

CẢM BIẾN, ĐIỀU KHIỂN VỆ TINH VÀ ĐỒ ÁN

BIẾN ĐỔI GIỮA ECI VÀ ECEF



ThS. Trịnh Hoàng Quân

Mục lục



Hệ quy chiếu ECI và ECEF

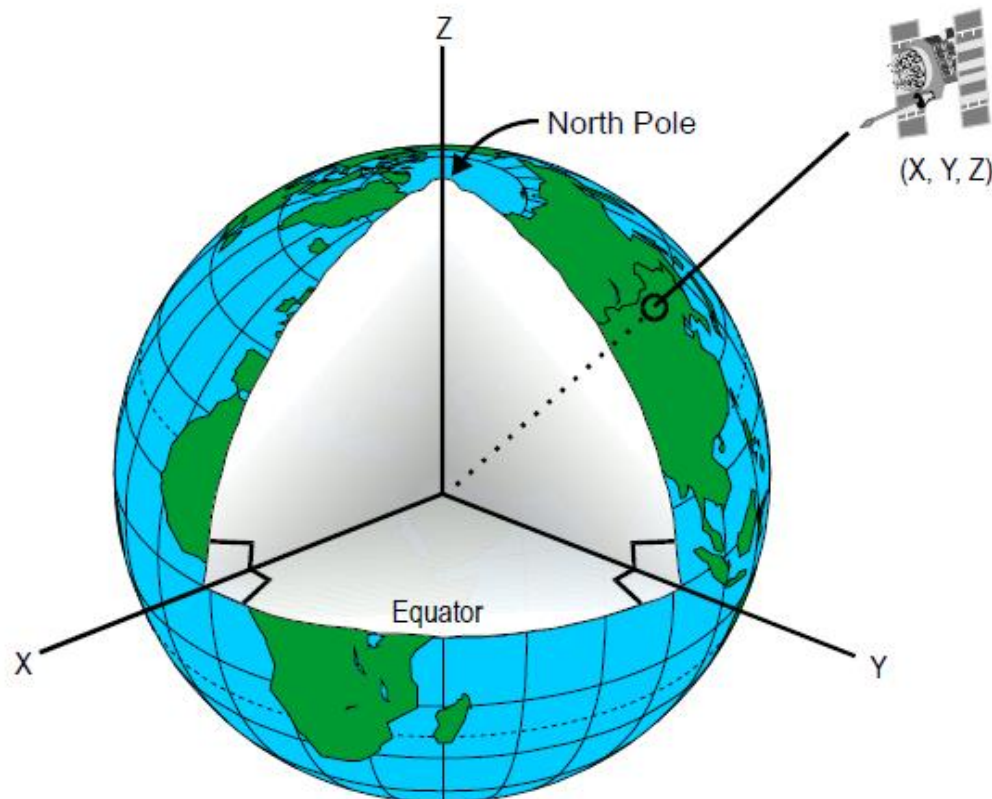


Hệ thống thời gian



Chuyển đổi giữa ECI và ECEF

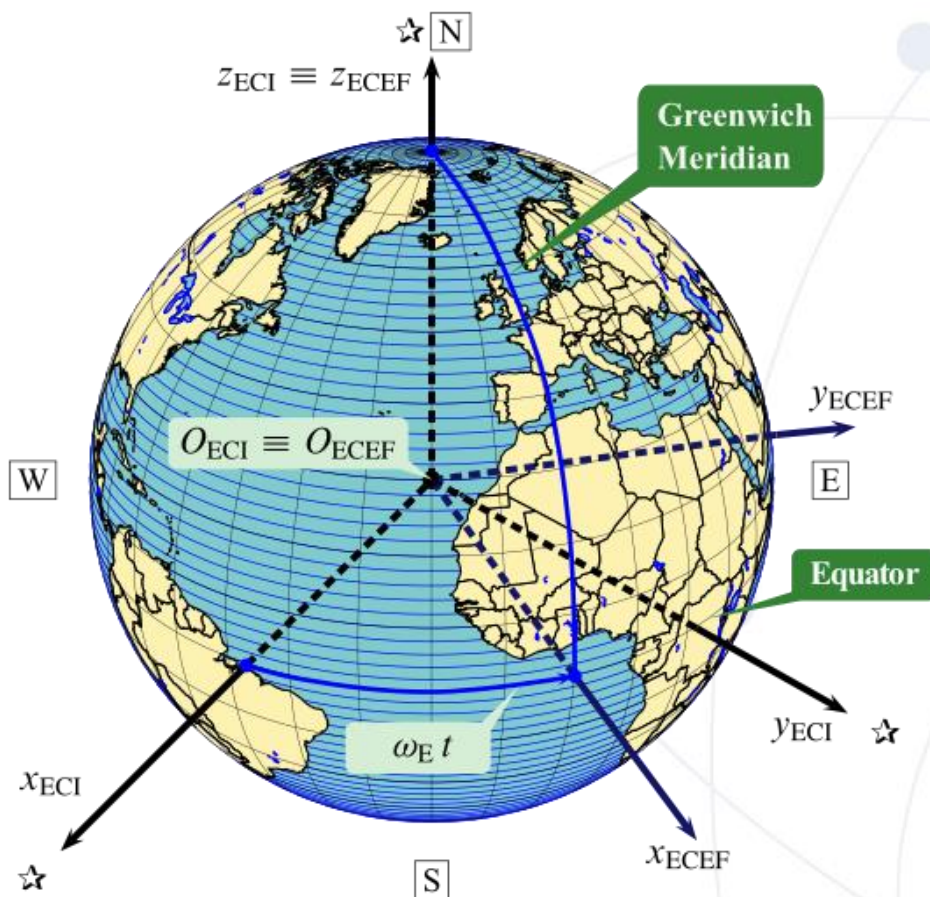
ECI



ECI (*Earth-centered inertial*) là hệ quy chiếu quán tính tâm Trái Đất, thường được ký hiệu là $\{i\}$ có ba trục được chọn như sau:

- Trục X theo hướng đường xuân phân
- Trục Z theo hướng trục tự quay của Trái Đất, vuông góc với mặt phẳng xích đạo
- Trục Y được chọn theo quy tắc bàn tay phải

ECEF



ECEF (*Earth-centered Earth-fixed*) là hệ quy chiếu gắn cứng với Trái Đất, thường được ký hiệu là $\{e\}$ có ba trục được chọn như sau:

- Trục X theo hướng từ tâm Trái Đất tới điểm có kinh độ và vĩ độ bằng 0^0
- Trục Z theo hướng từ tâm Trái Đất tới điểm cực bắc
- Trục Y được chọn theo quy tắc bàn tay phải

Chuyển đổi tọa độ giữa (X, Y, Z) và kinh độ & vĩ độ

- Giả sử một điểm có kinh độ λ , vĩ độ φ và khoảng cách tới tâm Trái Đất r
- Ta có:

$$X = r \cdot \cos\varphi \cdot \cos\lambda$$

$$Y = r \cdot \cos\varphi \cdot \sin\lambda$$

$$Z = r \cdot \sin\varphi$$

Mục lục



Các hệ quy chiếu



Hệ thống thời gian



Chuyển đổi giữa ECI và ECEF

Ngày Julian

- Ngày Julian là số ngày đếm từ 01/01, năm 4713 TCN, theo lịch Julian (tức 24/11, năm 4714 TCN theo lịch Gregorian)
- JDN (Julian Day Number) là một số nguyên ứng với số ngày Julian tính vào buổi trưa theo giờ Quốc tế
 - Ví dụ: JDN tại 12:00 UT 01/01/2000 là 2,451,545
- JD (Julian Date) là JDN của buổi trưa liền trước cộng với phần lẻ của ngày tính tới thời điểm hiện tại
 - Ví dụ: JD tại 18:00 UT 01/01/2000 là 2,451,545.25

