

問題 3

ヨーロッパのための宇宙データに関する編2020の特別

GNSS ユーザー技術レポート



European
Global Navigation
Satellite Systems
Agency

欧州連合 (EU) の詳細については、インターネット (<http://europa.eu>) で入手できます。ルクセンブルク:欧州連合(EU)出版事務所、2020年

ISBN: 978-92-9206-049-7 ISSN: 2467-3854 doi: 10.2878/565013

著作権 © 欧州GNSS機関, 2020.本文書およびその情報は、チェコ共和国およびその他の州の法律に基づき、適用される著作権およびその他の知的財産権の対象となります。第三者は、その一部に変更がない場合、その文書全体を他の第三者にダウンロード、コピー、印刷、提供することができます。文書に含まれる情報は、ソースおよび著作権所有者が明確に記載されている条件の下でのみ、第三者に抜粋、コピー、印刷、提供することができます: 「出典:GNSSユーザー技術レポート、問題3、欧州GNSS機関、2020年©著作権」。この文書の一部は、デジタルがどうかにかかわらず、デジタルがどうかにかかわらず、欧州GNSS機関が <http://www.gsa.europa.eu/contact-us> 書面で書面で要求した書面による明示的な許可なしに変更、編集、または変更され得ない部分は一切なく、要求された要素(文書および/または情報)および使用条件を明確に示す。上記の利用規約に違反した場合は、上記のコンタクトサイトを通じて、直ちに欧州GNSS機関に通知してください。これらの利用規約の違反は、法的手続き、金銭的損害賠償の請求、および/または文書の違法な使用および/またはその中に含まれる情報の停止の差し止めを求める対象となる可能性があります。デジタルがどうかに関係なく、本文書またはその一部をダウンロード、転送、および/またはコピーすることにより、ユーザーは、該当する場合、上記の利用規約を承認し、同意します。



GNSS ユーザー技術レポート

2020年発行3号



European
Global Navigation
Satellite Systems
Agency

このレポートの読み方

GNSSユーザーテクノロジーレポートは、以前の問題で使用された同様の構造と形式に基づいて構築され、継続的に進化するパブリケーションです。GNSSユーザー・テクノロジー・レポートのこの3番目の問題は、以下のブロックに構造化されています。

オープニングセクション「GNSSユーザー技術の概要」では、GNSSの最近の動向と今後の動向をまとめてご紹介します。ガリレオ、GPS、GLONASS、BeiDou、地域ナビゲーション衛星システムの最新情報については、GNSS増強の分野における最新の動向と同様に詳細に説明されています。この章では、受信機における多重星座と多周波数の採用に関するステータスの更新も提供します。さまざまな位置処理方法と、信号処理とアンテナ技術における最新の技術革新を提示し、より正確でエネルギーに 効、信頼性の高いPNTサービスを提供することが期待されています。GNSSおよびそれ以降に影響を与える PNT の脆弱性に焦点を当てています。GNSSに対する増大する妨害やなりすましの脅威から保護するための関連する措置と手段が導入されています。この章は、EU GNSSダウンストリームR & Dプログラムの説明とガリレオサービス組織のメンバーからの革新的な技術の例で終わります。

レポートの2番目の部分は、テクノロジーソリューションとそのユースケースを4つのマクロセグメントにグループ化した4つのサブセクションで構成されています。

大容量デバイス - 主に消費者向けデバイス向けに非常に大量に製造されたデバイス(チップセット、モジュール、レシーバを意味する)を提示します。自動車(安全クリティカルではない)、ドローン(EASAの分類に従って「オープン」カテゴリに限定)、スマートフォン、mHealthからロボティクスまでの専門IoTデバイスがすべてカバーされています。

安全および責任に不可欠なデバイス : このようなソリューションを提供するために、標準に準拠して構築されたデバイスを提示します。自動車、鉄道、航空、ドローン(EASA分類に従って「オープン」カテゴリに属さないもの)、海上および捜索救助ソリューションはすべてカバーされています。

高精度デバイス - 可能な限り高精度(位置または時間)を提供するように設計されたデバイスを提示します。農業、測量、採鉱、GISソリューションはすべて対象です。

タイミングデバイス - 通信、エネルギー、金融、または輸送分野に時間と同期ソリューションを提供するデバイスを提示します。

この号では、**編集者の特別なヨーロッパのための宇宙データ**に焦点を当て、主力のヨーロッパ宇宙計画、コペルニクスとガリレオの役割に焦点を当てています。また、欧州データ戦略やグリーンディールの実現など、社会と経済の中で進行中の大きな変革のビジョンと、このデジタルトランスフォーメーションから期待される利益を提供します。エディターは、この膨大な量のデータの悪用に関与するさまざまな技術と、今後のデジタル時代の可能性を最大限に活用するための課題を探ります。

最後に、**附属書**は、GNSSの星座と周波数(附属書1)、増強システム(附属書2)、主要なパフォーマンスパラメータの定義(附属書3)、GNSS(Annex 4)に対する無線周波数干渉脅威の概要、頭字語のリスト(Annex 5)、この技術レポート(附属6)を書くために使用される方法論と著者(附属書6)に関する情報の一般的な概要で報告書を閉じます。



大容量デバイス



安全および責任に不可欠なデバイス



高精度デバイス



タイミングデバイス

序文

親愛なる読者、

欧州GNSSエージェンシー(GSA)事務局長の役割において、GNSSユーザー技術号3に初めて前書きしたことを嬉しく思います。GSAのGNSSユーザー技術レポート3は、最新の最先端のGNSSユーザーおよび受信機技術を詳しく見て、今後数年間で世界のGNSS景観を定義するために設定された進化傾向に関する専門家の分析を提供します。

GNSSの産学・政策立案者にとって、この報告書は産業とEU宇宙計画にとって大きな変化の時に発表される。

欧州GNSS機関は現在、欧州のグローバルナビゲーション衛星システム(GNSS)、ガリレオ、EGNOSの運用、サービス提供、セキュリティ、市場開発、ユーザーの取り込みの管理を担当しています。まもなく、同機関は欧州連合(EUSPA)宇宙計画機関(EUSPA)になる予定です。最先端の安全なサービスを提供し、ユーザーコミュニティと密接な関係を保ち、プロジェクト内の最新の技術動向と革新に貢献することで、EUSPAはイノベーターや新興企業を含むEUの下流産業にサービスを提供し、支援し続けます。同時に、EUSPAは、地球観測および衛星通信における他のEU宇宙計画コンポーネントとユーザーレベルでのシナジーを促進します。

GNSSユーザー技術レポートの第3版は、特にGNSSとガリレオ座にとって重要な時期に到着します。GNSS業界は急速なペースで進化しています。新しいアプリケーションが登場し、カスタマイズされた複雑な受信機技術が必要です。生産コストが低下し、大量市場ソリューションに利用できるデュアル周波数受信機の数が増えています。通信、ネットワーク運用、IT分野から多くのプレーヤーがGNSSテクノロジー分野に飛び込む中、業界はすでにガリレオ独自の機能の可能性を理解しています。今後のサービスは、企業や市民のための位置付け、ナビゲーション、タイミングソリューションを強化する機会を強化します。

データ技術の向上は、データ使用の大きさを変えています。これにより、付加価値サービスを構築する能力が向上しています。したがって、このエディタの特別では、データ主導の革命に関連する傾向と課題、特定の空間データの貢献、そしてEUがデジタルの未来をどのように形作る計画に焦点を当てています。ガリレオ、EGNOS、コペルニクスの機能は、欧州データ戦略とグリーンディールに利益をもたらすこの新しい技術シフトの中で果たすべき強力な役割を果たしています。

この出版物は、GNSSレシーバやチップセットメーカーを含む主要な下流業界やSESプレーヤーからの貢献によって可能となり、GNSSユーザー技術の開発、購入、使用に関するあなたの計画と意思決定を支援するための貴重なツールとして機能することを目的としています。皆様のご意見をお待ちしておりますので、このエキサイティングな進化を続ける上で、お客様と協力していただいております。

ロドリゴ・ダ・コスタ

常務取締役

欧州GNSS機関(GSA)プラハ、2020年10月



エグゼクティブサマリー

近年の「BeiDou」のコンステレーションの完成と、今後のガリレオ衛星打ち上げにより、2つの新しいGNSSはもともと完全な運用能力に達し、世界の運用システムの数を4台に増やすと予想されています。一方、2つの歴史的なGNSS(GPSとGLONASS)は近代化を追求し、3つの地域衛星ナビゲーションシステム(BeiDouとQZSSの地域コンポーネントであるNavIC)は、それぞれのカバレッジエリアに新しいナビゲーション衛星を追加する開発を続けています。公共の拡張システムは、2023年までに完全に運用される予定の4つの新しい衛星ベースの増強システム(SBAS)に追従し、今後数年間で複数の周波数帯と複数の星座をサポートするためにサービスをアップグレードする予定です。

レポートの最初の章では、すべてのタイプのGNSSデバイスの一般的な技術動向に焦点を当てます。昨日多星座を採用したGNSSの世界は、現在、その主要なトレンドに多重周波数をしっかりと追加しています。これまで以上に多くの衛星から新しい信号が利用可能になると、すべてのドメインのGNSS受信機は、より優れたパフォーマンスをエンドユーザーに提供するために、多重周波数をサポートすることが一般的になり、主に干渉に対する精度と堅牢性が向上します。E5バンドのオープン信号の増加は、E5が第2の周波数として新しい受信機モデルでますます採用され、現在は市場のすべての受信機モデルの20%に存在し、L2の採用が減少することを意味します。2020年には、新世代のデュアル周波数GNSS受信機が既に大容量デバイスマイクロセグメントに広がっており、航空や海上などの従来の長いライフサイクル規制セグメント向けに積極的に開発されています。

レポートの前の版で既に観察された傾向の1つは、現在、すべてのカテゴリのユーザーに市場で利用可能な高精度サービスの多くに変換されます。自動運転車、移動ロボット、屋外拡張現実などの要求の厳しいアプリケーションは、この革命の恩恵を受け、このパラダイムシフトを引き起こします。商用サービスプロバイダーの排他的な保存、高精度サービスは、コアGNSS(例えば無料ガリレオHASとQZSS CLAS)といくつかのSBASサービスプロバイダーの計画によって提案されています。

さらに、PNTソリューションの安全性とセキュリティの両方を確保することは、技術開発と革新の重要な原動力であり続けています。GNSSの妨害やスプーフィングに対する保護対策は、複数の測位情報の利用とGNSS信号の認証を通じて、受信機とアンテナの両方で異なる技術の組み合わせを通じて実施されます。ガリレオ認証機能(オープンサービスナビゲーションメッセージ認証と商用拡張サービス - OS-NMAとCAS、それぞれ)は、この点で優れた機能強化を提供することが期待されています。

最後に、光学、慣性などのあらゆるタイプのセンサーは、価格の低下と性能の向上を続け、GNSS受信機とその出力が融合して日常的に統合されています。主に「自律的なもの」の新興世界によって推進されていますが、この傾向は他のセクターに広く利益をもたらします。これまで以上に、GNSSは、ユビキタスローカリゼーションとタイミング、ユビキタスセンシング、ユビキタス接続をサポートするさまざまな技術を組み合わせたもので、各サブシステムが他のサブシステムのパフォーマンスに寄与し、宇宙と地上コンポーネントのシームレスな統合が真のグローバルなユビキタスを達成するために最も重要である。

消費者市場向けの大容量デバイスの世界では、マルチコンステレーションサポートが標準となり、デュアル周波数機能はハイエンド製品の戦略的な選択肢であるだけでなく、スマートフォンデバイスの勢いを増しています。

これらの多重周波数GNSSデバイスの導入により、補正サービスの利用増加、5Gインフラの数千の追加基地局の一部の国での展開は、大衆市場における高精度の民主化を積極的に支持する。低コストソリューションの魅力と組み合わせることで、これらの利点は他のセクター全体に広がっています。

安全と責任に不可欠なデバイスドメインは、従来、規制や基準によって制約され、新しい技術の採用が遅くなっています。しかし、この分野の規制が低く下部では顕著な変化が見られ、大衆市場の上端からのチップと、安全上重要なアプリケーションをサポートする新しいアプローチを組み合わせる使用が増えています。これらの分野ではデュアル周波数、マルチコンステレーション(DFMC)ソリューションが確立されていますが、他の成熟した安全上重要なセクターは遅れており、最初の認定受信機の基準と可用性の最終決定を保留しています。しかし、複数の周波数と複数の星座の使用、様々なタイプの増強、INSハイブリダイゼーション、センサーフュージョンはすべて、必要な「保証」と安全な位置決めソリューションに貢献します。

プロフェッショナル領域では、高精度デバイスが支配し、利用可能になると、すべての周波数と星座を利用するために着実に進化します。最新のデバイスは、コンパクトなセンサーエンリッチレーンバで構成され、通常はあらゆるタイプの拡張サービス(RTK、NRTK、PPP、新しいPPP-RTKサービス)をサポートすることができ、エンドユーザーによる柔軟なカスタマイズを提供します。サービスの継続的なデジタル化、完全に接続された自動化されたワークフロー管理のためのセンサーフュージョンへの依存度の高まり、AIがサポートする高度なデータ活用技術も、この分野で変革を生み出します。さらに、高精度なジオマティクスソリューションが他の大衆市場分野に進出するに従い、大衆向けデバイスはローエンドのマッピングや測量を行うことがますます可能になります。その点、「自分のデバイスを持って来る」(BYOD)の傾向が浮上しており、測量士やマッパーは独自のデータ収集デバイスの代わりに独自のスマートフォンを使用しています。

最後に、通信、エネルギー、金融、輸送分野向けの時間と同期化ソリューションを提供するタイミングデバイスに関しては、タイミング処理チェーンの様々なレベルで研究開発の取り組みが行われてきました。特に、マルチ周波数と多星座の採用、革新的なタイムレーンバ自律整合性モニタリング(T-RAIM)および干渉監視アルゴリズムは、精度の向上、回復力の向上、可用性の向上に対する共通の需要に対応することを目指しています。

この報告書で観察された技術的進歩の多くは、GNSS、地球観測、および増加する様々な情報源からのデジタルデータの悪用に関連しています。産業プロセスと輸送パラダイムの強化から、新しい農業の開発や不可欠な気候変動の監視まで、デジタルデータはすでにどこにも存在し、公共および民間部門だけでなく市民にも利益をもたらします。このレポートの「編集者の特別な」セクションは、技術と社会の課題に対応しながら、私たちが「データ駆動革命」に専念しています。

GNSSユーザー技術動向の分析は、受信機技術の主要サプライヤーからの証言によって支えられている:ブロードコム、iCaune、FieldBee、f.u.n.k.e、グーグル、ヘキサゴン、マイクロチップ、ロクブ、セプテントリオ、ソニー、トリンプル、この分野での最新の革新を絶え間なく提示します。

序文	5
エグゼクティブサマリー	6
紹介	8
GNSS ユーザーテクノロジーの概要	9
大容量デバイス	30
安全および責任に不可欠なデバイス	46
高精度デバイス	62
タイミングデバイス	75
編集者特別:ヨーロッパのための宇宙データ	87
附属書	95
別館1:GNSSの星座と周波数	96
附属書2:増強システム	97
附属書 3: 主要な GNSS パフォーマンス・パラメーター	99
附属書 4: GNSS に対する無線周波数干渉の脅威	100
附属書 5: 頭字語のリスト	101
附属書 6: 方法論	103
附属書7:著者について	104

ガリレオは未来に備える

数百のアプリケーションのニーズが多様化し続ける中、GNSSレシーバのカスタマイズは、広範囲にわたる複雑性、機能、およびリソース要件に対応しています。異なるアプリケーションのユーザーの期待は、多くの場合、矛盾していますが、いくつかの共通点を共有しています。

•継続的で信頼できるPNTサービスの必要性、

•精度、コスト、自律性など、これまで**以上に優れたパフォーマンス**を追求します。

したがって、このレポートのすべてのエディションでは、受信機技術の進歩、およびコアGNSSおよびRNSSプロバイダ、および公的または民間の拡張プロバイダによって提案されたサービスの進化によって可能になる新しい革新的な製品を目撃しています。

実際、さまざまなユーザー要件は、受信機とシステムの両方のレベルで、ソリューションの多様性を必要とします。同様に、これらの要件の急速かつ時には予測不可能な進化は、既存のサービスの一致する進化、または新しいサービスの作成をタイムリーに必要とします。

GNSSプロバイダーは、既存のサービスを犠牲にすることなく、これらの新たなニーズを満たすという課題に直面しています。衛星の寿命が10年を超える場合、元の設計が「予測不可能な計画」でなければ、タスクはほとんど不可能です。

このレポートは、GNSSとSBASの現在および計画されたインフラストラクチャの進化のプレゼンテーションから始まり、新しいサービスや強化されたサービスの段階的な導入を可能にします。GPSは現在GPS III衛星を打ち上げ、GLONASSはK2衛星に切り替えています。同様に、ガリレオは将来に備えています。

Galileo 1st Generationの場合、これはシステムの組み込みの冗長性と回復力の実質的な強化と新しいサービスと機能の導入に変換されます。

- OS ナビゲーション メッセージ認証と商用サービス認証。
- I/NAV メッセージの改善により、より高速な TTFF が可能になります。
- 高精度サービスは、世界的なデシメートルレベルの位置精度を提供します。

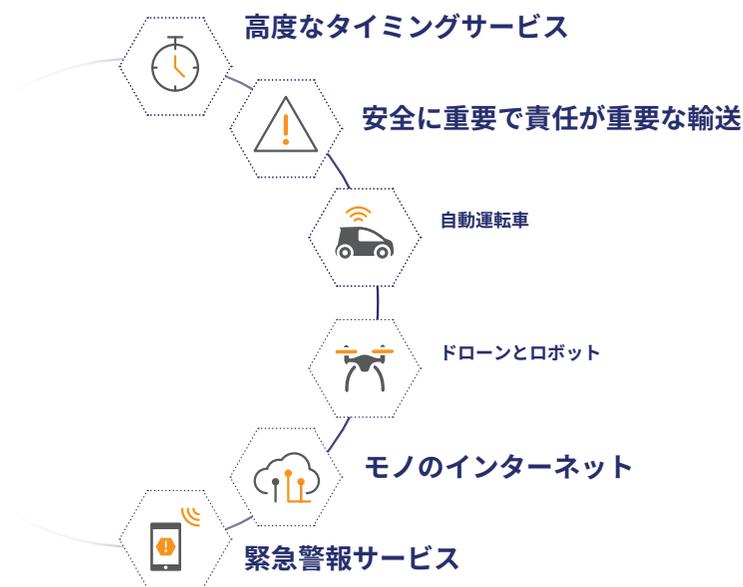
これらのPNTサービスに加えて、ガリレオは、2020年1月から完全に動作し、特にリターンリンクサービスでMEOSARを開拓してきました。

この新しい議題にもかかわらず、ガリレオはすでに早期警報サービスとSARリターンリンクサービス機能の拡張を含む他のサービスの実現可能性を評価し、**Galileo 2nd Generation**の開発プロセスに完全に従事しています。システム、サテライト、グランドセグメントの調達活動は、2030年にフル稼働能力を達成するという野心的な目標を持って、2020年に開始されます。

ガリレオ2nd世代の設計は、後方互換性とサービスの質を含む包括的な原則によって駆動されますが、また、タイムリーかつ効果的な方法でユーザーの要求を満たすために絶対的な必要性。これらのユーザー要件の性質の変化を認識し、Galileo 2nd Generationは、徐々に進化するように、必要に応じて、衛星を変更することなく、新しいサービスや信号機能を提供するのに十分な柔軟性を備えた、発症から設計されています。

検討される新興アプリケーション分野には、「自律的なもの」(ドローン、ロボット、自動車)、堅牢な高度なタイミングサービス、モノのインターネット、安全上重要で責任に不可欠な輸送および緊急警報サービスの世界が含まれます。信号の進化は、ユーザーパフォーマンスの向上(消費電力の削減、TTFFの高速化、精度の向上、認証によるセキュリティなど)を可能にします。5G駆動のユビキタス接続や超安全な量子通信など、他の技術の進化に伴い、GNSSとGalileoが不可欠なユーティリティであり続け、ユーザーと社会に無数の利益をもたらすことは間違いありません。

新たなアプリケーションニーズがGNSSの進化を促進



GNSS ユーザーテクノロジーの概要



今日のGNSS	10
GNSSの進化	11
GNSS 信号	12
ガリレオ地上インフラ	13
GNSS の増強	14
5GおよびGNSS	15
受信機的设计	16
ポジション処理	17
多重周波数	18
信号処理	19
GNSSアンテナ	20
受信機的能力	21
GNSS の脆弱性	23
GNSS の保護	24
GNSS の認証	25
GNSSを超えるPNT	26
ヨーロッパのR & D	27

相互運用可能なマルチGNSSは、予見可能な将来の現実です

複数の星座からの継続的な世界的なナビゲーションサービス

GPS(米国)、GLONASS(RU)、BeiDou(PRC)、ガリレオ(EU)の4つのGNSSは、今後も中軌道(MEO)に100機以上のGNSS衛星を搭載し、近い将来のグローバルカバレッジを備えたナビゲーションサービスを提供していきます。2018-2019年の間にBeiDou-3衛星が印象的な速度で打ち上げられ、ガリレオの「バッチ3」衛星は2021年から星座を完成させ、維持する予定です。

3つの地域航法衛星システム(RNSS)、すなわちインド海軍、中国のBeiDou(相2、旧コンパス)、および日本のQZSSは、それぞれのカバレッジエリア内の航行衛星の数をさらに増やします。

欧州静止航法オーバーレイシステム(EGNOS)などの衛星ベースの拡張システム(SBAS)は、主に整合性情報の提供と広域補正専用のGNSSのような信号を放送しますが、追加のナビゲーション信号としても使用できます。

マルチ周波数次元を持つ、真のマルチGNSS世界におけるオープンサービスの相互運用性

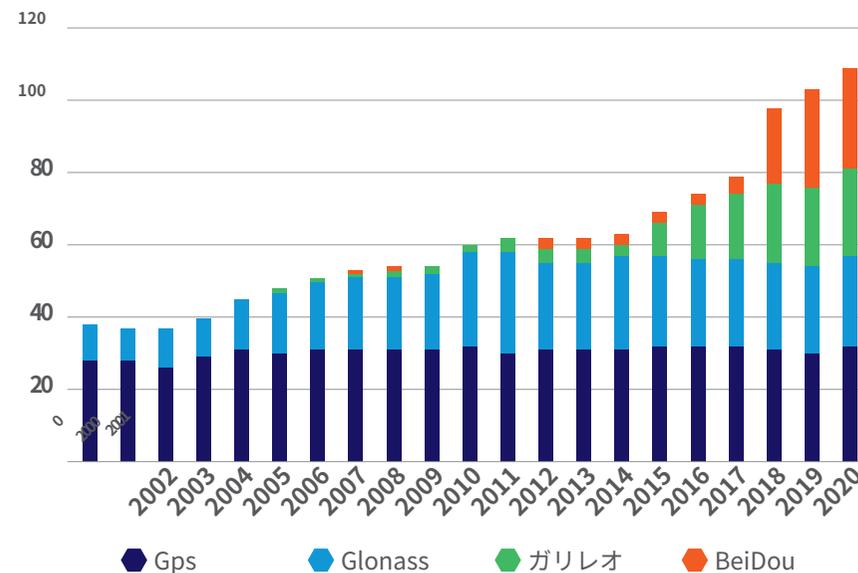
GNSS、RNSS、およびSBASプロバイダ間の国際連携により、互換性のある周波数計画、共通の複数アクセス方式(GLONASSが従来のFDMAスキームにCDMAを追加)、変調方式(ガリレオE1およびGPS L1Cなど)のオープン信号が採用されました。これにより、マルチコンステレーションGNSSチップセットとレシーバの設計が容易になり、エンドユーザーの利益が得られます。

さらに、すべてのGNSSおよびRNSSコンステレーションは、共通の複数周波数帯域でオープン信号をブロードキャストし、SBASは、今後数年間で複数の周波数と複数の星座にサービスをアップグレードする計画でそれらをエミュレートします。昨日多星座を取り入れたGNSSの世界は、今日の主要なトレンドに多重周波数を追加しています。

ベースラインの相互運用可能なオープン信号に加えて、各GNSS/RNSSは専用信号と周波数を介して特定のサービスを提供します。これは、ガリレオ公共規制サービス(PRS)やGPS精密測位サービス(PPS)などの政府サービス¹の場合と付加価値サービス(ガリレオ高確度サービス(HAS)、QZSS L6またはBeiDouショートメッセージングサービス)の場合です。

¹ このレポートでは議論されていません

運用* GNSS衛星
MEOのみ



*試験衛星を除く。グローバルカバレッジのみを報告する(地球軌道中)。

周波数:保護される希少資源

これらのシステムはすべて、L5/E5/B2/L3信号を下側L帯域(1164-1215 MHz)、L1/E1/B1信号(1559-1610 MHz)の2つの共通周波数範囲で送信または受信します。これらの周波数帯域は、含まれている信号名("L1またはE5バンド")で呼ばれることが多く、世界規模でプライマリベースでGNSSに割り当てられ、航空無線ナビゲーションサービス(ARNS)システムと共有されます。

GNSSやその他の無線サービスの調和のとれた開発を可能にするために、国際電気通信連合(ITU)無線規則の規則を支える包括的な原則は、各国がお互いの無線サービスに干渉を引き起こすのを避けるべきであるというものです。この点に関して、GNSSを運用している国々は、GNSS受信機のノイズフロアで1dB上昇を引き起こす干渉である「1dB基準」を使用して、相互に無線周波数の互換性を決定し、他のシステム

パフォーマンスが低下するため、許容できない有害な干渉と見なされます。

GNSSおよびRNSSインフラストラクチャは継続的に改善

すべてのGNSSまたはRNSSプロバイダーは、新しい機能と強化されたカバレッジが発表され、提供するサービスの品質を向上させるために努力しています。パフォーマンスの向上と相互運用性の向上は、既存の受信機との下位互換性を維持しながら、これらの努力から生じます。

GPS (www.gps.gov)



米国は現在、2018年の初めから新しい衛星(GPS III)を配備している野心的なGPS近代化プログラムに従事しています。ヴェスプッチとマゼランと名付けられた2つの最初のGPS III衛星は、それぞれ2020年1月と4月にGPSの運用星座に加われました。彼らは新しいL1C信号を搭載する最初の衛星であり、E1のガリレオOSの対応機とほぼ同じです。彼らはまた、レガシーL1と最近のL2CとL5信号を放送し、その結果、4つの市民GPS信号が将来利用可能になりました。

現在の(連邦無線航法計画2019)計画には、「L2Cを放送する24の運用衛星が2020年までに利用可能になると予想され、対応する地上セグメント機能が2023年までに利用可能になり、2023年までにL2Cへの移行が可能になる」と述べ、「GPSの民間ユーザーは今すぐ移行計画を開始することが奨励される」と述べている。

グロナス (www.glonass-iac.ru/en)



GLONASS-Kは、最新世代のGLONASS衛星です。最初のサービスは2016年2月に就航しました。GLONASS-K衛星は、従来のFDMA信号に加えてCDMA信号(現在はE5帯ではL3 = 1202.025 MHzで、将来はL1およびL2周波数でも)を送信し、SARトランスポンダを搭載しています。前世代のGLONASS-M衛星は、2019年まで星座のメンテナンスに使用されてきましたが、2020年以降はGLONASS K1とK2に取って代わる予定です。これらの衛星はまた改善されたクロックの安定性、および新しい制御、コマンドおよびODTS技術を特色にする。より長期的には(2025年以降)、現在のMEOのみの星座は、高楕円軌道(HEO)の6つの追加衛星によって補完することができる。

BeiDou (en.chinabeidou.gov.cn)



第3世代のBeiDouシステム(BDS-3)は2020年6月に完全展開に達し、30機の衛星(24 MEO、3 GEO & 3 IGSO)が名目上の星座に配置され、グローバルおよび地域サービスを提供しました。このシステムは、B1(E1/L1)、B2(E5/L5)、B3(~E6)の周波数で信号を送信します。周波数帯域を共有し、GPSとガリレオとの信号波形に密接に似ているBDS-3は、相互運用性のある複数のGNSS世界に大きく貢献しています。BeiDouは、30の衛星と可能な軌道内スペアの最大の星座を運営しています。地域サービスには、BDSBAS、単一周波数とデュアル周波数マルチコンステレーション(DFMC)フォーマットをサポートし、国際民間航空機関(ICA)のパフォーマンス要件、精密ポイントポジショニング(PPP)サービス、地域ショートメッセージコミュニケーション(RSMC)サービスをサポートする中国のSBASが含まれます。

ガリレオ (www.gsc-europa.eu)



2016年12月15日の早期サービス宣言後、ガリレオは配備を継続し、2021年にいわゆる「Batch 3」衛星の打ち上げを開始し、名目上のガリレオ^{1st}世代の星座を完成させ、補充する予定です。並行して、ガリレオ第二世代衛星の最初のバッチを準備するための進化研究が進行中です。

E1およびE5バンドの革新的な信号に基づく高品質のオープンサービスを提供することに加えて、ガリレオは、苦境にあるユーザーへのリターンリンクの提供を含むSAR機能を構成する最初のGNSSコンステレーションでもあります。Galileoは、ナビゲーションメッセージ認証(OS-NMA)の提供や、E6の暗号化されたナビゲーション信号、商用認証サービス(CAS)などの独自の機能も備えています。これらの機能は、民間のGNSSユーザーが利用できるスプーフィングに対する最初の保護を提供します。最後に、Galileoはオープンデータチャンネル(E6周波数)を使用して高精度サービス(HAS)に無料でアクセスし、高精度の拡張メッセージをブロードキャストします。

QZSS (qzss.go.jp/en)



QZSS(みちびき)は2018年11月から4衛星星座として運用されており、アジア・オセアニア地域の拠点からは常に3機の衛星が見え、現在では2023年までに7つの衛星星座を有する予定です。QZSSの主な目的は、日本の数多くの都市の峡谷でGPSの可用性を高めることです。セカンダリ機能は、GPSの精度と信頼性の両方を向上させる、パフォーマンスの向上です。QZSSは、GPSのような信号の伝送に基づく基本的な衛星PNTサービスだけでなく、SBAS伝送サービス、計画された公共規制サービス、サブメートルレベル拡張サービス(SLAS)、センチメートルレベル増強サービス(CLAS)、およびQZSSのデータリンクを利用する様々なサービスを提供しています(例えば、災害と危機のための衛星レポート)。

ナビック (www.isro.gov.in/irnss-programme)



NavIC-1は2018年4月12日に打ち上げに成功し、NavICの星座を7機の運用衛星に増やしました。NavICはインドとその周辺に1,500キロメートル(930マイル)を伸ばす地域をカバーし、星座の衛星の数を7から11に増やすことで、さらなるカバレッジ延長を計画しています。NavIC信号は、標準測位サービスと精密サービスで構成されています。両方ともL5(1176.45 MHz)およびSバンド(2492.028 MHz)で運ばれる。

ほとんどのシステムはまもなく完全に運用可能な多重周波数サービスを提供する

地表セグメントの更新

GNSSのグランドセグメントは、パフォーマンス、信頼性、セキュリティを向上させるべく、継続的に進化しています。また、GPS IIIやGLONASS K2など、最新世代の衛星が提供する新しい信号や機能をサポートするためのアップグレードも必要です。その結果、ガリレオとBeiDou3は第一世代ですが、GPSとGLONASSの両方が、その宇宙セグメントの進化と並行して制御セグメントを近代化しています。

たとえば、GPS 地上セグメントは「次世代制御セグメント」またはOCXにアップグレードされています。OCXブロック1は、レガシー衛星と近代化された衛星と信号の両方の制御を含む完全な運用能力を提供し、2021年に納入される予定です。

衛星ナビゲーションシステム	システム	プロバイダー	信号	2020	2021	2022	2023	2024	2025
				グローバルカバレッジ	衛星ナビゲーションシステム				
衛星ナビゲーションシステム	Gps		L1 L1 C L2 L2 C L5						
	ガリレオ		E1 E5 E6						
	Glonass		L1 FDMA L1 CDMA L2 FDMA L2 CDMA L3 CDMA L5 CDMA						
	BEIDOU		B1 B2 B3						
地域のカバレッジ	QZSS		L1C/A L1c L2c L5		4つの衛星星座 4つの衛星星座 4つの衛星星座 4つの衛星星座			7つの衛星星座 7つの衛星星座 7つの衛星星座 7つの衛星星座	
	イルンズ		L1 L5 Sバンド						
衛星増強システム	Waas		L1 L5				開発中		
	エグノス		L1 L5				開発中		
	SDCM		L1 L5				開発中		
	BDSBAS		B1C B2A						
	ガガン		L1 L5				開発中		
	MSAS		L1 L5	MTSAT ベース			QZSSベース		QZSS / 6 / 7ベース
	QZSS		L1S L6D/E						
	カズ		L1 L5						
	A-SBAS		L1 L5						
	スパン		L1 L5						

開発計画

右の図は、今後5年間の各衛星ナビゲーションシステムの現在の開発計画を示しています。信号セットとステータスは次のように報告されます。

シグナルの状態
サービスなし
初期サービス
フルサービス

免責事項: 2020年7月現在の一般に公開されている情報に基づくシステム展開計画。

ガリレオ地上インフラは、高品質のサービスの提供を保証します

地盤セグメントは、各GNSSの重要かつ重要なコンポーネントです。衛星を追跡し、その伝送を監視し、分析を行い、システム時間を確立し、衛星軌道と時計を計算し、コマンドとデータを星座に送信する地上施設のグローバルネットワークで構成されています。このように、その機能は、人間の体の脳と神経系の役割と比較することができます。

ガリレオ地盤セグメント

ガリレオ・グランド・セグメントは、フチーノ(イタリア)とオーバーブファフェンホーフェン(ドイツ)にある2つのコントロールセンター、ガリレオセンサーステーション(GSS)、ガリレオアップリンクステーション(ULS)、テレメトリ、トラッキング & コントロールステーション(TT & C)、ガリレオサービスの提供をサポートする一連のサービス施設を含む送受信ステーションのグローバルネットワークで構成されています。

