



# HUST

**ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
HANOI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ONE LOVE. ONE FUTURE.



**ĐẠI HỌC**  
**BÁCH KHOA HÀ NỘI**  
HANOI UNIVERSITY  
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

# Nghiên cứu bộ thu mềm giải mã tín hiệu NavIC

Sinh viên: Lý Văn Hiếu

MSSV: 20204829

Lớp: KTMT.02-K65

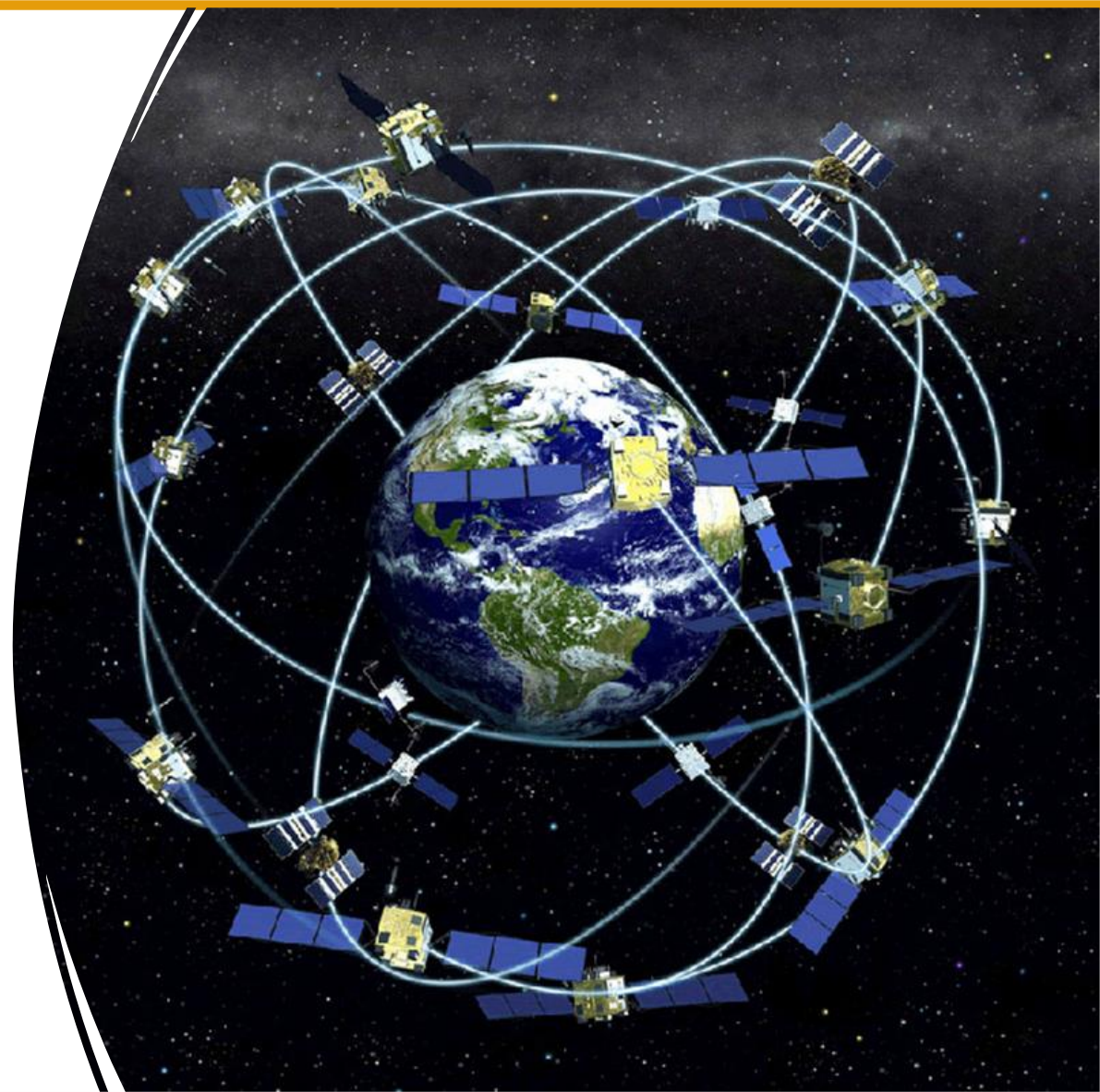
Giảng viên hướng dẫn: TS. Hoàng Văn Hiệp

ONE LOVE. ONE FUTURE.

