

欧州におけるTiming Receiverの標準化の状況 Standardization of Galileo Timing Receivers

This presentation is based on STARLITE Project
(Preparation of Standards for Galileo Timing Receivers)
STARLITE is a European Commission funded project

2023年11月16日

Context

STARLITE: Horizon 2020 R & D プログラムに基づくプロジェクトである。
STRALITEプロジェクトの中で議論されているTimingレシーバーの規格

Consortium : GMV、Altera, UNE and VVA をパートナーとするコンソシアムによって
主導された規格

-今回の規格はGNSS Timing Receiverの最初のInternational Initiativeである

ターゲットユーザーは全てのGalileo Timingユーザー特に重要なインフラのユーザーを重点
においている。

今回の規格は将来にわたるGalileoのタイミングサービスを考慮し、エンドユーザーの
Timing Performanceの確実性の向上させるものである。

GalileoのTiming Serviceは堅牢性（Robustness）と信頼性に基づいている。

Context

標準化のプロセスはCEN/CENELEC JTC 5（宇宙に関する標準化のJoint Technical Committee）によってマネージされている。

今回の規格はTiming Receiverの開発のリファレンスになるように、専用のワーキングが設立され議論されてきたものである（2022年 4 QにWG9が設立）

WG9への参加者：GMV, Alter, EC, u-blox, Thales Alenia Space, Safran, Navcert, FDC

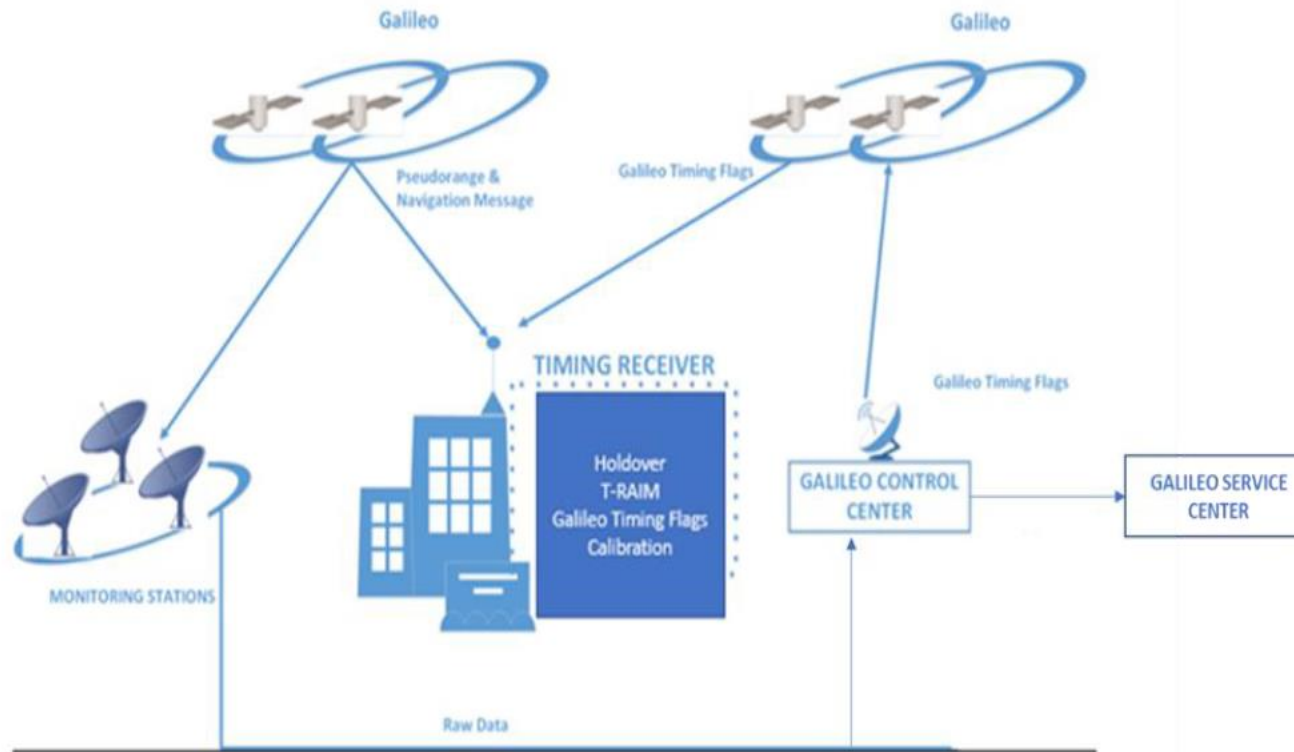
WG9はHighペースで開催されその議論が行われてきた。

標準化の発効は2024年 3 Qを目標としている。

STARLITE Project は以下の活動を通して標準化を推進する

- ① Galileo Timing Receiver の標準化の定義
- ② TEST Suiteに関する機能と性能の要件定義及びサポート
- ③ 端末のインストールとガイドラインのガイドライン作り
- ④ CEN/CENELEC JTC5 WG9の運営
- ⑤ 標準化活動のための各種実験の支援
- ⑥ エンドユーザーとレシーバーメーカーとのコネクットの推進及び啓発活動

GalileoのTiming Service Architecture



GalileoのTiming ServiceはGalileo SISのTiming flagで配信される。
UTC等は複数の地上のモニタリングステーション及びGalileoのServiceセンター等で監視されることで高い信頼性（Integrity）を確保している。

Overview of Functional Requirement

Constellations processed

- ノーマルMode: Galileo-only.
- Galileo Service Definition Document (SDD)、Galileo OS SIS ICDによる処理
- マルチ-constellation : GPSはオプション。但し標準化条件には含まれない。
- 要求パフォーマンス : Galileoのみのモード下での要求

.

Frequencies processed