また、ガリレオの搜索救助サービスを提供する中軌道ローカルユーザーターミナル(MEOLUT)のセットで構成されています。

ガリレオ地表セグメント



- GCC(地上管制センター) - フチーノ, オーバーブファフェンホーフェン
- GRC(ガリレオリファレンスセンター) - ノールトウェイク
- GSC(欧州GNSSサービスセンター) - マドリッド
- GSMC(ガリレオセキュリティ監視センター) - マドリッド, サンジェルマン・アン・レイ
- GSS(地上センサーステーション) - アゾレス諸島, フチーノ, ヤンマイエン, キルナ, パペーテ, レドゥ, レユニオン, ケルゲレン, クールー, サンピエールエミクロン, スパールバル, トロール, ウォリス, フトウナ
- IOT(軌道試験センター) - レドゥ
- LEOPCC(打ち上げおよび早期運用コントロールセンター) - オーバーブファフェンホーフェン
- SAR MEOLUT (搜索救助 - 中地球軌道ローカルユーザーターミナル) - ラルナカ, マスパロマス, レユニオン, スパールバル
- SGS(SAR/ガリレオ地上セグメント) - トゥールー
- TGVF(タイピングおよび測地検証施設) - ノールトウェイク
- TT & C(テレメトリ、追跡および制御ステーション) - キルナ, クールー, ヌメア, パペーテ, レドゥ, レユニオン
- ULS(アップリンクステーション) - クールー

ガリレオ・リファレンス・センターの紹介



ガリレオ・リファレンス・センター(GRC)はガリレオのサービス提供の礎です。オランダのノールトウェイクに位置し、GRCは欧州のGNSS機関を提供しています

(GSA)は、ガリレオサービスの性能と宇宙におけるGNSS信号の品質を監視し、評価する独立系を有する。監視活動はガリレオに限らず、GPS、GLONASS、BeiDouなどの他のシステムの性能も含まれます。

GRCのガリレオ性能の継続的な監視は、GSAが高品質のナビゲーションサービスの提供を確実にするのに役立ち、ユーザーはガリレオに頼り、恩恵を受けることができます。GRCは、技術的なソリューションと操作に関して、ガリレオシステムとオペレータの両方から完全に独立しています。

監視活動から取得したすべてのデータは、集中アーカイブに保存されます。これは、Galileoシステムの運用期間全体にわたってサービスパフォーマンスデータを格納するように設計されています。その結果、GRCはGNSSパフォーマンス分析に関連する多くの側面をサポートする「ビッグデータ」を持っています。

たとえば、GRCは、ガリレオサービス提供に関連するサービスパフォーマンスとサービスの低下の調査をサポートしています。さらに、GRCは、ガリレオ・プログラムおよび欧州航空当局に対し、航空ネットワーク管理および安全方針(ユーロコントロールおよびEU航空安全局EASA)などのさまざまな側面を担当するGNSSサービス性能の専門知識を提供しています。

GRCは、研究センター、タイミング研究所、国家宇宙機関などのヨーロッパの国家機関からの貢献を独自の機能を備えた、このような活動のためのヨーロッパのハブです。GRCはまた、米国(GPS)、ロシア(GLONASS)、中国(BeiDou)、日本(QZSS)、インド(NavIC)からの貢献を含む国連のGNSS国際委員会(ICG)の共同プロジェクトの一環として、ガリレオのための欧州監視分析センターに指定されています。

公共の拡張システムはGNSSの性能を高め、新しい市場に向かって動く

将来のSBASサービスは、より要求の厳しいアプリケーションのためにデュアル周波数システムによって提供される精度の向上を活用する予定です

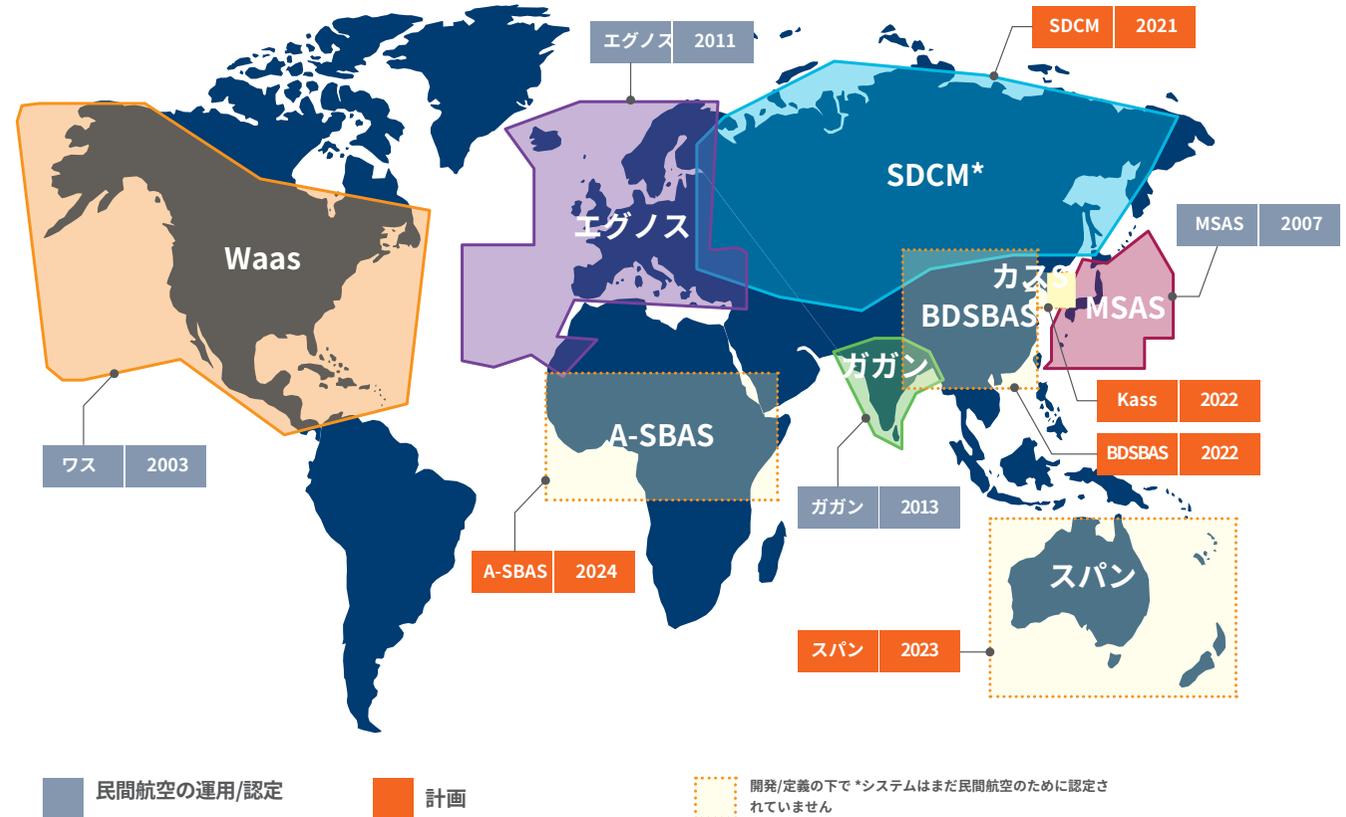
主に航空コミュニティのニーズを満たすために1990年代に開発された衛星ベースの増強システム(SBAS)は、農業や海事などの精度の向上を必要とする他の多くのユーザーセグメントで広く採用されています。

継続的な改善計画を持つ4つの運用SBASがあります(WAAS(米国)、EGNOS(EU)、MSAS(日本)、ガガン(インド))、および開発の様々な段階(SDCM(RU)、BDSBAS(PRC)、A-SBAS(ASECNA)、カス(韓国)、SPAN(オーストラリアとニュージーランド)の5つの追加SBAS)。SBASシステムの第1世代はGPS L1に拡張サービスを提供していますが、第2世代は、複数のGNSSコンステレーションから発生する信号の補正データをサポートするとともに、デュアル(L1とE5)と単一周波数(L1)の両方の操作をサポートする予定です。欧州では、EGNOS(EGNOS V3)のアップグレードにより、2025年からガリレオE1とE5aとGPS L1とL5信号が増強されます。

将来のシステムの多重周波数多重星座機能への移行により、位置の精度を向上させ、可用性を向上させ、意図しない干渉やイオン圏の擾動に対する堅牢性を向上させます。これらの技術的な進化は、中核航空部門以外の新しい市場の需要を満たす機会を作り出しました。したがって、EGNOS、BDSBAS、SDCM、A-SBAS、SPANサービスプロバイダーは、付加価値サービス、主に精密ポイントポジショニング(PPP)サービスを提供する可能性を検討しているため、すべての人にとって好調な高い精度市場をターゲットにしています。

SBASを介したPPPサービスの提供は、GNSS参照ステーションの密度が低い遠隔地での高精度アプリケーションに特に関連し、より多くのユーザーにサービスを提供します(ネットワークRTKの問題)。これは、内陸水路ナビゲーション、または機械ガイダンスの厳格な操作をサポートすることができ、ほんの少しを引用します。既存のGNSSサービス(特に安全保安サービス)が進行中の動きによって悪影響を受けないように、国際的な調整努力が行われています。

SBASの指標サービスエリア



調整の取り組みには、さまざまなSBASサービスプロバイダーで構成されるSBAS相互運用性ワーキンググループ(IWG)、国際GNSS委員会(ICG)、ICAOナビゲーションシステムパネルが含まれます。

附属書2は、SBAS経由のPPP配信の現在の計画を提示します。

5Gは、ユビキタスな接続を可能にし、位置づけに貢献することができます

5Gの約束

モバイル技術は、主に人と人と人のプラットフォーム(3G)から、グローバル規模での人と情報の接続性(4G)へと進化してきました。5Gは、すべてを接続するように設計された最初のモバイルシステムです。5Gは、膨大なモノのインターネット(MIoT)エコシステムと重要な通信アプリケーションを解き放ち、ネットワークは数十億台の接続されたデバイスの通信ニーズを満たし、速度、遅延、コストの間の適切なトレードオフを実現することが期待されています。5Gは以下の目的で使用されます。

- **拡張モバイルブロードバンド (EMBB)** により、数百 Mbps 以上の実世界の速度が実現します。これにより、無制限のデータを効率的にサポートする容量が大幅に向上します。これらのネットワークの改善により、オフィスビル、工業団地、ショッピングモール、大規模な施設など、より幅広い構造にセルラーカバレッジが拡大され、特にローカズ地域では大量のデータを使用して、より多くのデバイスを処理する能力が向上します。
- **大規模なモノのインターネット(MIoT)** は、5Gの改良された低電力要件、ライセンスおよび無認可スペクトルで動作する能力、およびより深く柔軟な広域カバレッジを提供する能力によって可能になります。これらのプロパティは、MIoT設定内の大幅なコストを削減し、MIoTのフルスケールを可能にします。
- **ミッションクリティカルサービス(MCS)** は、自律走行車、車両対万物(V2X)アプリケーション、故障を選択できない複雑な自動化装置のリモート操作など、高い信頼性、強力なセキュリティと可用性を備えた超低遅延接続を必要とするアプリケーションを含む、モバイル技術の新しい市場機会を促進します。

5Gでの位置決め

位置決めがアドオン機能であった既存の無線ネットワークとは対照的に、5Gモバイル無線ネットワークの場合、ポジショニングはシステム設計の不可欠な部分と見なされ、重要な役割を果たし、膨大な量の異なるロケーションベースのサービスとアプリケーションを可能にします。

5Gネットワークに導入される技術には、より良い時間分解能のための広い帯域幅、mm波範囲の新しい周波数帯域、大規模なアンテナアレイが含まれており、特に直接視線条件下での到着方向(DoA)および到着時間(ToA)の推定が非常に正確です。これにより、5Gネットワークは、メートルまたはサブメートルの精度をターゲットに、正確な位置決めのための便利な環境になります。GNSSの受信が困難または拒否される都市や深い都市環境など、ネットワークがより密度が高くなるので、これはさらに当てはまります。

このように、ハイブリッドGNSS/5Gは、都市におけるロケーション性能を大幅に向上させる、LBSおよびIoTドメインの多くのアプリケーションの将来のロケーションエンジンの中核となると予想されます。

5Gから利益を得る通信アプリケーションの例



5G、モビリティ、オートメーション

フェイルセーフワイヤレス接続、高速データ速度、広範なデータ容量により、5Gは、協調的な位置決めを可能にするだけでなく、無人運転車、UAV、モバイルロボット、そしてより一般的には自律的なものの世界の安全な操作を可能にするために必要な接続バックボーンを提供することができます。

自動車部門では、5Gのミッションクリティカルサービスは、ミッションクリティカルな車両間(V2V)、車両間インフラ(V2I)、および次世代のドライバー支援車などのインテリジェント輸送システム(ITS)アプリケーションをサポートし、他の車両や固定インフラとデータを交換できるリアルタイムの安全システムを必要とします。これは、無人運転車のための基礎を築きます。

自動化と自律性の向上に加えて、輸送部門は、物流とデジタル化のための港湾、空港、鉄道におけるワイヤレス接続の重要な受益者です。このアプリケーションには、大容量のファイルとリアルタイムのデータ交換、リアルタイム情報、複数のドメインからのデータ交換(交通、行政、緊急サービス、気象センシングなど)が含まれ、5GのMIoTがサポートするインフラストラクチャへの接続性を必要とします。これらの大量のデータを、システムが情報を効果的に統合し、優先順位付けできるように、共通のタイムソースと正確に同期する必要があります。

GNSS受信機は、パフォーマンスを向上させるために継続的に進化

受信機設計の進化は、より多くのGNSSチャネルをサポートする処理能力の向上、異なる技術との密着性を高め、GNSSを奪われた場所への位置づけをもたらす低コストセンサーの開発など、半導体業界の技術開発によって可能になります。

同時に、市場の圧力は、精度の向上、すべての環境でのパフォーマンスの向上、最初の修正までの時間の短縮(TTFF)、妨害やスプーフィングに対する堅牢性の向上に向けて引き寄せたものです。この簡略化された図は、典型的なGNSS受信機の構成要素を主な特徴(最も重要な、または急速に進化するが赤で強調表示される)を示しています。

このアーキテクチャーは、自己完結型 GNSS レシーバの典型的なアーキテクチャです。多重周波数受信機の出現は、この機能図に大きな影響を与えませんが、それはいくつかのコンポーネント、特にアンテナ(1)、RFフロントエンド(2)、およびベースバンド処理(4)に影響を与えます(総近似)各周波数に複製されます。

GNSS受信機機能ブロック図

1. アンテナ(+プリアンプ)

GNSS信号を受信、増幅、バンドパスフィルタします。

寸法:

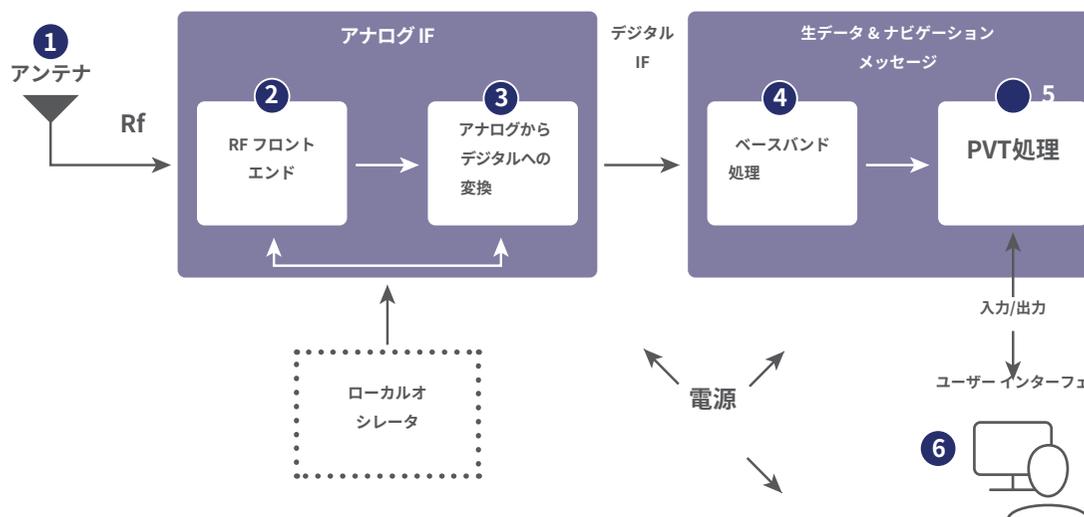
- 周波数帯
- アクティブまたはパッシブ
- 得る
- CSWaP*
- 選択
- ノイズファクター
- フェーズセンター
- (制御または 固定)放射線パターン
- マルチパス拒否
- ジャミング軽減策
- スプーフィングの軽減策

2. RFダウンコンバータ

RF信号をアナログデジタルコンバータ(ADC)と互換性のある中間周波数(IF)にダウン変換してフィルタリングします。

寸法:

- 入力頻度/ies
- 位相ノイズ
- 直線
- 自動ゲイン制御(AGC)
- 隔離



3. アナログからデジタルコンバータへ

アナログ IF 信号をデジタル表現に変換します。寸法:

- 直線
- ビット/ダイナミックレンジの数
- ジッタ
- 帯域幅
- ベースバンドへのインターフェース

4. ベースバンド処理

受信信号を取得して追跡し、ナビゲーションデータを復調します。

寸法:

- チャンネル数
- 処理されたシグナルコンポーネント
- 測定速度
- 測定ノイズ(C/N0)
- 連続対スナップショットまたはデューティサイクリング
- ダイナミクス
- マルチパスの軽減
- 干渉と妨害の軽減
- スプーフィングの軽減策

5. PVT (& アプリケーション) 処理

星座の基準時間に対する推定位置とレシーバ時間オフセットを計算します。

寸法:

- ソリューションタイプ (GNSS、DGNSS、RTK、PPP.)
- センサーハイブリダイゼーション
- サポートされる拡張サービス
- 単一または多星座
- 更新率
- 遅延

6. 入出力インターフェイス

内部形式で生成されたデータをNMEAなどの認識された形式に変換します。再フォーマット後、データは、RS-232、イーサネット、Bluetooth、またはこれらの組み合わせのような適切なデータインターフェイスを介して出力されます。多くの場合、インターフェイスの選択はアプリケーションドメイン固有です。

*コスト、サイズ、重量とパワー

GNSS信号の複雑な性質には、高度な処理方法が必要

GNSS信号成分は、すべての電流コンステレーションで類似しています

GNSS信号の構造は、3つの主要なコンポーネントで構成されています。

- キャリア**- 発振器によって生成される、すべての衛星の原子時計と同期した、この電磁波の音波。キャリア周波数は1100~1600MHzの範囲で選択され、情報を送信するために使用されます(存在する場合、拡散コードとデータ成分を持つ変調を介して)、およびキャリア位相の測距のために。
- 拡散コード**- 意図された受信機によって決定論的な方法で再現することができる一見ランダムなバイナリシーケンス。彼らは主に、強度の向上、干渉への耐性、公共、軍事、商業、またはその他のサービスに対する信号のユーザビリティの承認のために信号スペクトルを広めるために使用されます。コードは通常 1~10 MHz で生成されます。相関器で信号をデスプレッドした後、GNSS 受信機は時間をかけて同期を実行し、コードフェーズの範囲を**実行することができます**。
- データコンポーネント**- ナビゲーション情報を含む低周波データストリーム(例えば、ガリレオ/NAVの場合は125 Hz):主に衛星時計とエフェメリスデータ(CED)だけでなく、電化圏補正モデル、サービスパラメータ、整合性と認証指標、およびその他のデータ。一部の信号(「パイロット」と呼ばれる)は、トラッキングパフォーマンスを向上させるデータで変調されません。

さまざまな観測可能な機能により、拡張性に優れた精度レベルとサービスが提供されます。

PVTソリューションは、コードフェーズまたはキャリア位相由来の衛星から受信機までの範囲(いわゆるオブザーバブルズ)を使用して、データコンポーネントからの情報とエラーを軽減するためのさまざまなモデルを使用して計算されます。達成された精度は、処理された信号の周波数に反比例し、すなわち高周波は高精度を生み出す。したがって、キャリアフェーズ観測は、通常、コードフェーズよりも1000倍以上の精度につながります。しかし、キャリアフェーズははるかに脆弱です(サイクルスリップの影響を受けます)、低い精度を生み出すにもかかわらず、コードはより堅牢です。

キャリア位相は、受信機で生成された合成観測の位相(受信信号と内部で再現されたレプリカの組み合わせ)を測定することによって、衛星に対する極めて正確な分数範囲を決定するために使用されます。しかし、このような測定値は小数(サブ1サイクル)情報のみを提供しますが、整数のサイクル数は不明のままです。主な難点は、あいまいさの解決と呼ばれるプロセスにおけるサイクルの整数の数の推定にあります。

コードフェーズは、ローカルレプリカに対する入力コードの遅延を測定するために使用され、衛星に対する推定値が数メートルまでの精度で得られます。受信機の機能に応じて、コード測定は、あいまいさを解決することなく、キャリアフェーズで平滑化することによってさらに洗練される場合があります。

コードベースの処理方法で位置を決め、十分な精度を提供し、十分な堅牢性を備えています。最大精度が必要な場合、センチメートルレベルの精度でキャリアベースの処理が優勢です:キャリアフェーズは、高度な受信機を介して観察され、最終的な精度レベルを持つ複雑な多周波数の組み合わせが可能です。

観測値に影響を与えるエラーは、複数の物理パラメータに依存します。

衛星の誤りは主に、衛星時計とエフェメリスデータを予測するGNSS地上セグメントの軌道決定および時間同期(ODTS)プロセスの残留誤差と、衛星エレクトロニクスおよびハードウェアにおける不完全に知られたまたはモデル化されたエラーによって引き起こされます。

環境エラーは、信号が通過するイオン圏および対流圏層によって引き起こされる。電離層は電磁波の伝搬速度を周波数依存的に変化させ、対流圏は周波数に依存しない遅延を発生させる。

ローカルエラーは、測定条件(信号反射/マルチパスおよび衛星ジオメトリなど)、受信機の品質(クロックの安定性、ノイズおよびハードウェアバイアス)、アンテナ位相中心オフセット、または変動のいずれかに依存するソースによって発生します。

GNSS エラー コンポーネントと緩和戦略

GNSS衛星	コードベース		キャリアベース		
	DGNSS (OSR)	SBAS (~SSR)	RTK (OSR)	PPP-RTK (SSR)	PPP (SSR)
グローバル (システム)	SVオービット誤差	✓	✓	✓	✓
	SVクロックエラー	✓	✓	✓	✓
	SVバイアス	✓	✓	✓	✓
地域/地域 (伝播)	電離層対流圏	✓	✓	✓	✗
地元 (環境 & レシバー)	マルチパス	✓	✗	✓	✗
	受信機エラー				

受信機/ユーザー

Scalability →

← Accuracy

Scalability →

← Accuracy

← Convergence time

位置処理には、エラー軽減のための2つの主要な方法が組み込まれています。

GNSSエラーは通常、2つのモデリング方法によって削減されます:**観測空間表現 (OSR)**は、近くの(実数または仮想)参照ステーションで観察される単一のコンパウンド範囲補正を提供し、**状態空間表現 (SSR)**方法では、さまざまなエラーソースは、受信機に送信される前に連続動作参照測点(CORS)のネットワークによって別々に推定されます。パラメータの一部(例えば、PPPの環境遅延)は、CORSネットワークからではなく、受信機内で推定されます。PPP-RTKメソッドは、両方の方法の要素を組み合わせ、大衆市場から高精度まで、すべてのユーザーセグメントにスケラブルな精度を提供します。高精度の大衆市場アプリケーションの出現は、PPP-RTKの普及に対する強い可能性を示しています。

これらのメソッドの機能の詳細については、68ページに記載されています。

PVT法では多重周波数がますます使用される

GNSSの主な位置計算戦略

方法*	Spp	DGNSS	SBAS	Rtk	PPP-RTK	Ppp
オブザーバブル	コード	コード	コード	キャリア	キャリア	コード/キャリア
位置 決め	絶対値(GNSSリファレンスフレーム内)	相対	相対	相対	絶対(トラッキングネットワークの参照フレーム内)	絶対(トラッキングネットワークの参照フレーム内)
コムリンク	いいえ	はい	はい(GNSSが好き)	はい	はい	はい
単一周波数(SF)デュアル周波数(DF)三重周波数(TF)	SF または DF	Sf	SF 現行 DF が計画	主にDF	(SF)DF または TF	(SF)DF または TF
最初の修正までの時間 (RTKFF)FF	SPP+訂正を受け取る時間として	DGNSSとして	DGNSS+あいまいさを解決する時間として	PPPより高速ですが、より遅い Rtk	RTKとして、しかしあいまいさを推定する時間は有意に高い(より多くの未知数)	
水平精度	5-10 m DF 15-30 m SF	<1<m-5 m	<1メートル	1cm+1 ppm ベースライン	< 10cm	<<10cm-1m
カバレッジ	世界	最大100年 代のKm	最大1000年 代のKm	最大10s Km	地域	世界

* 頭字語は附属書5で定義されます。

観測可能な PVT メソッドを条件として使用

GNSS PVTソリューションを計算するための多くの戦略がありますが、精度はセンチメートルレベルから数十メートルまで、いくつかの要因によって制約されます。

- 観測可能なキャリアフェーズの可用性:** これは最も正確な方法へのアクセスを提供しますが、キャリアフェーズは多くの受信機タイプ、特に大衆市場でデューティサイクリングまたはスナップショット技術を実装している場合には利用できません。
- 環境条件:** 受信機の能力が何であれ、衛星視線への直接受信機の頻繁な中断が存在する環境では、あいまいさの解決が信頼性が低くなり、すべてのキャリアベースのPVT戦略が実用的でなくなる。
- 拡張データの可用性:** 単一点位置決め方法を除き、その他はすべて、適切な通信リンクを介して受信された補正データまたは拡張データの適時の可用性に依存します。この通信リンクの 失は、GNSS信号自体の損失と同じくらいソリューションに有害であることが証明されるかもしれません。

多重周波数により、全体的な位置決め性能が大幅に向上

デュアル周波数受信機は、単一周波数受信機に対して、達成可能な精度の点で、また、(周波数の多様性のために)干渉に対する耐性の向上という点で、大きな利点を提供します。歴史的に、デュアル周波数の使用は、プロや政府のユーザーと高価なL1+L2受信機に長年にわたって制限されてきました。E5周波数帯域で高品質のオープン信号を提供する4つの完全なGNSSコンステレーションの出現は、ゲームチェンジャーであり、大量市場のためのE1+E5デュアル周波数チップセットの広範な可用性を引き起こしました。

E5は、すべてのGNSSと近代化されたSBASによってサポートされている、これらの信号は、他のどの周波数よりも多くの衛星で放送されるという豊富な利点をもたらします。さらに、この周波数帯域は航空無線ナビゲーションサービス(ARNS)と共有されるため、規制保護(L1/E1と同様)が強化され、安全に重要なアプリケーションに適しています。さらに、E5の信号は、高いチップング率と高い受信電力のE1/L1またはL2の恩恵を受けます。

互換性のある PVT ストラテジーの観点から、デュアル (またはそれ以上) の周波数処理は、さらに大きな利点をもたらします。左側の表に記載されているすべての処理方法の理論的な単一周波数互換性にもかかわらず、実際には二重周波数はキャリア位相ベースのアルゴリズム(RTK、PPP-RTKおよびPPP)の最小要件です。

三重周波数は、参照ステーションからの最大分離(RTKおよびネットワークRTK)、溶液の信頼性、およびこのソリューションの取得と検証に必要な時間の3つの特性に沿って、キャリア相のあいまいさ解決アルゴリズムの性能をさらに向上させることができます。しかし、現在だけ高精度、プロのグレードの受信機はトリプルまたは4倍の周波数処理を採用しています。

LバンドのGNSS周波数



革新的な処理戦略は、GNSSの位置決めの修正あたりの非常に低いエネルギーを可能にする

ジオロケーション IoT デバイスでは、非常に低レベルのエネルギー消費で位置修正を利用できる必要があります。このため、近年、GNSSのエネルギー消費量を大幅に削減する動きがあり、その結果、受信機技術(1Hzの連続追跡モードでサブ10mWの消費)が急速に進歩し、いくつかの革新的な技術を使用しています。これには、アシストGNSS(A-GNSS)や長期のエフェメリス予測などの成熟したソリューションや、IoTに固有の接続性を活用した新しいハイブリッドアプローチが含まれます。

受信機デューティサイクリング: デューティサイクリングは、位置要求に反応するために必要なものを除いて、GNSS受信機のすべてのコンポーネントの電源をオフにするため、消費電力を大幅に削減します。この技術は現在、事実上すべての大衆市場の受信機で実装されています。

拡張および自律的なエフェメリス予測: GNSS受信機は、取得フェーズ中に最もエネルギーを消費し、信号取得とナビゲーションメッセージ検索の両方をカバーします。GNSS衛星は、低い伝送速度でナビゲーションメッセージをブロードキャストし、その間に長いダウンロード時間(数10秒)を送信し、その間、受信機は完全な電源を維持する必要があります。この問題を解決するには、ナビゲーションメッセージを代替ソースから取得できます。

- 過去のデータに基づいて、受信機によって自律的に計算されるか、または
- おそらくダウンロードの頻度を減らすために拡張された有効性を持つ、通信ネットワークを介して受信されます。

GNSS 支援: GNSS 支援は、通信ネットワークを使用して、取得フェーズ中に役立つデータを GNSS 受信機に提供します。

- 取得支援データは、粗いタイミングとドップラー情報を含み、電力集約型信号取得を短縮するために使用されます。
- クロックとエフェメリスの支援データは、ブロードキャストナビゲーションメッセージを置き換えます。

A-GNSSは、2つの主要なドレインに取り組むことでGNSSエネルギー消費量全体を最小限に抑えますが、通信リンクに対するより大きな要求を犠牲にしています。

スナップショット取得: 今後、スナップショット技術は、疑似距離情報を取得し、受信機位置を計算するために処理されるGNSS信号のわずかな間隔のみを使用して位置を決定できるため、エネルギー消費量をさらに削減することができます。スナップショットの位置決めの詳細は、40ページをご覧ください。しかし、これらの技術は感度と精度を低下させるコストで提供され、適切なバランスを見つけなければなりません。

クラウド処理: さらにエネルギー消費を削減するには、ポジションの計算方法のパラダイムシフトが必要です。エネルギーに えた機能は、すべてのGNSSタスクを単一の受信機で実行する代わりに、十分なエネルギー、処理電力、時計、エフェメリスデータが事実上無制限に利用可能なクラウドに「アウトソーシング」することができます。この手法は、通信リンクに対する要求の増加を犠牲に行われます。

LPWAN 構成とスナップショットの手法

スナップショット構成	最も独自の LPWAN	ほとんどのセルラー LPWAN
生スナップショットの伝送	✗ ネットワークアップリンクが不十分	✓
擬似範囲の伝達	✓	✓
デバイス上での位置決定	✗ ネットワークダウンリンクが不十分	✓

ソース: GSA

これらのハイブリッド技術の多くは、通信ネットワークに要件を課すため、互換性のある接続ソリューションでのみ使用できます。

IOT消費電力に関するGSAホワイトペーパー

このような技術ソリューションにより、IoT デバイスは GNSS の位置決め性能を活用できる一方で、多くの IoT コースケースで必要とされる非常に長いバッテリー寿命との互換性を維持します。これらについては、このレポートの 39 ページと 40 ページで詳しく説明します。

GSAのウェブサイトからダウンロード可能なGSAホワイトペーパー「モノのインターネットのための電力効率の良いポジショニング:GNSSと低電力接続ソリューションのマージ」で、より詳細な分析を見つけることができます。



GNSSの性能にアンテナが不可欠

アンテナは、あらゆる受信機設計の重要な部分です。最適なチップセットと最も洗練された信号処理は、アンテナの性能低下を補うことはできません。この重要性は長い間高精度のセグメントで認識されてきましたが、大衆市場を含む他のセグメントは現在、このトピックを完全に受け入れています。実際、デュアル周波数受信機の普及により新たな可能性が生まれる可能性は高まっていますが、アンテナは全体的な性能の限界要因です。

アンテナ KPI

アンテナ設計は多数あり、GNSS で最も一般的に遭遇するものは、GNSS ユーザー テクノロジー レポート 1 でレビューされました。

アンテナは、周波数範囲、ゲイン、放射パターン、ノイズファクター、位相中心定義と安定性、分極化、マルチパスと干渉の除去、サイズ、形状、電磁および環境の制約によって特徴付けられます。

サイズ対ゲインと帯域幅

これらの特性はアンテナの設計によって大きく異なり、独立していません。たとえば、アンテナの効率(またはゲイン)は、放射要素のサイズによって変化します: アンテナが小さいほど効率が悪くなります。これは、小型サイズが拘束力のある制約(ウェアラブルやスマートフォンなど)であるユースケースでは課題を生み出しますが、受信条件が難しいのが一例です。

小型化技術と革新的な設計は、アンテナワイヤを折り畳んだり、高誘電体を使用したりして、許容可能なゲインを維持しながらアンテナ寸法を低減するために使用できます。ただし、潜在的な欠点は、アンテナが最も効率的に動作する帯域幅の狭小化です。最新のGNSS信号は、従来の信号よりも広い帯域幅を持ち、有用な信号と望ましくない信号との間でより良い差別を提供します。ただし、この場合、アンテナ帯域幅は信号のバンドに合致する必要があり、従来の信号に最適化された古いモデルには当てはまらない場合があります。

高性能多重周波数マスマーケットアンテナの課題

このレポートでは、大量市場アプリケーションを含め、E5/L5を第2の周波数として使用することの利点について多くのことが述べています。他の利点の中で、このバンドの信号はE1/L1の相手よりも強いパワーレベルを持っています。しかし、この利点は、この帯域での性能が不十分なアンテナのために、一部の民生用デバイスでは完全に失われると見なされています。

