione dei 4 satelliti, prima cambiando orbita, poi cambiando posizione per massimo 3 volte)
- permettere la cancellazione della costellazione (orbita a 40,000 e satelliti non più attivi)
- controllare l'allineamento dei suoi satelliti (verificare che i 4 satelliti siano nello stesso piano longitudinale e siano equidistanti)

Creare un programma di test per:

1 – lanciare una costellazione nella posizione (30, 60). Stampare a terminale se il lancio ha avuto successo oppure no. Posizionare i satelliti nell'orbita 35,000Km, confermando l'avvenuto allineamento a terminale. Stampare poi nel terminale il nome della costellazione, la posizione del satellite 0 e poi la posizione di ogni satellite (posizione nella forma latitudine, longitudine, orbita)

2 – lanciare altre tre costellazioni, in posizione (40, 50), (10, -50), (80, -120), e posizionarle tutte in orbita 35,000. Stampando nel terminale (i) se il lancio ha avuto successo, (ii) se il posizionamento ha avuto successo, (iii) il nome della costellazione e la posizione di ogni satellite della stessa

3 – stampare a terminale il numero di satelliti lanciati (BONUS: farlo in maniera elegante)

4 – lanciare un'altra costellazione nella posizione (30, 60). Stampare a terminale se il lancio ha avuto successo oppure no. Non posizionare la costellazione

5 – lanciare un'altra costellazione nella posizione (30, 60). Il lancio dovrebbe fallire (i 4 satelliti non sono lanciati), visto che c'è una costellazione in quella posizione non ancora allineata. Stampare a terminale eventuali errori

6 – tentare di posizionare i satelliti della costellazione lanciata al punto 4 nell'orbita 35,000Km. Stampare a terminale eventuali errori di posizionamento, provare con l'orbita successiva e quindi stampare la posizione di ogni satellite della costellazione

7 – posizionare una terza costellazione nella posizione (30, 60), posizionandola nell'unica orbita disponibile. A questo punto la posizione (30, 60) dovrebbe essere satura visto che le tre orbite (35,000 – 36,000 – 37,000) della posizione (30, 60) sono occupate

8 – ripetere il punto 7 con una quarta costellazione. Questa costellazione non potrebbe posizionarsi a (30, 60) in quanto le tre orbite sono occupate. Quindi verificare che la costellazione sia posizionata a (31, 60) a 37,000Km

9 – ripetere il punto 7 con una quinta costellazione, che dovrebbe posizionarsi a (32, 60) a 37,000Km

10 – ripetere il punto 7 con una sesta costellazione, che dovrebbe posizionarsi a (33, 60) a 37,000Km

11 – ripetere il punto 7 con una settima costellazione che, dopo i 3 tentativi deve essere posizionata a 40,000 e i propri satelliti non essere allineati e non attivi

12 – stampare il numero di satelliti lanciati e di satelliti allineati (satellite allineato non è la stessa cosa di satellite lanciato). BONUS: farlo in maniera elegante.