

# Tiếp nhận và giải mã tín hiệu của hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu Galileo

TRƯƠNG MINH ĐỨC, TRẦN THÀNH TRUNG, NGUYỄN ĐÌNH THUẬN,  
LÃ THỂ VINH, TẠ HẢI TÙNG

Trung tâm Quốc tế Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Định vị Sử dụng Vệ tinh, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

## RECEIVING AND DECODING OF NAVIGATION SIGNAL OF FIRST SATELLITES OF GALILEO SATELLITE NAVIGATION SYSTEM IN HANOI

Summary

**Galileo system - the European Global Navigation Satellite System (GNSS) - is being developed based on the most advanced and modern technologies towards the objective of providing highly accurate and reliable navigation services to civil users worldwide. It is foreseen that the Galileo system will start to provide its navigation services from 2015, and will be completed by 2020. In December 17<sup>th</sup> 2012, the Navisoft receiver; which is a multiGNSS Software - Defined Radio (SDR) receiver developed by the International Centre for Research and Development of Satellite Navigation in South - East Asia (NAVIS Centre), Hanoi University of Science and Technology, has successfully received and decoded the navigation signals of the first 4 satellites of the Galileo system. This initial achievement has paved the way for the development of the Galileo technologies, as well as the multiGNSS navigation solutions in HUST, and in Vietnam in general.**

### Mở đầu

Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu Galileo được Liên minh châu Âu (EU) phát triển với các công nghệ tiên tiến và hiện đại nhất nhằm mục đích chính là phục vụ lĩnh vực dân dụng. Hệ thống hứa hẹn mang đến cho người sử dụng trên toàn thế giới dịch vụ định vị với độ chính xác và độ tin cậy cao. Theo dự kiến, hệ thống Galileo sẽ bắt đầu cung cấp dịch vụ vào năm 2015, và hoàn thành vào năm 2020. Vào ngày 17.12.2012, nhóm nghiên cứu phát triển bộ thu định vị đa hệ thống SDR Navisoft của Trung tâm Quốc tế Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Định vị Sử dụng Vệ tinh (NAVIS) thuộc Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã tiếp nhận và giải mã thành công tín hiệu định vị của 4 vệ tinh đầu tiên thuộc hệ thống Galileo. Kết quả này mở ra khả năng làm chủ và phát triển công nghệ định vị Galileo cũng như các giải pháp định vị đa hệ thống tại Việt Nam.

### Giới thiệu về hệ thống Galileo

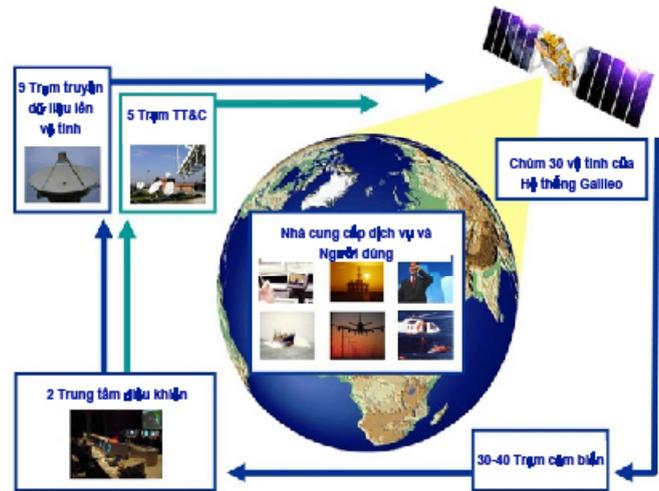
Ủy ban châu Âu (EC) cho rằng, “*hệ thống Galileo sẽ bảo đảm sự độc lập của châu Âu trong một lĩnh vực đang ngày càng trở nên thiết yếu đến nền kinh tế và phúc lợi của người dân*” [1]. Tuy nhiên, từ những năm 90 của thế kỷ trước, trên thế giới đã tồn tại song song 2 hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu là GPS (Mỹ) và GLONASS (Nga). Trong khi hệ thống GPS cung cấp dịch vụ định vị liên tục tính từ thời điểm đó