多重周波数は、自動車領域を高いレベルのオートメーション(ADASレベル3-5)に移行するために必要な高精度ポジショニングのイネーブラーでもあります。接続された時計よりも車内にアンテナとグラウンドプレーンを収容する余地が多いと合理的に仮定できますが、デシメートルレベルの精度には適切なマルチパス保護が必要であり、連続性には十分なゲインが必要であり、IMUセンサーではハイブリダイゼーションがレバーアームの効果を正當に考慮する必要があります。

ジャミング保護

GNSS 信号干渉や妨害が発生するのも、むしろ一般的です。マルチエレメントアダプティブ アンテナ(制御された放射線パターン アンテナの場合は「フェーズドアレイ」または CRPA とも呼ばれます)は、最も効果的な干渉軽減技術の 1 つです。この技術は数十年前に開発されましたが、初期の設計はかさばり、外部のデジタルアンテナコントローラユニット(DACU)を含み、非常に高価で、軍事用に予約されていました。この技術は徐々に進化し、より小型で自己完結型のアンテナの設計と民間ユーザー向けの製品の入手が可能になりました。

2020年初頭、カナダのカルガリーに拠点を置く Quantum 逆転は、RFドメインでCRPA信号を処理する新しい設計を導入し、広範なマルチ処理エレクトロニクスの必要性を排除しました。同社によると、これは非常に大きなコスト、サイズ、重量、および電力削減をもたらす(電力は約15~30 Wから約1 Wに減少し、サイズは直径が10センチメートル以下、名目15~20センチメートル)です。干渉または妨害拒絶の30 dB以上を維持しながら、家電製品の需要とはかけ離れていますが、これらの削減により、CRPAは、継続的な途切れのないGNSSサービスが不可欠な小型ドローンアプリケーション、タイミングネットワーク、輸送アプリケーション、または参照監視ネットワークに移行することができます。



©量子逆転

ガリレオプロジェクトのための多重周波数多目的アンテナ



Fundamental Elements

GAMMA プロジェクトは、異なる検出器に基づく多段干渉保護を備えた多重周波数多目的GNSSアンテナの開発を目指し、さまざまな種類の干渉に取り組む範囲を持っています。このアプローチの目新しさは、アンテナが妨害だけでなくスプーフィングも干渉を検出して軽減するための戦略を定義する上で重要な部分と考えられているということです。**GAMMA** アンテナは、ハイエンドGNSS受信機を備えたプロユーザー向けのRF-OUT、プロフェッショナルユーザーがデータを受信して処理するためのデータシリアル、大量市場アプリケーション用のBluetoothインターフェースの3つのインターフェースを提供し、生データ処理の可能性を利用します。

MAGICA プロジェクトの主な目的は、多周車用GNSS組み込みアンテナの開発です。プロジェクト中に得られた新しいアンテナ技術は、車両に搭載されるGNSS高精度システムの性能とコストの間でより良いイコライゼーションにつながります。対象アプリケーションは、センチメートルレベルの精度が要件となる自動運転です。

今日の受信機ではマルチコンステレーションが当たり前

GNSS受信機における星座のサポートの進化は、宇宙インフラの進化に続き、製品ライフサイクルにほぼ対応する遅延が発生します。その結果、メーカーは現在、すべての星座に本格的に取り組み、市場全体でマルチコンステレーション機能のサポートが劇的に増加しました。

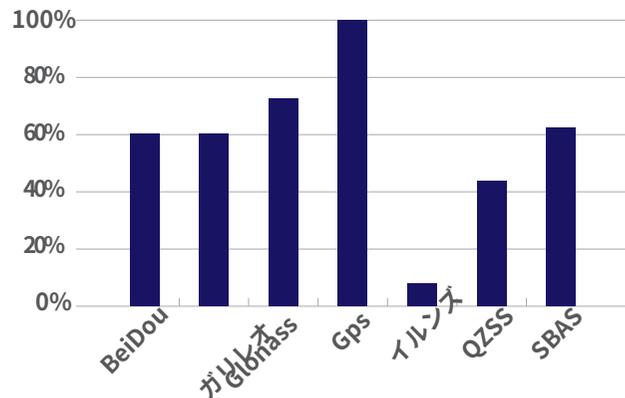
大多数(76%)現在の受信機の多星座であり、マルチ星座のサポートを提供する最も一般的な方法は、受信機の52%を表すすべての星座をカバーすることです。この傾向は、主にガリレオとBeiDouのサポートの増加(++20 p.p.)によって促進されます。GLONASS、QZSS、NavICもサポートの増加を示していますが、サポートは少ないです。

従来の単一またはデュアル GNSS (GPS/GPS+GLONASS) の使用は、厳しい電力制限や低い性能要件を持つアプリケーション、または規制がマルチコンステレーションにまだ更新されていないアプリケーション用に予約されています。

多星座は、利点のためにはるかに好ましい構成であり、特に都市の峡谷のような空の制約されたビューを持つ環境では、受信機の性能をもたらします。利点の範囲は次のとおりです。

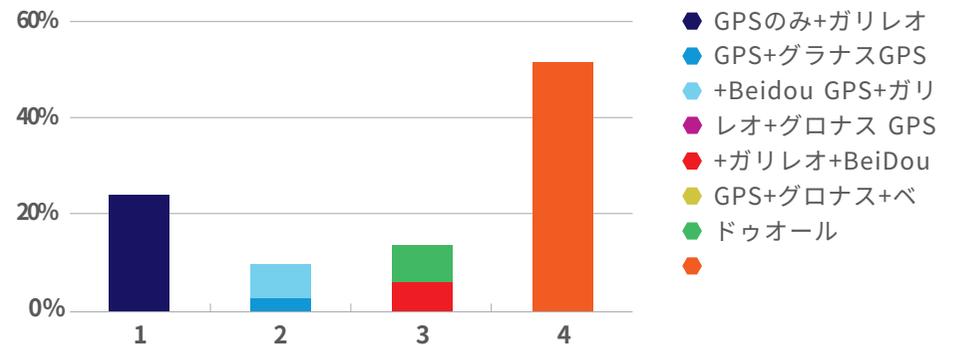
- **可用性の向上*** - 特に、前述の制約のある環境では、シャドウを行うと、単一の星座が適切な、または場合によって解決される可能性を防ぐことができます。
- **精度の向上*** - ジオメトリの改善、および受信機が 害された入力(マルチパスなど)を拒否できる信号が増えました。
- **堅牢性の向上*** - いくつかの独立したシステムは、単一のソースよりもスプーフィングが困難です。

GNSS受信機の星座能力¹



¹は、各星座を追跡できる受信機の割合を示しています

GNSS受信機によるサポートされる星座²



²は、1、2、3、または4つのGNSSの星座を追跡できる受信機の割合を示します。

GNSS受信機の能力の分析

GSAの独立した分析は、現在市場で入手可能な約500の受信機、チップセット、モジュールの能力を評価します(2020年第1四半期末)。分析では、各デバイスはチップセットかレーバかにかかわらず、その販売量が何であれ、等しく重み付けされます。したがって、結果は、エンドユーザーが使用しているものではなく、メーカーの製品における星座サポートの分割として解釈する必要があります。

免責事項: 上記の表は、製品の機能と適用対象ドメインに関する判断に関するメーカーの公的に入手可能な主張を反映しています。実際のアプリケーションでの使用は、認証、エンドユーザー製品の実装、ソフトウェア/ファームウェアの構成などの問題によって異なる場合があります。

* 主要なパフォーマンスパラメータは、附属書3で定義されています

多重周波数は、ほとんどのドメインで一般的になります

新しい信号が増える衛星から利用できるようになるにつれて、従来の高精度アプリケーションを超えた受信機は、より良いパフォーマンスを実現するために多重周波数をサポートするようになりました。2020年には、大衆市場向けの第2世代デュアル周波数受信機が利用可能になり、従来の長いライフサイクル規制領域向けに積極的に開発されています。

この傾向を超えた主な要因は、E5バンドのオープン信号の増加であり、すでにL2(第2の周波数のためのレガシー選択)の信号を上回り、多くの受信機モデルで採用されています。

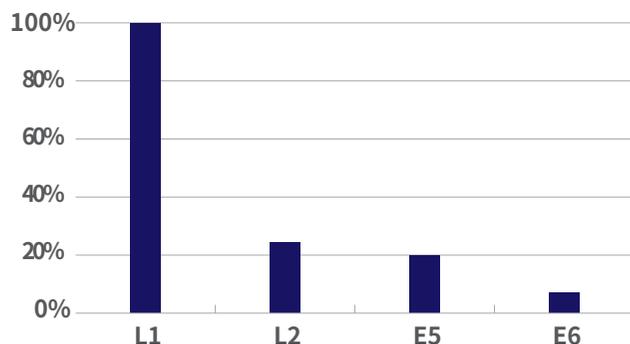
この結果、過去2年間でE5をサポートする受信機の生産が着実に増加し、L2をサポートする受信機が減少しました。現在の移行期間(E5a/L5信号はL2の信号を急速に上回る)では、いくつかのデュアル周波数マスマーケットチップセットは、注文時に顧客が選択する設定可能な第2周波数(L2またはE5)を提供します。

単純化のために、周波数帯域レベル、すなわちL1、L2、E6およびE5バンドでの周波数能力を報告する。このレポートの18ページとAnnex IIに示すように、これらの各バンドには複数の信号または信号コンポーネントが存在し、受信機メーカーの戦略に従って完全または部分的に悪用される可能性があります。

例として、ガリレオE5のみの場合、E5a(BPSK)、E5b(BPSK)、およびE5a+b(AltBOC)シグナル成分、またはこれらの任意の組み合わせを使用することができる。どのような場合でも、そのような受信機は「E5対応」として報告されます。

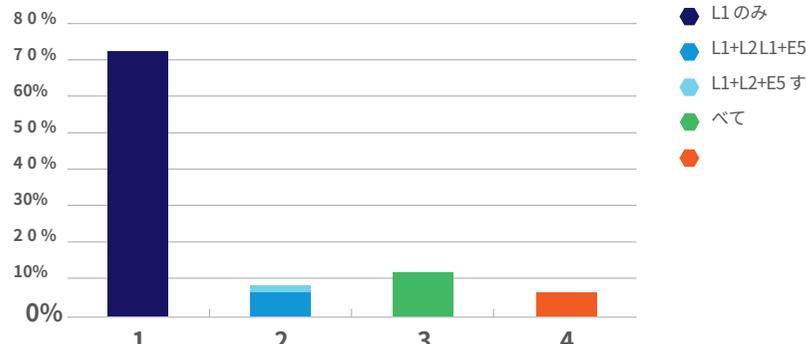
下のチャートは、周波数帯の現在(2020)の好ましい選択肢を表しています。既に述べたように、一部の製品は、請求された能力に基づいてトリプル周波数(L1+L2+E5)として報告されます。二重周波数として顧客に配信されます。これにより、二重周波数製品的人為的な減少、および三重周波数能力を有する製品の増加に対応する。

GNSS受信機の周波数能力¹



¹は、各周波数帯域をサポートする受信機の割合を示します。

GNSS受信機²でサポートされる周波数



²は、1、2、3、またはすべての4つの周波数を追跡できる受信機の割合を示しています

GNSS受信機の能力の分析

GSAの独立した分析は、現在市場で入手可能な約500の受信機、チップセット、モジュールの能力を評価します(2020年第1四半期末)。分析では、各デバイスはチップセットかレシーバにかかわらず、その販売量が何であれ、等しく重み付けされます。したがって、結果は、エンドユーザーが使用しているものではなく、メーカーの製品における周波数サポートの分割として解釈する必要があります。

免責事項: 上記の表は、製品の機能と適用対象ドメインに関する判断に関するメーカーの公的に入手可能な主張を反映しています。実際のアプリケーションでの使用は、認証、エンドユーザー製品の実装、ソフトウェア/ファームウェアの構成などの問題によって異なる場合があります。

* 主要なパフォーマンスパラメータは、附属書3で定義されています

PNTの脆弱性: GNSSおよびそれ以降

PNTベースのアプリケーションのセキュリティは、すべての段階で保証する必要があります。

GNSSの脆弱性は現在、一般的に認められており、このレポートの以前のエディションで広く説明されています。しかし、PNTベースのシステムやアプリケーションに安全またはセキュリティを委託するユーザーにとって、信頼や信頼度はGNSSを超え、最も弱いコンポーネントと同じくらい安全または安全なエンド ツー エンド アプリケーションを包含する必要があります。この全体的な「信頼境界」の必要性は、右側の図に概略的に説明されています。

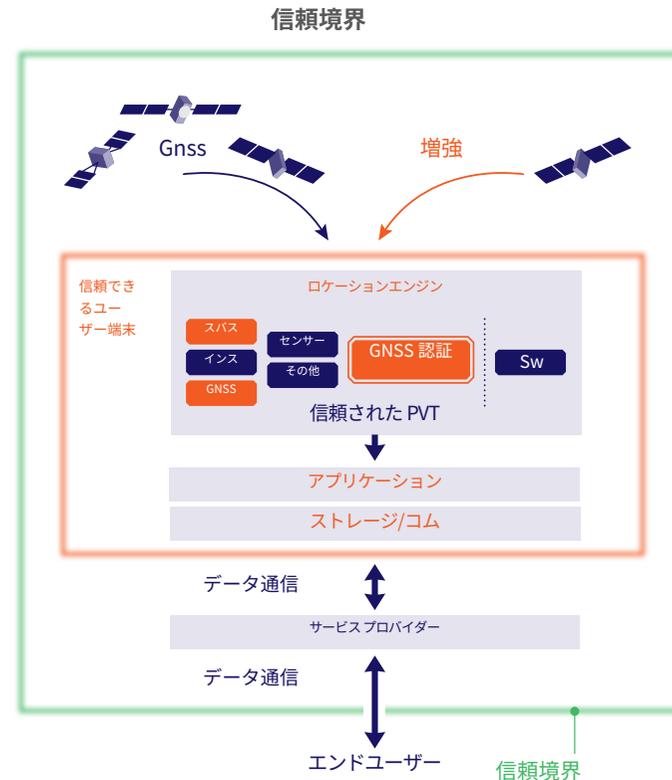
すぐに明らかのように、GNSSは複雑なシステムの1つのコンポーネントであり、必ずしも悪意のあるアクターのために攻撃するのが最も簡単ではありません:受信GNSS信号を偽装するよりも偽の位置を報告するために受信機の出力をハックする方が簡単または安価かもしれません。これは、海上AISが船舶の真の位置から数千マイル離れた位置を報告する方法です:スプーフィングの手の届かないところに、安全でない通信リンクが攻撃のポイントです。したがって、GNSS認証はアプリケーションセキュリティ全体の必要な構成要素ですが、唯一のものではありません。

妨害となりすましの脅威を評価する

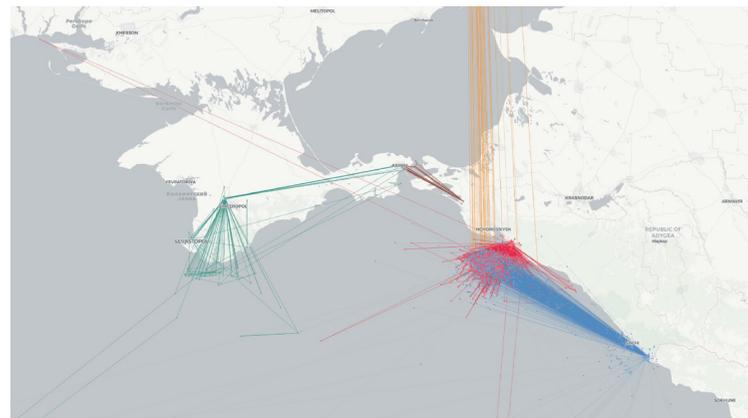
GNSSの妨害事件は非常に多く報告されており、その大半はいわゆる「プライバシー保護装置」(ほとんどの国では違法)によって引き起こされます。多種多様なツールにより、妨害機の検出、分類、さらには地理位置情報が可能です。これらには、テキサス大学オースティン¹校の研究者が最近示したように、地上と宇宙ベースの両方の手段が含まれます。しかし、妨害監視手段を導入したり、犯罪者を起訴したりするための国際的に調整された取り組みはまだありません。これは、潜在的な損害の程度にもかかわらずです。

GNSSのスプーフィング(ミーコニング²を含む)インシデントの報告頻度は低くなりますが、数が増え、壮観です。より低い数字の説明は、セキュリティ上の理由から、秘密のなりすまし攻撃が検出されないか、被害者によって報告されないということです。検出されたスプーフィング攻撃の増加に関しては、これらは新しいタイプであることを指摘する必要があります:犯人は明らかに秘密にしようとするのではなく、GNSSの使用を否定します。確かに、テキサス大学オースティン校の研究者が述べたように、「なりすましは妨害よりもサービス拒否の方が効率的です:1ワットのスプーフィングは、同じスタンドオフ距離で1キロワットの狭い/広帯域ジャマーよりも強力です」。

1 「低軌道からのGNSS無線干渉検出」、INC 2019、エディンバラ
2 関連する定義は附属書4ページ100で与えられる



一般的なLBSアプリケーションの「信頼境界」には、相互接続された多くの構成要素が含まれています。すべてのブロックと接続は、全体的なセキュリティ、またはその欠如に貢献しています。



©オーナー/アーティスト/リーノ/トマップの著者/著者@CARTO

広く報道されている「黒海」のなりすましは、事実上、地域上のGNSSサービスの損失をもたらしました。色の線は、船の位置が真実から特定の空港の場所にジャンプすることを示しています。

シームレスな屋内カバレッジを提供するために自由に販売されているかなり粗い「GNSSリピータ」は、不適切に使用された場合、実際に自分の位置の近くにあるすべてのGNSS受信機を偽装する可能性があります。

GNSSが妨害され、あらゆるレベルでスプーフィングを防止

クリーンなRF環境の確保

GNSSユーザーの保護の最初の層は、国際電気通信連合(ITU)、国際通信技術の専門機関によって割り当てられた周波数帯の使用によって保証されます。無線規則で規定されているとおり(GNSS周波数については、このレポートの10ページおよび附属書を参照)。しかし、これらの規制の施行は依然として国家の責任であり、各国では不平等である。

GNSS 信号の認証

GNSS 認証は、悪意のあるアクターが予測したり偽造したりできない特定の機能をブロードキャスト信号に組み込むことによって実現されます。認証が有効なレシーバは、本物のシグナルと模倣を区別するために、これらの機能を解釈できます。これは、データ レベルでブロードキャスト ナビゲーション メッセージを認証する2つの補完的なレベルで行うことができます。そして、範囲レベルは、衛星に測定された範囲を認証する。2020年現在、ガリレオだけが、次のページで説明されているように、一般の人々のためにそのような機能を提供することを約束しました。認証はスプーフィングから保護できますが、妨害からは保護できません。

複数の位置情報ソースの使用

単一の情報源に頼ることは決してないし、独立した測定と常にそれをクロスチェックすることは、適切なナビゲーションの練習です。GNSS ユーザーの場合、これは複数の星座、場合によっては複数の周波数を使用する変換になります。ただし、多くの場合、この操作は必要ですが、PNT ソリューションの適切な可用性、継続性、信頼性、および全体的なパフォーマンスを確保するには十分ではありません。したがって、GNSSは、意図された使用、性能および制約に従って変化する他の技術によって補完される。例えば、スマートフォン(最も多くのGNSS受信機)は、通常、冗長な位置決めや移動情報を提供するために使用できるよりも多くのセンサーを含んでいます(右側の図を参照し、補完技術に関する議論については26ページを参照)。

逆的に、これらすべての組み込み補完的なPNT技術は、消費者デバイスが高品位、プロフェッショナル、GNSS専用受信機よりも弾力性がある可能性があることを意味します。

より良いアンテナ設定を使用する

20 ページで説明したように、アダプティブアンテナ(CRPA)は、妨害に対して非常に効率的なツールです。しかし、より単純な構成(2つのアンテナ)は到着情報の方向を提供することができ、着信なりすまし信号を検出するのに非常に有用です(例えば、ブラッド・パーキンソン博士の「人類のためのGPS」会議は2020年1月7日)。



一般的なスマートフォンには、信頼性の高い位置決めを確保するために活用できる豊富なセンサーが組み込まれている。

専用のレシーバテクニックの実装

受信機の方法は、信号電力またはキャリア対雑音密度比(C/N0)監視、到着時間(TOA)の識別、相関出力の分布チェック、エフェメリスデータ、クロックオフセット変更、コードおよびキャリアドップラーなどの異なる測定値間の整合性チェックに基づいています。

信号品質モニタリング(SQM)技術は、もともとマルチパス検出と波形変形モニタリング用に設計されており、典型的なスプーフィング攻撃の相関機能の変形を特定するために使用できます。スプーフィング検出と拒否の課題は、真のシグナルと望ましくないシグナルを区別することです。マルチパス検出は同じ目的を持ち、同様の手法が提案される。

「スーパーコレレータ」のような相関プロセスに対する革新的なアプローチは、相関プロセス中に視線信号と非視線信号を分離する能力を主張し、マルチパス緩和、アンチスプーフィング、信号到着角決定を提供します。

強力な方法として、このような方法は現在(2020)洗練されたハイグレードの受信機でのみ実装されていますが、他のGNSSチップセットでは広く利用できません。

ガリレオ認証機能がオンラインになる

ガリレオ認証機能 (OS-NMA および CAS) は、なりすましの脅威の増大に伴い、ユーザーがスプーフィング対策機能を必要としていることをユーザーに対応させるために、元のシステム設計に追加されました。このユーザープルは、Galileo コアインフラストラクチャへの変更を最小限に抑え、ユーザーの受信機への影響を制限する必要性とバランスが取れています。さらに、ガリレオユーザーの下位互換性を確保する必要性によって設計が推進されています。

データ認証用 OS-NMA

OS-NMA はガリレオオープンサービス (OS) の無料の追加機能で、世界中で利用可能になります。E1-B 信号コンポーネントでのナビゲーションメッセージ (I/NAV) ブロードキャストを通じて、地理位置情報のデータを認証します。これは、このメッセージの以前に予約されたビットに、認証固有のデータ (主にメッセージ認証コード (MAC) とキー、および構成用の追加データ) を追加することによって実現されます。OS-NMA は TESLA (時間指定効率的ストリームロストレラント認証) と呼ばれるプロトコルに従い、OS-NMA データを処理するために公開キーのみが必要であり、秘密キーを受信側に安全に保存する必要がなくなります。

OS-NMA は、I/NAV の予備フィールドのみを使用してシステムにオーバーレイを導入しないため、OS のナビゲーション性能は変わりません。さらに、OS-NMA は完全に下位互換性を持つように設計されており、標準 OS 受信機は I/NAV の専用 OS-NMA フィールドを無視し続け、同じパフォーマンスレベルで機能し続けることができます。OS-NMA 対応のレシーバのみがこれらのフィールドをデコードし、Galileo ナビゲーションデータを認証できます。

右側の図に示すように、OS-NMA 対応の受信機は、次の目的に必要な追加のファームウェア/ソフトウェアによってのみ、汎用 OS レシーバと異なります。

1. ナビゲーションメッセージの [MC] および [キー] フィールドを取得します。
2. これらのデータを TESLA 暗号チェーンで処理して、データが本物かどうかを確認します。

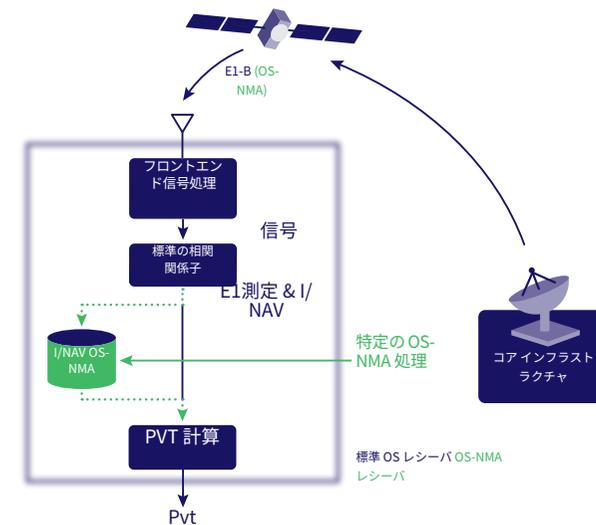
特に、受信機が緩い時間同期にアクセスできる限り、追加のハードウェアは必要ありません。さらに、受信機は、OTAR (オーバー空気再キーイング) メカニズムを介して必要に応じて更新することができる公開キーのみを必要とします。

範囲認証用 CAS

CAS (商用認証サービス) は、E6C (パイロット) チャネルの拡散コード (SCE 拡散コード暗号化) を秘密鍵で暗号化することで実装される範囲の認証機能です。E6C 範囲測定を行うためには、受信機は秘密拡散コードを (少なくとも一部) 知っている必要があります。CAS は、後方互換性を確保するために、暗号化機能 (E6) を含む唯一の民間信号に基づいています。

OS-NMA と CAS の両方を使用する場合、ユーザーはデータ (ナビゲーションメッセージ) と範囲認証の利点を得て、PVT 認証を可能にします。

OS-NMA の動作原理

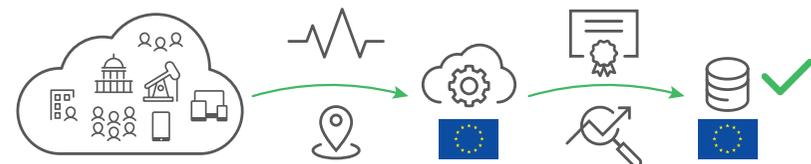


高度な干渉検出および堅牢性機能システムの開発

2020年、GSAは、クラウドソーシングに基づいて受信機とアンテナの干渉検出メカニズムを確立することを視野に入れて入札への招待状を発行しました。指定されたユーザー・コミュニティのセットから情報を共有するシステムを定義し、開発します。

計画された活動は、貢献者(保険、レンタカー、タクシー、フリート管理または物流サービス会社などのGNSS受信機を持つデバイスの広大なネットワークを現在監視しているエンティティ)を特定し、関与します。登録スキームは、ユーザーの自己選択または情報を共有するインセンティブを通じてデータの提供を確実にする必要があります。目的は、モニタリングネットワークの細分性とカバレッジエリアを最大化することです。

プロジェクトはまた、システムにユーザーが提供するすべてのデータのプライバシーと機密性を保護するためのスキームを確立します。システムが機密情報を共有せずに戻ります。同様に、主要な干渉事象は、EU加盟国の公共スペクトル当局に速やかに伝達される。契約署名は2020年末までに予定されています。



慣性ナビゲーションとGNSSは理想的な補完物

GNSS以外のすべてのポジショニング技術(例えば、概要についてはGSAユーザー技術レポート1を参照)の中で、慣性ナビゲーションはGNSSのようなユビキタスであるだけでなく、これら2つの技術を自然に補完し合う特性を提供し、統合のための理想的な候補を提供するため、特別な位置を占めています。

Gnss	慣性ナビゲーションシステム(INS)
絶対位置固定	方向と相対位置
屋外	どこでも
優れた長期安定性	優れた短期安定性
RFIの対象	RFIに対する免疫
地上および宇宙インフラが必要	自己完結型

INS および GNSS 技術の特性

GNSS/INS 統合戦略

GNSS/INSの統合に関する最も一般的な戦略は、疎結合、密結合、超密着統合の3つの戦略です(複雑さと性能の向上によって順序付けられます)。これらの基本的な違いは、GNSS 受信機とINS センサーによって共有されるデータの種類の違いです。

- 疎結合の手法では、GNSS受信機によって推定される位置と速度は、INSナビゲーションソリューションの位置と速度とマージされます。
- 密結合では、GNSSの生測定は、固有のカルマンフィルターと慣性センサからの測定値を介して処理され、PVTを推定します。
- 超密着または深い統合には、GNSS受信機のベースバンド信号処理(すなわち、相関器の測定値の出力と数値制御発振器(NCO)コマンドの入力)がベクトルトラッキング方式で含まれます。統合フィルタは制御コマンドをNCOに送信するため、GNSSトラッキングパフォーマンスが向上します。

歴史的に、IUSは緩やかに結合されたソリューションで使用されてきましたが、より洗練されたタイトまたは超タイトなソリューションでは、IUSと高級プロフェッショナルGNSS受信機の「ナビゲーショングレード」(1時間あたり1海里の誤差)が統合されています。

センサーは改善しています

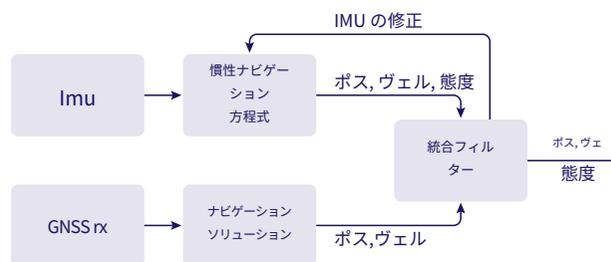
小型で堅牢で低コストの慣性センサー(例えば、マイクロ電気機械式センサ(MEMS))は、数年前から市場に投入され、性能が向上しています。例として、MEMS ベースの最高の加速度計は現在ナビゲーショングレードです。同時に、光技術と光nicの進歩により、低C-SWaP(コスト、サイズ、重量、電力)で光ファイバージャイロスコープ(FOG)の小型化と製造が可能になります。

GNSS側では、現在、ハイエンドのマスマーケットチップセットがPPPやRTKなどの処理技術にアクセスできます。高度な融合ソフトウェアで慣性センサと組み合わせることで、優れた位置とオリエンテーション性能を実現し、高い信頼性、継続性、精度を必要とするさまざまな新しいサービスの基礎となります。

GNSS/INS 統合の主な要因

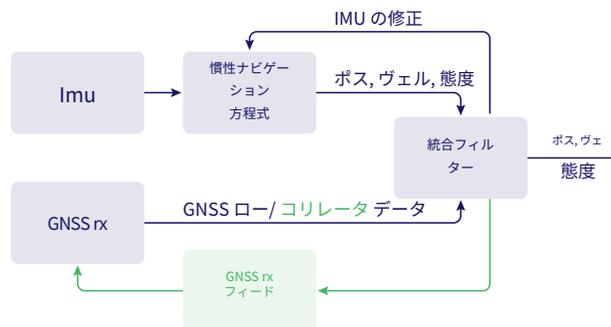
明らかな相補性にもかかわらず、これら2つの技術を統合するには、以下を含むいくつかの分野で注意が必要です:i)キャリアダイナミクスの良い先験的な定義、適切なIUSを選択し、良いモーションモデルをフィルタに提供するために、ii)潜在的な外れ値を拒否するためのGNSS測定値の効率的な品質管理、iii)INSとGNSS測定のほぼ完全な同期化。高精度ソリューションでは、レベルアーム効果補償を可能にする良好な位相中心安定性を備えたGNSSアンテナの選択も必要です。これらの条件を観察する場合、GNSS/INS統合は、すべての環境で優れた堅牢性と精度を提供する理想的な「コアPNT」ソリューションです。

緩やかな INS/GNSS 統合



緩いINS/GNSS統合は、大きな利点を提供しています。INSは、GNSSの受信ギャップを短期的に橋渡しし、GNSS修正間の姿勢と低ノイズ、高レート位置の更新を提供します。GNSSは、INSエラーの長期安定性とキャリブレーションを提供します。

緊密で極めて緊密な INS/GNSS 統合



緊密で極めて緊密なアーキテクチャは、使用されているGNSS衛星を1つしか使用しておらず、メリットを提供し始めます。GNSSの生の測定へのアクセスは、INSのための非常に正確な速度のカロの奉数、中間のエリアを可能にする。超密閉ケース(ベースバンド処理レベル)では、統合フィルタはGNSSトラッキンググループと相互作用して、superiorアンチジャミング性能を提供します。

イノベーションの最前線にある欧州のGNSS下流産業

欧州の下流GNSS業界は、RDへの多額の投資により、一部のGNSSソリューションにおけるイノベーションの最先端にありま

業界の一部のメンバーは、Horizon 2020やファンダメンタルエレメントを含むヨーロッパのRD資金調達メカニズムの恩恵を受けています。

このページでは、ガリレオサービスのメンバーが開発した4つの革新的な技術を集めています。

ヨーロッパではGNSSのアプリケーションやサービスにはまだ多くの未踏の機会があります。

ガリレオサービス 欧州GNSSプログラムの下流に焦点を当てた業界の主要な組織。



- 2002年に設立された非営利団体
- 180社以上の企業を代表するネットワーク
- バリューチェーン全体およびアプリケーションのすべてのドメインで活躍するメンバー企業
- ダウンストリーム技術(端末、アプリケーション、サービス)を刺激し、GNSSアプリケーション市場の可能性を最大限に引き出します

詳細については、次の <http://www.galileo-services.org>

ガリレオサービスが提供するページ

サトガード バイ フグロ

SATGUARD™は、すべてのGNSSコンステレーションをカバーするナビゲーションメッセージ認証システムです。SATGUARDサーバーは、独自のグローバル受信側ネットワークから収集された情報を使用してメッセージを検証し、ユーザーが受信するナビゲーションメッセージを認証できるようにする署名を提供します。G4 PPPサービスの補正データの同様の保護も含まれています。SATGUARDは、偽のGNSS信号を検出する簡単な手段を提供します。

詳細については、 fugro.com



GSS9000 バイ スピレント

GSS9000シミュレーターは、1つのシャーシに最大320チャンネルと10個の出力を搭載しています。0.3ミリメートル以下のRMS疑似レンジ精度、安定した1KHzシミュレーション反復率、およびチャンネル容量と最大ダイナミクスでの完全な仕様性能を維持することで、GSS9000は重要かつ要求の厳しいアプリケーションのためのテストツールです。