Công thức tính ngày Julian

$$a = \left\lfloor \frac{14 - month}{12} \right\rfloor$$

$$y = year + 4800 - a$$

$$m = month + 12a - 3$$

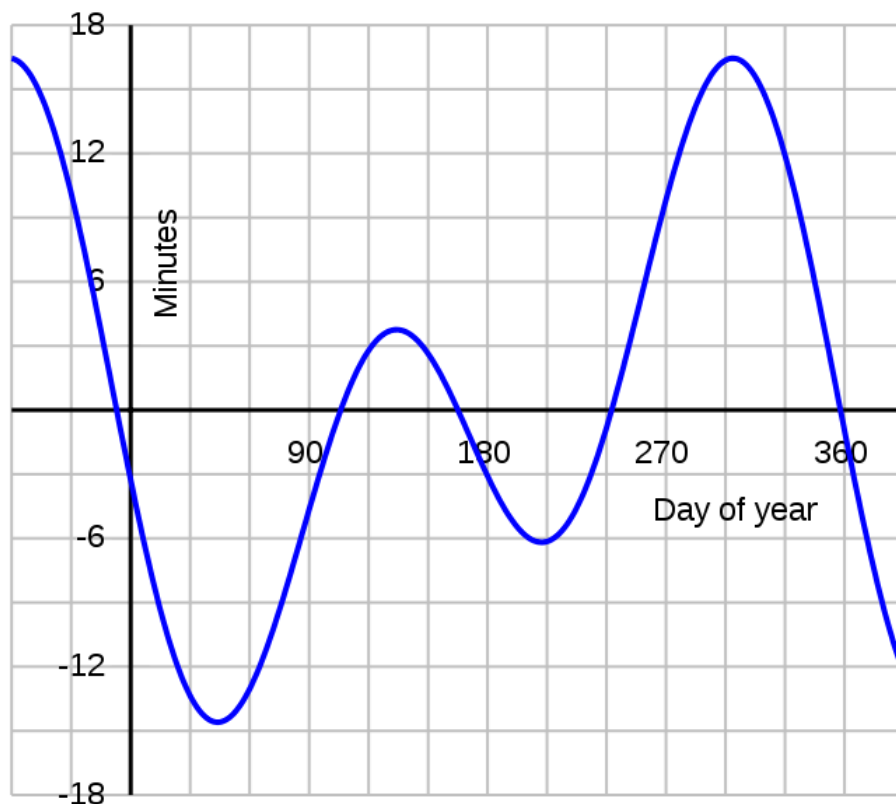
$$JDN = day + \left\lfloor \frac{153m + 2}{5} \right\rfloor + 365y + \left\lfloor \frac{y}{4} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{y}{100} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{y}{400} \right\rfloor - 32045$$

$$JD = JDN + \frac{hour - 12}{24} + \frac{minute}{1440} + \frac{second}{86400}$$

Thế nào là một ngày?

- Hệ thống thời gian mà chúng ta sử dụng hằng ngày thực chất là thời gian mặt trời (*solar time*), là hệ thống thời gian xây dựng dựa trên quan sát chuyển động của Mặt Trời trên bầu trời
- Một ngày mặt trời là khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp Mặt Trời đi qua đường kinh tuyến địa phương
- Sau đó:
 - 1 ngày được chia ra thành 24 giờ
 - 1 giờ được chia ra thành 60 phút
 - 1 phút được chia ra thành 60 giây