đến nay, thì sau những thay đổi về chính trị của Liên Xô (cũ), GLONASS đã có giai đoạn gián đoạn dịch vụ và mới được khôi phục lại vào năm 2011. Đối với người sử dụng dân dụng, do sự phổ biến của công nghệ cũng như thiết bị, GPS gần như là sự lựa chọn duy nhất tại thời điểm hiện tại. Tuy nhiên, về bản chất, GPS vẫn là một hệ thống định vị phục vụ cho mục đích quân sự dưới sự quản lý trực tiếp của Bộ Quốc phòng Mỹ, vì vậy, dịch vụ định vị dân dụng do GPS cung cấp không được đảm bảo về độ chính xác và độ tin cậy. Đặc biệt, nếu có xung đột lợi ích xảy ra, GPS có thể ngừng cung cấp dịch vụ dân dụng. Trong bối cảnh những ứng dụng của vệ tinh định vị đang trở nên ngày càng phổ biến trong đời sống như: giao thông (hàng không, hàng hải, đường bộ), giám sát môi trường, kinh doanh, ngân hàng, truyền thông... thì việc phụ thuộc vào một hệ thống không được đảm bảo về mặt chất lượng và độ tin cậy dịch vụ là rất đáng quan ngại.

Với lý do đó, năm 2003, EU và Cơ quan Vũ trụ châu Âu (ESA) đã thống nhất xây dựng hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu của châu Âu, mang tên nhà khoa học người Italia: Galileo. Khác với GPS, hệ thống Galileo được xây dựng cho mục đích dân dụng và nằm dưới sự quản lý của EC. Sự ra đời của hệ thống này có ý nghĩa quan trọng đối với châu Âu trong việc: (i) đảm bảo sự độc lập về dịch vụ định vị, nhất là trong các trường hợp có xung đột lợi ích; (ii) thúc đẩy nghiên cứu trong lĩnh vực định vị sử dụng vệ tinh; (iii) cung cấp nhiều dịch vụ định vị mới và hiệu quả hơn cho người dân.

Để đảm bảo hoạt động bình thường và không gây nhiễu lên hệ thống GPS cũng như tạo điều kiện cho việc sử dụng đồng thời dịch vụ của 2 hệ thống, tháng 6.2004, một thoả thuận đã được ký giữa EU và Mỹ, theo đó, EU sẽ phát tín hiệu miễn phí Galileo E1 Open Service (E1 OS) trên cùng tần số với tín hiệu dân dụng L1 C/A đang được cung cấp bởi GPS và tín hiệu E1 OS sẽ sử dụng cấu trúc điều chế dịch sóng mang nhị phân (Binary Offset Carrier) BOC(1,1). Thoả thuận này đã mở đường cho việc ra đời của các giải pháp định vị đa hệ thống GPS/Galileo, mang lại nhiều lợi ích trong việc nâng cao độ chính xác, đặc biệt là độ sẵn sàng cũng như vùng bao phủ dịch vụ định vị toàn cầu sử dụng vệ tinh.

Hình 1 mô tả kiến trúc tổng quát của hệ thống Galileo, bao gồm:

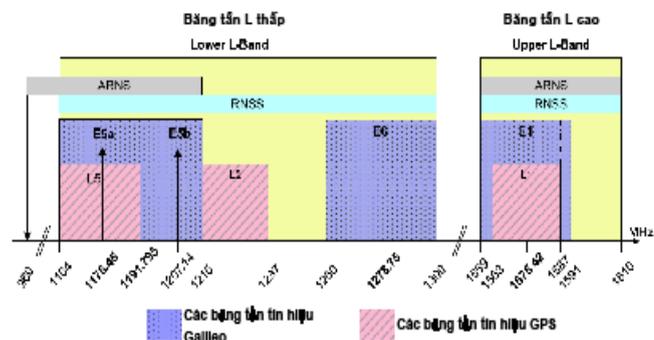


Hình 1: kiến trúc hệ thống Galileo [2]

**Chùm vệ tinh:** hệ thống Galileo khi hoàn thành sẽ có 30 vệ tinh (trong đó có 3 vệ tinh dự phòng) trên 3 mặt phẳng quỹ đạo MEO tại độ cao 23.222 km. Tính đến tháng 12.2012, hệ thống Galileo có 4 vệ tinh đang hoạt động trên quỹ đạo, với 2 vệ tinh được phóng lên vào trung tuần tháng 10.2012. Các vệ tinh này phục vụ cho giai đoạn kiểm thử trên quỹ đạo (In-Orbit Validation) của hệ thống.