詳細については、次の spirent.com



© 2019 SPIRENT

ギダス バイ OHB デジタル

GNSS干渉検出 & 解析システムは、干渉検出と分類のためのスタンドアロンの監視ステーションとして使用されます。機能は、リアルタイムGNSS信号監視、マルチ信号帯域モニタリング(GPS:L1、L2、L5;ガリレオ: E1, E5;グロナス: G1, G2; B1,B2;SBAS)、GNSS干渉検出、GNSS干渉信号の分類、後処理における干渉事象の分析と比較。

詳細については、次の ohb-digital.at



MOSAIC™-X5 バイ セプテ

ントリオコンパクト、低電力、マルチバンド & マルチバンドマルチコンステレーションGNSSレシーバモジュール、すべてのガリレオバンドをサポートし、E6の準備ができて。大衆市場の適用のために設計されている。高度な妨害防止およびなりすまし防止技術。非常に低い待ち時間および100 Hzの非常に高い更新率と非常に強いセンチメートルレベルの位置を提供する 協のないRTKの性能。

詳細については、次の septentrio.com



© セプテントリオ

GNSSアプリケーションとテクノロジーのイノベーションを推進するGSAツール



GSA GNSS ダウンストリーム R&D プログラム

すべての市場セグメントでガリレオとEGNOSを搭載したサービスの採用を促進するために、GSAは2つの補完的なR&D資金調達メカニズムをサポートしています。

ファンダメンタル・エレメンツ(FE)は、革新的なチップセット、受信機、およびGalileoとEGNOSを専用のユーザーコミュニティ/ターゲット市場向けの競争力のあるデバイスに統合するその他の関連技術の開発を支援することに焦点を当てています。

Horizon 2020 (H2020) は、コンテンツとアプリケーション開発を通じてガリレオとEGNOSの採用を奨励しています。また、E-GNSSサービスのデバイスへの統合、および最終的な商品化もサポートしています。

欧州GNSSの基礎要素



2015年~2020年に1億ユーロの予算を抱えるファンダメンタル・エレメンツは、市場対応のGNSSチップセット、レシーバ、アンテナの開発を目指しています。これらのエンド製品の対象となる市場には、航空、消費者ソリューション、農業、測量、鉄道、道路、海上、タイミングと同期、政府承認のユーザー(PRS)など、さまざまな程度まで、すべてのセグメントが含まれます。2020年6月末までに3つのプロジェクトが成功し、19のプロジェクトが進行中で、多くのプロジェクトが予定されています。ヨーロッパの13カ国から73の事業者が関与しています。

ファンダメンタル・エレメントの資金調達は、予算総額の最大70%の助成金や入札/調達を含む活動を支援しました。

現在の開発に沿って、次のFEワークプログラム(WP)が定義されています。これは、現在のガリレオ独自の付加価値サービスの実装とアプリケーションユーザーのニーズによって駆動され、優先順位付けされ、商業製品をターゲットに続けます。

詳細については、こちらをご覧ください gsa.europa.eu/r-d/gnss-r-d-programmes/fundamental-elements。

ホライゾン2020

Horizon 2020は現在のEUリサーチ&イノベーションプログラムで、2014年から2020年にかけて約800億ユーロの資金を提供しています。ヨーロッパのGNSSアプリケーションは、社会的課題に関するトピックとの相乗効果を持つ、宇宙テーマの一部です。E-GNSS市場の取り込みに関する5つのH2020コールはすべて開始され、総予算は1億3,930万ユーロです。

プロジェクトの詳細については、次の gsa.europa.eu/gnss-h2020-projects

H2020 E-GNSS市場の取り込みコール(2020年末までに署名される5^{番目}のコールプロジェクトを除く)内で現在70のH2020プロジェクトが付与されています。これらのプロジェクトは、29カ国から434のベネフィ・シアリーを支援してきました。SMは重要な支援を受け、EU補助金予算の34%を占めています。

全体として、H2020プロジェクトはガリレオとEGNOSの取り込みを最大化し、欧州のGNSS産業の可能性を実現し、公共の利益を可能にしながら、セクターの成長、競争力、雇用に貢献するのに役立ちます。

詳細については、gsa.europa.eu/r-d/h2020/introductionこちらをご覧ください。

ホライゾンヨーロッパ

今後のフレームワークプログラムは、E-GNSSダウンストリームアプリケーションに新たな資金調達の機会をもたらすでしょう。E-GNSSの研究とイノベーションの資金調達の優先順位に関する協議の中で、利害関係者は2020年以降の優先事項は次の通りであることに合意しました。

- EUの戦略的課題に関連する、基本的な要素と密接な市場のE-GNSSアプリケーションの開発を継続します。
- 長期的な実装サイクルを持つ規制された市場セグメントの市場の取り込み促進。
- ガリレオを、そのユニークな特徴/差別化が違いを生むセグメントのリーダーとして位置づけます。
- ガリレオの顧客として公共部門をサポートします。
- EU下流産業と中生・新興企業の競争力を促進し、地域の能力を活用する。

詳細については、こちらをご覧ください gsa.europa.eu/sites/default/files/uploads/european_gnss_downstream_research_innovation_priorities_and_consultation_results.pdf。

4つのH2020 E-GNSSコールに関する統計は、ヨーロッパ全体の強い関心を強調する

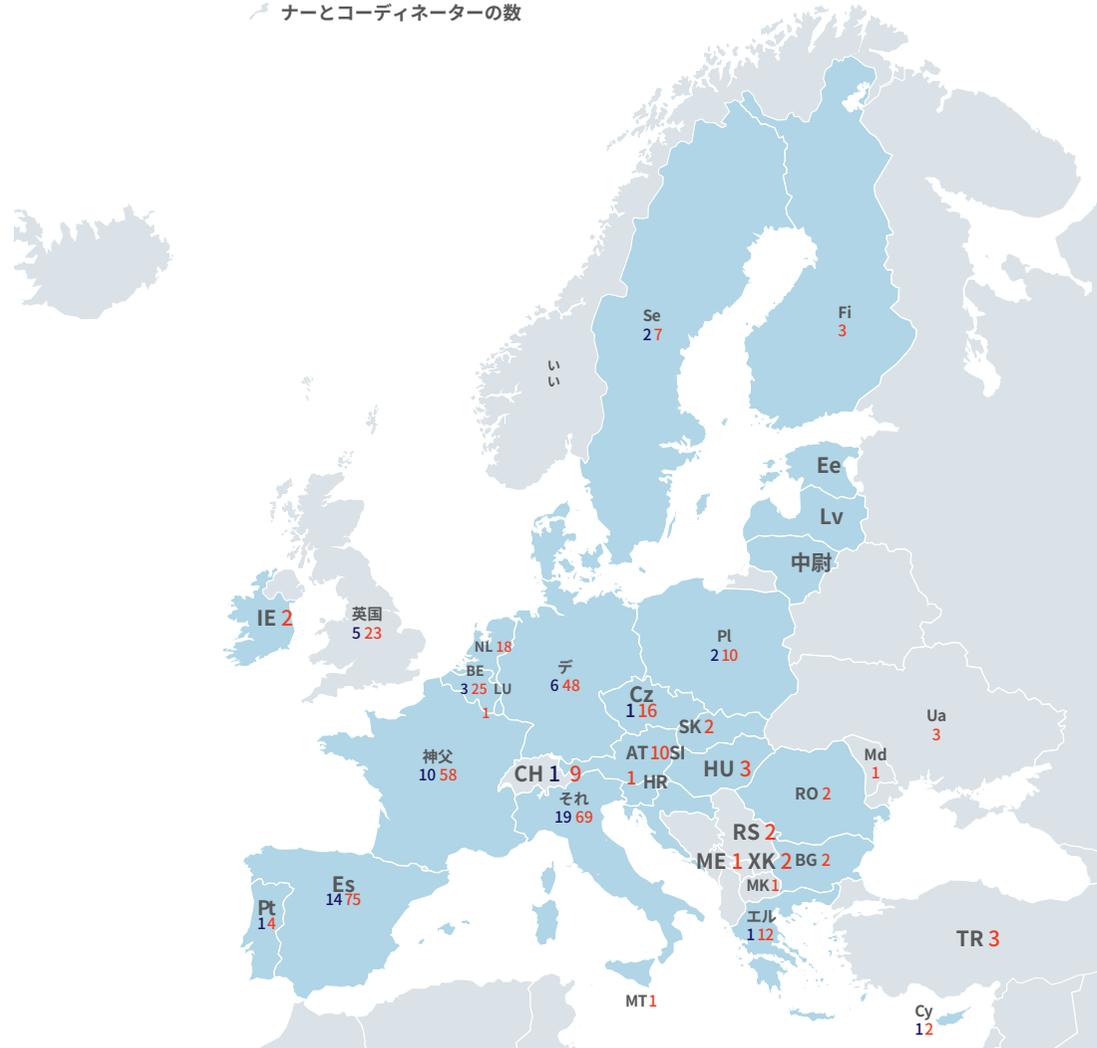
E-GNSS H2020 コール: 国ごとのパートナーとコーディネーターの数

● 欧州連合(EU)加盟国

1 コーディネーターの数

1 パートナーの数

非EU諸国(描写領域外)	パートナーの数
オーストラリア	1
ブラジル	5
カナダ	3
中国	3
エジプト	1
インド	4
イスラエル	1コーディネーターと2パートナー
日本	3
マレーシア	1
モロッコ	1
パレスチナ	1
サモア	2
セネガル	3
タイ	2
トーゴ	1
米国	1
ベトナム	2
台湾	3
韓国	2
ドミニカ共和国	1



一言で言えば、4つのE-GNSS H2020コール

EU27:

- 関係する23の加盟国からのエンティティ
- 60人のコーディネーターと374のパートナーが参加

EU27外:

- 関係する29カ国の団体
- 10人のコーディネーターと87のパートナーと合計に関与

欧州宇宙ウィーク2020:カレンダーにスペースを作る

欧州宇宙週間2020のカレンダーにマークを付け、ビジネス、政策立案者、国際的な専門家、宇宙アプリケーションユーザーコミュニティを結ぶヨーロッパの主要な宇宙計画会議をお見逃しなく。イベントは2020年12月7日から11日までオンラインで開催されます。



欧州連合(EU)加盟国:オーストラリアにてBEベルギー, BGブルガリア, CYキプロス, CZチェコ共和国, DKデンマーク, DEドイツ, EEエストニア, ELギリシャ, ESスペイン, FIフィンランド, FRフランス, HRクロアチア, HUハンガリー, IEアイルランド, ITイタリア, LTリトアニア, LUルクセンブルク, LVラトビア, MTマルタ, NLオランダ, PLポーランド, PTポルトガル, ROルーマニア, SEスウェーデン, SIスロベニア, SK, スロバキア, 英国 (2021年1月30日以前まで)。非EU諸国:CHスイス, MEモンテネグロ, MKマケドニア, MDモルドバ, NOノルウェー, RSセルビア, TRトルコ, UAウクライナ, 英国 (2020年2月1日時点), XKコソボ。

大容量デバイス



マクロセグメントの特性	31
受信機の機能	33
産業景観	34
レーバフォームファクタ	35
ドライバーとトレンド	36
E-GNSS付加価値	45



大量市場で望まれる低電力での高速アキジション

大容量デバイスの特性

大容量デバイスは、広範囲に使用され、大量に生産されるデバイスです。このレポートでは、次のアプリケーションに関連する GNSS テクノロジー ソリューションを参照します。

- **消費者向けソリューション:** スマートフォン/タブレット、ウェアラブル、ポータブルデバイス
- **モノのインターネット (IoT):** インターネットに接続された物理デバイス。
- **自動車ソリューション:** 追跡とナビゲーション(自動運転車は安全に不可欠であるため、次のマクロセグメントの章に含まれています)。
- **ドローン:** 他の大量デバイスと同様のチップセット技術を備え、安全性や責任に不可欠なデバイスよりも精度などのパラメータに対する厳しい性能要件を持つデバイス。通常、大容量デバイスは、120m以下、視覚視線(VLOS)内を飛行するドローンを含むEASAドローン分類の「オープン」カテゴリに関連しています。
- **ロボティクス:** 屋外測位を必要とする人に焦点を当てた追跡とナビゲーション。
- **拡張現実** および
- **レジャー海上および航空ソリューション** を含む **スポーツソリューション**。

多くの分野で、プロフェッショナルなアプリケーションに大容量のデバイスを使用する傾向があります。この重要な例は、レジャー海上および航空のために開発された革新的なデバイスは、高度な機能のために専門的な、さらには軍事用途で使用されています。これらの技術には、消費者向けに開発されたスマートウォッチやポータブルナビゲーションデバイスが含まれており、現在は専門的および軍事的な設定でバックアップナビゲーションデバイスとして使用できるほど洗練されています。スマートフォンアプリケーションはまた、航空および海洋分野における専用の専門的なナビゲーションとチャートプロット/ルート計画技術の機能に匹敵し始めています。

大衆市場の主要なパフォーマンスパラメータ

大量市場の主要なパフォーマンスパラメータの定義は、前回のレポート以降変更されていません。ただし、パラメータの重要性は、さまざまな大ボリュームアプリケーションによって異なります。

すべての大量アプリケーションは、高可用性と低いタイム・トゥ・ファースト・フィックス(TTFF)に関心を持っていますが、低TTFFはドローン、ロボット工学、自動車ソリューションにとって最も重要です。屋内での普及は、ほとんどの大量アプリケーションにとっても重要な関心事であり、ほとんどの民生用ドローンは屋外で使用されるため、ドローンの優先順位は中程度です。電力消費はすべての大量ソリューションで重要ですが、IoT アプリケーションにとって重要な優先事項です。

ほとんどのアプリケーションでは精度が中程度の重要度ですが、拡張現実、ロボット、および自動車アプリケーションではこのパラメータの重要性が高くなります。待機時間は、ロボットや拡張現実アプリケーションを除き、ほとんどの大量アプリケーションにとって重要度が低く、真に没入型のエクスペリエンスを提供するために低遅延が必要です。

大容量デバイスの主要なパフォーマンスパラメータ

キー パフォーマンス パラメータ (KPP)*	大容量デバイス
精度	●●●○
可用性	●●●●
継続	●●●○
屋内浸透	●●●●
整合性	●○●○
レイテンシー**	●○●○
消費電力	●●●●
堅牢性	●●●○
TTFFの修正までの時間 (TTFF)	●●●●

- 優先度が高い
- 中優先順位 優先順位
- 低

*主要なパフォーマンスパラメータは、附属書 3**レイテンシーは、ロボット工学や拡張現実アプリケーションの優先度が高いが、他の大容量に対しては優先順位が低いアプリケーション

大量のデバイスが多様なパフォーマンス要件に対応

大容量のデバイスアプリケーションは、成熟度のレベルが異なります。ロケーションベースのサービスや自動車ナビゲーションなどのアプリケーションには、明確に定義されたユースケースと確立された市場プレーヤーがあります。民生用ドローンやmHealthなどのアプリケーションは、長年にわたる技術と市場開発の後、成熟し始めています。拡張現実、ロボット工学、スマートウェアなどの他のアプリケーションは、急速に開発されたユースケースと技術ニーズを持つ新興市場です。下の図(左)は、主なアプリケーションの成熟度のレベルの概要を示しています。

成熟度のレベルが多様であるほか、大量のアプリケーションはパフォーマンス要件が異なります。アプリケーションは、GNSSチップセットと同様に、位置の更新の頻度で必要な精度のレベルが異なります。

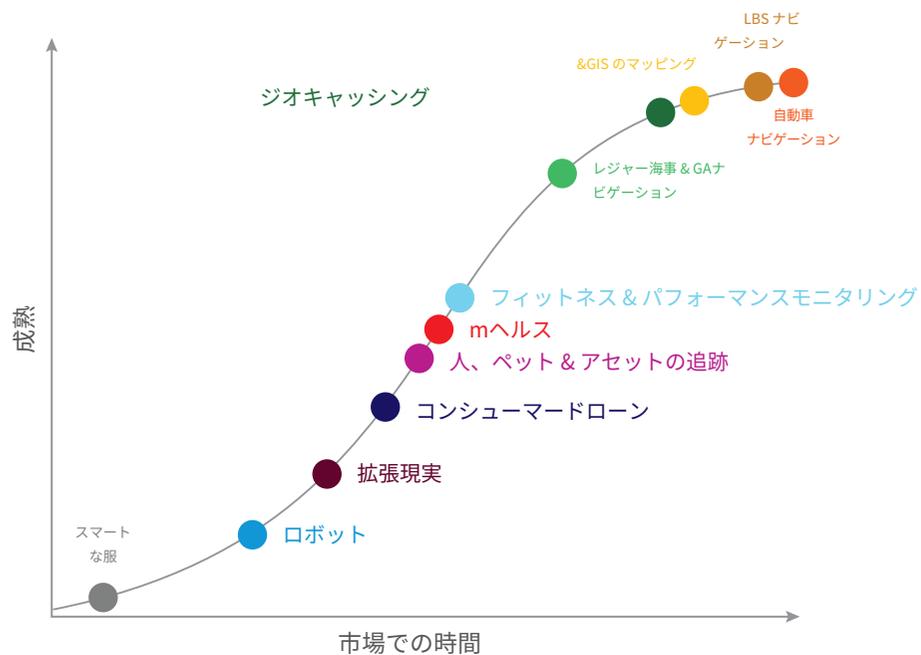
右下の図は、一般的な大量のGNSSアプリケーションの精度と更新率に関連して、パフォーマンス要件を示しています。

精度と更新率の両方に関する高いパフォーマンス要件を持つ大容量のデバイスアプリケーションには、ARアプリケーション、ロボット工学、マッピングとGISが含まれます。

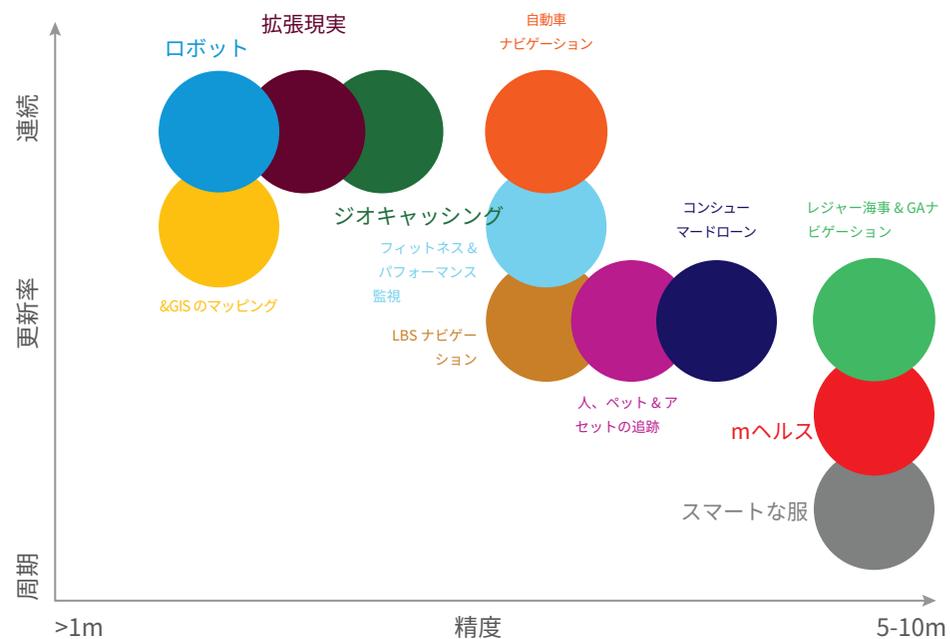
チャートの中央には、LBS、自動車ナビゲーション、フィットネストラッキング、ジオキャッシング、ドローンなど、適度な精度レベルと更新率が必要なアプリケーションが表示されます。

5~10メートルの範囲で定期的な更新と精度を必要とするアプリケーションには、mHealthとレジャー海上と一般的な航空ナビゲーションが含まれます。

大量のデバイス アプリケーションの成熟度のレベル



大容量デバイス アプリケーションの相対的なパフォーマンス要件





二重周波数は新しい差別化装置であり、多重星座は予算デバイスで拡大する

マルチコンステレーションは、現在、大容量チップセットの標準となっています。ハイエンドおよびミッドレンジのスマートフォンチップセット市場では、デュアル周波数が標準になりつつあります。すべての大型プレーヤーはデュアル周波数チップセットをリリースしており、予算デバイス市場をターゲットにした最初のデュアル周波数チップセットが利用可能になりつつあります。

星座の最大使用

プロバイダーは現在、可用性と精度を向上させるために利用可能なすべての星座をチップに含めるように動いているため、すべての可能な星座を含めることは重要な傾向です。これは、マルチコンステレーション技術の民主化とプレミアムデバイスと低コストデバイス間の格差のぼやけを示す、ミッドレンジおよび予算の携帯電話でもそうなりつつあります。2020年に発表された一部のチップセットでは、NavICが初めてチップセットの星座のミックスに追加されました。

シリコンチップセットの大半は、特に市場の「ローエンド」を含むアジアの製造工場です。その結果、この地域に拠点を置く企業からローエンド市場がブームを巻き起こします。これらの企業は、デフォルトでBeiDouとGLONASSを採用しています。

広く利用できるようになったデュアル周波数

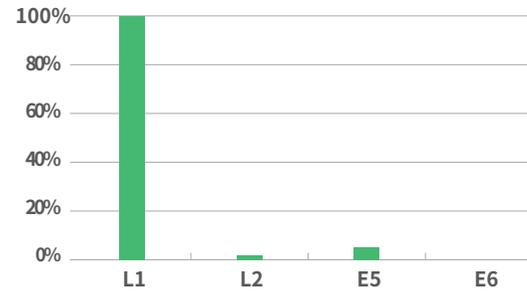
デュアル周波数は、ハイエンドデバイスの戦略的な選択肢となっているだけでなく、ミッドレンジのスマートフォン市場にも参入しています。

2017年には、L5/E5a信号を組み込んだ初のプレミアム大容量チップセットが導入されました。これらのチップセットを組み込んだスマートフォンは、2018年6月に初めて発売され、高精度な位置決め結果を促しました。2020年6月まで、デュアル周波数機能を備えた50以上のスマートフォンモデルが発売されました。* 多くの異なるデュアル周波数スマートフォンモデルがありますが、チップセットの数は少なく、その結果、チャートの二重周波数サポートは過小評価される可能性があります。

市場は、ミッドレンジの主流オプションとして二重周波数を採用し、その後、予算の携帯電話を採用することが期待されています。しかし、単一周波数は、モデルの面で現在提供されているチップセットを支配しています。デュアル周波数受信機は、精度と堅牢性を向上させ、高精度技術への潜在的なアクセスを提供します。以前は、このような技術はプロの製品でのみ一般的でした。しかし、低品質のアンテナの使用、デューティサイクリングの使用、位相追跡の欠如などの問題により、ほとんどの大容量デバイスで高精度技術を使用するという課題は依然として残っています。

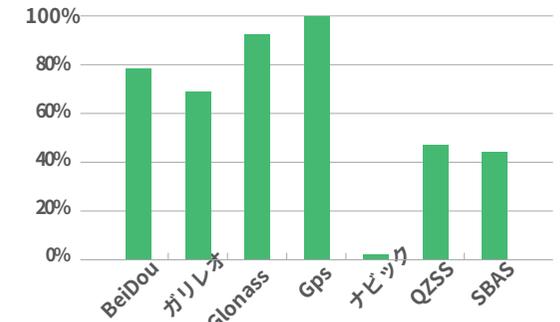
*デュアル周波数スマートフォンモデルの包括的なリストについては、usegalileo.euをご覧ください

GNSS受信機の周波数能力¹



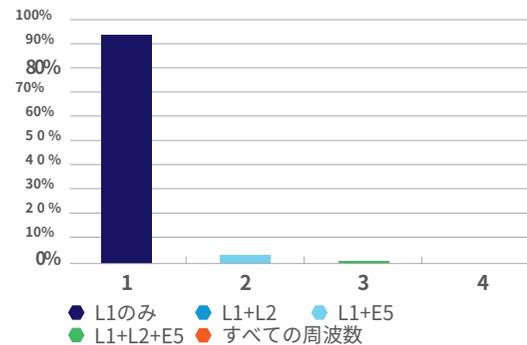
¹は、各周波数帯域をサポートする受信機の割合を示します。

GNSS受信機の星座能力²



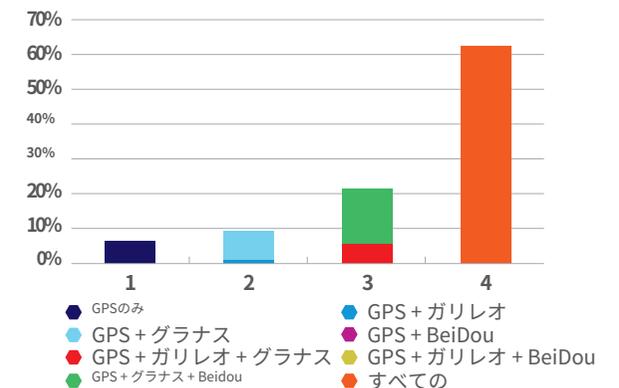
²は、各星座を追跡することができる受信機の割合を示しています

GNSS受信機でサポートされる周波数³



³は、1、2、3、またはすべての4つの周波数を追跡することができる受信機の割合を示しています

GNSS受信機でサポートされる星座⁴



⁴は、1、2、3、または4つのグローバル星座を追跡できる受信機の割合を示しています

免責事項: 上記の表は、製品の機能と適用対象ドメインに関する判断に関するメーカーの公的に入手可能な主張を反映しています。実際のアプリケーションでの使用は、認証、エンドユーザー製品の実装、ソフトウェア/ファームウェアの構成などの問題によって異なる場合があります。

スマートフォンのサプライチェーンの垂直統合にもかかわらず、主力メーカーは市場の地位を維持

主要企業は優位性を維持し、新しいプレーヤーはスマートフォン市場に参入する

クアルコム、ブロードコム、メディアテックは、ハイエンドおよびミッドレンジのスマートフォン市場へのチップセット販売を支配しています。アリスターやUnisocなどのアジアからの新しいプレーヤーは、アジアとアフリカのスマートフォン市場にチップセットを提供し、市場シェアを獲得しています。もう一つの傾向は、サムスン、ファーウェイ、アップルを含むスマートフォンプロバイダーによるチップセットの社内生産に向けた動きです。これは、コストを制御するのに役立ち、外部メーカーへの過度の依存から守ります。ただし、多くの場合、機能の面でトレードオフが付属しています。確かに、ハイエンドデバイスの場合、スマートフォンプロバイダーは主力メーカーからチップセットを購入し続けています。

DJIはドローン市場をリードし、u-bloxはプラットフォーム統合チップセットを提供します。自動車では、u-blox、クアルコム、ブロードコムがナビゲーションセグメントで活躍し、u-bloxとSTMicroelectronicsがスマートモビリティセグメントをリードしています。ウェアラブルおよびIoTでは、ブロードコム、メディアテック、ユーブックスが重要な市場シェアを保有しています。

BCM4776デュアル周波数GNSSの大きな前進は、すでにL1/E1+L5/E5デュアル周波数GNSSの恩恵を受けているフラッグシップスマートフォンで、Broadcomは再びバーを上げることに焦点を当てています。



複雑なテクノロジーの成功事例は、常にチームの努力です。同期チームと同じ結果を達成できるエンティティは1つもありません。これは、ブロードコムによる今年のGNSSイノベーションの背後にある重要な要因であり、L5/E5バンドにその信号を含めることによってBeiDou3コンステレーションの完成を活用しています。新しいBCM4776チップは、BeiDou3のB2aおよびB1C信号のサポートを追加し、GPSとガリレオのL1/E1+L5/E5信号のサポートを最適化します。

ガリレオプログラム全体は、デュアル周波数L1/E1+L5/E5とパイロット信号技術に完全に組み込まれており、過去10年間に成熟に追い込まれました。Galileo+ BeiDou3の組み合わせにより、結果は30追加のL5とパイロット信号で、より高い位置精度、高感度、低電力を提供するBCM4776で利用可能になりました。

BCM4776で達成されたこのL1+L5成熟度レベルは、現在のユビキタなL5信号と相まって、非常にエキサイティングな新機能を可能にしました。良い例は、L5ベースの都市歩行者性能を大幅に向上させた。もう1つの例は、高速道路の運転のための車線レベルの精度を達成するためにL5信号に高度な補正を使用することです。HDGPSと呼ばれるこのブロードコム技術、

来年の主力スマートフォンに電力を供給する見込みです。

GNSSのパフォーマンスを高めるという共通の目標に向けて異なるチームを同期させることは間違いなく努力の価値があり、BCM4776の業界コラボレーションはそれを証明しました。ブロードコムは再びパフォーマンスバーを上げました!



会社が提供する証言

二重周波数と広帯域E5のみのチップセットの市場参入の採用を増やす

Broadcomは、2017年にデュアル周波数チップを提供する最初のチップセットメーカーとなりました。2020年、クアルコムは3つのデュアル周波数Snapdragonチップセットをリリースし、レノボとアリスターはBeiDouのB2a信号を追跡できる最初のスマートフォンチップをリリースしました。2020年9月、oneNavは初の単一周波数、広帯域E5 GNSS受信機で市場参入を発表しました。シンプルのため、単一周波数設計は、スマートフォンやウェアラブルなどのサイズが高く制約されるデバイスに適しています。これは、高品質の広帯域E5信号を活用し、大容量デバイスの潜在的な転換点を活用し、革新的な設計で高性能を達成する重要なマイルストーンです。

買収は支配的なプレーヤーの地位を強化するのに役立ちます

2019年、アップルはインテルのスマートフォンモデム事業の買収の一環として、インテルのGNSS部門を買収した。アップルとクアルコムは部品の供給に関して複数年の合意に達したと伝えられているので、アップルはサムスンの道をたどり、チップのシェアを外部に供給し続けるかもしれない。u-bloxはリガドのBluetooth事業を買収することで、IoTの提供を多様化しています。リガドのBluetooth製品のポートフォリオには、IoT向けのエッジ・アズ・ア・サービスを提供する低エネルギーモジュールが含まれています。この買収は、スマートホーム、ウェアラブル、フィットネスセグメントにおけるyou-bloxの新しい市場を開くことを目的としています。

主要なコンポーネントメーカー

アップル (インテル)	北米	intel.com
Broadcom	北米	broadcom.com
ファーウェイ (ヒシロン)	アジア太平洋地域	hisilicon.com
メディアテック	アジア太平洋地域	mediatek.com
クアルコム	北米	qualcomm.com
サムスン	アジア太平洋地域	samsung.com
ストマイクロエレクトロニクス	ヨーロッパ	st.com
ユーブ	ヨーロッパ	u-blox.ch
アンイ	アジア太平洋地域	unisoc.com

注: このリストにはシステムおよび端末インテグレーターは含まれていないため、一部の主要な業界プレーヤーがリストに表示されない場合があります。メーカーはアルファベット順に表示されます。



大容量チップセットはLBS、IoT、ドローン、自動車の間で異なります

大容量デバイスマイクロセグメントの代表的な最新のレシーバ仕様

機能		LBSチップ	IoTチップ	ドローンモジュール	自動車*モジュール
寸法		4x4x0,5 mm	4x4x0,5 mm	24x24x4 mm	12x12x2 mm
重量		0.1 g	0.1 g	8 g	1 g
動作温度範囲		-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+105°C
電源		1.4 - 3.6 V	1.4 - 4.3 V	1.8 - 5.5 V	1.65 - 3.6 V
消費電流	休止状態	10 µA	10 µA	15 µA	15 µA
	取得	19 mA	17 mA	37 mA	24 mA
	追跡	3-8 mA	0,5-8 mA	22 mA	22 mA
チャンネル数		72	72	72-184	72-184
周波数の数		1-2**	1	1-2**	1-2**
最初の修正までの時間	ルードスタート	<30 s	<30 s	<30 s	<32 s
	ホットスタート	<1.5 s	<1.5 s	<2 s	<2 s
	援助スタート	<3 s	<3 s	<2 s	<4 s
感度	追跡	-167 dBm	-160 dBm	-167 dBm	-167 dBm
	取得	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm
	コールドスタート	-148 dBm	-148 dBm	-148 dBm	-148 dBm
	ホットスタート	-156 dBm	-157 dBm	-157 dBm	-157 dBm
ナビゲーション更新率の最大値		5~10 Hz	2-10 Hz	10~25 Hz	5~30 Hz
速度精度		0.05メートル/s	0.05メートル/s	0.05メートル/s	0.05メートル/s
水平位置精度	自律	2.5メートル	2m	1.5メートル	2.5メートル
	SBAS	2m	N/a	1メートル	1.5メートル
時間パルス信号の精度	Rms	30 ns	N/a	30 ns	30 ns
	99%	60 ns	N/a	60 ns	60 ns
時間パルス信号の周波数		0.25~10Hz	N/a	0.25~10Hz	0.25~10Hz
運用上の制限	ダイナミクス	<4 g	N/a	<4 g	<4 g
	標高	50,000メートル	N/a	50,000メートル	50,000メートル
	速度	500 m/s	N/a	515 m/s	515 m/s

免責事項: 上記の仕様は、最新製品の製造元の公開資料に基づく典型的なチップ/SoCパッケージまたはモジュールを表します。その結果、インストールされた受信機の特性と上記の特性とに不一致が存在する可能性があります。

* 安全性に不可欠な/自律的なアプリケーションのチップセットを除外します。

** プレミアムチップセットには、デュアル周波数が組み込まれるようになりました。

LBSおよびIoTメーカーは、ウエハーレベルのパッケージ化されたGNSS受信機を含むシステムオンチップ(SoC)ソリューションを採用することが多く、ドローンおよび自動車メーカーはモジュールソリューションを採用することを好みます。LBSデバイスは主に L1 のままで、複数の星座をサポートします。マルチコンステレーション受信機能は、衛星の数を最大化し、電力消費を削減するためにスマートパワーマネジメント戦略を適用する機会を増やします。GNSSデュアル周波数帯の採用は、現在、プレミアムだけでなく、ミッドレンジのスマートフォンにも広がっています。デューティサイクリングは、消費電力を削減するための有利なアプローチであり、A-GNSSは必要な高速TTFFを提供するために不可欠なものです。