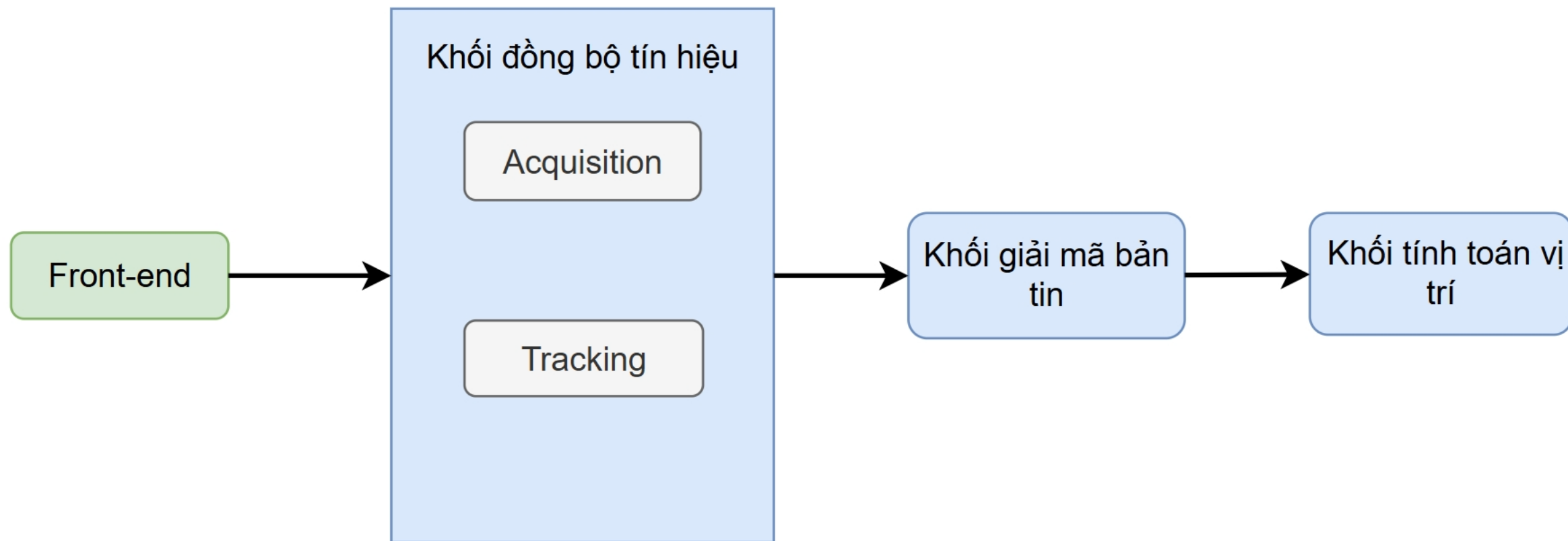
1. Đặt vấn đề
2. Các thành phần của bộ thu mềm
3. Kết quả thực nghiệm
4. Kết luận

# 1. Đặt vấn đề

- Các hệ thống định vị sử dụng vệ tinh ngày càng phát triển
  - ➔ IRNSS/NavIC ra đời
  - ➔ Tiềm năng ứng dụng tại Việt Nam
- Ưu điểm của bộ thu mềm so với bộ thu cứng
  - ➔ Xây dựng bộ thu mềm giải mã tín hiệu NavIC



## 2. Các thành phần của bộ thu mềm



## 2.1. Front-end

- Thu tín hiệu từ ăng-ten
- Chuyển tần số tín hiệu từ tần số L5 (NavIC) về tần số trung gian
- Biến đổi tương tự-số