**Thành phần mặt đất** bao gồm: 2 trung tâm điều khiển (Control Centres) đặt tại Munich (Đức) và Fucino (Italia); 5 trạm điều khiển, bám vết và đo từ xa (TT&C Stations); 9 trạm truyền dữ liệu lên vệ tinh (Mission Uplink Stations) và mạng lưới 30-40 trạm cảm biến (Sensor Stations) đặt khắp toàn cầu.

**Tín hiệu và dịch vụ:** tín hiệu định vị của hệ thống Galileo được phát trên 4 băng tần thuộc vùng tần số được quy hoạch cho các dịch vụ định vị dẫn đường vô tuyến (RNSS) E5a, E5b, E6, E1 như trong hình 2. Ngoài ra, các băng tần định vị GPS và Galileo



Hình 2: băng tần tín hiệu định vị hệ thống Galileo [3]

có phần trùng nhau, tuy nhiên, cấu trúc tín hiệu đã được thiết kế nhằm giảm nhẹ tác động tiêu cực do chồng phổ gây ra, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc xây dựng các giải pháp định vị đa hệ thống.

Về dịch vụ, hệ thống Galileo cung cấp 5 dịch vụ cơ bản sau: mở (Open Service - OS), thương mại (Commercial), an toàn sinh mạng (Safety of Life - SoL), hạn chế công cộng (Public Regulated Service - PRS); tìm kiếm và cứu hộ (Search and Rescue) [3].

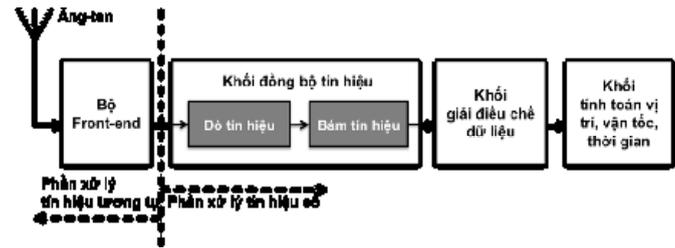
### Tình hình nghiên cứu hệ thống Galileo tại Việt Nam

Dự án JEAGAL (2005-2007) được tài trợ bởi EU đã tạo nền móng cho nghiên cứu và đào tạo trong lĩnh vực công nghệ Galileo tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Dự án đã giúp đào tạo cán bộ, tổ chức các khóa đào tạo ngắn hạn và thành lập một phòng thí nghiệm về định vị sử dụng vệ tinh Galileo tại Trường. Tiếp theo thành công của JEAGAL, thông qua Chương trình khung về hợp tác khoa học và công nghệ giữa Việt Nam và EU FP7, EU đã tài trợ tiếp dự án SEAGAL trong giai đoạn 2009-2010, kết quả là sự ra đời của NAVIS vào tháng 10.2010 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Hiện NAVIS do Trường Đại học Bách khoa Hà Nội và Đại học Bách khoa Torino (Italia) trực tiếp quản lý điều hành.

NAVIS được thành lập với mục tiêu trở thành một trung tâm nghiên cứu mạnh về công nghệ định vị sử dụng vệ tinh tại khu vực Đông Nam Á và là cầu nối giữa châu Âu và Đông Nam Á trong lĩnh vực phát triển công nghệ định vị Galileo. Hiện tại NAVIS đang chủ trì và tham gia nhiều đề tài/dự án nghiên cứu khoa học được tài trợ bởi Chương trình FP7, ESA, Cơ quan Nghiên cứu và phát triển hàng không vũ trụ Nhật Bản (JAXA), các cơ sở nghiên cứu và đào tạo quốc tế, tài trợ của Nhà nước, trong các lĩnh vực nghiên cứu, phát triển: giải pháp định vị đa hệ thống; công nghệ và hạ tầng định vị chính xác; cũng như các ứng dụng hướng vị trí phục vụ trong giao thông thông minh và giám sát môi trường.