IoTの場合、ハードウェアの大幅な進歩により、全体的なエネルギー消費量を削減することができ、一部のGNSSチップセットは連続追跡モードで1,5 mW(3V電源用の0,5mA)未満の消費が可能になりました。低電力広域ネットワーク(LPWAN)の最新の動向は、アシストデータ、自律エフェメリス予測、クラウドベースのスナップショットポジショニング、アウトソーシングポジション計算を提供することで、GNSSエネルギー消費量を削減するさらなる機会を提供します(電力戦略の詳細については、19ページを参照)。

ドローン受信機は高精度を提供するために必要とされ、通常MEMS加速度計/ジャイロやその他の機能を組み込んだモジュール(またはOEMボード)としてドローンメーカーに供給されます。自動車アプリケーションとドローンアプリケーションは、高精度GNSS受信機と迅速なコンバージェンス時間に対する同様の要件を共有するようになりました。自動車およびドローンのミッション時間は、現在のGNSS受信機の消費電力によって制約されません。その結果、GNSS受信機は多重周波数(L1、L2、E5)と同時星座受信モードを採用し、SBAS衛星とローカル基地局を追跡してサブメートル精度を達成することを提案し始めました。



テストで証明された二重周波数の改善

近年、スマートフォンはGPS専用の使用から多星座GNSSに進化しています。2018年以来、ますます多くのスマートフォン(例えばXiaomi Mi 9、Huawei Mate 20 Pro、サムスンギャラクシーNote10)は、スマートフォンがイオン圏の遅延を推定し修正し、マルチパスの影響を減らすことを可能にする追加の周波数としてE5a(L5)を受け取ることができます。

2019年、GSAはデュアル周波数スマートフォンのGNSS性能を評価するために、広範なテストキャンペーンを開始しました。テストキャンペーンは、デュアル周波数スマートフォンの利点を理解し測定するために、さまざまなモード(静的および動的)と環境(例えば、オープンスカイ、都市、高速道路)で行われました。

テストキャンペーンは、ライブ信号とシミュレートされた信号の両方に基づいていました。合計6台のスマートフォン(そのうちの3台は二重周波数を受け取ることができる)がテストされました。スマートフォンは、チップセットメーカーとリリース日の面で様々な確保のために選択されました。

ライブテストでは、静的、歩行者、車両の3つのセットアップが検討されました。シミュレートされた信号を用いたテストは、欧州委員会の共同研究センターで行われました。無線星座シミュレータは、無響室への信号を生成するために使用されました。特に、次のメトリックが監視されました。

• 水平位置誤差の累積分布関数(CDF)- 図1に示す。

• 図2に示す、星座および周波数ごとの衛星の追跡数。

図1は、テストキャンペーンで使用されたシングル/デュアル周波数のスマートフォンのパフォーマンスが最も優れた結果です。Xiaomi Mi 9 (デュアル周波数チップセット)の水平誤差の累積分布を赤、サムスンギャラクシー S10+ (シングル周波数チップセット)の水平誤差の累積分布を青色で示します。Xiaomi Mi 9は、すべてのシナリオ(郊外、都市、高速道路)でサムスンギャラクシーS10+を上回っていることを観察することができます。図2は、E5aとL5上のファーウェイ・メイト20 Proによる追跡されたガリレオ衛星とGPS衛星の数をそれぞれ示しています。全体のテストのためにHuawei Mate 20 Proは、L5上のGPS衛星よりもE5a上でより多くのガリレオ衛星を追跡しました。

水平位置誤差のCDFサムスンギャラクシー S10+(SF)対小米科技ミ9(DF) 動的テスト

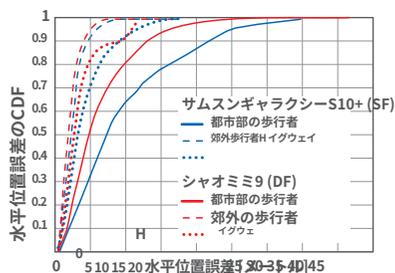


図1

追跡衛星の数、E5a/L5信号、オープンスカイ4hアシスト

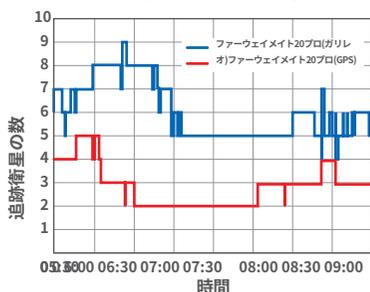


図2

単一およびデュアル周波数スマートフォンによる達成可能な精度の概要

ポジショニングテクニック	位置決めモード	シングル/デュアル周波数GNSSチップセット	メートル単位の位置精度	追加情報
スタンドアロン	リアルタイム	単一周波数	5 - 25	スマートフォン:サムスンギャラクシーS10+テストケース:最高精度は、オープンスカイ静的テストに対応し、都市部の歩行者ケースに最低
スタンドアロン	リアルタイム	デュアル周波数	2 - 15	スマートフォン:Xiaomi Mi 9テストケース:最高精度は、オープンスカイ静的テストに対応し、最も低い都市の歩行者ケースに対応します
Ppp	リアルタイム	デュアル周波数	2	スマートフォン:小米科技Mi 8テストケース:郊外の歩行者
Ppp	後処理	デュアル周波数	0.2	スマートフォン:小米科技Mi 8テストケース:オープンスカイ静的
Rtk	リアルタイム	デュアル周波数	1	スマートフォン:小米科技Mi 8テストケース:郊外
Rtk	後処理	デュアル周波数	0.01	スマートフォン:Xiaomi Mi 8テストケース:オープンスカイ 詳細:チョークリングプラットフォームは地上マルチパスを拒否するために使用され、スマートフォンは回転プラットフォームに配置され、ベースステーションはテストセットアップの隣に設置されました

上の表は、異なる測位技術やモードを使用する場合の単一およびデュアル周波数スマートフォンGNSSチップセット(または短いシングルまたはデュアル周波数スマートフォン)で達成可能な精度の概要を示しています。提示された結果は、実際のテストキャンペーンと文献レビューに基づいています。スマートフォンが強力なマルチパスに直面する都市環境では、デュアル周波数スマートフォンを使用することの利点は明らかです。空の空の環境では、特に公称イオン圏活動中にデュアル周波数スマートフォンを使用する利点が低くなります。リアルタイムキネマティック(RTK)や高精度ポイントポジショニング(PPP)などの技術を使用することで、位置精度を向上させることができます。最終軌道や時計製品を使用する場合、特に後処理において高精度を実現できます。最終的な構成では外部アンテナが使用され、他の構成ではスマートフォンの内蔵アンテナが使用されます。



Android GNSS生測定の更新

Android GNSS生測定タスクフォースワークショップ

GSAは、2020年5月27日から28日にかけて、32カ国から200人以上の参加者を集め、毎年恒例のGNSS Raw計測タスクフォースワークショップをオンラインで開催しました。目的は、Androidデバイス内の生の測定値の使用に関するタスクフォースメンバーの経験と進歩を共有することであった。

GNSS のロー測定により、開発者は、キャリアとコードの測定値、および大量市場のデバイスからデコードされたナビゲーションメッセージを使用できます。これにより、高度な GNSS 測定アルゴリズム、より野心的なスマートフォンベースのサービス、OS-NMA などのナビゲーションメッセージに含まれるデータへのアクセスが可能になります (GNSS の生測定の利点の詳細については、右側のボックスを参照してください)。

ワークショップの間、Googleは分析ツールの17,000以上のダウンロードと何百もの研究論文の生成を含むRaw測定プロジェクトの成果を見直しました。Googleはまた、RINEX形式でのロギング、他のセンサーデータのロギング(GNSS Loggerアプリでの)、新しいPVTフィルタ、位置の衛星の選択など、GNSS測定値のロギングと分析のためのツールのアップデートを発表しました(GNSS分析ソフトウェア)。2020年第3四半期のAndroid 11のリリースで利用可能になる追加機能(例えばアンテナフェーズセンターオフセット)も強調されました。

タスクフォースのメンバーによるワークショップでの議論と20以上のプレゼンテーションは、GNSSの生測定が世界中の教育および科学プロジェクトでますます使用されていることを確認し、GNSS技術に対する知識と関心の高まりとスマートフォン内でのGNSSのより良い実装につながっています。さらに、RTKやその他の技術を使用する場合、現在のスマートフォンではサブメートルポジショニングがリアルタイムで実現可能であるという証拠がすでに増えています。だから、それはそれが広く使用されるかどうかではなく、いつという問題です。

GNSSのロー測定の利点

科学的利用と研究開発

- 粗い形式で提供される観測は、ハードウェアおよびソフトウェアソリューションのテストや、電離層や対流圏のモデル化など、新しい後処理アルゴリズムに使用できます。

精度の向上

- 未加工の測定にアクセスすることで、開発者は高度な測位技術(RTK、PPP)を採用し、現在プロの受信機でのみ利用可能なソリューションを作成できます。それは新しい適用を開発する技術的なプッシュをもたらす。

整合性/堅牢性

- 未加工の計測値にアクセスすると、RF干渉を検出し、複数のデバイスからの測定値を組み合わせて干渉源を特定したり(クラウドソーシング)、データソース(OS-NMA)を検証したりするための新しい方法が提供されます。
- SBASの修正は追加の装置のための必要性なしで組み込むことができる。

テスト、パフォーマンス監視、教育

- 生の測定は、パフォーマンス(データ、精度、受信機クロック)の監視、テスト、個々の星座からのソリューションの比較、特定の衛星の排除、最悪のシナリオのパフォーマンスのテストに使用できます。
- GNSS、信号処理、軌道の表示、信号強度などの側面を理解することは、教育目的のための貴重なツールです。

都市のGNSSの間違った路面問題を解決するGoogle



Googleは2016年以来、Android携帯電話から生のGNSS測定値を提供しています。現在、Googleはこれらの生の測定値を使用して、都市での反映されたGNSS信号によって引き起こされるエラーの修正を生成しています。これらの反射信号は、間違った路面(WSS)上の位置を生成します。ほとんどの人が都市でGNSSを使用するとき、特に歩くときにこれを経験しています。

Google のマップと 3D 建物モデルの広範なデータベースのおかげで、WSS の問題に対する解決策が現在手元にあります。2020年にGoogleは「プロジェクトブルースキー」をリリースしました。最初のリリースでは、ブルースキーはWSSの発生を50%削減しました。2回目のリリースでは、BlueskyはWSSの発生を75%削減します。

は、GNSSの反射によって生成されたエラーの修正を提供するAPIを実装し、テストするために、すべての主要なGNSSチップメーカーと緊密に協力してきました。これらの修正により、都市での位置をより正確に把握できます。L5/E5バンドのGNSS信号はソリューションの鍵であり、ガリレオはあらゆるGNSSシステムの最大の役割を果たし、その衛星はすべてE5バンドで高精度信号を提供します。

ユーザーは、バージョン8以降を実行する任意のAndroid携帯電話でこれらの「ブルースキー」の利点を体験することができます。電話がガリレオE5を持っている場合、精度の向上が大きくなります。

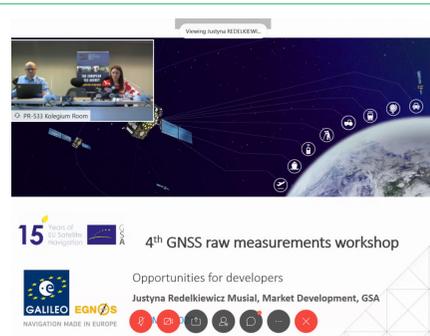
Googleはまた、都市でのナビゲーションを歩く新しいパラダイムであるLiveViewをリリースしました。LiveViewは、都市で前例のない精度のために画像とブルースキーを使用しています。



会社が提供する証言

Android GNSS生測定タスク

フォース Android GNSS生測定タスクフォースは、GNSS生測定のより良い、より広い使用を促進することに専念しています。2017年の立ち上げ以来、タスクフォースは一握りの専門家から150以上の機関、大学、研究機関、企業のコミュニティに拡大しました。GNSSの生の測定に興味がある人は、でもメンバーシップを受け入れられます。タスクフォースの連絡先に参加するには: market@gsa.europa.eu タスクフォースとワークショップのプレゼンテーションに関する詳細は、次の gsa.europa.eu/gnss-applications/gnss-raw-measurements





高い精度補正サービスが大容量デバイスに入る

近年、大容量デバイスに高精度なサービスを提供する大きな推進が行われています。従来、高い精度のサービスをターゲットにした多くのプレーヤーが、通信ネットワーク事業者を含む他の分野のプレーヤーだけでなく、この競争の激しい分野に参入しています。これに加えて、ほとんどの公的なGNSSプロバイダは、高精度のサービスをリリースまたはリリースする予定です。大量のデバイスからの高精度の需要は、大規模で多様な組織グループにとって魅力的なビジネスチャンスとして現れるのは明らかです。

公共の高精度サービスが大量市場に参入

GNSSおよびSBASプロバイダーのほとんどは、近年、高精度サービスをリリースしているか、このようなサービスをリリースする予定です。日本の準天頂衛星システム(QZSS)は、2018年にセンチメートルレベル増強サービス(CLAS)を開始しました。ガリレオは、ガリレオE6信号を介した高精度ポイントポジショニング(PPP)補正の無料伝送に基づいて高精度サービス(HAS)をリリースする計画で、ユーザーは約20センチメートルの位置誤差を取得することができます。公共プロバイダーによるこれらの高精度サービスは自由に使用でき、価格を意識した大量のデバイス市場にとって魅力的なオプションを提供します。

高精度サービスへの新しい商業アプローチ

自律型車とコネクテッドカーの分野の発展は、大量のデバイスを対象とした商用高精度サービスの開始の重要な原動力となっています。この大きな市場機会にテクノロジーの観点から対処するために、さまざまなアプローチが講じられています。

Sapcorda や Swift Navigation のような企業は、QZSS CLAS を使用して 10 センチメートル未満の精度を実現し、30 秒未満で低いコンバージェンス時間を達成する方法を主要な競争上の優位性として挙げています。

これらの企業はまた、一般的に米国大陸とヨーロッパのカバレッジに焦点を当て、携帯電話ネットワーク上の低帯域幅のデータ転送を使用して達成されることが多い可用性に焦点を当てて、カバレッジに競争します。

他の企業は、高いレベルの精度を達成するために、デュアル周波数受信機機能とクラウドベースの補正サービスを組み合わせています。コンシューマー・エレクトロニクス・ロードショー2020(CES)では、HERE TechnologiesはHD GNSSと呼ばれるクラウドベースのサービスを発表し、世界中のサブメートルレベルの精度を大容量デバイスに提供しました。このサービスは、PPP-RTK サービスを提供するためにデュアル周波数受信機に依存しています。

通信事業者が高精度市場に参入

ソフトバンクやNTTドコモなどの日本の通信事業者は、GNSS参照ステーションとして使用される5G基地局を描くRTKサービスを作成しました。ソフトバンクは、5G基地局のうち3,300カ所にRTK参照ステーションを設置しています。5Gインフラストラクチャは高価であるため、このインフラストラクチャから追加の収益を生み出す機会は、ネットワーク事業者にとって魅力的です。

ドイツテレコムのような他の事業者は、GNSS参照ステーションの独自のネットワークを維持するGNSSデータプロバイダから収集された補正データをモバイルインフラストラクチャが放送するために使用されるPPP-RTKベースの補正を採用しています。この設定では、通信事業者による付加価値は、訂正データを迅速に転送する機能であり、サービスを使用するデバイスのリアルタイムポジショニングアップデートにつながります。これは、エッジコンピューティングを含む高度なモバイル接続方法によって実現されます。

非常に多くの新しいサービスが市場に出回っており、公的なGNSSプロバイダーが提供する非常にパフォーマンスの高い無料サービスにより、一部のプレーヤーが市場で強い地位を獲得し、他のプレーヤーが取り残されるため、このレースの勝者と敗者が出現する可能性があります。

高精度増強サービスの開始のタイムライン





受信機技術の進歩により、GNSSはIOTの低電力要件を満たすことができます

最近の低消費電力の進歩は、GNSSが以前に提供できなかった新しい市場を開きます。19 ページで説明したこれらの開発は、IoT デバイスに特に関連しています。多くの IoT アプリケーションは、資産、人や動物の追跡、eBike アプリケーション、ウェアラブルなど、GNSS が提供する正確なローカリゼーションの恩恵を受ける立場にあります。しかし、これらのアプリケーションに使用されるデバイスの多くは、インフラストラクチャベースのローカリゼーション方法(WiFiやLPWANポジショニングなど)を使用しています。この文脈では、GNSSを追加する利益コスト比は、特に古いGNSSチップセットの完全なエネルギー消費量を考慮する場合、魅力的ではないかもしれません。

受信機技術と計算技術の進歩により、屋外IoTアプリケーションのGNSSを支持して、電力消費と測位精度のトレードオフがますます拡大します。アシスト GNSS (A-GNSS) は、IoT デバイスの通信ネットワークを使用して、衛星ナビゲーション メッセージよりも高速な伝送速度でクロック、エフェメリス、その他のサポート データをダウンロードします。A-GNSSはGNSS受信機がより低いエネルギー消費で、より速く位置固定を達成することを可能にする。ダウンロード容量の非常に低い通信ネットワーク(いくつかの独自のLPWANネットワークなど)を使用する場合、A-GNSSの代わりに自律型エフェメリス予測技術を使用することができます。しかし、エフェメリスのデータは衛星軌道の摂動やその他の環境の影響により頻繁に変化する可能性があるため、エフェメリス予測技術には正確さのトレードオフが伴います。

GNSSチップセットメーカーは、可能な限り追跡中に必要な最小限のリソースを使用して、全体的な電力消費を削減するインテリジェントな電源管理戦略を開発しました(CPUは可能な限り眠り続け、低ノイズアンプ(LNA)とクロックは常にオンである必要はありません)。これらの戦略では、完全電源スキームは、弱い信号や可視衛星の数が少ない場合に位置決めのパフォーマンスを維持するためにのみアクティブ化されます。そのため、多星座の使用が増加することで、平均消費電力を削減することに貢献します。アナログデジタル(AD)コンバータ、低ノイズアンプ、電子回路位相ロックループ(PLL)などのRF回路向けの特殊な低消費電力ハードウェアの開発の改善も、全体的な消費電力を削減することに貢献しています。

この図は、GNSSがオンまたはオフの場合の3つの異なるアプリケーション(スマートフォン、スポーツウォッチ、ドローン)の典型的なバッテリー寿命を示しています。スマートフォンのバッテリー寿命は、インテリジェントな電源管理戦略の使用とGNSS受信機デューティサイクルの制御により、以前よりもGNSSの消費電力の影響を受けにくい。しかし、GNSS受信機はスポーツウォッチのミッション期間においてははるかに重要です。インテリジェントな電源管理戦略の実装と、スナップショット GNSS 技術 (40 ページ参照) と低電力広域ネットワーク (LPWAN) の併用は、全電力モード (トラッキング モードで 10 ミリワットを使用する) よりも大幅に少ない電力 GNSS 受信機の開発に貢献します。

低電力実装と高精度によりGNSSの魅力がさらに高まります

スポーツウェアラブルユーザーは、ランニング、サイクリング、水泳時に正確さとはほぼ連続的な追跡を要求します。大量導入とユーザー受け入れのために、保険会社によって展開されるドライバー行動監視装置は、1Hzの更新率と顧客のための簡単なインストール、すなわち1年以上の車両電源とバッテリー寿命への接続を必要としません。個々の資産のレベルで商品の出荷を追跡するには、長いバッテリー寿命を持つ小型で堅牢で非常に低コストのトラッカーが必要です。



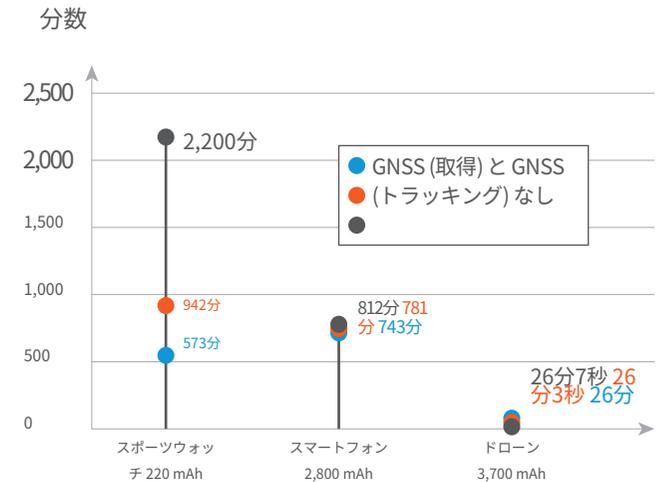
SONY

デューティサイクル技術だけでは、上記で定義したユースケースを満たすには不十分です。この課題に対応し、GNSSの使用を広げるために、ソニーは数年前にGNSS L1受信機集積回路の範囲を立ち上げました。これらの回路は、シリコン・オン・絶縁体プロセスや非常に低電圧RF回路などの革新的なシリコン設計技術を使用しており、最新製品であるCXD5605は、連続的に追跡するとわずか6mWを消費します。

各ユースケースでは、パフォーマンスを最適化するために特定のアルゴリズムが必要です。たとえば、スポーツウェアラブルは、走行中の腕の振れを補償するアルゴリズムの恩恵を受け、GNSS信号がトンネルなどで一時的に失われた場合、車両追跡アプリケーションは、無断のデッドレコニングアルゴリズムの恩恵を受けます。ユーザーは引き続きより高いレベルの精度を要求するので、ソニーは新しいL1 + L5デバイスを作成し、CXD5605GFと同じ設計技術を使用するCXD5610GFは非常に低消費電力を維持し、L1専用受信機と比較して大幅に精度を向上させました。

会社が提供する証言

バッテリー寿命のいくつかのユースケース



出典:FDC内部研究

免責事項: バッテリーの寿命はチップセットの消費電力に依存します。上記の期間は、一般的な受信機仕様に基づいて評価されています。その結果、実際のバッテリー寿命と上記のバッテリー寿命の間に不一致が存在する可能性があります。



スナップショットポジショニング、チップセットの消費電力を削減する革新的な方法

スナップショットの位置決め

前のページで説明したように、スナップショットの位置付けは、受信したGNSS信号のデジタルコピーを非常に短時間(通常は従来の受信機の1~10秒と比較して2ms-100ms)記録する技術です。記録されたデジタルコピーは、疑似範囲を計算する前に、信号周波数とコード位相を決定するために使用されます。疑似範囲のあいまいさを排除するためには、入力として受信機の粗い位置と時間が必要です。収集された疑似範囲は、レーバの正確な位置と時間を計算するために入力として提供されるエフェメリスデータと組み合わせて使用されます。この手法により、GNSS信号の連続的な追跡の必要性をなくし、ハードウェア要件を簡素化することで、バッテリーの消費を抑えます。

スナップショットの位置決めは、リモート処理などの他の手法と並行して使用して、消費電力をさらに削減することができます。リモート処理信号処理では、疑似範囲、および位置推定をクラウドベースのサーバーにオフロードできます。スナップショットの配置とリモート処理を組み合わせて使用する場合、通信チャネルの電力消費量に対して支払う価格が存在し、経済的なネットワーク技術を選択することが重要です。

重要な制限はIoTデバイスのバッテリーの全体的な寿命であるため、GNSSの消費電力を削減する技術が通信モジュールの消費電力を大きく増加させることは重要です。GNSSと通信モジュールからの消費電力の合計を最適化することを目標に、選択した方法は、利用可能な通信インフラストラクチャ(例えば、携帯電話または独自のLPWAN)に依存します。モノのインターネットの電力効率の良いポジショニングに関するGSAのホワイトペーパーでは、これらのトレードオフと潜在的な電力削減についてより詳細に説明しています。

スナップショットレーバの構成可能性

リアルタイム位置決めが不要なアプリケーションでは、信号データをキャプチャして処理用に保存できます。これにより、GNSS受信機は短時間でオンにでき、再充電時などバッテリーの重要度が低いときにエネルギーを消費する計算タスクを実行できます。リアルタイムアプリケーションでは、信号データを直ちに処理します。

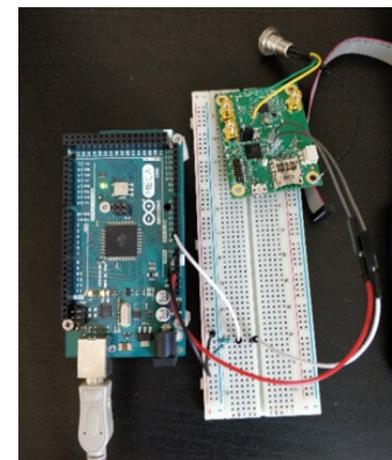
スナップショット受信機は、信号処理と位置推定がデバイス上で発生するように構成することができますが、エフェメリスデータは、例えばバッテリーの再充電中など、都合の良い時にクラウドサーバーから取得されます。アポロとガリレオ・オブ・シングスのプロジェクトは、これらの新機能を探索するRDイニシアチブの2つの例です。

低電力および低コストの物体のための正確なGNSSの浸透(アポロ)

APOLLOは、IoTにガリレオベースのロケーションソリューションを提供し、デバイスの複雑さを軽減し、エネルギー消費量を10~300倍に削減することを目指しています。

アポロは市場に提供しています:

- チップと関連する制約(消費、サイズなど)を取り除く100%ソフトウェアGNSS受信機。
- 使用されるパーティション方式に応じて、クラウド内のオブジェクトのPVTを計算するために受信機側で必要なデータを取得し、処理するために、約100msと3秒の間の比類のない計算速度を持つ最適化された位置アルゴリズム。
- IoTプロセッサで実行されるアルゴリズムの一部と、クラウド内のリモートサーバー上で実行されるアルゴリズムの一部を持つ分散アーキテクチャ。



ガリレオ・オブ・シングス (GOT)

GOTは、狭帯域-IoT IPと組み合わせたガリレオ半導体知的財産(IP)コアを提供することで、大量市場におけるガリレオの関連性を高めることを目指しています。

このような組み合わせにより、次の機能が有効になります。

- チップセットのコストを削減し、さらに、完全な複雑度を最も低くします。
- GNSSと接続性の両方で低消費電力。
- 最小電子領域サイズ;
- &ガリレオ星座による精度パワー間の最良のトレードオフ。

開発されたIPは、すぐに統合可能で、コンソーシアムのターゲット顧客の要件に一致するサブコンポーネントで構成されます。

詳細については、次の ubiscale.com/gnss-ip-core-galileo-of-things/





ハイブリダイゼーションによるシームレスな位置決めの実現

屋内位置決めとGNSSとのハイブリダイゼーションの課題

テクノロジープロバイダーは、シームレスな位置決めを提供するためにGNSS信号とのハイブリダイゼーションの観点から課題となる屋内測位を達成するために、多くの場合、複数の方法を使用します。近年のWiFiポジショニングやウルトラワイドバンド(UWB)技術の進歩、スマートフォンなどの大容量デバイスでの継続的な採用により、GNSSとのハイブリダイゼーションの有力候補となっています。

屋内で高い精度を達成するためにWiFi RTT、UWBと超音波

デバイスがデバイスと近くのWiFiルータ間の距離を測定することを可能にするプロトコルである往復時間(RTT)技術を使用したWiFiポジショニングにおいて重要な進歩がなされています。WiFi RTT は、飛行時間を使用して、WiFi ルーターからスマートフォンなどのデバイスに信号が送信されるまでの時間と、デバイスからWiFi ルーターに戻される信号の受信を確認するメッセージの受信を確認するメッセージにかかる時間を測定します。この技術を単一のWiFi ルーターで実装すると、ルーターと受信側デバイス間の正確な距離測定が行われます。3台以上のWiFi ルーターを使用すると、三面化を利用して正確な位置を得ることができます。これにより、WiFiの位置を5~15メートルの精度から1メートルの精度のレベルまで向上させます。

UWB技術は、消費者向けデバイスの分野で比較的新しい技術です。UWBは、屋内環境で10~30センチメートルの精度を提供します。この場合、ユーザーまたはオブジェクトがトラッキングされる必要があります。UWB タグを、静的な「アンカー」UWB タグに UWB 信号を送信します。移動タグとアンカー タグの間に直接視線が必要です。

ウルトラソニックソリューションは、1~2センチメートルの精度を達成するために使用することができます。超音波信号は壁を通過しないように、彼らは部屋の中でユーザーを配置するために使用することができます。しかし、ユーザーによるモバイルタグの着用に関するシグナルや要件をリバウンドすると、採用に関する潜在的な問題が発生します。ウルトラソニック技術は、主に病院などの場所でプロのアプリケーションをターゲットにしており、大量のデバイスには関係ない可能性があります。

スマートフォンにおけるWiFi RTTとUWBの普及拡大

2018年にGoogleは、Androidパイと後のAndroidバージョンにRTTのサポートを追加することにより、WiFiポジショニングへのより大きな依存性に向けて移動しました。これは、将来的には、WiFiが屋内ポジショニングのリーディングテクノロジーであり続けることを示唆しています。

2019年8月、サムスン、小米科技、Oppoなどの業界プレーヤーは、相互運用可能なUWBエコシステムの開発を促進するためにFiRaコンソーシアムを設立しました。このコンソーシアムの創設は、UWBの普及に対する一部のスマートフォン業界のプレーヤーの欲求を示しています。2019年9月、アップルはUWBチップを含むiPhone 11をリリースした。屋内の場所に必要とするUWBアンカー技術はまだ普及していませんでしたので、このiPhone技術の用途はリリース時に限られていました。しかし、iPhoneにUWB技術を組み込むことは、UWBの採用拡大に向けた一歩であり、シームレスなポジショニングのためのUWBとGNSSのより大きなハイブリダイゼーションの可能性を開く。

GRETEL: ユビキタスな正確で手頃な価格 ROKUBUN
 の都市ナビゲーションWiFiは、IEEE 802.11mcの往復時間プロトコルの範囲測定を活用して、正確な位置に利用できるようになりました。スマートフォンにおける正確な衛星測位の出現と802.11mcプロトコルに準拠したハードウェアの初期の普及により、今後5年間で大量のアプリケーションを提供する正確でスケラブルでユビキタスな主流のナビゲーション技術を見ることが可能になります。

Rokubunは、スマートシティを指向する新しいナビゲーション技術、GRETELをプロトタイプ化しています。GRETELは、屋外から屋内、およびその逆にシームレスに移動し、過酷な都市環境でのナビゲーションを強化することができる正確なユビキタスナビゲーションを提供するために、GNSSの生とWiFiの範囲の測定値をハイブリダイズします。このような技術の取り込みのための主要な課題の1つは、WiFi RTTアクセスポイントの正確な地理位置情報であり、その後、測距測定を提供する疑似衛星として使用することです。RokubunのGRETELはこの課題に対処し、ユーザーデバイスのハイブリッドポジショニングエンジンに加えて、メートルレベルのナビゲーション精度を指し示す有望な結果がすでに提供されています。



WiFi RTT 準拠ルーター(イエローダイヤモンド)を使用したフル屋内WiFi RTT ベースのナビゲーションのデモンストラーション。青い点は位置推定を表し、オレンジと赤の円は参照位置(白い円)に対する3mおよび5mの偏差です。

会社が提供する証言



量子技術:複雑なナビゲーション問題の解決

量子技術とナビゲーションの可能性

量子コンピューティングは、従来のコンピュータでは解決が困難な複雑な問題に対処するために使用できます。従来のコンピュータは、bitsと呼ばれるバイナリプロセッサに依存しており、0または1の状態で存在できます。これにより、コンピュータプログラムは問題セットを1つずつ処理します。複雑な問題の場合、処理にかなりの時間がかかる場合があります。対照的に、量子コンピュータは、一度に複数の状態で存在する量子ビットを扱います。これにより、量子コンピュータは、すべての可能な問題セットを同時に処理し、はるかに速くソリューションに到達することができます。

GNSSは確立された技術領域ですが、特定のナビゲーションおよびGNSSアプリケーションは、その複雑な性質と量子法を使用して結果を改善する能力のために量子技術の恩恵を受けるために立っています。

量子ナビゲーションアルゴリズム

量子アルゴリズムは、量子法を用いて問題を解決するように設計されています。量子ハードウェアはまだ初期段階にあるため、これらのアルゴリズムのほとんどは現在、潜在的な影響を実証するために従来のコンピュータでシミュレートされています。

人口密度の高い地域での自動車ナビゲーションは、複雑な計算を伴う問題の完璧な例です。複雑さは、異なる開始場所と終了場所を持つ多数のドライバーが最適なルートを要求するときに発生します。

現在のナビゲーションシステムは、まずドライバーを最も直接的なルートに向かって操縦し、これらのルートが混雑したときに後続のドライバーを迂回します。これらのシステムは現在、従来のコンピューティング技術を採用しており、すべての可能なルートを計算し、その中でドライバーを最適に配布するのに十分な高度なものではありません。

フォルクスワーゲンとフォードは、ナビゲーションのための量子アルゴリズムのテストを完了し、交通遅延の大幅な減少を示しています。フォードは、マイクロソフトと提携して、5,000台の車が同時にルートを要求するシナリオを実証しました。量子アルゴリズムを使用して、平均通勤時間を8%短縮することができました。

量子コンピューティングは、別の困難なナビゲーションの問題を解決するために使用することができます。旅行者が複数の目的地を計画している場合、全体的に最短のルートは何ですか?これは「旅行セールスマン問題」として知られており、数十年前から最適化の分野で研究されてきました。

量子コンピューティングは、巡回セールスマンの問題をサブセットに分割し、各組み合わせを同時に検討する能力を持つ、この問題を効率的に解決することを可能にする。量子コンピューティングは、物流や輸送などの分野で将来の可能性を開きます。