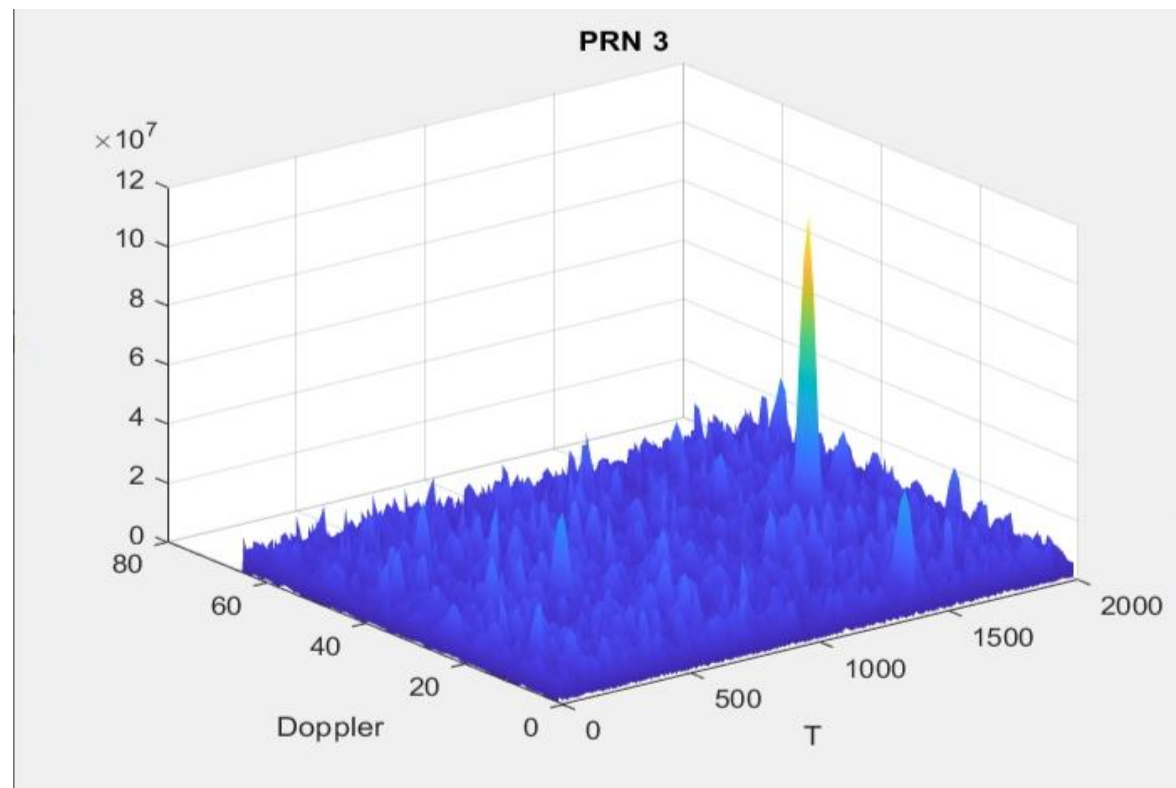




## 2.2. Khối đồng bộ tín hiệu (1)

### a) Acquisition – Khai phá tín hiệu

- Xác định sự tồn tại của tín hiệu trong dữ liệu thu được
- Dựa vào 3 tham số:
  - Mã trải phổ
  - Tần số Doppler
  - Độ trễ mã trải phổ



## 2.2. Khối đồng bộ tín hiệu (2)

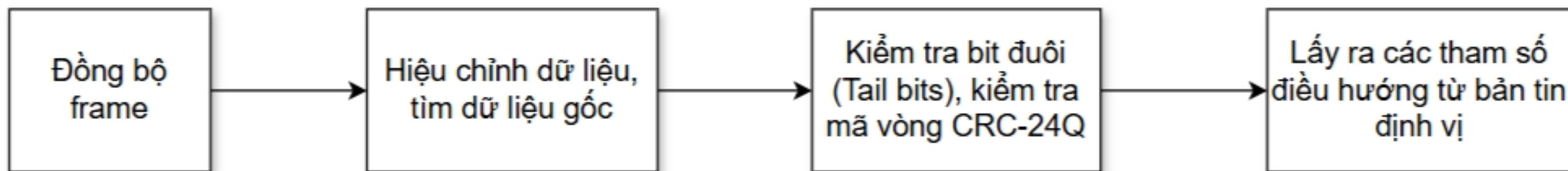
### b) Tracking – Bám tín hiệu

- Tần số Doppler, độ trễ mã trải phổ: độ chính xác chưa cao
  - ➔ Bám tín hiệu để ước lượng chính xác
- Giải trải phổ, giải điều chế sóng mang
- Đồng bộ bit: 20 giá trị liên tiếp bằng 1, -1
  - ➔ Kết quả: dòng bit dữ liệu



## 2.3. Khối giải mã bản tin (1)

Từ dòng bit đầu vào -> giải mã ra bản tin định vị



## 2.3. Khối giải mã bản tin (2)

### a) Đồng bộ frame

- Mục đích: tìm ra vị trí bắt đầu subframe

| Master frame 2400 ký hiệu (48s) |         |                    |         |                    |         |                    |         |
|---------------------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|--------------------|---------|
| Subframe 1                      |         | Subframe 2         |         | Subframe 3         |         | Subframe 4         |         |
| 600 ký hiệu (12 s)              |         | 600 ký hiệu (12 s) |         | 600 ký hiệu (12 s) |         | 600 ký hiệu (12 s) |         |
| Đồng bộ                         | Dữ liệu | Đồng bộ            | Dữ liệu | Đồng bộ            | Dữ liệu | Đồng bộ            | Dữ liệu |
| 16                              | 584     | 16                 | 584     | 16                 | 584     | 16                 | 584     |

- 16 bit đồng bộ: EB90 (Hexa)
- Lấy ra đoạn dữ liệu:  $2400 \times 20$

## 2.3. Khối giải mã bản tin (3)

b) Hiệu chỉnh dữ liệu, tìm dữ liệu gốc

- Gộp 20 bit 1, -1 thành 1 bit 1, 0
- Tách bỏ 16 bit đồng bộ, xử lý 584 bit của mỗi subframe
- Dữ liệu được viết theo cột, đọc theo hàng

| Tham số   | Sắp xếp |
|---|---------|
| Kích thước bộ xen kẽ khối                       | 584     |
| Kích thước bộ xen kẽ khối ( $n$ cột x $k$ hàng) | 73 x 8  |

- Mã hóa ngược FEC: 584 bit -> 292 bit dữ liệu gốc
- ➔ Kết quả:  $292 \times 4$  bit

## 2.3. Khối giải mã bản tin (4)

### c) Kiểm tra bit đuôi, kiểm tra mã vòng CRC

- Đặc trưng trong mỗi subframe: 6 bit đuôi “0 0 0 0 0 0”
- Sử dụng CRC-24Q phát hiện lỗi