- Galileo Iono-free デュアルfrequency (E1-E5)のコンビネーションを基本とする.
- シングル周波数は、バックアップのソースとしてオプション扱いであり、標準化の要件としては対象外.
- Performance 要件 : Dual-frequency equipmentで定義.

Time scales

- Galileo System Time (GST),
- Universal Time Coordinate (UTC)

Overview of Functional Requirement

User Dynamics

- 一般的なアンテナを具備し、静止状態での位置測位端末を対象とする

Back-up Modes

- 前回の測位データを保存し、できる限り長く利用できる機能をサポートしていること (Hot Start、Warm Start機能)

Anti-spoofing capabilities

- Galileo が提供する暗号化されたNavigation メッセージに対応している
- Galileo Message Authenticationが必須 (認証機能)
- NMAガイドライン (ICD) に基づいた Galileo OS NMAへの対応が必須
- Anti-Jammingへの対応が必須

Overview of Functional Requirement

Timing Integrity

時刻精度の能力は以下に依存する

- Galileoが提供するTiming Flagの処理
- T-RAIM (Timing Receiver Advance Integrity Monitoring)処理
- 最大許容誤差は3つのサービスレベルで端末が定義されている。

Service Level	GST(ns)	UTC(ns)
1	1000	1000
2	100	100
3	15	30

標準化としての対象端末は当面はLevel1及びLevel2までを対象としてLevel3については将来の対象とする

安全面からの測位エラーの確率：、Max:5 – 10回/hまでとする

Overview of Functional Requirement

Timing Integrity

- アラート機能が Galileo TS に実装される予定である。(TTN)。
- タイミング サービス メッセージ (TSM) のメッセージ構造:
 - GST のタイミング フラグは、UTC のフラグと同様に配信される。
 - 端末が規定される3つのレベルに応じて、アラートがあがる。
 - 各 Galileo 衛星毎にTiming Flagについて「利用可能」「利用不可」のStatus情報が配信される。



各Timing Deviceは上記のT S Mメッセージの処理ができるように対応すること。

- T-RAIM は、標準規格で、堅牢性を補完する手段として要求され、Galileoから配信されるTiming Flagを確実に処理できる必要がある。

Accuracy Requirements

精度要件

- 精度については、Galileo サービス仕様の現行バージョン（SDD）に準拠し、1か月間で95%で30ns（UTC）精度を保つことを求めている。
- 今後GalileoのTimingサービスの仕様自体がUpdateアップデートされた場合には要求仕様もUpdateされる（GSTについても同様）

Overview of Functional Requirement

Availability Requirement

- Galileo Timing Service が仕様通りで実行されている場合は時刻は4 – 10回
通常の条件ではOUTPUTは4回～10回を下回ってはいけない