量子センシング

絡み合いと呼ばれる量子力学の側面は、センサーの速度と精度を制限する現在のハードウェアの制約を克服するために使用することができます。絡み合ったパーティクルは結び付けられているため、1つのパーティクルに発生するものは、そのパーティクルが絡み合っているパーティクルに影響を与えます。アリゾナ大学の研究者は、いくつかのセンサーのネットワークが互いに絡み合い、プローブから情報を受け取り、同時に相互に関連付けることができることを¹に実証しました。RF波の検出に使用されるようなセンサーのネットワークを使用するアプリケーションでは、これによりセンシング性能が大幅に向上します。GNSSの場合、量子センシングを用いたGNSS信号の時間遅延または到着角度の精度が向上し、室内局所化とスプーフィング検出が可能になります。

量子暗号化

社会が量子時代に入ると、現在の暗号方式は量子コンピュータのコンピューティングパワーの向上に挑戦される。この技術的な飛躍に対処し、潜在的な攻撃に先んじるためには、暗号化技術は量子技術と方法を採用することによって適応する必要があるかもしれません。これは、ガリレオPRS、OS-NMAおよびCAS信号のような暗号化されたGNSS信号の場合に当てはまる可能性があります。暗号化された信号に対する量子攻撃の脅威は、現在の量子技術の未熟な性質のために、実現から数年ですが、この脅威に対する保護に関する研究は、潜在的な攻撃に追いつくために今始めなければなりません。ダルムシュタット大学とフラウンホーファー研究所を含むコンソーシアムは、自動車工学アプリケーションに焦点を当てた組み込みシステムの量子攻撃から保護することを目指すQuantumRISCプロジェクトに2019年に取り組み始めました。現在、幅広いレベルの資金が利用可能なため、量子技術が発展するにつれて、この分野でより多くの新しい研究が出現することが期待できます。



©ゲッチャイイメージズ

1 フィジカルレビューレター、2020年4月



大衆市場アプリケーションにおける新たなフロンティア:ロボット工学と拡張現実

ロボットナビゲーションをサポートするGNSSとセンサフュージョン

2018 GSAユーザーコンサルテーションプラットフォーム(マスマーケットセクション)は、ロボティクス部門の継続的な位置付けの更新と高い精度に明確な焦点を示しました。GNSSはこれらの要件をある程度満たすことができますが、サービスロボットのユースケースが屋外の都市環境に向かってますます移動するにつれて、建物はしばしばGNSS信号を妨害し、他の移動物体が計画された航行ルートを妨げる可能性があります。そのため、課題に対処し、望ましくない衝突を防ぐためにセンサフュージョン技術が必要です。

すべてのナビゲーション要件を満たすセンサフュージョン

慣性技術は、ロボットが計画されたナビゲーションパスに確実に従うことを保証するためにGNSS信号を増強するために一般的に使用されます。加速度計とジャイロスコープは、方向と速度を計算するために使用され、GNSS信号とマージされ、正確かつ継続的に更新された位置情報を提供します。

同時ローカリゼーションとマッピング(SLAM)技術とオブジェクト認識を組み込んだビジュアルナビゲーションシステムは、ビジー環境でオブジェクトを回避するための鍵です。その一例は、ラストマイルの食品配達のために設計されたサービスロボットであるKiwiBotです。ロボットは視覚ベースのナビゲーションとGNSS技術を組み合わせて、予期せぬ障害物と衝突することなく、オンルートにとどまることを保証します。

アドレッシングの精度と耐久性

GNSS精度の要件に対応するために、セプテントリオは、最大の精度と可用性を保証するためにRTK技術を使用するモザイクと呼ばれる三重周波数モジュールをリリースしました(27ページの詳細を参照)。RTKをサポートする大量市場に焦点を当てたモジュールは一般的ではないが、設計の選択のこの変化は、ロボットアプリケーション内の高精度のための明確な要件への対応である。

耐久性は、サービスやその他のロボットにとっても重要な関心事です。Swift Navigationはカーネギーロボティクスと提携し、GNSSと慣性技術を組み合わせた修正市場向けに設計されたモジュールを提供するDuro慣性と呼ばれる製品を設計しました。Duroモジュールの範囲は、過酷な環境や予期しない環境下で信頼性を確保するためにロボットのハードウェアの必要性を実証し、頑丈です。

拡張現実

拡張現実(AR)技術は2010年代半ばに人気ที่急上昇しましたが、5Gによって可能になった強化されたAR機能のために、もう一つの成長の拍車を得られます。

5Gは、これまでARアプリケーションを悩ませてきた遅延の問題を減らす可能性があり、ARがより主流でユビキタスになる可能性があります。しかし、没入型のエクスペリエンスを提供する可能性を実現するためには、多くのARアプリケーションが高精度な位置情報機能の恩恵を受けることも重要です。

2018 GSAユーザー・コンサルテーション・プラットフォームによって締結されたとおり、ARアプリケーションには精度と連続位置決め要件が高い。ARKitやARCoreなどのスマートフォンベースのソフトウェア開発キット(SDK)の人気は、デュアル周波数スマートフォンチップなどのスマートフォン市場における最近の開発が、位置認識型拡張現実アプリケーションに必要な高い精度を促進する必要があることを意味します。

さらに、ARは消費者向けアプリケーションにおけるPPPおよびRTKサービスの採用の重要な原動力となり、そうであり、技術開発の取り組みは、近い将来に大量市場にサブメートル精度をもたらすフラミンゴや通信GNSSサービスプロバイダーパートナーシップなどのプロジェクトの恩恵を受ける立場にあります(P。

ロボット工学やその他の産業用 向けに統合された補正機能を備えた初めてのGNSS受信機高精度GNSSポジショニングの採用は、産業市場を通じて広がり、利便性と使いやすさがますます重要になっています。GNSS補正は、受信機がサブセンチメートル範囲で高精度を提供できるようにするための重要な要素です。これまでは、ユーザーが常に選択、サブスクライブし、自分の受信機の高い精度を しむために修正サービスを維持する必要があった。セプテントリオでは、このプロセスを簡素化するために挑戦してきました。そのため、追加のサブスクリプションを必要とせずに、シンプルなプラグアンドプレイの常時オン精度を備えた初めてのレシーバであるAsteRx-m2 Sxを作成しました。これは、セプテントリオの最新のコアGNSS技術に短い収束時間を持つサブセンチメートル補正サービスを統合することによって可能になります。2020年まで、私たちは新しいSECORX-S製品ファミリーを、同様の組み込みのGNSS修正を備えた収納受信機、モジュールなどを搭載して拡張する予定です。

空気、陸、海の新興の自律的なアプリケーションは、多数のユーザーにとって正確でスケラブルな新しいGNSS補正メカニズムを必要とします。各アプリケーションの適切な修正サービスは、その場所、その精度と信頼性のニーズ、および予算に依存します。

産業用または専門的なアプリケーションに最適な補正方法を選択するのがこれまで以上に重要になっています。



革新的な補正サービスを選択することで、より広い範囲で、かつ柔軟な精度で補正の放送が可能になりました。これにより、価格だけでなく、アクセシビリティ、スケラビリティ、使いやすさにメリットをもたらします。精度がシンプルになり、ユーザーにアクセスしやすくなっており、GNSSアプリケーションの新たな機会が開きます。

会社が提供する証言



レジャー、スポーツ、フィットネスソリューションには高いGNSS性能が求められます

プロフェッショナルアプリケーションと大量アプリケーションのぼかし

大量のGNSS技術が改善し続ける中、プロ向けデバイスと大容量デバイスとの線がますますぼやけています。これは、レジャー航空デバイスが現在、軍のユーザーによってバックアップナビゲーションソリューションとして使用されている航空セグメントで最も明確に見られます。

その一例として、Garminの航空時計のラインは、マップの移動や、プロのパイロットのための緊急バックアップナビゲーションシステムとして機能する衛星ベースの拡張システム(SBAS)を追跡する機能などの必要な機能を含んでいます。ガーミンの声明によると、彼らのチャリーD2時計はロッキードU-2航空機のアメリカ空軍のパイロットによって使用されています。2018年、ガーミンは新しい航空時計シリーズ、D2デルタにガリレオの機能を追加しました。

ポータブルナビゲーションデバイス(PND)などの他の高度なデバイスには、民間旅客機ではまだ見られない合成ビジョンとユーザーフレンドリーなタッチスクリーンが含まれています。新しいPNDとヘッドアップディスプレイ(HUD)はまた、認定レジャーパイロットがすべての気象条件でより安全な着陸を可能にする計器飛行規則(IFR)手順を飛行することを可能にし、プロおよび大量のセグメントをさらに整理させます。

SkyDemonなどのモバイルアプリケーションは、デバイス機能の向上に加えて、パイロットがほんの数秒でルートを計画できるようにし、一度の時間のかかる手動タスクを大幅に変更できます。

軽量でしばしば相互接続されたデバイスの範囲上のこれらの革新は航空電子工学の最先端に一般的な航空を置き、パイロットがこれまで以上に安全に飛ぶことを可能にする。

スポーツやフィットネスのアプリケーションはまた、プロの選手のために伝統的に予見されたソリューションの民主化を表示します。ランナー、バイカー、スキーヤーのための監視とトレース機器は、すべてのワークアウトの不可欠な部分となっています。複数のアプリケーションやデバイスからのルートと速度の測定値を比較するランナーが決定します。

専門の時計やウェアラブルは、スマートフォンと比較してより正確な追跡結果を提供することが期待されており、追加のハードウェアの購入から付加価値が明らかに期待されています。したがって、デュアル周波数マルチコンステレーション機能はスマートウォッチ市場に参入しており、ユーザーはデバイス上で直接星座ミックスを選択することさえできます。

スーパーハーフマラソンガリレオは、ヨーロッパ各地で5回のハーフマラソンシリーズである「ラン・ウィズ・ガリレオ」と提携し、何千人ものランナーに正確なフィットネストラッキングとナビゲーション体験をもたらしました。もともとリスボン、ブラハ、コペンハーゲン、カーディフ、セビリアで行われ、Covid-19のためにスーパーハーフは仮想スーパーハーフに変わり、国境を越えて世界中で何千人ものランナーが競い合う世界的な観客に到達しました。

詳細については、superhalves.com



屋外環境でのPNTの必要性のために、GNSSはスポーツの広い範囲で高く評価される非常に重要な技術である。しかし、GNSS信号技術の使用には、屋内受信の問題や消費電力の増加など、よく知られた制限があります。シームレスで正確なポジショニングのために、GeonavはGNSSとUWBをハイブリダイズして、部分的に閉鎖されたスタジアムでのラグビーの試合中の継続性を確保するソリューションをテストしています(詳細は下記のボックスを参照)。

もう一つの革新は、利用可能なエネルギー源を使用してGNSSの電力ニーズを相殺することです。すなわち、時計を身に着けている人の体の熱、太陽エネルギー(下記のパワーウォッチシリーズ2を参照)。

スタジアム環境でのシームレスな位置決め(GEONAV) | N 2020

GEONAVは、フランスのラグビーユニオンチームの高精度なポジショニングとパフォーマンスデータを提供するように設計されたプロスポーツアプリケーションの一例です。

GEONAVはGNSS技術とウルトラワイドバンド(UWB)を組み合わせて高い精度を実現します。シームレスな位置決めアプリケーションの例です(41ページで詳しく説明)。

GNSS追跡装置は選手の肩甲骨の間に着用される。彼らはおおよそスマートフォンサイズに小型化され、MEMSとGNSS受信機に基づく加速度計を組み込んでいます。

詳細については、次のgsa.europa.eu/galileo-dual-frequency-5g-iot-devices-and-servicesdrones-assets-management-and-elite-sportを参照してください。

低電力から無消費電力(パワーウォッチシリーズ2)まで

GNSS対応のウォッチ。CES 2019で発表され、着用者の体温と太陽光発電技術に基づいて充電されます。

499ドルで小売りすることは、プレミアム消費者スマートウォッチの価格帯にあります。しかし、それはGarminのような対応する機能よりも少ない機能を提供します。革新的な無充電技術が主流になるにつれて、高い価格ポイントが下がることが期待できます。

詳細については、次のpowerwatch.com/products/powerwatch-2





E-GNSSは都市におけるユビキタスな位置決めと困難な環境をサポート

両ガリレオを含む欧州GNSSが提供するPNTパフォーマンスEGNOSは、大量のデバイスユーザーに関連する貢献を提供します。ガリレオ衛星は、大量市場の多くのユーザーが頻繁に動作する都市などの困難な環境でユビキタスな位置決めを高めるのに効果的です。スマートフォンやその他の大容量デバイスに埋め込まれた最新のチップは、ガリレオを含む多くのGNSS星座から信号を受信することができます。これは、精度、可用性、TTFFなど、すべての主要なパフォーマンスパラメータにプラスの影響を与えます。それにもかかわらず、ガリレオは「違いを生み出す」ことができる特定の機能を提供します。これらの中で、関連する貢献は、**マルチパス干渉に対する抵抗性が優れている**。これは、ガリレオ衛星が提供するE5信号の独自の形状により、デュアル周波数スマートフォンの場合に特に当てはまり、建物が反射する信号と直接信号を区別することがさらに容易になります。デュアル周波数チップの人気は高まっています(現在、50以上のスマートフォンモデルがこの機能を提供しています)。

さらに、ガリレオは**ナビゲーションメッセージ認証(OS-NMA)**を提供する唯一のGNSSであり、革新的な商業的に敏感なアプリケーションを可能にする可能性があるため、アプリケーションおよびサービスプロバイダーにとって高い関心を持つ機能です。

位置決め精度の向上により、拡張現実感、車両ナビゲーション、マッピングなどの分野で多くの新しいアプリケーションの機会が生まれます。また、専門的な活動や既存の専用デバイスの代替として、スマートフォンの潜在的な使用をサポートします。

EGNOSは、従来の航空用に設計されたアプリケーションで、大量のデバイスを使用してドローンソリューションや一般的な航空アプリケーションで価値を高め、電結圏誤差を低減し、精度と堅牢性を向上させます。

主要なパフォーマンスパラメータへの E-GNSS の貢献度

キーパフォーマンスパラメータ (KPP)*	EGNOSの貢献	ガリレオの貢献
精度	●●●○	●●●○
可用性		●●●○
継続		●●●○
屋内浸透		●●●○
堅牢性	●●●○	●●●○
最初の修正までの時間 (TTFF)		●●●○

* 主要なパフォーマンスパラメータは、附属書3で定義されています

- 主要な貢献、新しいGNSSアプリケーションを可能にすることができる中程度の貢献、ユーザーエクスペリエンスを向上させる貢献度が低く、パフォーマンスは向上したが、ユーザーレベルで大きな違いはない
- リエンスを向上させる貢献度が低く、パフォーマンスは向上したが、ユーザーレベルで大きな違いはない
- リエンスを向上させる貢献度が低く、パフォーマンスは向上したが、ユーザーレベルで大きな違いはない

フラミンゴプロジェクト & 生ガリレオハッカソン

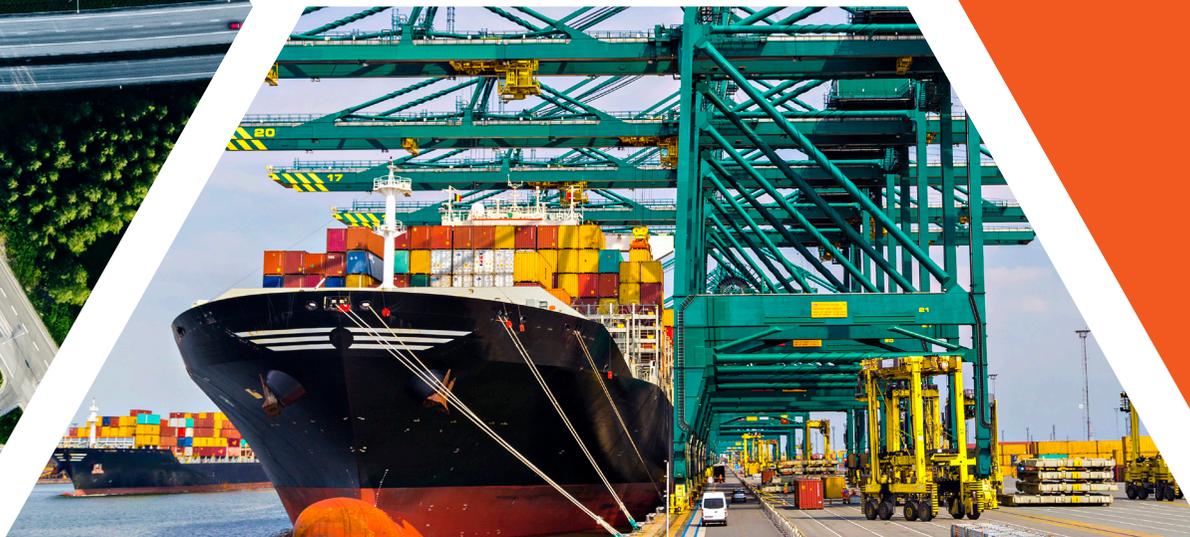
フラミンゴは、スマートフォンやIoTデバイスを持つユーザーがシームレスな方法でメートルレベル以上の位置を取得することを可能にするAPIと一に位置決めサービスを開発したHorizon 2020プロジェクトで、その後、アプリや位置情報サービスに統合するシンプルなインターフェイスを使用しました。

フラミンゴは発明ではなく革新であり、GNSS業界で共通に使用されているプロセスやプロトコルが再利用され、大衆市場のデバイスに使用するために適応されました。ユーザーインターフェイスはGoogleの地理位置情報スタイルのAPIであり、その背後にはFLAMINGOがRTCM形式とNTRIPプロトコルを使用してさまざまなGNSSデータとサービスを提供し、PPPとRTKはポジショニングエンジン内でアプローチしました。フラミンゴサービスは、E1/L1とE5/L5の両方に修正を提供したため、大容量デバイスの現在の制限を考えると、ガリレオを最大限に活用しました。

生ガリレオ24時間ハッカソンは2020年3月に行われ、フラミンゴプロジェクトの一環としてノッティンガム大学とGSAが主催しました。参加者は2つのトピックに関するソリューションを開発するよう求められました。ガリレオとFLAMINGOが提供する高精度の位置決めとナビゲーションサービスを使用して新しいまたは強化されたソリューションを開発し、GNSSの生測定の非ナビゲーション使用を実証します。最初のトピックでは、**VastMapping**は、資産マッピングと管理のためのリアルタイムのコンピュータビジョンを提供するためにガリレオとFLAMINGOの精度を使用するアプリで勝った。2番目のトピックでは、一等賞は**ClaimR**アプリ、検証済みの場所署名サービスに行きました。

詳細については、次のflamingognss.com

安全*と責任**重要なデバイス



マクロセグメントの特性	47
産業景観	48
受信機の機能	49
レーバフォームファクタ	50
ドライバーとトレンド	51
E-GNSS付加価値	61

*安全上重要なデバイスは、GNSSの誤動作が人間(死または負傷)、キャリア車両の破壊、外部特性または環境への損傷に対する直接的または間接的な潜在的な害につながる可能性があるものと定義されます。

** 責任重視デバイスはGNSSの誤動作が検出されないデバイスとして定義され、重大な法的または経済的な結果を招く可能性があります。

成熟した輸送部門は、将来のアプリケーションに対するGNSSへの依存度の高まりに着実に動いています

主要な部品メーカー

Broadcom	北米	broadcom.com
コブハム	ヨーロッパ	cobham.com
コリンズ・エアロスペース	北米	collinsaerospace.com
DJI	アジア太平洋地域	dji.com
Eca	ヨーロッパ	ecagroup.com
エステルライン	北米	esterline.com
古野	アジア太平洋地域	furuno.com
ガーミン	北米	garmin.com
Gmt	アジア太平洋地域	gmtc-global.kr
ヘキサゴン AB*	ヨーロッパ	hexagon.com
ハネウェル	北米	honeywell.com
Jrc	アジア太平洋地域	jrc.co.jp
コングスベルク	ヨーロッパ	kongsberg.com
メディアテック	アジア太平洋地域	mediatek.com
ナビコ	ヨーロッパ	navico.com
オロリア	ヨーロッパ	orolia.com
クアルコム	北米	qualcomm.com
セプテントリオ	ヨーロッパ	septentrio.com
ストマイクロエレクトロニクス	ヨーロッパ	st.com
タレスアビオニクス	ヨーロッパ	thalesgroup.com
トリンブル	北米	trimble.com
ユーブロックス	ヨーロッパ	u-blox.com

注: このリストにはシステムおよび端末インテグレーションは含まれていないため、一部の主要な業界プレーヤーがリストに表示されない場合があります。

*ライカとノヴァテルが含まれています

レシーバ業界

このセグメントのレシーバ業界は、アクティブな企業の変化がほとんどないことを特徴としています。この特性は、環境干渉、ソフトウェア性能、およびフォルバック手順に関する高い認証要件を満たす受信機の開発に重点を置いてきました。

この規制上のハードルは、新しい技術の革新と採用が他のセクターに遅れをとり、基準が更新され、メーカーが新しい基準に準拠した新製品を開発できるようになるまで遅れる傾向があることを意味します。そのため、新規参入者にとって市場への道は困難でした。

各輸送部門は、さまざまなシステムの多くを依存してきましたが、ますます最高レベルのパフォーマンスのためのGNSSへの依存が、セクター固有のソリューションとの統合が維持されています。自動化の増加は、情報共有と、自身の位置と意図に関するデータの受け渡しにも依存します。大衆市場セグメントの急速な発展は、特にドローンや低コストの航空業界の新規参入者によって利用されており、安全上重要なアプリケーションをサポートするために認証を必要とする従来のアプローチに挑戦しています。

新規参入者は、ドローンの特定運用リスク評価(SORA)などの技術を通じて、認証がない場合の安全性を確保するための新しいアプローチを使用して、この分野の低コストと規制の少ない領域をしっかりとターゲットにしています。一部の自動車チップ自体が認証基準を採用するため、これは統合に向けた勢いを助け、ライフサイクルの短縮化に伴い、本質的に高い開発費、長いライフサイクル、それに対応する技術の陳腐化を軽減します。

安全に重要なバリューチェーンの規制環境は、大規模なイノベーターの影響を受け続けています

マクロセグメントは、特定の規制、認証、運用の枠組みを持つドメインに分かれています。各ドメインには独自の規制機関と標準機関があり、主要プレーヤーは水平ではなくバリューチェーンを上下に垂直に統合する傾向があります。セクターの専門知識と評判は、安全上の優先事項は、専門製品のコストを収容できることを意味し、これらのセクターの規模の経済を上書きします。

これは、新しい低コスト製品に組み込まれた新しいチップの性能、またはドローン業界をターゲットにした性能によって挑戦されています。現在、ドローン産業は規制環境において支配的な影響力を持っています。多額の投資の約束と他のユーザーからの波及技術の可能性は、GNSS機能に依存する規制と承認操作に対する新しいアプローチをテストするための新しい分野です。

しかし、この約束は、規制当局がこれらの新しい開発を評価し、適応する歴史的アプローチの継続によって制約される。例えば、潜在的な利益を得るための新しい提案で既存の枠組みを調整することによって。

フレームワークの変化がすべてのユーザーに与える課題を考えると、業界は新しいイノベーターが将来の規制を形作り、安全に重要な環境で革新的な技術の採用を支援するのに役立つ協力者になることを発見しています。これにより、標準と仕様が性能の解決に焦点を当て、GNSSが重要なコンポーネントになる要件が提供されます。これは現在、標準の開発と、デュアル周波数マルチコンステレーション(DFMC)受信機をカバーするセクター固有の要件の最終決定に見られています。これは、欧州委員会およびSESAR ATM マスタープランの主要コンポーネントによってもサポートされています。



安全重視の市場で使用できるGNSS機能を標準で規定

規制上のハードルを克服する

本物の安全に重要なアプリケーションでは、認証が必要です。現在の規制と基準では、GPSの使用のみが義務付けられており、GPSのみの受信機がまだ過半数であることを意味します。SBASは、必要な整合性を提供する上で不可欠であり続けるため、レシーバモデルの大半に含まれています。他のGNSS信号の受け入れが遅い理由の1つは、整合性要件にリンクされている可能性があります。SBASによるGNSS信号の増強、および現在ARAIMのような開発中の他の技術は、すべてのセクターで適切なコンプライアンス手段として拡張GNSSの受け入れにつながっています。この分野における新しいGNSS星座と関連システムおよび技術の採用は、多くの場合、安全要件のために規制の進歩にリンクされています。

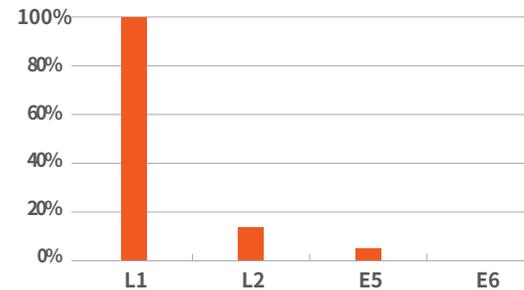
DFMC(デュアル周波数、マルチコンステレーション)規格は、急速に成熟した道路、鉄道、ドローンの安全上重要なアプリケーションと組み合わせ、この画像を変換するように設定されており、セクター内で次に予想される開発です。安全性に重要なアプリケーション、特に高度な自動化を備えたアプリケーションは、従来の整合性と堅牢性の優先順位と組み合わせ、より高い精度を要求するようになってきました。これは、動作する必要がある環境の結果として必要です。規格が更新されると、規制プロセスは適応ことができ、業界はDFMCをサポートする最新の認定GNSS受信機に従います。

自動運転は、航空と海上の厳しい規制環境が同じように採用を制限していない場合にケースを提供します。また、運用環境は、これらの成熟した安全上重要なセクターとは全く異なり、標準とシステム要件もまったく異なります。その結果、特注の受信機アーキテクチャが開発され、テストされています。当然ながら、これらのアーキテクチャは、DFMCを利用するだけでなく、他のセンサーを直接PVTソリューションに統合します。

責任重視のアプリケーションは、DFMC 機能を利用する自由度が高く、しばらくの間使用していますが、利用可能なレシーバ モデルのごく一部しか考慮されていません。これらのドメイン内の非安全アプリケーションにDFMC(またはさらに多くの周波数)受信機を使用すると、その能力を活用するための改革基準への圧力が加えられています。

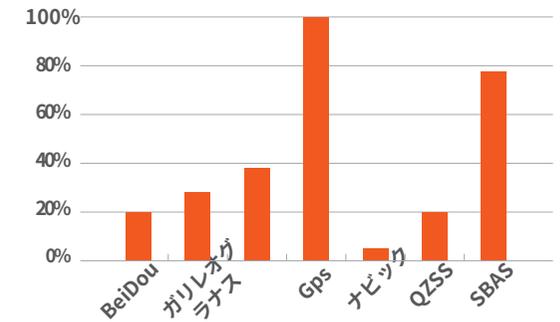
鉄道業界向けの安全上重要な受信機は、執筆時点で標準が開発中のため、開発段階に過ぎません。その結果、統計に寄与しません。

GNSS受信機の周波数能力¹



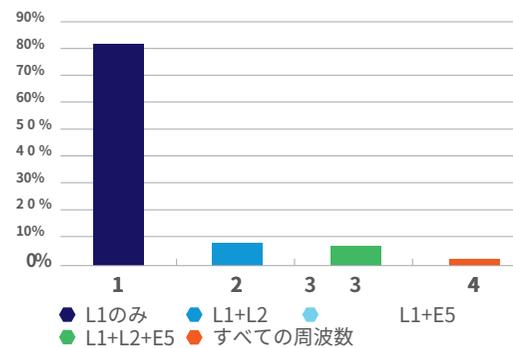
¹は、各周波数帯域をサポートする受信機の割合を示します。

GNSS受信機の星座能力²



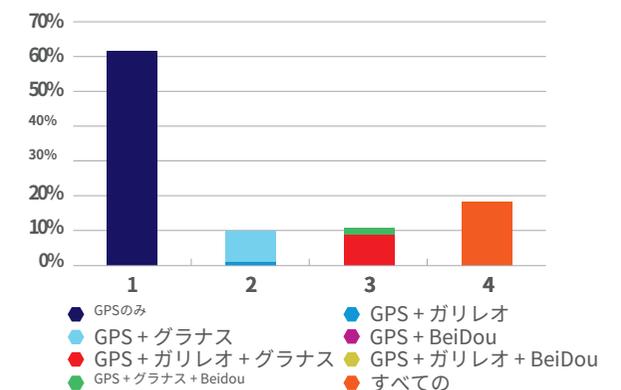
²は、各星座を追跡することができる受信機の割合を示しています

GNSS受信機でサポートされる周波数³



³は、1、2、3、またはすべての4つの周波数を追跡することができる受信機の割合を示しています

GNSS受信機でサポートされる星座⁴



⁴は、1、2、3、または4つのグローバル星座を追跡できる受信機の割合を示しています



レギュレーションと認定の焦点受信機は整合性に関する

輸送安全および責任に不可欠なデバイスマクロセグメントのための一般的な最先端の受信機機能

機能	航空	海上	自動車
チャンネル数	12-100+	12-100+	32-52
コード/フェーズ処理	コードおよびキャリアフェーズ	コードおよびキャリアフェーズ	コードおよびキャリアフェーズ ドブプラー
星座/信号	GPS L1	GPS, グロナス, BeiDou, ガリレオ, QZSS, ナビック	GPS, グロナス, BeiDou, ガリレオ, QZSS, ナビック
感度(典型的な)	-135 dBm の取得 -140 dBm トラッキング	-130 dBm の取得 -135 dBm トラッキング	-147 dBm の取得 -162 dBm トラッキング
マルチパス拒否技術	通常はい	文書化されていない	通常はい
SBAS/ A-GNSSの準備	SBAS (E)TSO 145/146	SBAS サポート(生命の非安全)	SBAS サポート(生命の非安全)/A-GNSS
受信機の接続性	アリス 429	RS422/ NMEA 0183/ NMEA2000	
Ttff	コールドスタート < :75s ウォームスタート < :30年代の再取得 < :3~10年代	コールドスタート < :60~120年 ウォームスタート < :30年代再取得 < :1~10年代	コールドスタート < :33s ウォームスタート < :30年代の再取得 < :1s
水平精度 (95%)	GNSS: 5 - 15m DGNSS: N/A SBAS: 3m	GNSS: 2.5 - 13m DGNSS: 0.3 - 5m SBAS: 2 - 8m	GNSS: 2.5 - 13m DGNSS: 0.3 - 0.5m SBAS: 2 - 8m
垂直精度 (95%)	GNSS: 10 - 20m DGNSS: N/A SBAS: 4m	GNSS: 4 - 20 m DGNSS: 0.5 - 7.5 m SBAS: 3 - 12 m	GNSS: 4 - 20 m DGNSS: 0.5 - 7.5 m SBAS: 3 - 12 m
アンテナ	外部	外部	外部
標準 & 認証	DO-229D, DO-245, DO-246, DO-208 DO-178C/ED-12C, DO-254/ED-80, DO-160/ED-14G, DO-253/ED-88, ED-114A, ARINC743 (E)TSO C115/124/1914/194/14	IEC60945, 61108-1/2/3/4, 61162-1/3, 62288, NMEA0183/2000, RTCM SC104 USCGまたはウィーマーク (EC MED)	AEC-Q100 ISO16750 ISO26262 ASIL
フォームファクター	標準(例えば2 MCU)外部アンテナリモートCDUに準拠した完全なユニット	内蔵またはリモートCDU & の内線アンテナAlt. 「スマートアンテナ」を搭載した完全なユニットは、リモートCDUを搭載した受信機	受信機チップまたはモジュール
他		内部ラジオピーコンDGNSS受信機	最大6軸のMEMを含めることができ

従来、この分野で利用されていた受信機は、高いレベルの規制と認証を受けてきました。GNSS受信機は、高い性能(完全性と精度)を駆動する各要素をサポートする電子システムの重要なコンポーネントとなっており、システム障害が発生した場合にこの精度を維持する能力を備えています。たとえば、最新の認定空挺受信機は、SBASチャンネルに加えて100以上のGNSS衛星信号を追跡し、最新のエリアナビゲーションと監視仕様をサポートし、RAIMや増強などの機能を備えています。レジリエンスを改善するために、デュアル周波数のプッシュが続いています。

認証と承認のための同じドライブは海洋の世界に存在しますが、要件は主にDGNSSソリューションの受信がある港湾や沿岸海域でのナビゲーション援助のパフォーマンスにリンクされています。海上使用用のSBAS受信機を備えたGNSSの基準は航空と比較して遅れており、GSA、EC、ESA、ESSPは、この採用を促進するためにRTCM内で「海上受信機におけるSBASの使用に関するガイドライン」を起草し、海洋状況におけるSBAS受信機の標準化活動を支援している。

レールの成熟したGNSS受信機仕様がまだ存在しないので、反対の表では提示できません。鉄道の運用面と環境面は、航空や海上に比べて、独特の課題を抱えています。GNSSの受信は、地形、建物、トンネル、深いカルバートに近接した操作によって挑戦されています。これにより、視線と衛星の数が制限されるため、すべての安全アプリケーションをサポートするために必要な適時性を備えたGNSS信号の可用性が制限されます。SBASおよびDFMC受信機仕様の可用性は、鉄道の観点から性能を向上させることが期待され、継続的な研究開発の対象となっています。

道路と鉄道の両方は、自動化の動向を支える大容量チップセット内での多周GNSS受信機技術の継続的な開発と緊密な結合の恩恵を受けるでしょう。この進化の一環として特に重要なのは、ナビゲーションと通信機能の結合です。このカップリングは、ドローン、道路、空港とその周辺、沿岸地域で5Gポジショニングとの統合が想定される監視および通信アプリケーションを含む、セクターのすべてのドメインに利益をもたらします。この多重周波数受信機の将来の使用は、測定と位置決め精度の大幅な改善を達成し、先行するアプリケーションの完全な監督を必要とせず、大量市場のチップセットの能力の進化の恩恵を受けるでしょう。