## 2.3. Khối giải mã bản tin (5)

### d) Lấy ra các tham số điều hướng

- Tập trung vào subframe 1 và 2

- Dựa vào cấu trúc phần dữ liệu (DATA), lấy ra tham số điều hướng

| 1         | 9          | 26       | 27       | 28          | 30       | 31          | 263        | 287       |
|-----------|------------|----------|----------|-------------|----------|-------------|------------|-----------|
| TLM       | TOWC       | ALERT    | AUTONAV  | SUBFRAME ID | SPARE    | DATA        | CRC        | Tail      |
| 8<br>BITS | 17<br>BITS | 1<br>BIT | 1<br>BIT | 2<br>BITS   | 1<br>BIT | 232<br>BITS | 24<br>BITS | 6<br>BITS |

Cấu trúc 292 bit dữ liệu

➔ Kết quả: giá trị của các tham số điều hướng

## 2.4. Khối tính toán vị trí

- Đầu vào là các tham số thu được sau khi giải mã bản tin
- Tính toán vị trí từng vệ tinh, giả khoảng cách
- Tìm được ít nhất vị trí 4 vệ tinh
  - ➔ Tính ra được vị trí bộ thu

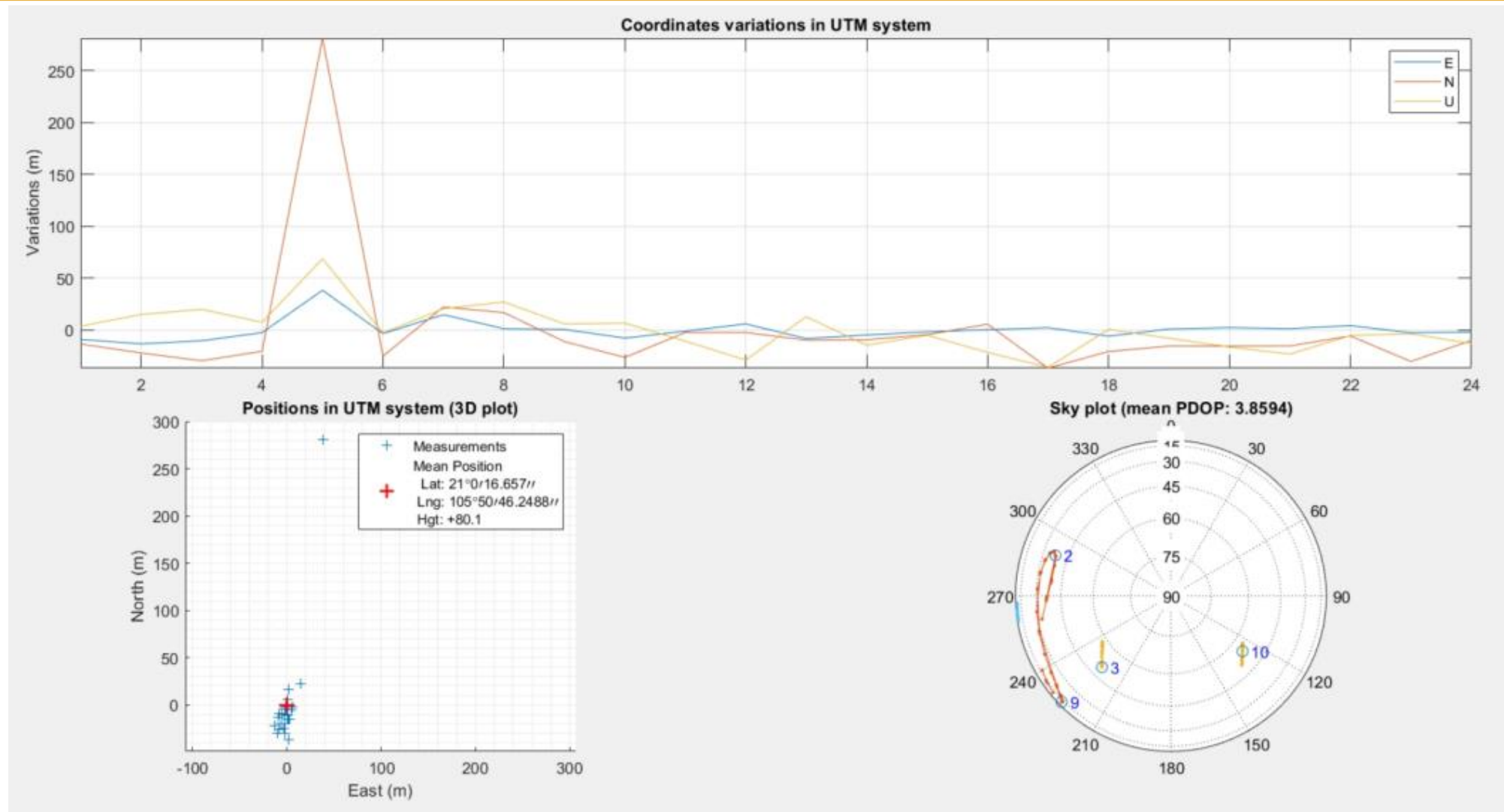


### 3. Kết quả thực nghiệm (1)

#### \* Thiết lập thí nghiệm:

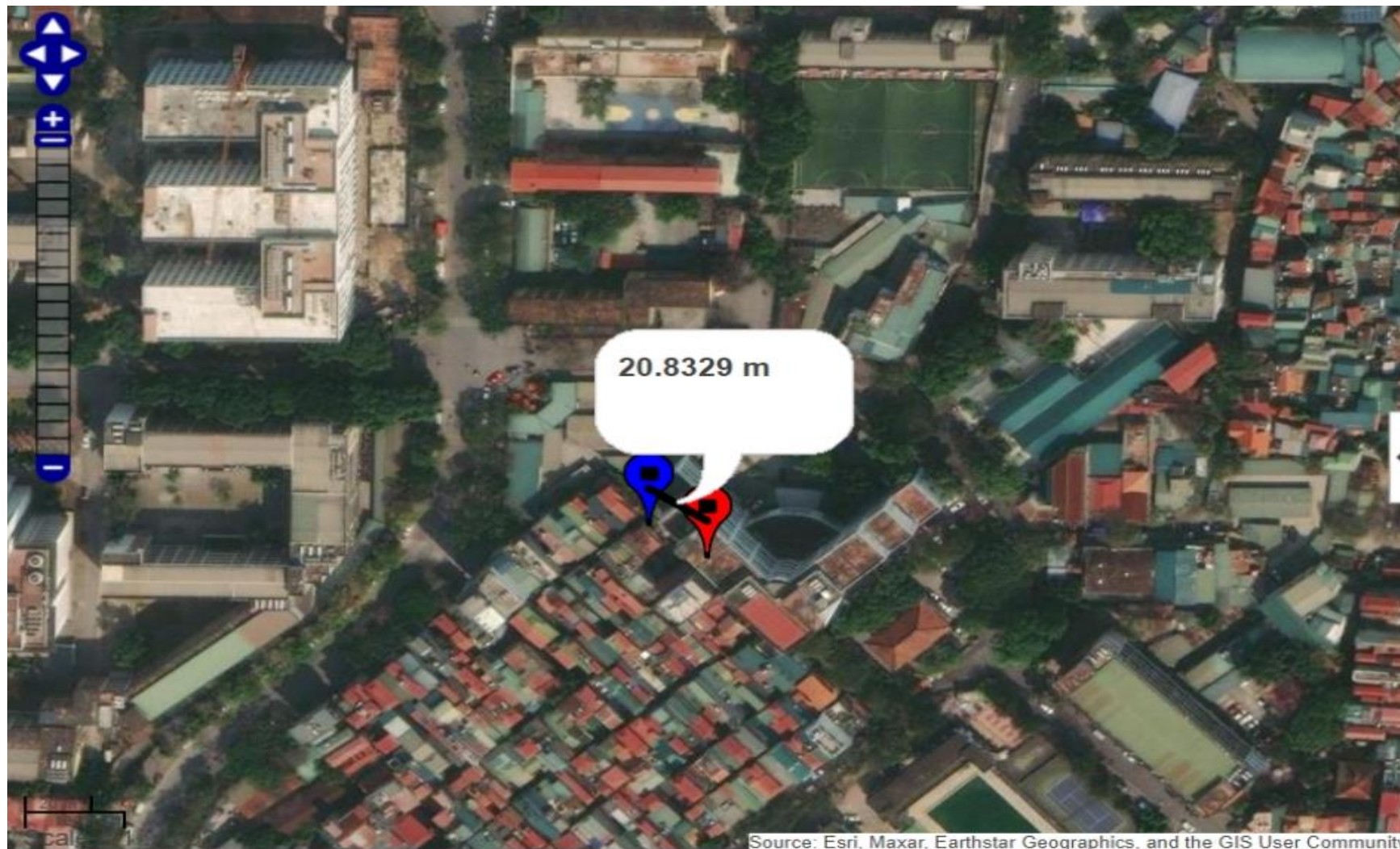
- Sử dụng USRP X300
- Dữ liệu thu tự động
- Bộ dữ liệu thử nghiệm: 9h 28/05 – 9h 29/05/2024