Thời gian mặt trời tức thời và trung bình

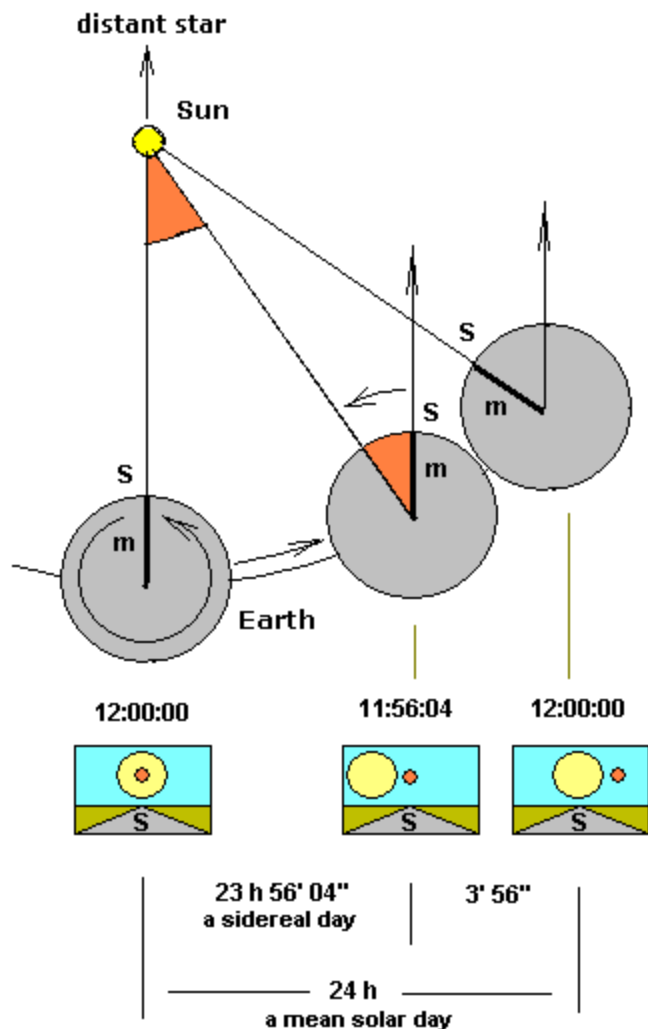


**Sự khác biệt giữa một ngày mặt trời tức thời
(có độ dài thay đổi phụ thuộc vào vị trí của Trái Đất)
và một ngày mặt trời trung bình**

Thời gian Quốc tế

- Thời gian Quốc tế (*Universal Time* – UT) là hệ thống thời gian chuẩn, có nhiều phiên bản, chênh lệch nhau khoảng vài giây, trong đó phổ biến nhất là UTC và UT1
- UTC là chuẩn thời gian được xây dựng dựa trên đồng hồ nguyên tử, một ngày UTC được định nghĩa bằng đúng 86400 giây SI
- UT1 là chuẩn thời gian mà chúng ta sử dụng hàng ngày, một ngày UT1 bằng một ngày mặt trời trung bình, một giây UT1 bằng một giây SI
- “Giây nhuận” được sử dụng để hiệu chỉnh thời gian nhằm giữ cho sự sai khác giữa UTC và UT1 không quá 0.9 giây

Thời gian thiên văn



- Thời gian thiên văn (*sidereal time*) là hệ thống thời gian dựa trên tốc độ tự quay của Trái Đất được đo so với các ngôi sao trên bầu trời
- Một ngày thiên văn là khoảng thời gian để Trái Đất tự quay được một vòng
- Đối với một hành tinh như Trái Đất, một ngày thiên văn ngắn hơn một ngày mặt trời

Mục lục



Các hệ quy chiếu



Hệ thống thời gian



Chuyển đổi giữa ECI và ECEF

ECI and ECEF

- Khi tính toán vị trí của vệ tinh ở một thời điểm bất kỳ, kết quả thu được sẽ là tọa độ của vệ tinh trong hệ quy chiếu ECI
- Trong ứng dụng thực tế, chúng ta cần biết vị trí của vệ tinh so với mặt đất, tức là cần biết vị trí của vệ tinh được viết trong hệ quy chiếu ECEF

=> Cần tính được ma trận R_{ie}

Ma trận R

Ma trận chuyển động quay của Trái Đất có thể tính bằng công thức:

$$R = R(Z, GAST)$$

Với GAST (Greenwich apparent sidereal time) là thời gian thiên văn tức thời so với đường kinh tuyến gốc

Trong trường hợp không cần quá chính xác, ta có thể sử dụng GMST (Greenwich mean sidereal time), thời gian thiên văn trung bình so với đường kinh tuyến gốc, thay cho GAST

Tính GMST

1. Tính JDN của thời điểm hiện tại
2. Tính số thế kỷ theo lịch Julius tính từ J2000 tới thời điểm hiện tại

$$T_0 = \frac{JDN - 2451545}{36525}$$

3. Tính GMST [deg] tại 0h UT

$$G_0 = 100.4606184 + 36000.77004.T_0 + 0.000387933.T_0^2 - 0.00000002583.T_0^3$$

4. Tính GMST [deg] tại thời điểm hiện tại

$$GMST = G_0 + 360.98564724 \frac{t}{86400}$$

Bài tập

- 1) Viết hàm tính GMST tại một thời điểm bất kỳ
- 2) Viết hàm tính R_{ie} tại một thời điểm bất kỳ
- 3) Viết hàm tính tọa độ của một điểm viết trong hệ quy chiếu ECI tại một thời điểm bất kỳ khi biết kinh độ và vĩ độ của nó