DFMC標準化に焦点を当てる

DFMCレシーバ標準化

追加の信号と周波数を持つ新しい星座の展開は、これらがGPSとGLONASSの既存のコア星座と結合することができることを認識し、デュアル周波数、多星座(DFMC)の技術概念を導入しました。一般的な観点から、DFMC受信機は、複数の星座を使用する場合、より多くの視線(すなわち、より多くの衛星)を獲得し、各衛星への2つの別々の周波数リンクの恩恵を受け、全体的な可用性、精度および堅牢性を向上させます。多星座の可用性は、しばしば衛星信号をマスキングする、深刻な妨害環境で動作している受信機にかなりの利益をもたらすでしょう。

ガリレオはまもなくフル稼働能力を達成する見込みです。GPSは、現在の(2020年)計画に従って、2027年までにL5の組み込みを完了する予定です。これは、EGNOSの完全なDFMCパフォーマンスが2027年までには最高では利用できないことを意味します。以前のサービスマイルストーンは、フルオペレーションキャパシティの前にGPS L5のパフォーマンスに対して中間コミットメントが公開されている場合、航空を含む一部のユーザーコミュニティに対してDFMCサービスのレベルを低下させる可能性があります。

SBASに関する限り、SBAS DFMCはL1とL5の両方の周波数で最大4つの星座を増強できます。ヨーロッパでは、次世代のEGNOS v3、バージョンv3.2から、DFMCのこの概念を導入し、GPSとガリレオの両方を増強し、より多くの衛星を使用します。SBAS DFMCは、従来のSBASと比較して精度を向上させ、保護レベル(不測の事態)を低くし、海上(交通密度が高い場合の港湾入口)、航空および鉄道でより厳しい作業を行うことができます。また、2つの周波数を使用すると、SBAS DFMCは干渉、妨害、およびイオン圏の摂動に対してより堅牢になります。同じことが、55ページで詳しく説明されているRAIMやGBASなどの他の拡張に対するDFMCの適用にも当てはまります。

現在、GPSとガリレオSBAS DFMCは、欧州・ユーロカエ、RTCAによって標準化されており、欧州・ユーロカエWG-62とRTCA SC-159 WG2の間でDFMC SBAS最小運用パフォーマンス基準(MOPS)に関する共同活動を行っています。ICAOでは、DFMC SBAS SPSサブグループは、2018年11月にNSP/5(ナビゲーション・システム・パネル)で承認されたDFMC SBAS技術ベースラインを作成しました。目標は、2022年から有効になるように、2020年末までにDFMC SBAS SAPを完全に検証することです。EUROCAEでは、WG-62は現在、GPS/ガリレオSBAS DFMC受信機の最小要件を定義するために、更新されたMOPSに取り組んでいます。MOPSの最初のバージョンであるED-259は、2020年末からコンサルテーションが可能なアップデートで2019年2月にリリースされました。

EDG²E: 二重周波数ガリレオGPSとEDG²EのようなEGNOS DFMC標準化プロジェクトのための機器は、GNSSコミュニティ内のDFMCの導入を加速するためにGSAによって資金提供されています。

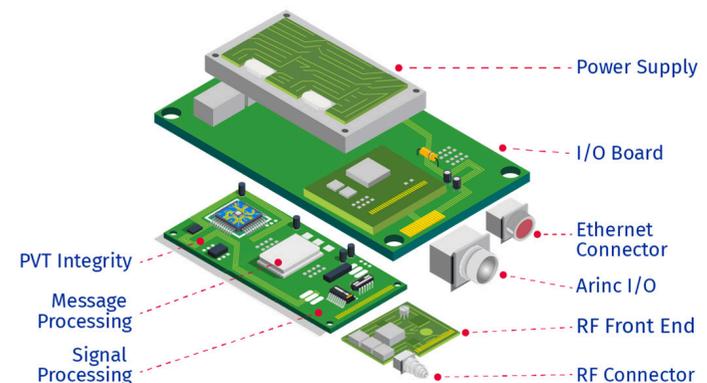


EDG²Eは、デュアル周波数マルチコンステレーション受信機を開発し、ナビゲーション機能の強化、標準化のサポート、認証準備を可能にする予定です。これは、航空、鉄道、ドローン全体のアプリケーションをターゲットにしています。

これは、2段階のプロジェクトです。

1. フェーズ1は2019年に終了し、RAWデータ(測定およびナビゲーションデータビット)を使用したソフトウェアプロトタイプの開発を含み、EUROCAE WG-62(ED-259)が開発した基準に従って、異なる整合性ソリューション(RAIM/FDE、SBAS L1およびSBAS DFMC)における位置決めソリューションを計算しました。ソフトウェアは、フェーズ2で開発されたハードウェアプラットフォームに準拠するように設計されています。
2. フェーズ2は2021年に終了し、フルGPS/ガリレオ/SBASデュアル周波数プロトタイプを開発しています、H-ARAIM/FDE機能などの新しい機能によって補完フェーズ1で開発されたソフトウェアモジュールを統合。検証フェーズが完了すると、プロトタイプで飛行試験が行われ、生データをさらに後処理再生のために保存することができます。

詳細については、次のgnss-edge.eu



ガリレオリターンリンクサービス(RLS)の恩恵を受け、 捜索救助が恩恵を受けるようになった

RLSの運用能力

ガリレオ・リターンリンク・サービス(RLS)は2020年1月21日に運用を宣言しました。このサービスは、Cospas-Sarsatとガリレオプログラムの共同で行われ、すべてCospas-Sarsat RLS対応ビーコンで無料で利用できます。ガリレオ衛星は、406MHzの周波数で遭難ビーコンから発する緊急信号をピックアップし、ガリレオナビゲーションメッセージ(I/NAV E1)を介してリターンリンクメッセージ(RLM)信号をビーコンに送信することができます。

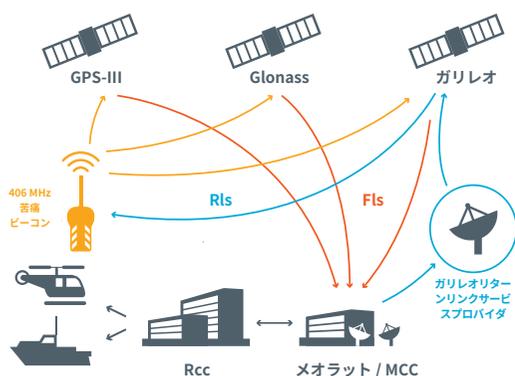
ガリレオRLSの可用性は、航空および海上セクターの両方に同様の利益です。IMOは、船舶が常に海上安全情報を送受信できるようにすることを目的として、1988年にグローバル海上遭難安全システム(GMDSS)を設立しました。これは1997年までに運用状態に達しました。このようなシステムは航空のために存在せず、AF 447やMH 370などの航空災害後に航空機を見つけるのにかかる時間の長さを考えると、同等の時間を確保するための呼び出しにつながりました。その結果、ICAOグローバル航空苦痛安全システム(GADSS)の設立が実現しました。現在の航空機追跡基準と推奨される慣行(SMP)の下では、通常の飛行条件下で航空機を15分ごとに追跡する必要があります。ICAO Annex 6の最新のアップデートでは、航空機が遭難しているとき、毎分自律的な位置報告が必要です。GADSSの遭難追跡要素の基準は、2023年1月までに実施される予定です。

ガリレオSARインフラ

ガリレオ SAR インフラストラクチャには2つの高レベルの次元があります。これらは、サービス施設とスペースと地上資産で構成されるコアインフラストラクチャで構成されています。ガリレオSARの宇宙要素は、3つの軌道面に配置された24の中地球軌道(MEO)衛星で構成されています。これらの衛星はSARリピータ計を搭載しており、406MHzで遭難信号を受信し、1544.1MHzのLバンドで再送することができます。

ガリレオSARの地上寸法は広範囲に及び、多数の相互運用可能なコンポーネントで構成されています。これらは、2つのセグメントに大きく分けてグループ化できます。

メオサル内のガリレオSAR



1. ガリレオ衛星を監視し、ビーコン遭難警報メッセージを検出する3つの中地球軌道ローカルユーザーターミナル(MEOLUT)施設で構成されるフォワードリンクサービス。
2. ガリレオのミッション・ミッション・センターとサブパス・サルサット・フレンチ・ミス・ジョン・コントロール・センターを通じて促進されるリターン・リンク・サービスとアップリンクは、ガリレオ衛星へのリンクメッセージを返します。

RLS対応製品の提供 ガリレオRLSの最近の導入により、利用可能な互換性のあるSAR遭難ビーコンの数はまだ限られています。オロリア海事は、航空および海上使用のためのガリレオRLSパーソナルローケータビーコン(PLB)をリリースした唯一のメーカーです。オロリアは、ガリレオRLSプロジェクトでGSAと緊密に協力してきたため、次世代のSAR遭難ビーコンの開発のリーダーに選ばれました。そのため、ファスト検索リターンリンクPLBは、市場でそのタイプの最初のPLBです。さらに、GSAが資金を提供するHeliosプロジェクトの下で、オロリアは開発中であり、RLSでEPIRBとELTsを正常にテストしています。



他のいくつかの開発は、ACR Artex、ECA航空宇宙、リンクス、海洋救助技術、オーシャンシグナル、モビテレコムなどのメーカーを含むH2020およびファンダメンタルエレメンツプログラムを通じてGSAによってサポートされています。

タウセティ:次世代 ELT(ELT-S)

オロリアが率いるTAUCETIプロジェクトは、大型航空機の客室乗務員にサブバイタルELT(ELT-S)の緊急通報を提供し、ガリレオSAR RLSを統合し、飛行機やヘリコプターに搭載された救命いかだを提供することを目指しています。

このプロジェクトは、複数のGNSSコンステレーションと互換性があり、最新のエンドユーザー要件を満たす遭難ビーコンを定義し、開発しています。プロジェクトには、フィールドにGNSS & SARシステムの検証も含まれています。新しいUltima-Sの範囲の認定は次のとおりです。

- 中地球軌道捜索救助(MEOSAR)のコスパ・サルサットの互換性;
- ガリレオGNSSナビゲーションデータを含むナビゲーション衛星システムの星座、
- レガシーのLEO衛星およびGEOSAR衛星との互換性;
- オプションのガリレオRLS自動確認サービス。

このプロジェクトは、2021年に成熟した認定製品に向けて進んでおり、民間航空機に搭載されているSARコミュニティと航空業界のニーズに対応する初のガリレオ対応機器となります。

詳細については、tauceti-gsa-project.euを参照してください。



E-GNSSは安全および監視のための世界的な監視をサポートする

海上・航空を支援する世界的な監視に加えて、GNSSと組み合わせた衛星資産の使用が監視を支援する重要性が高まっており、ドローンの監視を支援する経路の1つと見なされています。GMDSSとGADSSが提供するサービスと監視システムのサービスの違いは、宇宙からのGNSS位置レポートを継続的に監視できる監視システムの連続的かつリアルタイムの側面です。

数年前から、船舶や航空機からの位置、トラック、速度情報の放送を可能にする海上と航空の両方でイニシアチブがありました。これらの技術は、海上および航空用自動従属監視放送 (ADS-B) の自動識別システム (AIS) と同様です。宇宙からの異なるAIS信号とADS-B信号の監視はすでに存在しており、MarineTraffic.com からの例と、最近ではANSPによるサービスの運用開始に成功した後、2019年7月9日にAerion Alert サービスが正式に開始されました。

衛星ベースの位置監視には、地上からのフルパワー伝送が必要です。しかし、大量市場のチップセットのパフォーマンス、低コスト、DFMC能力の向上は、低コストのGNSS受信機、および低出力設定 (< 認定製品の120ワットと比較して25ワット)のドローン、スポーツ、一般航空および回転翼クラフトコミュニティをターゲットにしたADS-B受信機と送信機の急増につながっています。これまでの低い出力は、Aerionや代替ソリューションによって提供されるような、間隔ベースのADS-Bサービスから検出できない可能性があります。

これらの低コスト製品の品質と性能は、地上インフラの削減をサポートするために増加ベースで使用されることを意味するので、監視と監視のためのGNSSへのより大きな依存が期待されます。

.u.n.k.e. アビオニクスは、道路交通と同様の一般的な航空のための手頃な価格のGNSSベースの監視製品を提供し、低高度の航空交通は「見て見られる」 **f.u.n.k.e.**

原則にパイロットによって自己組織化されています。旅客機はレーダー技術と計器飛行手順を使用して航空管制によって分離されていますが、すべての視覚飛行は交通参加者間の視覚的接に基づいて検出と回避に依存しています。ただし、コックピットウィンドウからの観測は、常に近くのトラフィックの検出を確実にするのに十分ではありません。高価なGNSSベースの交通警報と衝突回避ソリューションは、航空輸送部門のために利用可能ですが、このような製品は、多くの一般航空の参加者のために高価です、民間航空機やエアロクラブによって支配されているセクター。

f.n.n.k.e. AVIONICSは、標準的なGNSS技術(マルチコンステレーションおよびSBAS対応)を使用し、これを1つの製品で1090 MHzトランスポンダ周波数の無線トランシーバと組み合わせた、PlaneSightと呼ばれる低コストのポータブルデバイスを開発し、提供しています。PlaneSightは恒久的にその位置を測定し、他の航空機によって自分自身を「見られる」ように1090 MHzのADS-Bメッセージとして周囲の航空交通に送信します。同様に、近くの航空機から1090 MHzでADS-Bメッセージを受信し、内部または外部の地図表示でそれらを描写し、パイロットが実際の位置の周りのすべての関連トラフィックを「見る」ことができます。このようなデバイスは、2019年のSESAR JU GAINSプロジェクトで脅威検出と衝突回避をサポートすることが証明されており、GNSSが「単一ヨーロッパの空」の目標を達成するために貢献していることを明確に示しています。PlaneSight製品は、この安全向上技術の「すべての人のために」広く使用を促進するために貢献しています。



会社が提供する証言



認証: PNT をスプーフィングから保護するための便利なツール

GNSS スプーフィングは、偽の GNSS 信号が受信側をだまして異なる位置にあると信じるように送信された場合に発生します。認証方法を使用して、GNSS ナビゲーションメッセージデータのソースを確認できます。DFMC を介してより多くの周波数が利用できるのと並んで、GNSS はスプーフィングの試みに対してより弾力性を持たせます。Galileo のメインメッセージ内に認証データを追加すると、エンドユーザーは受信した信号が偽装された信号ではなく、本物の送信元からのものであるかどうかを確認できます。これにより、スプーフィング攻撃が発生するのを防ぐわけではありませんが、検出は可能です。運輸・安全責任重要部門内では、PNT の信頼性は、自動化のレベルの増加に伴ってますます重要になります。これはすべてのセクターに適用され、意思決定プロセスをサポートするために使用される可能性のある他の通信リンクへの依存度が高くなります。

ガリレオ認証

欧州委員会は、ガリレオの強化された機能として認証を追加することにコミットしています、オープンサービス (OS-NMA)、CAS (商用認証サービス)、受信機が明確にスプーフィング信号を識別し、エンドユーザーを保護するために、CAS (商用認証サービス) の GNSS 認証の主な複雑さは、信号のブロードキャストの性質にあります。これは、GNSS 信号の認証は、サテライトエンド(暗号化またはその他の安全なメカニズムを介して)の保護と受信機側の受信信号の真正性に関するテストに依存することを意味します。

SBAS 認証

SBAS 認証の運用の予備的な概念が合意され、ICAO ナビゲーションシステムパネル (NSP) の GNSS サブワーキンググループ (GSWG) の第 3 回 会合の SBAS 認証を最終決定するために、2019 年 10 月に設置された小さなタスクフォースが設置されました。

今後数か月で解決される主な問題は、SBAS 認証データが「認証してから使用する」または「使用してから認証」というスキームに従うかどうかです。SBAS の継続性、可用性、パフォーマンスの整合性への影響は、危機に瀕しています。実際、SBAS データ ストリームの認証を導入すると、SBAS メッセージの使用が遅れ、警告時間 (TTA) が必要な厳しい操作に影響を与える可能性があります。

欧州委員会は、カスコムが主導し、GSA が管理する H2020 フレームワーク・プログラムの下で開始された SPARC プロジェクトを通じて、SBAS ナビゲーションデータ(および信号)のセキュリティを向上させる可能性を模索しています。SPARC の主な目的は、SBAS メッセージを認証する方法を特定すること、および潜在的にそれらの GNSS コンステレーション SBAS 拡張をサテライトから直接に識別することです。現在、認証スキームの 4 つの技術的ソリューションが検討されています。1 つのソリューションは L5-I チャネルで認証メッセージを送信し、他の 3 つのソリューションは L5-Q チャネルでブロードキャストします。

DRACONAV: GNSS を確保するための画期的な技術

GNSS の妨害となりすまは、現在、多くの産業や経済と日常生活のいくつかの重要なセグメントに深刻な影響を与える可能性を持つ一般的な脅威です。DRACONAV セキュア GNSS モジュールは、これらの脅威に対処し、その影響を軽減するために開発されています、特に信頼を必要とするアプリケーションのために、金融取引を含みます、または評判とプライバシーが危機に瀕している場合。これには、道路料金、保険テレマティクス、スマートモビリティ、ロジスティクス、スマートデジタルタコグラフが含まれますが、今後数年間で重要なインフラネットワーク同期、鉄道運用、自律走行車も含まれます。

GNSS スプーフィングや妨害から保護する高度なアルゴリズムを完全に統合した DRACONAV モジュールは、自律的で簡単に統合できる形式でエンドツーエンドのセキュリティを提供します。DRACONAV モジュールは、各計算 PVT 出力の信頼性を示すことによって信頼度を提供し、スマートデジタルタコグラフに関連する規制 (EU) No 165/2014 ANNEX I C に準拠したセキュリティ機能を実装します。コンパクトなフォームファクタ (22.8 x 21.6 x 3.1 mm) により、DRACONAV は同時にいくつかの星座 (GPS、ガリレオ、GLONASS、QZSS、BeiDou、SBAS) を追跡することができ、埋め込まれた 6 軸ジャイロメーターと加速度計、オドメーター、または CAN バスインターフェイス (埋め込み時) を使用してデッドレコニングをサポートします。モジュール出力は、ISO 7816 セキュアインターフェイスおよび/または UART インターフェイスを介してアプリケーションに配信されます。

DRACONAV は、重要なアプリケーションのための安全なセンサーに特化したスタートアップである Icaune の最初の製品範囲です。そのユニークで強力なハードウェアとファームウェアは、R D の数年の結果です & 。プロトタイプ開発は、H2020 FOSTER ITS プロジェクトの下で欧州 GNSS 機関によってサポートされています。

DRACONAV の詳細については、icaune.com





すべてのセクターで重要なPNTの完全性と正確性を保証するための拡張

GNSS衛星の電波は、高度80~800キロメートルの間にあるイオン圏層を横断する場合、非常に遅れることがあります。電磁信号がこの密な層内を移動する自由電子に当たる場合、この摂動からの全体的な遅延は数メートルから数十メートルの範囲です。この遅延を考慮する機能と、GNSS エラーの他の原因は、すべてのトランスポート ドメインで不可欠です。拡張の使用は、エンドユーザーがすべてのアプリケーションをサポートするために必要な整合性と精度で位置、速度、時間(PVT)情報を提供できるようにするための重要なツールです。さまざまな種類の拡張やアプリケーションが使用されており、これらの問題を考慮して開発中です。以下の段落では、特にこのような2つのシステムに焦点を当てています。すなわち、GBASとARAIM。

航空および海上のための地上ベースの増強

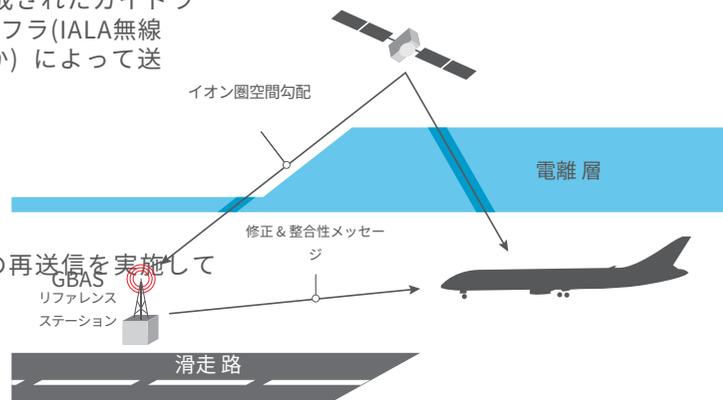
地上拡張システム(GBAS)は、高精度のシステムと見なされ、航空コミュニティのニーズに対応するように調整された古いDGNSSコンセプトの近代化された開発です。GBAS は、それぞれ、GBAS アプローチ サービス タイプ (GAST) と呼ばれる 2 つのタイプで構成され、単一 (GAST-D) およびデュアル (GAST-F) 周波数をアドレス指定します。現在、GAST-Dステーションのみが標準化されており、最終的なユーザーGBAS補正位置残差誤差が1メートル可能です。これは、航空CAT Iミニマを可能にします。

しかし、イオン圏の乱れ誤差は、最終的な残留誤差の主な原因であり、時には修正が困難な場合があります。これは特に、主に高緯度と低緯度で起こるシンチレーション現象の場合に当てはまり、その間にイオン圏の勾配が生じ得る。ガリレオの登場とL1/E1およびL5/E5の新しい信号の設計により、新しい概念GBAS GAST-F(すなわちGBAS DFMC)が開発されています。

確かに、L1とE5信号上のガリレオとGPSに増強を提供するGBASは、強力な電化圏摂動を克服し、航空ミニマを改善する可能性があります。

電離層は分散媒質であり、層を横切る2つの周波数が2つの異なる遅延を得ることを意味する。これにより、DFMC受信機は、イオン圏誤差を正確に推定し、それを軽減することができます。

2018年初頭、国際海洋援助機関(IALA)は、MFラジオビーコンとAISを使用したSBAS訂正の再送信に関するガイドラインG-1129を発表しました。GSAと共に作成されたガイドラインは、海上機関がSBAS情報を海岸 インフラ(IALA無線ビーコンまたはAISステーションのいずれか) によって送信される修正のソースとして実装するための情報を提供します。GSAパイロットプロジェクトEGNOSforATONの成功に続いて、6カ国はすでに、現在までにIALAビーコンまたはAISステーション(フランス、スペイン、ドイツ、ハンガリー、ラトビア、エストニア)を使用してEGNOS補正の再送信を実施しています。



アドバンスドレシーバー自律保全性モニタリング (ARAIM)

ARAIMはGNSS測距誤差の上限を推定しようと試み、その結果、測位誤差に変換します。これは、GNSSが現在、特定の操作をサポートする唯一の手段である航空のコンテキスト内で開発されています。しかし、ARAIMの潜在的な利点は航空を超えて広がり、海上および鉄道コミュニティにも同様に適用されます。通常、両方のセグメントのユーザーは、陸上の拡張システムから信号を受信できない領域で動作します。したがって、ARAIMは、自律走行車においても、マルチセンサーフュージョンを備えたより複雑な統合ソリューションの一部と考えられています。

EU-US WGC ARAIM技術サブグループは、DFMCコンテキストにおけるICAO航空機ベースの増強システム(ABAS)RAIM実装の進化のビジョンを詳述していくつかのレポートを提供しています。このABASの進化はARAIMと呼ばれます。ARAIM活動の主な目的は、ABAS/RAIMの運用を維持するための適切な空中完全性監視アルゴリズムを決定し、追加の星座(ガリレオ、ベイドゥ)と周波数(L1およびE5)を導入し、最大限の運用上のメリットを維持することです。

現在航空機に統合された標準化されたRAIMアルゴリズムは、RNP 0.3 NMおよび非精密アプローチ動作を維持する完全性監視機能を提供します。近代化されたARAIMの概念は2つの頻度からの新しい星座およびイオン自由の解決を利用する。ARAIMは、水平サービス(H-ARAIM)RNP 0.1、および垂直サービス(V-ARAIM)のグローバルレベルでCAT I精密アプローチ(LPV 200とも呼ばれる)を対象としています。

ARAIMの標準化は、GPSとガリレオのために進行中のプロトタイプを持つ初期段階にあります。しかし、草案ARAIM規格と推奨慣行(SAP)の第3版はGSWG/3(GNSSサブワーキンググループ)の間に流通しました。

取り組む主な問題は、整合性サポート メッセージ (ISM) の標準化です。この情報は、保護レベルの計算に使用されます。各星座に専用の ISM が存在するため、ICAO はコアコンステレーション SMPの統合バージョンを持ち、コアコンステレーション仕様に記載されているパフォーマンスコミットメントが ISM の要件を凍結する前に確固たっていることを確認する必要があります。作業は、最低運用パフォーマンス基準(MOPS)の開発に伴って進行中であり、2020年以降も継続されます。



ドローン規制と大規模なデモプロジェクトは、統合の増加を示唆しています

市場をさらに有効にし始める規制

GNSSユーザーテクノロジーは2号を報告して以来、規制EU 2019/947およびEU 2019/945は、それぞれ無人航空機の運用に関する規則と手順、およびEU内で動作するドローンの技術的要件を定義しています。欧州連合(EU)航空安全局(EASA)は、特にオープンで特定のカテゴリーのドローンを育成し、EU加盟国がこれらの規制の下で指定された規則を実施することで、ドローン産業を支援する予定です。EU 2019/945の下での直接遠隔識別の要件は、空中でのドローンの位置に関連するGNSS信号にパフォーマンス要件を課す可能性があります。

2020年9月現在、2021年1月は、加盟国がこれらの新しいEU規則を実施する正式な期限です。これらの複雑なルールをより深く理解するために、EASAは2019年10月にガイダンス資料(GM)と適合性を認める手段(AMC)を発行しました。一方、EASAは、UAS(無人航空機システム)事業者が承認を提出して待つのではなく、民間航空当局に低リスクで空中作戦を宣言することを可能にする「標準シナリオ」を発表しました。

これは、EUのドローン市場に大きな影響を与えると予想され、提供されるサービスの多様性をサポートし、アーバンエアモビリティ(UAM)を開発するためのECイニシアチブに基づいています。これは、スマートシティが都市の混雑を解決し、化石エネルギー消費量を削減し、主要都市のドローンによるエアタクシー、エアメトロ、物流を強化するための新しい規制の恩恵を受ける機会を表しています。統合された輸送画像の一部として、これはまた、地理位置情報の需要を増加させます。

デロリアン:2020年1月現在、GSAは、EGNOSとガリレオ差別化剤の恩恵を受ける実験的なアビオニクスを開発することにより、都市エアモビリティなどの将来の都市航空サービスをサポートするE-GNSS機能のテストを目指すデロリアンプロジェクトを支援しています。このプロジェクトは、都市環境における交通渋滞の真の代替手段として革新的なモビリティソリューションを提供することで、ユーザーのニーズに対応します。

また、革新的なモビリティコンセプトのテストを容易にする都市ラボを開発し、UAMをサポートするために将来の基準と規制におけるE-GNSSの統合に貢献することを目的としています。

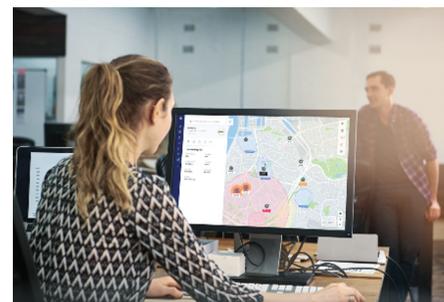
詳細については、pildo.com/approaching-the-future-urban-sky-with-the-delorean-projectを参照してください。



E-GNSSは、無人航空機の安全な統合を非常に低レベルの空域に支援する無人航空の交通が指数関数的に増加するにつれて、安全性の維持が最も重要です。E-GNSSは、ドローンの飛行操作に正確性、信頼性、完全性を提供します。無人トラフィック管理(UTM)システムは、追跡データをリアルタイムで表示します。



2020年にGSAとESA向けに、いくつかの野心的なE-GNSSプロジェクトに貢献するUTMプロバイダーのUnify。GSA航空交付金が出資するTRACEプロジェクトは、ドローンの要件を満たすためにEGNOSベースのスマートビーコンを開発しています。リアルタイム位置決め、視線(LOS)通信、衝突防止照明を統合します。SUGUSプロジェクトは、ドローンサービス市場におけるEGNOSとガリレオ(E-GNSS)の使用を促進します。



UTMブロードキャストロケーションとIDプラットフォーム(BLIP)を両方のプロジェクトに提供します。プロジェクトパートナーは、フライトの準備と検証、進行中のフライトの監視、リアルタイム追跡情報と電子識別情報の統合を行うことができます。Unifyプラットフォームは、オペレーターによるE-GNSSの運用上の使用と、航空当局による状況認識を容易にします。UNIFLYのBLIPは、場所とアイデンティティ情報をUTMプラットフォームに充実させます。BLIPはEUの法律に準拠し、GNSS追跡とE識別を組み合わせて無人航空機の安全な統合をサポートします。トラッキングデータをLTE 4Gネットワーク経由でUTMプラットフォームに送信します。リモート識別、3D位置と離陸位置は、モバイルアプリにBluetoothを介して放送されます。

会社が提供する証言



統合ナビゲーション・ソリューションは、完全な自動化を実現するための鍵となる

船舶のオートメーション

自律型表面船舶(ASV)は、関連が高まり、海洋技術の最前線に位置しています。自律航法システムの実装と運用を成功させるためには、多くの要因が関与しています。これには、カメラ、レーダー、LIDAR、音響、INS、GNSSなどのセンサーと受信機のスイートだけでなく、安全な位置と状況認識を提供するだけでなく、交通管理と船舶の遠隔操作/操作のための適切な通信手段も含まれます。この後者のポイントは、サイズ、重量、電力の制限がアンテナのサイズを制限し、通信できる範囲を阻害する、より小さな船舶でより重要です。特定のタスクの回避策の 1 つは、ミッション指向の処理と分析が自律的にオンボードで実行され、処理された情報のみを送信する必要があるエッジ コンピューティングです。

慣性測定ユニット(IMU)の統合とメリット

GNSSは、この技術は手頃な価格、正確、信頼性が高いと見なされ、自律型または半自律型船舶の位置情報の主要な情報源であり続ける。また、拡張ソースとの統合により、その脆弱性の大部分を排除します。このような拡張は、おそらくEGNOS / EDASまたはIMUとの結合を含む、容器の位置の正確さと完全性を高めるために必要とされる。

特に重要な統合のケースは、GNSSとIMUの結合であり、複数の利点があります。慣性ナビゲーション システム (INS) の能力により、非常に高速な速度と非常に低いノイズで位置と速度の推定値を提供することで、ナビゲーション システム全体を改善します。緊密に結合されたINS / GNSSシステム(26ページを参照)では、組み合わせた性能が個々のコンポーネントの性能を上回り、最終的なナビゲーションソリューションで役割を果たす衛星を4つ未満にできます。さらに、INS には、GNSS などの他のセンサーが故障したか、低い精度で動作しているという追加の自動警告を提供する機能があります。このような警告は、安全性と完全性の余分な層を追加します。

最後に、GNSS受信機やその他のインフラストラクチャに障害が発生した場合、IMUは完全に自律的であるため、ブロックまたは干渉する可能性のある信号を送受信する必要はありません。しかし、INSは時間の経過とともに精度と位置ドリフトの劣化に苦しみ、自律的な操作は、IMUの品質(グレード)と操作に必要な精度に応じて限られた期間のみ維持できます。

ハル2ハル

Hull 2 Hull(H2H)プロジェクトは、LiDARとIMUのセンサー情報とガリレオおよびEGNOSシステムを組み合わせ、対象となる容器および周囲の物体のデジタルモデルを生成し、各物体の位置と「不確実性ゾーン」の精度を推定します。

これらの不確定ゾーンは、対象となる船舶または対象物の周囲のマルチバンドゾーンです。不確実性ゾーンが重なっている場合、ナビゲーターに警告が表示され、推奨されるアクション・コースも表示されます。これらの警告は、重なりのある近接性と範囲に応じて、徐々に緊急になります。

システムのテストは、2020年の初期および中期に3つの領域でテストおよび実証されました。

- ノルウェーのトロンダイフジョルデンは、2隻のコングスベルク・シーテックス試験船を利用しています。
- ベルギーのカナル・ファン・ルーヴェンは、ロック通過とドッキングの2つのデモンストレーションで構成されています。このデモでは、1/8スケールモデルを使用しました。
- ベルギーのカナル・デッセル・クワドメヘレンは、自動係留能力を実証するために割り込みが使用されました。

詳細については、次のsintef.no/projectweb/hull-to-hull



© コングスベルク

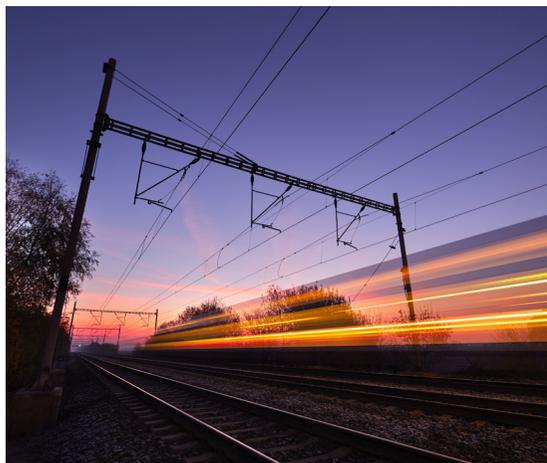
鉄道は、より広く、より良いサービスのための技術の進化を利用します

GNSSは現在、世界中の鉄道サービスに使用されています

鉄道におけるGNSSの採用は世界中で増加しています。鉄道利用者は、他の陸上輸送モードと比較して同様の課題に直面しています。要件の増加とパフォーマンスを低下させるローカル効果の増加

鉄道のニーズは、その安全要件に応じて2つのグループに分類することができます。安全に関連しないアプリケーションでは、利害関係者は、物流サービスプロバイダーとその顧客、交通管理パフォーマンス、乗客情報システムのサプライチェーン可視性の向上をサポートするために、EGNOS / EDAS / マルチGNSSおよびガリレオOS-NMAを利用するGNSS受信機を引き続き装備しています。