### 3. Kết quả thực nghiệm (2)



Kết quả tính toán

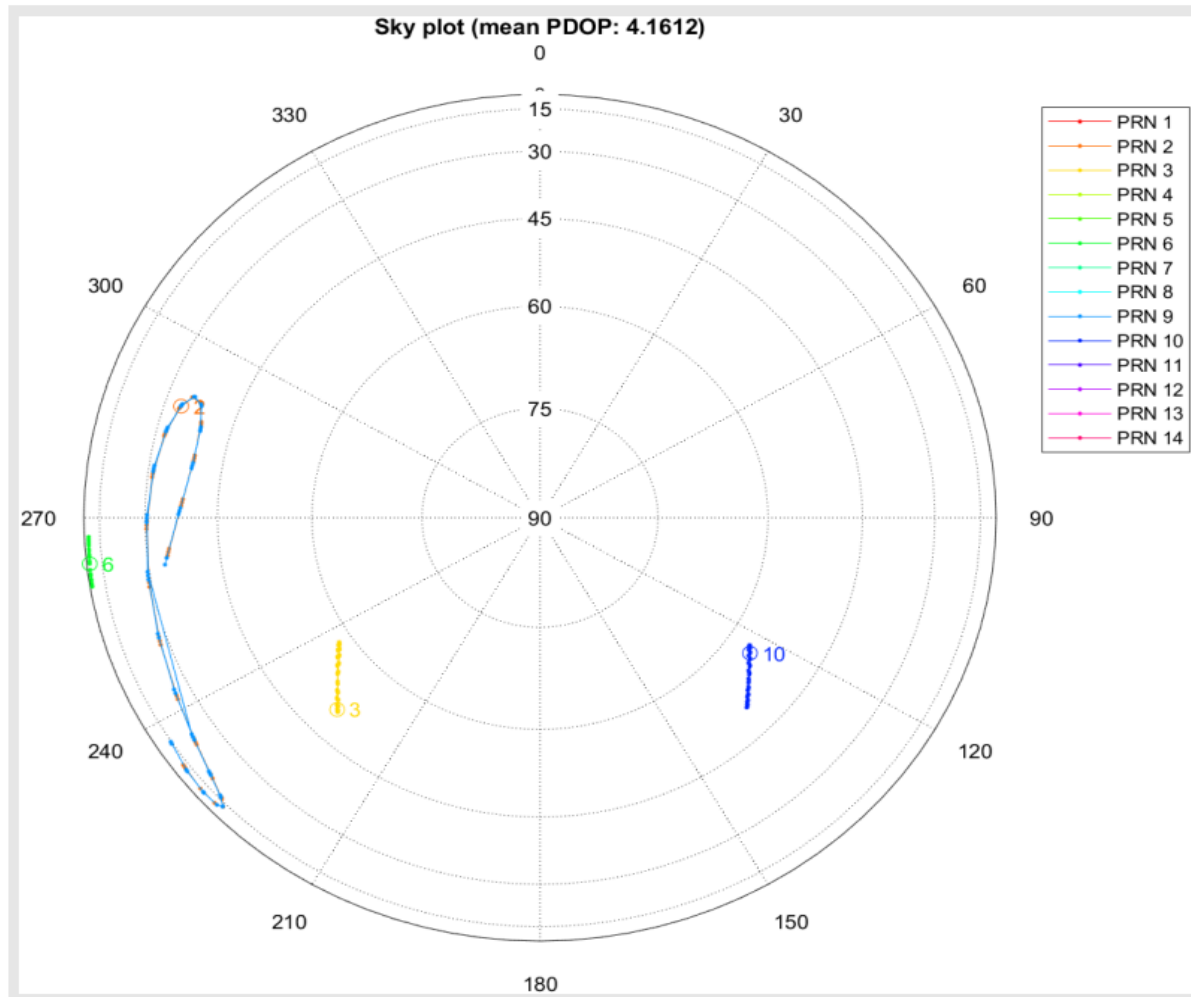
### 3. Kết quả thực nghiệm (3)



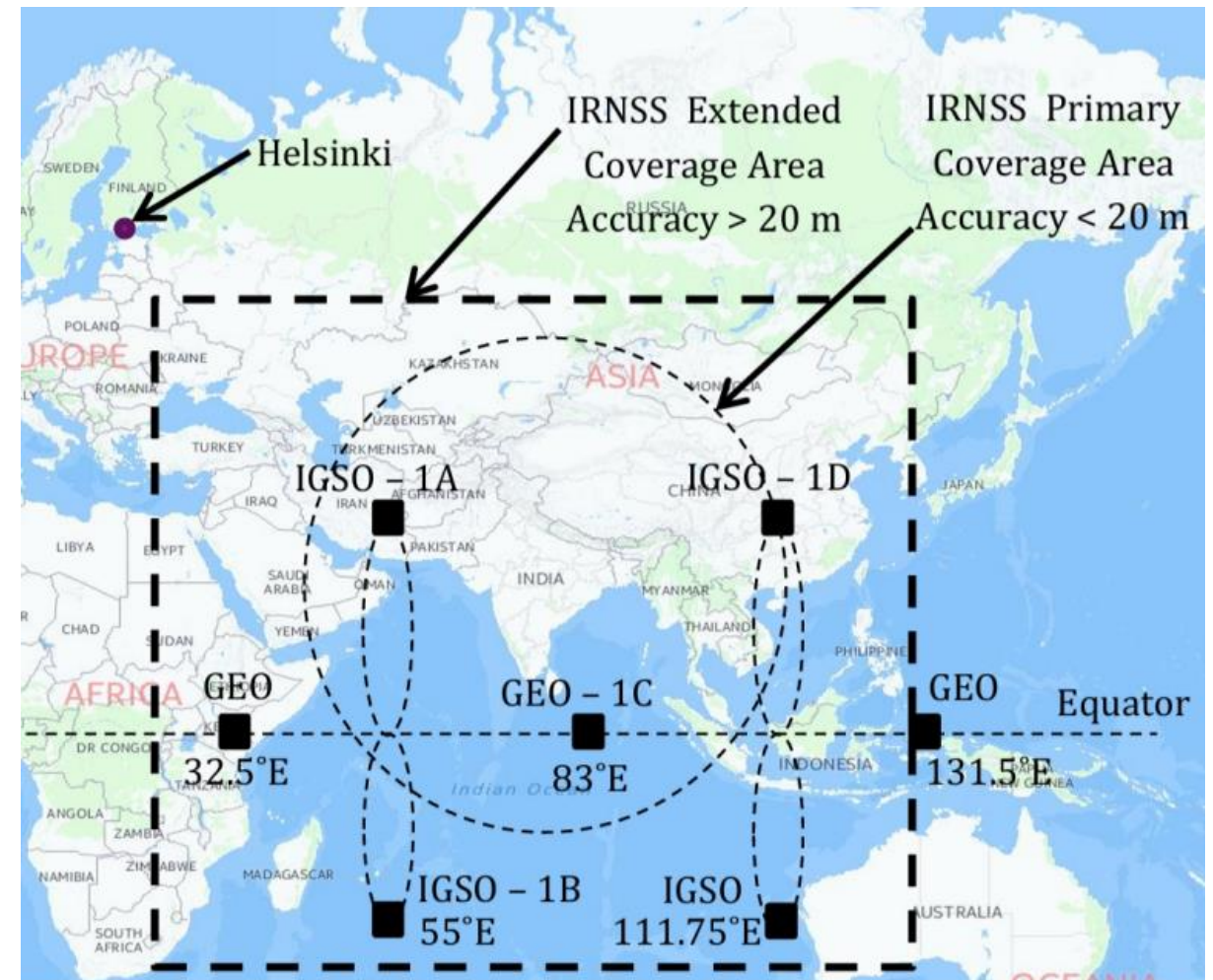
Vị trí bộ thu tính toán được so với thực tế