Liên quan đến lĩnh vực công nghệ định vị Galileo, NAVIS đang tự phát triển bộ thu Navisoft hoạt động đa hệ thống GPS/Galileo. Bộ thu được phát triển theo công nghệ Software Defined Radio - SDR (hình 3) [4], theo đó phần xử lý tín hiệu số được thực

hiện hoàn toàn trên các vi xử lý lập trình được, đem lại khả năng mềm dẻo, dễ dàng cập nhật, tích hợp các cấu trúc tín hiệu mới cũng như thực hiện các thuật toán xử lý tín hiệu tiên tiến, phức tạp.

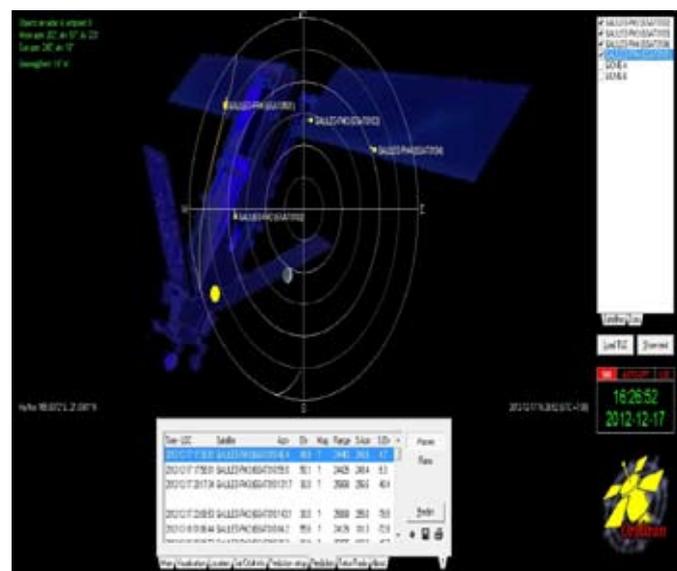


Hình 3: kiến trúc bộ thu SDR Navisoft

### Tiếp nhận và giải mã tín hiệu định vị của hệ thống Galileo

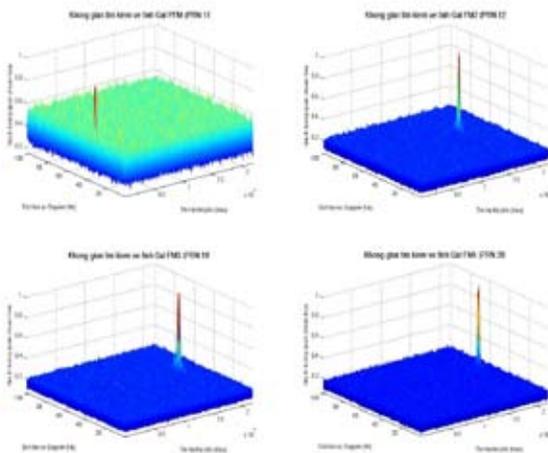
Như đã đề cập, tính đến thời điểm hiện tại, hệ thống Galileo có 4 vệ tinh đang hoạt động phục vụ cho giai đoạn kiểm thử trên quỹ đạo (In - Orbit Validation) của hệ thống. Theo nguyên lý cơ bản của định vị sử dụng vệ tinh [4], để sử dụng dịch vụ định vị cung cấp bởi hệ thống Galileo đòi hỏi bộ thu phải tiếp nhận được tín hiệu của ít nhất 4 vệ tinh Galileo tại cùng một thời điểm.