Integrity Requirement

- Galileo Timing Receiver は、Galileo の全体的な整合性要件と適合する。
タイミング サービス: 時刻に関するエラーの最大回数はユーザーへのアラートがない場合には1時間あたり 10^{-5} 以下（11年に1度）でないといけない
- Galileo側に障害がないときに 端末も正しく動作する必要がある。
- 端末は、障害が発生した場合に備えて2 つのバリア（回避システム）を実装する必要がある。
 - タイミング サービス メッセージの修正機能：瞬間的なメッセージエラーに対する修正
(Probability of incorrect processing below 10^{-5})
 - ローカルバリア、少なくとも T-RAIM に起因する瞬間的なエラーを検出し、対処する機能

Galileo Timing Receiver Test Suite

端末のパフォーマンス要件に関しては各種KPIが定義されている
要求事項

TESTによる最も基本的な要件に対する検証:

- Integrityに関する性能要求に対する評価 ⇒ Processing Flagによる評価
- パフォーマンス要求に対する評価 ⇒ GST、UTCそれぞれがService要求を満たすこと
- 遮蔽物やLight Indoorにおける評価 ⇒ Open Sky環境において、エラーが発生しないこと
- 端末のRFIの脅威に対するTEST
 - ⇒ 正常なRFI環境に対して通常動作することの証明
 - ⇒ 正常でない環境に対して端末の堅牢性を証明

T-RAIM機能によるGalileoが提供しているTiming Serviceの エラーを探知できることの
TESTが必要である

Galileo Timing Receiver Test Suite

原則としてTESTはそのTEST結果が記録及び再生できる環境で実施される必要がある。

- TEST,評価は実際のGNSS環境下での試験と実験室レベルでシミュレータ等を利用して再現できることが望ましい。
- 実環境でのTESTを含めて、コントロール及び再現可能かつ費用対効果の高い方法でのTESTが望ましい
- EN 16803「道路高度道路交通のための GNSS ベースの測位の使用システム」(CEN/CENELEC JTC5 WG1) を参照することを推奨する
- T-RAIM Pmdによる高精度のシミュレーションTESTを推奨

Guidelines for Installation

Timing レシーバーを備えた測位装置に関するガイドラインはAnnexで定義されている。

- 最良の衛星視界条件にアンテナが設置されている。
- 位置情報が正確に測位できる場所へのアンテナ配置。
- 時間遅延の補正がされること

アンテナ、ケーブル配線、設置

- Galileo E1/E5 のDual周波数処理する能力があるアンテナの使用。
- Galileo Timing Service で定義されているOpen Sky環境（仰角 5 度以上）におけるエンドツーエンドのパフォーマンスを満たす端末
- Open Skyが実現できずに、一定の性能が維持できない環境でも可能な限り最適な位置にアンテナを設置すること。

正確な測位のための適切な位置へのアンテナの設置

- 受信機の位置を固定してタイミング機能を最大限に活用するには、PPP などの技術を使用して正確なアンテナの位置を計算することをユーザーに推奨しています。

受信機の 1 PPSの遅延時間の補正

- 補正の推奨はAnnex of Standardに記載。
対象とするサービス レベルに応じて、さまざまな方法論と補正精度が記述されている。
- Galileo Timing ServiceにおけるEnd to Endの保証精度は標準で 2 n s 誤差の端末（キャリブレーションを含む）を仮定して定義されている。

Conclusion

Time Receiverの標準化作業はEU全体が参加して実施されている

- 標準化を支援しているSTARLITEプロジェクトはAlter、UNE、VVA、GMVが主体で行われている
- 最初の国際的な取り組みであるGNSS Timing Receiverの標準化作業には、欧州の主な端末メーカーや研究機関の積極的な参加によって実施されている
- 標準化活動は CEN/CENELEC JTC 5 WG9の指示のもとに行われており、2024年の欧州規格化を目指す。
- 標準化はGalileo Timing Service コンセプトの不可欠な部分であり、Timing ユーザーが精度や感度、堅牢性の向上及び信頼性を確保することの推奨に貢献できるものである

Galileo Timing Receiver Standard はその機能とパフォーマンス要件をカバーしている

- Installation Guidelinesはアンテナの位置、アンテナ位置の詳細な算出、キャリブレーションに関する内容を含んでいます。
- テストスイートは、Galileo Timing Receiverの最も基本的な要求に対する評価を定義している
- テストの大部分はEN 16803 規格のRecord & Reply approachに従っている