### 3. Kết quả thực nghiệm (4)



Quỹ đạo của vệ tinh tính toán được



Quỹ đạo vệ tinh trên thực tế

## 4. Kết luận

### → Công việc được giải quyết:

- Nghiên cứu lý thuyết bộ thu mềm
- Đặc trưng tín hiệu và bản tin của NavIC
- Xây dựng bộ thu
- Thực nghiệm

### → Vấn đề:

- Độ chính xác chưa đủ cao
- Yêu cầu thời gian thực

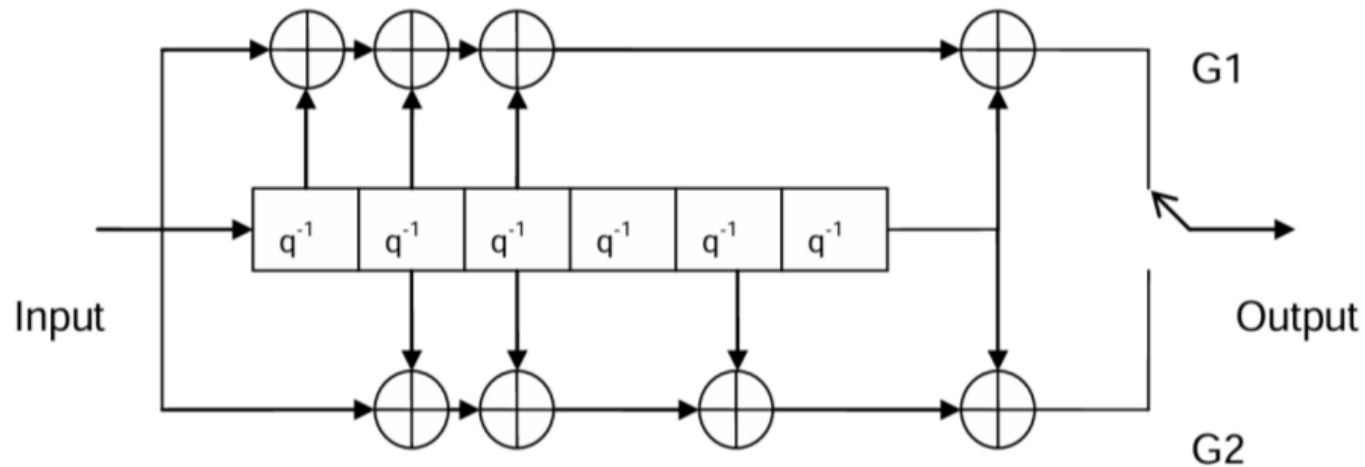


**HUST**

**THANK YOU !**



Sơ đồ mã hóa FEC:



Tham số mã hóa FEC:

| Tham số          | Giá trị                          |
|------------------|----------------------------------|
| Tốc độ mã hóa    | $\frac{1}{2}$                    |
| Sơ đồ mã hóa     | Mã chập                          |
| Độ dài ràng buộc | 7                                |
| Đa thức sinh     | $G1 = (171)_8$<br>$G2 = (133)_8$ |
| Trình tự mã hóa  | G1 sau đó G2                     |