Vào lúc 15h25' đến 19h25' ngày 17.12.2012, lần đầu tiên cả 4 vệ tinh Galileo cùng xuất hiện và phát tín hiệu định vị miễn phí Galileo E10S trên bầu trời Hà Nội (hình 4).



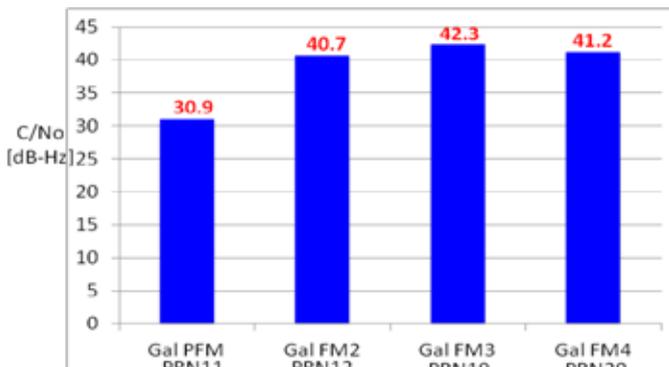
Hình 4: vị trí của 4 vệ tinh Galileo PFM, FM2, FM3, FM4 trên bầu trời Hà Nội

Tại thời điểm đó, nhóm nghiên cứu thuộc NAVIS đã tiến hành thử nghiệm việc sử dụng dịch vụ định vị Galileo. Theo nguyên lý của bộ thu GNSS (hình 3), không kể phần xử lý tín hiệu tương tự, để tính toán xác định được vị trí của người sử dụng, bộ thu cần trải qua các bước: đồng bộ tín hiệu (bao gồm các tiến trình: dò và bám tín hiệu), giải điều chế dữ liệu và tính toán PVT. Kết quả cho thấy, bộ thu Navisoft do NAVIS phát triển đã thành công trong việc tiếp nhận, đồng bộ và giải điều chế tín hiệu Galileo E1 OS.



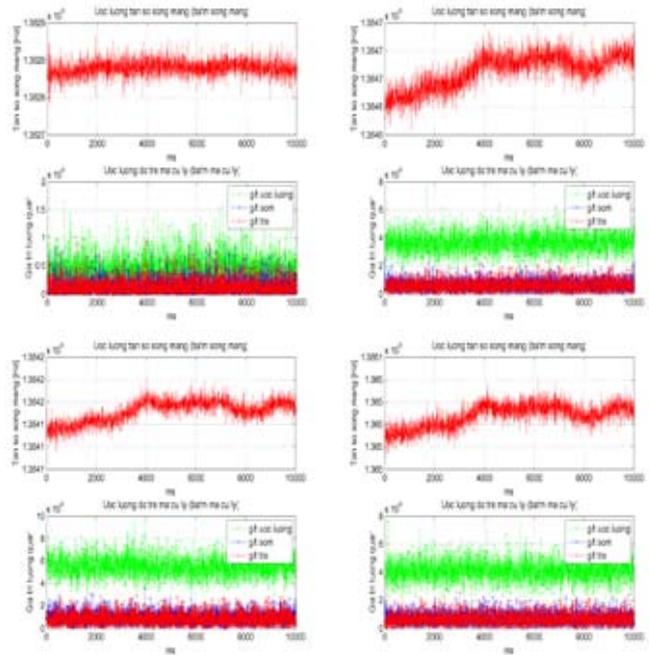
Hình 5: kết quả tiến trình dò tín hiệu vệ tinh Galileo (bộ thu phát hiện 4 vệ tinh trên bầu trời Hà Nội)

Hình 5 cho kết quả dò tín hiệu vệ tinh Galileo. Theo đó, dựa vào các đỉnh tương quan thu được trong quá trình tìm kiếm, bộ thu đã phát hiện được đầy đủ 4 vệ tinh Galileo: PFM, FM2, FM3, FM4, với số hiệu mã cự ly tương ứng 11, 12, 19, 20. Năng lượng trung bình của các tín hiệu thu nhận được xác định trong hình 6.