# Phụ lục: Bố cục dữ liệu subframe 1 và 2

Bố cục dữ liệu của subframe 1

| Số lượng (bits) | Tham số         | Vị trí bit | Số lượng (bits) | Tham số        | Vị trí bit |
|-----------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|------------|
| 10              | <b>WN</b>       | 31-40      | 1               | <b>L5 Flag</b> | 155        |
| 22*             | $a_{f0}$        | 41-62      | 1               | <b>S Flag</b>  | 156        |
| 16*             | $a_{f1}$        | 63-78      | 15*             | $C_{uc}$       | 157-171    |
| 8*              | $a_{f2}$        | 79-86      | 15*             | $C_{us}$       | 172-186    |
| 4               | <b>URA</b>      | 87-90      | 15*             | $C_{ic}$       | 187-201    |
| 16              | $t_{oc}$        | 91-106     | 15*             | $C_{is}$       | 202-216    |
| 8*              | $t_{GD}$        | 107-114    | 15*             | $C_{rc}$       | 217-231    |
| 22*             | $\Delta n$      | 115-136    | 15*             | $C_{rs}$       | 232-246    |
| 8               | <b>IODEC</b>    | 137-144    | 14*             | <b>IDOT</b>    | 247-260    |
| 10              | <b>Reserved</b> | 145-154    | 2               | <b>Spare</b>   | 261-262    |

Bố cục dữ liệu của subframe 2

| Số lượng (bits) | Tham số    | Vị trí bit | Số lượng (bits) | Tham số        | Vị trí bit |
|-----------------|------------|------------|-----------------|----------------|------------|
| 32*             | $M_0$      | 31-62      | 32*             | $\omega$       | 175-206    |
| 16              | $t_{oe}$   | 63-78      | 22*             | $\dot{\Omega}$ | 207-228    |
| 32              | <b>e</b>   | 79-110     | 32*             | $i_0$          | 229-260    |
| 32              | $\sqrt{A}$ | 111-142    | 2               | <b>Spare</b>   | 261-262    |
| 32*             | $\Omega_0$ | 143-174    |                 |                |            |

# Phụ lục: Ý nghĩa các tham số của subframe 1 và 2

| Tham số    | Ý nghĩa  | Hệ số tỷ lệ | Đơn vị               |
|------------|--|-------------|----------------------|
| WN         | Số tuần  | 1           | week                 |
| $a_{f0}$   | Độ lệch đồng hồ  | $2^{-31}$   | sec                  |
| $a_{f1}$   | clock drift  | $2^{-43}$   | sec/sec              |
| $a_{f2}$   | Tốc độ clock drift                                     | $2^{-55}$   | sec/sec <sup>2</sup> |
| URA        | Độ chính xác vệ tinh                                   | 1           |                      |
| $t_{oc}$   | Thời gian đồng hồ                                      | 16          | sec                  |
| $T_{GD}$   | Tổng độ trễ nhóm                                       | $2^{-31}$   | sec                  |
| $\Delta n$ | Sai số chuyển động trung bình                          | $2^{-41}$   | semi-circles/sec     |
| IODEC      | Số phát hành dữ liệu quỹ đạo và đồng hồ                | 1           |                      |
| $C_{uc}$   | Biên độ của phần điều chỉnh cosin với tham số vĩ độ    | $2^{-28}$   | radians              |
| $C_{us}$   | Biên độ của phần điều chỉnh sin với tham số vĩ độ      | $2^{-28}$   | radians              |
| $C_{ic}$   | Biên độ của phần điều chỉnh cosin với góc nghiêng      | $2^{-28}$   | radians              |
| $C_{is}$   | Biên độ của phần điều chỉnh sin với góc nghiêng        | $2^{-28}$   | radians              |
| $C_{rc}$   | Biên độ của phần điều chỉnh cosin với bán kính quỹ đạo | $2^{-4}$    | meters               |
| $C_{rs}$   | Biên độ của phần điều chỉnh sin với bán kính quỹ đạo   | $2^{-4}$    | meters               |
| IDOT       | Tốc độ góc nghiêng                                     | $2^{-43}$   | semi-circles/sec     |

Ý nghĩa các tham số của subframe 1

| Tham số        | Ý nghĩa                        | Hệ số tỷ lệ | Đơn vị           |
|----------------|--------------------------------|-------------|------------------|
| $M_0$          | Dị thường trung bình           | $2^{-31}$   | semi-circles     |
| $t_{oe}$       | Thời gian ephemeris            | 16          | sec              |
| $e$            | Độ lệch tâm                    | $2^{-33}$   | dimensionless    |
| $\sqrt{A}$     | Căn bậc hai của trục bán chính | $2^{-19}$   | $\sqrt{metres}$  |
| $\Omega_0$     | Kinh độ nút tăng               | $2^{-31}$   | semi-circles     |
| $\omega$       | Tham số cận điểm               | $2^{-31}$   | semi-circles     |
| $\dot{\Omega}$ | Tốc độ RAAN                    | $2^{-41}$   | semi-circles/sec |
| $i_0$          | Độ nghiêng                     | $2^{-31}$   | semi-circles     |

Ý nghĩa các tham số subframe 2

- Đa thức sinh mã CRC-24Q:

$$g(X) = \sum_{i=0}^{24} g_i X^i$$

Trong đó:  $g_i = 1$  với  $i = 0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14, 17, 18, 23, 24$   
 $g_i = 0$  với  $i$  khác.