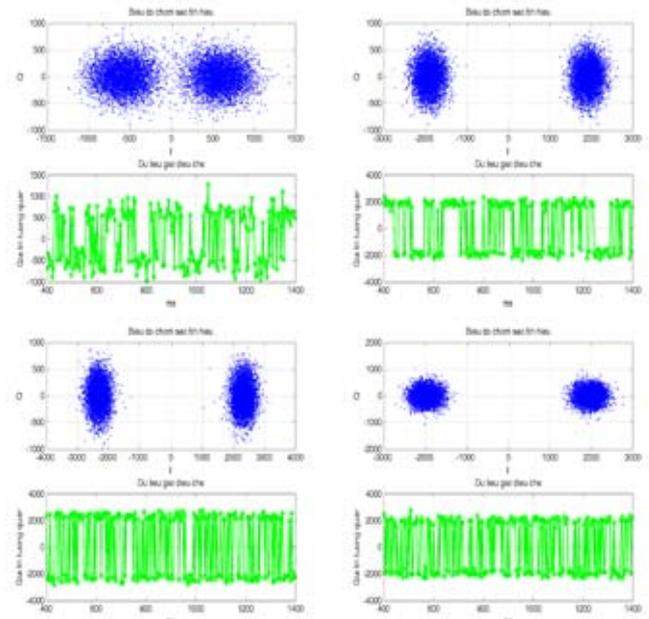


Hình 6: năng lượng trung bình của tín hiệu thu nhận được

Các đỉnh tương quan trong hình 5 cho phép xác định các tham số độ trễ mã cự ly và độ lệch tần số Doppler của tín hiệu E1 OS do 4 vệ tinh phát ra. Các thông số này sẽ được ước lượng chính xác trong tiến trình bám tín hiệu (gồm bám mã cự ly và bám tần số sóng mang) của pha đồng bộ tín hiệu.



Hình 7: kết quả tiến trình bám tần số sóng mang và bám mã cự ly



Hình 8: biểu đồ chòm sao tín hiệu và dòng bit dữ liệu

Hình 7 cho kết quả bộ thu tám (ước lượng động chính xác) tín hiệu phát đi từ 4 vệ tinh để phục vụ cho việc giải điều chế. Hình 8 cho kết quả giải điều chế tín hiệu từ 4 vệ tinh. Dòng dữ liệu của các bản tin định vị được khôi phục.

Tuy nhiên, do hệ thống Galileo đang trong giai đoạn thử nghiệm nên chỉ có duy nhất vệ tinh FM2 phát bản tin định vị, trong khi các vệ tinh khác phát các bản tin rỗng (Page số hiệu 0) và/hoặc bản tin giả (Page số hiệu 63 chứa “dummy data”) (hình 9) [3]. Vì vậy, bộ thu tuy tiếp nhận và giải mã thành công tín hiệu Galileo nhưng không có đủ dữ liệu để xác định được vị trí.

Gal PFM (PRN11)	Page IDs: 63, 0, 0, 63, 63, 63, 63, 63, 0, 0, 0, 0, 0, 63, 63	
Gal FM3 (PRN19)	Page IDs: 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63	
Gal FM4 (PRN20)	Page IDs: 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63, 63	
Gal FM2 (PRN12)	Page IDs: 5, 0, 0, 2, 4, 6, 9, 10, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 3	
	Page 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>t<sub>oe</sub>: 86400</li> <li>M<sub>0</sub>: 2.6508</li> <li>e: 7.3423e-005</li> <li>5.4406e+003</li> </ul> Page 2: <ul style="list-style-type: none"> <li>omega<sub>0</sub>: 0.9465</li> <li>i<sub>0</sub>: 0.9563</li> <li>omega: -2.7433</li> <li>iDot: 3.1751e-010</li> </ul> Page 3: <ul style="list-style-type: none"> <li>omegaDot: -5.7510e-009</li> <li>deltan: 3.5094e-009</li> <li>C<sub>uc</sub>: 0</li> <li>C<sub>us</sub>: 0</li> <li>C<sub>rc</sub>: 242.4688</li> <li>C<sub>rs</sub>: 19.5938</li> <li>SISA: 25</li> </ul> Page 4: <ul style="list-style-type: none"> <li>prn: 12</li> <li>C<sub>ic</sub>: 0</li> <li>C<sub>is</sub>: 0</li> <li>t<sub>oc</sub>: 86400</li> <li>a<sub>f0</sub>: 0</li> <li>a<sub>f1</sub>: 0</li> <li>a<sub>f2</sub>: 0</li> </ul>	Page 5: <ul style="list-style-type: none"> <li>T<sub>GD</sub>: 0</li> <li>WN: 695</li> <li>TOW: 120085</li> <li>SatStatus: 1</li> </ul> Page 6: <ul style="list-style-type: none"> <li>A0: 0</li> <li>A1: 0</li> <li>Delta<sub>t</sub>LS: 16</li> <li>t<sub>0t</sub>: 86400</li> <li>WN<sub>0t</sub>: 180</li> <li>WN<sub>LSF</sub>: 178</li> <li>DN: 2</li> <li>Delta<sub>t</sub>LSF: 16</li> </ul> Page 9: <ul style="list-style-type: none"> <li>IODA: 0</li> <li>WN<sub>a</sub>: 0</li> <li>t<sub>0a</sub>: 86400</li> </ul> Page 10: <ul style="list-style-type: none"> <li>A<sub>0G</sub>: 0</li> <li>A<sub>1G</sub>: 0</li> <li>t<sub>0G</sub>: 86400</li> <li>WN<sub>0G</sub>: 52</li> </ul> Page 0: <ul style="list-style-type: none"> <li>WN1: 695</li> <li>TOW1: 120109</li> </ul>

Hình 9: bản tin sau giải mã của các vệ tinh Galileo (duy nhất vệ tinh FM2 (PRN12) có bản tin định vị không đầy đủ)

## Kết luận

Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu Galileo của EU được thiết kế và xây dựng theo những công nghệ tiên tiến, cập nhật nhất, với mục đích phục vụ dân

dụng, hứa hẹn sẽ cung cấp dịch vụ định vị với độ chính xác và độ tin cậy cao cho người dùng trên toàn thế giới. Theo dự kiến của EU, hệ thống sẽ bắt đầu cung cấp dịch vụ vào năm 2015, vì vậy, việc tiếp nhận và giải mã thành công tín hiệu Galileo của NAVIS có ý nghĩa quan trọng trong việc sẵn sàng làm chủ và phát triển công nghệ định vị Galileo, và quan trọng hơn là các giải pháp định vị đa hệ thống, giúp nâng cao độ chính xác, độ tin cậy của dịch vụ định vị, đặc biệt giảm sự phụ thuộc vào một hệ thống định vị riêng lẻ. Từ kết quả ban đầu này, nhóm nghiên cứu sẽ tiếp tục phát triển và hoàn thiện bộ thu Navisoft theo hướng cập nhật thêm các tín hiệu và hệ thống mới (ví dụ: GLONASS của Nga, QZSS của Nhật Bản...) hướng đến ứng dụng trong các lĩnh vực đặc thù phục vụ an ninh, quốc phòng ■

## Tài liệu tham khảo

- [1] European Commission, *Satellite navigation: Why Galileo?* Retrieved on December 28, 2012, from [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/why/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/why/index_en.htm).
- [2] European Commission, *Satellite navigation: Program*, Retrieved on December 28, 2012, from [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/programme/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/programme/index_en.htm).
- [3] Galileo OS SIS ICD: Galileo Open Service, Signal In Space Interface Control Document Draft 1. European GNSS Supervisory Authority / European Space Agency, February 2008. Available: <http://www.gsa.europa.eu/>.
- [4] Tạ Hải Tùng, *Thiết kế bộ thu mềm cho các hệ thống dẫn đường sử dụng vệ tinh tiên tiến*, Retrieved on December 28, 2012, from [http://navis.hust.vn/archives/TungTH\\_Software\\_GNSS\\_Rx.pdf](http://navis.hust.vn/archives/TungTH_Software_GNSS_Rx.pdf).