安全に重要なアプリケーションは、主に信号と列車の制御に関するものです。鉄道ネットワークポロジと安全な列車の循環を確保するために適用されるルールは、大陸によって大きく異なります。欧州は、国間の調和システムのために欧州鉄道交通管理システム(ERTMS)を開発し、米国は正列車制御(PTC)を開発しました。一般的に、鉄道交通管理は、絶対位置(バリゼなど)に基づく列車位置データを利用して、同じ1Dルートに沿った複数の列車の循環と安全性を確保すること、絶対位置(走行距離計)に対して測定された安全距離を備えています。1D運用制約は、正確性の面での位置決めに関して非常に高い性能要件を生み出しますが、潜在的な事故を避けるための唯一の適用可能な手順はブレーキであるため、整合性のためにも非常に高い性能要件を生み出します。これらのニーズは、現在GNSS技術だけでは満たすことができません。安全クリティカルおよび非安全の重要なオプションの両方について、ユーザーは精度、完全性、または安全性評価方法論の観点からGNSS関連の規格と仕様の欠如に直面しています。レールレシーバガイドラインの定義は、2022年のERTMS TSIの今後の進化にEGNOS拡張機能を組み込む可能性のある準備を続け、進行中の作業です。



©セカティメディア

現在までに、ほとんどのシステムは市販の市販(COTS)チップセットを使用し、ハイブリダイゼーション、冗長性、または緩和スキームを使用して鉄道環境でのパフォーマンスを確保する方法を調査しています。マルチコンステレーション、多周波数受信機、およびガリレオ認証を事前にスプーフィングに採用した結果、パフォーマンスが向上します。システムは、展開前に独立した通知機能によって評価される必要があります。

進行中の研究では、鉄道のEGNOS要件と、EGNOSデータを列車に送信するためのEURORADIOの使用の可能性を調査しています。

準備が整えば、フェイルセーフGNSSベースの配置ソリューションを導入することで、鉄道の近代化、メンテナンス効率の向上、ERTMSの導入を容易にし、列車の信号の全体的なコストを削減できます。

安全なアプリケーションにおけるGNSS受信機の使用例

欧州の鉄道関係者は、ERTMSにおけるGNSS導入に向けた取り組みを継続しています。仮想バリゼ伝送システム(VBTS)アーキテクチャが開発され、既存のEurobalise伝送システムの物理的なバリゼがGNSSベースの場所でシミュレートされています。Shift2Rail(X2Rail2)プロジェクトで定義されたアーキテクチャは、故障検出と排除(FDE)メカニズムとRAIMのようなアルゴリズムを備えた、すべての陸上輸送システムに共通のローカル効果の存在下でも可用性と安全性を保証します。GSA H2020 ERSAT GGCプロジェクトは、VBTS設計のためのツールとしてラインに沿ってローカル効果の特徴付ける方法論を開発しました。自動列車保護(ATP)のようなさらなる適用および他の列車サブシステムのために、進行中の仕事は列車の移動の間隔、速度および絶対位置を提供することができる連続的で、正確で安全な位置決めの解決の開発で成り立っている。

エルサット・グック

2019年11月に終了した本プロジェクトでは、GNSSに基づくERTMSアーキテクチャの安全性・危険分析を最終化し、トラック調査とトラック分類の方法論を提案しました。マルチパスの発生、衛星の可視性、干渉に応じて、仮想バリゼ配置に適しているか、または適切でないとしてトラック領域を分類するための手順と関連ツールセットが開発されています。

詳細については、ersat-ggc.euを参照してください。

X2Rail2-WP3: フェイルセーフポジショニングアーキテクチャの開発 X2Rail2-Work Package 3の目的は、Shift2Rail4 (フェイルセーフトレインポジショニング - 衛星技術を含む)の主な目標を実装し、サポートすることでした。

このプロジェクトは、仮想バリゼ動作のためのアーキテクチャを提案し、オドメトリ強化などの長期的な使用のために、他の列車サブシステムによって利用される強化された安全な列車位置決めサブシステムを定義する研究を行った。また、費用便益分析(CBA)を実施し、鉄道MOPSのガイドラインを作成しました。

詳細については、shift2rail.orgを参照してください。



X2RAIL 2



道路セクターでは、5Gはさらなる自動化への動きをサポートしています

自動車技術が高度な自動化に向けて進歩するにつれて、ますます車両がインターネットに接続され、互いに接続されています。ドライバー支援車と無人運転車には、他の車両や周辺の固定インフラとデータを交換できるリアルタイムの安全システムが必要です。完全な自動化とアンビエント インテリジェンスに向けたこのドライブは、通信のニーズを高め、情報が短時間で確実に送信先に到達する必要があるため、基盤となる通信システムに大きな課題をもたらします。現在の(最大4G)ワイヤレス技術が提供できる以上の機能を備えています。

5Gは、車両間の低遅延通信(V2V)、車両と路側インフラストラクチャ(V2I)、バックエンドサーバー(例えば、自動車メーカーやその他のモビリティサービスプロバイダからの)、インターネット(V2N)、歩行者(V2P)、その他のユースケースシナリオでの低遅延通信を可能にすることが期待されています。そのため、5Gは、将来のモビリティと輸送サービスの重要なイネーブラーです。

モバイル通信業界と自動車業界が織り交 られ、今後の交通安全サービスと将来の運転に新しい機能を提供する3つの例が強調されています。これらのユースケースは、彼らが協力する方法を提示します。自動車産業で構成されたコンソーシアム5GAA、H2020プロジェクト**5GCAR**およびケーススタディ**EMERGE**。

5GAA 2016では、自動車、技術、通信業界の主要企業が5G自動車協会(5GAA)グローバル組織を設立し、5GAAはモビリティと輸送部門に焦点を当てた5Gベースのエンドツーエンドソリューションの開発に関連して協力と共通ビジョン共有のためのプラットフォームを提供しています。



自動車メーカー、ティア1サプライヤー、チップ/通信システムプロバイダー、モバイル事業者、インフラベンダーなど、130社以上の企業が5GAAに加盟しています。



詳細については、次の 5gaa.org

5GCAR



5GCAR(5gcar.eu)は、2019年6月に終了した5Gインフラ官民パートナーシップ(5G PPP)の枠組みの中で、欧州委員会が出資する26ヶ月間のプロジェクトです。



5Gの低遅延と高いビットレートは、接続性、自律性、安全サービスの提供のイネーブラーとして、5GCARの研究の中核をなしていました。具体的には、5G通信によるGNSS支援データの放送用技術部品を開発し、自動運転車や脆弱な道路利用者保護の場合に位置づけを強化できるようにしました。

V2X通信(車両間、車両間、車両間、車両間輸送、車両間輸送、車両間輸送、車両間インフラストラクチャ)向けのエンドツーエンド最適化された5Gネットワークを設計、開発、テストし、開発されたソリューションの世界的な展開/導入と標準化への道を提案しました。

詳細については、次の5g-ppp.eu

EMERGE はイタリアの国家イニシアチブであり、GNSSと5Gを組み合わせることでコネクテッドカーに焦点を当てた可能性を模索しています。2020年1月に36ヶ月間開始されたこのプロジェクトは、GPS-ガリレオベースの多星座と多センサー融合をローカリゼーション用に統合したソリューション、5G対応V2X車両通信技術、およびすべての車両通信を保護するためのサイバーセキュリティ技術を開発する。

EMERGEの目的は、コネクテッド・ビークルが毎日または緊急のシナリオで動作できるようにする革新的なソリューションの開発、試作、テストです。特に：

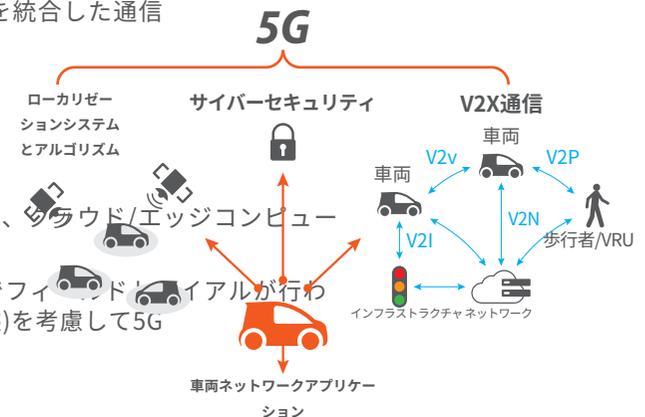
- 衛星マルチコンステレーション(GPS +ガリレオ)、拡張アルゴリズム、オンボードセンサーとのデータ融合を備えた車両のジオローカリゼーション。

- セルラー、衛星公共ネットワーク、および5Gを統合した通信インターおよびイントラ車。

- 車両内および車両間通信のセキュリティを強化し、車両の位置決めのためのデータの完全性を確保するためのサイバーセキュリティ。

- 潜在的な危険を特定して回避するためのメンテイングアルゴリズムを開発して暗示することで、

ラクイラ市ではプロトタイプを搭載した商用車でフィールドトライアルが行われ、2つの運用シナリオ(名目/日常および緊急事態)を考慮して5G技術実験が進行中です。





貨物輸送および物流におけるデジタルトランスフォーメーションにおけるGNSSの役割

コネクテッドカー以外にも、自動車部門は、港湾、空港、鉄道駅などのマルチモーダル輸送および物流ハブにおけるワイヤレス接続の重要なユーザーです。

貨物輸送書類のデジタル化

貨物輸送書類は、輸送手段、起点、認証、港湾や通関へのアクセスなど、商品に関する情報とデータを提供します。2020年に公表された貨物輸送情報(eFTI規制)のデジタル化に関するEU規制は、物流チェーンに沿って生成された大量のデータの活用を合理化し、そのような情報を生成する際のIoTの貢献を活用し、クラウドプラットフォームがこのデータを管理および処理する機会を提供します。

しかし、このようなデジタル化から期待されるメリットは、データの信頼性と信頼性が不可欠な安定した通信バックボーンに強く依存しています。ここでの要件は、大規模なファイルと複数のドメインや利害関係者(交通、行政、緊急サービス、気象センシングなど)からのデータのリアルタイムの交換が含まれます。これには、5Gで拡張できるインフラストラクチャへの接続性が必要です。このような通信の帯域幅要件が限られている場合でも、特にこれらの通信がユビキタスになり、消費者やビジネスの生活に不可欠な場合、遅延と信頼性の要件は、現在のワイヤレスプロトコルよりも5Gの方が優れています。

今日の3Gおよび4Gモバイルネットワークは、消費者の音声とデータを念頭に置いていました。機械間通信は最近になってようやく注目を集めています。IoT(SigFox、LoRa)用に導入された専用の低電力ワイドエリアネットワーク(LPWAN)を使用する代替ソリューションは、貨物輸送や物流にはほとんど適用されません。

重要なことに、5Gの高いビットレートは、大量の輸送関連データのアップロードとダウンロード、またはセンサーデータのアップロードを可能にする可能性があります。



©Getty Images

貨物輸送および物流におけるGNSS認証の役割

GNSSベースの技術とソリューションは、デジタル貨物輸送および物流のために、他のセンサーからの入力と組み合わせて、電子形式でのデータのより広い可用性のためにサプライチェーンの可視性、安全性、セキュリティを強化することができる位置とタイミング情報を収集します。多くの輸送または物流業務の責任特性を考慮すると、位置づけ、速度、タイミング情報(正確性と信頼性の観点から)の品質、およびソースの信頼性(信頼と真正性の観点から)が重要な役割を果たします。マルチGNSSソリューションと認証されたポジショニングの使用は、交換されたデジタルデータの品質、関連する信頼と信頼性、および公式の電子検証を確保するためのツールと対策の開発をサポートします。

GNSS認証済みポジショニングにより、関係するエンティティ(経済事業者および当局)が交換データの品質を評価し、そのソースを特定し、最終的にそれらに置くことができる信頼を評価することができます。

当局や政府のユーザーに向けた多くのアプリケーションは、法執行機関、事故の場合の緊急サービス、捜索救助、ゲートを介したアクセスの遠隔制御、機密性の高い物流ハブ、統計の精緻化など、信頼度評価の恩恵を受けるために設定されています。

発生するメリットは主に責任と安全性に影響を及ぼすと予想されますが、信頼できるポジションと時間情報の広範な可用性も商業的利益をもたらすと予想されます。

ビジネス関係者(追跡および追跡ソリューションの採用を促進するなど)、電子輸送文書の場合。

税関業務では、一般的に「インテリジェント貨物」として識別される様々な技術的ソリューションが採用されています。これには、高度なセンサーや追跡デバイスと組み合わせたGNSSが含まれており、他のソースと高度化し統合され、非常に大量のデータを生成しています。

リスク評価ツール、ブロックチェーン、人工知能ソリューションは、異常な状況の場合に迅速なアラームを上げ、意思決定、リスク防止と軽減、緊急アクティベーション、パフォーマンス指標と統計の生成をサポートするために、高品質の位置情報の可用性を利用できます。



安全で効率的な輸送に貢献するE-GNSS

ガリレオ

Galileoが提供する改善された位置および運行性能は、航空、海上、鉄道、道路の輸送部門のユーザーをサポートし、多くの場合、厳格な基準によって駆動され、通常は認証の対象となる安全上重要なシステムに必要な性能を達成します。ガリレオの追加GNSS衛星の利用可能性により、精度と可用性はすでに大幅に向上しています。安全に重要な輸送ソリューションは、確かにいつでも機能する必要があります。より多くのGNSS衛星が利用できるようになることは、困難な運用環境でも有効な測位情報を確実に計算するのに役立ちます。さらに、ガリレオは自動運転などの用途に必要な精度の向上を実現します。それにもかかわらず、このマクロセグメントで取り上げられたアプリケーションに対するガリレオの主な貢献は、採用された受信機の堅牢性と回復力の点で行われます。ガリレオ信号、データ、周波数の機能により、なりすましや妨害が検出しやすくなり、OS-NMAやCASを含むガリレオの差別化器は信号が改ざんされていないことを確認します。

エグノス

EGNOSの主な付加価値は、完全性と継続性の提供であり、航空などのドメインにおいて不可欠な追加となっています。ここでは、このサービスはパフォーマンスベースナビゲーション(PBN)のルートと手順の主要なイネーブラーであり、位置信号が正しくない場合は生命が危険にさらされる可能性があります。EGNOSの整合性が保証された結果、ユーザーは、ナビゲーションシステムによって提供される位置情報の忠実性に置くことができる信頼を評価できます。さらに、EGNOSは、システムまたはそのデータをナビゲーションに使用しない場合に、タイムリーな警告を提供します。EGNOSは、差分補正放送により、達成された精度の点でもプラスの貢献を提供します。

主要なパフォーマンスパラメータへのE-GNSSの貢献度

キーパフォーマンスパラメータ (KPP)*	EGNOSの貢献	ガリレオの貢献
精度	●●○	●●●
可用性	●●○	●●○
継続	●●●	●●○
整合性	●●●	●●○
堅牢性	●●○	●●●
最初の修正までの時間 (TTFF)	●●○	●●○

* 主要なパフォーマンスパラメータは、附属書3で定義されています

●●● 主要な貢献は、新しいGNSSアプリケーションを可能にすることができる中程度の貢献、ユーザーエクスペ

●●○ リエンスを向上させる貢献度が低く、パフォーマンスは向上したが、ユーザーレベルで大きな違いはない

●○●

TRACEは2019年に開始されたGSAが資金を提供する2年間のプロジェクトで、この新しい航空セクターの開発を支援する非常に低レベル(VLL)事業の安全レベルを高めるためのスマートビーコンを開発することで、EGNOSの使用を促進しています。このプロジェクトは、以下を目指しています。

- U-Spaceサービスの初期層へのドローンの統合を容易にし、ヨーロッパの規制に従ってドローンの登録、識別カチオン、ジオフェンシング、リアルタイム追跡を可能にします。
- 彼らの位置の周りのドローン操作の一般航空パイロットの状況認識を高めます。

このプロジェクトは、EGNOSの精度向上を利用してドローン間の分離を減らし、垂直測位精度を利用して2つの飛行レベルの可能性を開き、U-Spaceが管理するVLL飛行を目指しています。EGNOSの使用の増加は、U-Spaceサービスプロバイダーが配置ソリューションを補完するために追加のRAIMまたは商用サービスに依存する必要性を避けるために十分な整合性を提供することが期待されます。

詳細については、次のtrace-project.com



HORIZON 2020

高精度デバイス



マクロセグメントの特性	63
産業景観	64
受信機の機能	65
レシーバフォームファクタ	66
ドライバーとトレンド	67
E-GNSS付加価値	74



高精度セクターは、パフォーマンスの境界を押し広げ、他の多くのセグメントへの道を開きます

マクロセグメントの特徴付け

困難な環境(海洋測量や工学など)での運用、経済や社会に不可欠な活動(農業における正確な播種など)の実施に関わらず、精度の高い専門家がGNSSの性能の限界を押し広げている。そのために、高度な受信機機能と多数の拡張サービスと技術に依存し、高速で信頼性が高く、正確なGNSSソリューションのフロンティアに配置します。各プロフェッショナルアプリケーションは、異なる運用条件によって特徴付けられており、その結果、異なるユーザー要件が適用され、精度の高いセクター全体を変革します。これには、マルチコンステレーション、多重周波数機能の適用、サービスの継続的なデジタル化が含まれます。また、AI がサポートするセンサーフュージョンや高度なデータ活用技術への依存度も高まります。

農業

農業は、多くの活動の中心として正確なGNSSポジショニングの恩恵を受け続けています。トラクターの正確なステアリングから、必要な場所、時期、必要な量の入力への適用まで、GNSSは農家がより大きな収益性を達成し、規制を遵守し、環境を保護するのに役立ちます。慣性ナビゲーションシステム(INS)、近位(ハイパースペクトルカメラなど)、リモートセンシングプラットフォーム(例えば地球観測衛星)と組み合わせ、完全にデジタル化されたAI支援パラダイムで利用され、GNSSは農業部門を変革している変化を推進します。退屈な操作を行うロボットやドローンがフィールドをスカウトする群れは、もはやSFではなく、R & Dのみのシナリオではなく、新興のGNSS対応の現実です。

ジオマティックス

地質学の専門家は、陸上調査員や海洋調査員、建設および採掘現場のマネージャーに関わらず、GNSS対応の高精度ソリューションの全力を享受することを求めています。多重星座、多重周波数受信機は絶対的な前提条件であり、高度な補正サービスは継続的に進化し、ジオマティックスは、AI、機械学習、ビッグデータ技術を使用して、異なるセンサーによって収集され、処理されたデータの融合を推進します。高精度なジオマティックスソリューションが大衆市場(自動運転など)への進出を進める中で、大衆向けデバイスはローエンドマッピングや測量活動をますます行えるようになっていきます。

高精度デバイスの主要なパフォーマンス・パラメータ

主要なパフォーマンスパラメータは、問題の特定のアプリケーションに大きく依存します。

- 精度要件**は、異なる操作のメートルからミリメートルのレベルに異なります。これは、マルチコンステレーション受信機と多周波数受信機を導入し、リアルタイムキネマティック(RTK)、正確なポイントポジショニング(PPP)、スペースベースの拡張サービス(SBAS)またはそれらの組み合わせを利用することによって達成されます。
- 特に減衰環境や農村部**では、可用性が重要になる可能性があります。
- 時間から初めての修正**と(再)収束時間の改善は、ジオマティックスプロジェクトに費やされる全体的な時間を短縮し、その後コストを削減するために変換されます。
- 安全性**は、安全な生命(および機器)の考慮事項(機械制御など)が適用される場合に最も重要であり、資本集約型アプリケーション(例えば鉱業およびオフショアアプリケーション)に関連する。
- 衛星受信が れているため運用停止時間を最小限に抑える運用(海洋工学など)にとって、**継続性**は重要です。

高精度デバイスの主要なパフォーマンスパラメータ

キー パフォーマンス パラメータ (KPP)*	高精度デバイス
精度	●●●●
可用性	●●●●
継続	●●●●
屋内浸透	●●●○
整合性	●●●●
遅延	●●●○
消費電力	●○●○
堅牢性	●●●●
修正までの時間 (TTFF)	●●●●

●●●● 高優先順位 中優先順位 ●●●○ 低優先順位 * 主要パフォーマンスパラメータは附属書 3で定義されます

新しいアジア太平洋の俳優が世界のトップ企業に参加しています

高精度劇場の主角

GNSSの正確性を正確に特定する必要があるアプリケーションは、陸上、水ベース、および空中操作のためのプロフェッショナルセグメントの広大な配列に固有です。

ジオマティクス は、地籍、建設、鉱山および海洋測量、機械制御、マッピングおよびGIS、継続的に動作する基準ステーション(CORS)、相手先ブランド機器メーカー(OEM)チップセット、ならびにモバイルマッピングシステム、航空写真測量、LiDARドローンなどのGNSS対応センサー融合のための高精度GNSSソリューションを組み込んだ大規模で複雑なセグメントです。すべての陸上アプリケーションでは、ヘキサゴンとトリムブルは市場シェア全体の半分以上を占め続け、Topconが密接に続いています。しかし、ハイターゲット、BDSTAR、半球、CHCNAVなどのアジア太平洋地域の企業は、現在、地質学の市場の10%以上を占めています。海洋調査では、主にGNSSと慣性測定ユニット(IUS)とバスマーターの統合を利用して、海 マッピング、石 ・ ガス 測量、ダムおよび鉱山テーリングフロア監視、 建設、パイプおよびケーブル 設を提供します。トリムブルとコングスベルグは、専用の海洋調査GNSS機器の大手メーカーの一つです。

農業は、主にGNSSベースの自動ステアリングおよびフィールドGNSS受信機に投資しています。このセグメントは、ヘキサゴン、トリムブル、トプコン、ジョン・ディアにとって依然として主要な関心事ですが、米国に拠点を置くレイヴン・インダストリーズ社を含む、顕著な市場シェアを持つ一部の新規参加者が登場しています。

業界全体は、伝統的に、地域、地域、および世界の土地ベースおよび衛星ベースの補正サービスと連携しています。ジオマティクスおよび農業のトップコンポーネントメーカーは、CORSステーション専用の受信機を生産する一方で、独自の陸上および宇宙ベースの増強システムを運用し、大衆市場やその他のセグメントでますます使用されています。

主要なコンポーネントメーカー

アグジャンクション	北米	agjunction.com
BDスター (ユニコア)	アジア太平洋地域	bdstar.com
Eos	北米	eos-gnss.com
ヘキサゴンAB(ライカ、ノヴ)	ヨーロッパ	hexagon.com
ハイターゲット	アジア太平洋地域	hi-target.com.cn
ウエース (CHCNAV)	アジア太平洋地域	chcnav.com
ナビコム (ジョン・ディア)	北米	navcomtech.com
コングスベルク	ヨーロッパ	kongsberg.com
レイヴン・インダストリーズ	北米	ravenprecision.com
セプテントリオ	ヨーロッパ	septentrio.com
トプコン	アジア太平洋地域	topconpositioning.com
トリムブル	北米	trimble.com
ユニストロング(半球、ストーン)	アジア太平洋地域	unistrong.com

注: このリストにはシステムおよび端末インテグレーターは含まれていないため、一部の主要な業界プレーヤーがリストに表示されない場合があります。メーカーはアルファベット順に表示されません。



受信機の機能は、利用可能なすべての星座と利用可能なすべての周波数を利用する方向に着実に進化しています

多星座採用

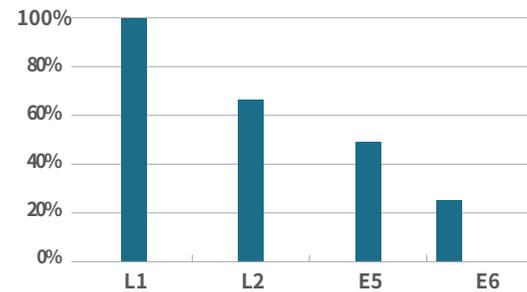
幅広い高精度セグメントに対する厳しい性能要件により、衛星信号の可用性が向上し、より高速なTime-to-First-Fix(TTFF)、位置精度の向上、衛星ジオメトリの向上、カバレッジの向上が求められるようになります。これにより、高精度ですべてのサブセグメントで事実上、受信機レベルでのマルチコンステレーション機能の広い採用が促進されます。したがって、GNSS受信機の70%以上が4つの主要な星座すべてからの信号を処理することができます。対照的に、受信機の10%未満は単一の星座の衛星のみを追跡します。

多頻度採用

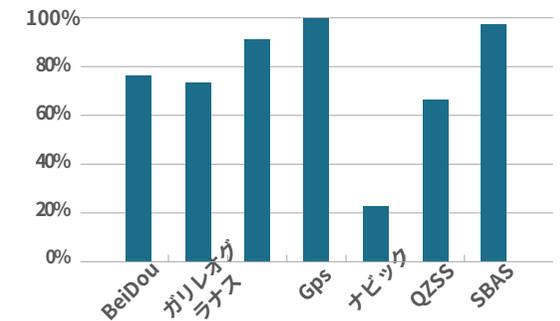
一般的に、高精度デバイスユーザーは、多重周波数受信機によってロック解除される機能の全幅を活用しようとしています。異なる周波数でのGNSS信号遅延を比較することで、受信機は、イオン圏エラーの影響を補正することができます。補完的な最新信号、主にE5およびE6の追加された可用性により、ユーザーは位置の正確さの大幅な改善を達成することができます。最後に、多重周波数受信機は干渉に対する脆弱性を低減します。この結果、2年前のわずか5%に比べて、すべての周波数をサポートする受信機の数が増加しました。この傾向は、既存の地上インフラストラクチャへの依存度がRTKよりも低く、PPPよりも高速な収束時間を提供できるPPP-RTKなどの拡張技術の普及をサポートしています。

もう一つの重要な傾向はE6の採用の増加であり、現在、受信機の20%以上がこれらの信号を処理することができ、2年前の5%未満に比べて。これは、例えば、ガリレオ対応の付加価値サービスの実装、E6-BのPPP修正を送信する高精度サービス(HAS)、商用認証サービス(CAS)の実装に道を開き、E6信号パイロットコンポーネント(E6-C)上の暗号化されたコードにアクセスできるようにします。

GNSS受信機の周波数能力¹

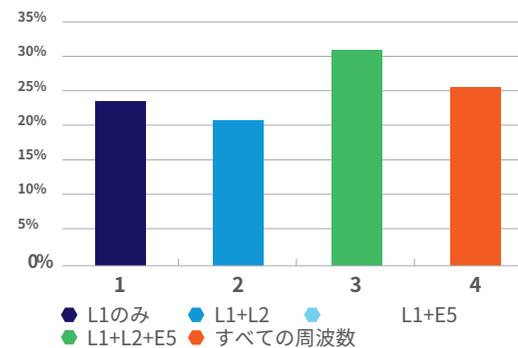


GNSS受信機の星座能力²



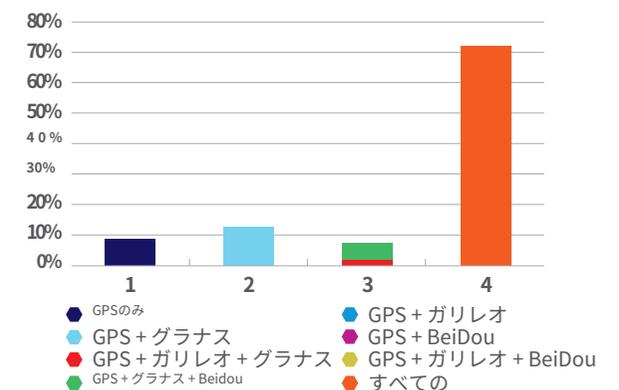
¹は、各周波数帯域2をサポートする受信機の割合を示し、各星座を追跡できる受信機の割合を示す

GNSS受信機でサポートされる周波数³



³は、1、2、3、またはすべての4つの周波数を追跡することができる受信機の割合を示しています

GNSS受信機でサポートされる星座⁴



⁴は、1、2、3、または4つのグローバル星座を追跡できる受信機の割合を示しています

免責事項: 上記の表は、製品の機能に関する各メーカーからの公的入手可能な請求、およびそれらが適用されるドメインに関する判断を反映しています。実際のアプリケーションでの使用は、認証、エンドユーザー製品の実装、ソフトウェア/ファームウェアの構成などの問題によって異なる場合があります。



充実したチップセットにより、複雑な環境での継続性と信頼性を実現

高精度マクロセグメントのための代表的な最先端のレシーバ仕様

機能	ジオマティクス	農業
フォームファクター	頑丈なスマートアンテナまたは外部アンテナ付きモジュラーユニット	頑丈なスマートアンテナ、リモートコントロール
チャンネル	200-1100+	200-1100+
典型的な観測可能物	デュアル周波数キャリア波:すべての受信機トリプル周波数:ほとんどのハイエンドモデル4倍:いくつかのハイエンドモデルCORS:多重周波数	二重周波数キャリア波:すべての受信機トリプル周波数:ほとんどのハイエンドモデル4倍:いくつかのハイエンドモデル
星座	多星座	多星座
受信機の接続性	シリアル、USB、TCP/IP、Wi-Fi、Bluetooth、UHF/FH915ラジオ、4G、レモ、RTCM入出力CORS: +RJ45イーサネット、パワーオーバーイーサネット、外部発振器、デュアルパワー入力、PPS出力	Wi-Fi、Bluetooth、4G、NMEA、RTCM入力、シリアルレモ/DB9
ユーザーインターフェイス	ハードウェアボタン、Webインタフェース、外部コントローラCORS:+Webインタフェース、FTPサービス、電子メール通知	ハードウェアボタン、Webインタフェース、外部コントローラ
TTFF/TTC	RTK: < 10 s PPP: < 30 分 世界中 < (10 cm) < 世界5分 < (50cm) PPP-RTK: 1 < 分	RTK: < 10 s PPP: < 30 分 世界中 < (10 cm) < 世界5分 < (50cm) PPP-RTK: 1 < 分
水平精度 -95%	スタティック: 2.5 mm + 0.5 ppm RTK: 8 mm + 1 ppm PPP および PPP-RTK: < 5 cm DGNS: 0.25 m + 1 ppm	-RTK: 8 mm + 1 ppm PPP および PPP-RTK: < 5 cm DGNS: 0.25 m + 1 ppm
縦の正確さ -95%	スタティック: 5 mm + 0.5 ppm RTK: 15 mm + 1 ppm PPP および PPP-RTK: < 10 cm DGNS: 0.5 m + 1 ppm	-RTK: 15 mm + 1 ppm PPP および PPP-RTK: < 10 cm DGNS: 0.5 m + 1 ppm
センサー	Eバブル、チルト、コンパス IMU(ハイエンドモデル)	Eバブル、チルト、コンパス IMU(ハイエンドモデル)
IMU(RMS)のロール/ピッチ精度	最大0.01°	最大0.01°
アンテナ	マルチパス拒否CORSを持つ広帯域: ドルン・マーゴリンチョークリング	マルチパス拒否による広帯域
ヘディング ^(2番目のアンテナ)	建設および鉱業におけるハイエンドモデル	精密農業におけるハイエンドモデル
見出し精度	範囲は 0.05~0.30°	範囲は 0.05~0.30°
RTK & PPP の準備	すべての	通常はい
PPP-RTK の準備	少数の製造業者、独自のフォーマット	少数の製造業者、独自のフォーマット

免責事項: 上記の仕様は、最新製品のメーカーの出版された文献に基づく典型的なGNSS受信機を表します。その結果、インストールされた受信機の特性と上記の特性とに不一致が存在する可能性があります。

コンパクトなセンサを豊富に取り入れたレシーバは、あらゆる環境で信頼性の高い位置決めを提供します。

現代の高精度のGNSS受信機は、宇宙で利用可能なすべてのナビゲーション信号を使用して、ミリメートルレベルの精度を達成することができる複雑な電子機器です。最新の近代化には、手頃な価格で正確なIMUセンサーの統合が進み、制約のある環境で信頼性が高く、連続的な位置決めが可能で、多くのトップメーカーは、衛星ソースに関係なく、利用可能なすべてのナビゲーション信号のデジタル相関を介して信号処理のための星座に依存しないアプローチに焦点を当てた測位アルゴリズムを開発しています。高ゲインとマルチパス拒否を伴う革新的なチョークリングアンテナ設計により、CORSネットワークサービスの品質を保証しています。

部品の数とサイズの縮小により、高精度OEMフォームファクタが減少

業界標準の高精度OEMチップセット(60x100 mm)には、現在、多くの新しく統合されたセンサがあり、GNSSチャンネルの数は1100を超えています。チップセット設計の進歩により、より少ない部品の使用と消費電力の低減が可能となり、多くの& RD企業は現在、精度を損なうことなくコンパクト(45x71 mm)と超小型OEMボード(31x31 mm、例えばセプテントリオMosaic-X5)を製造しています。これは、マッピングや農業など、高精度ドローンのOEMボード統合にとって特に重要です。高度なアンチジャムとマルチパス軽減技術、および100 Hzまでの位置決め速度は、GNSS受信機設計において一般的な商品になりつつあります。

現代の高精度の受信機はすべての機能を特色にする

以前は、受信機フォームファクタは主にアプリケーションモード(静的、差分GNSS、RTKまたはPPP)に基づいて設計されていましたが、現代の高精度デバイスは通常、これらの観測技術をすべて1つのボックスに埋め込みます。これにより、エンドユーザーによる柔軟なレシーバのカスタマイズが可能になり、チップセットで利用可能なさまざまな高精度オプションや修正サービスを選択できます。したがって、受信機は、主にリアルタイム操作、例えばセンチメートル精度の取り出しまたはサブメーター精度のマッピング/GIS、または静的基準ステーションとして構成することができます。受信機のアップグレードのための追加オプションは、製造元によって提供されるコードを取得することによってロックを解除することができます。

スマートアンテナ設計の顕著な例外は、CORS受信機と、過酷な環境(機械制御や海洋測量およびエンジニアリングなど)での操作専用の受信機です。これらは、外部アンテナ付きの別々のGNSS信号プロの停止ユニットとして製造されています。GNSSベースの方が必要な場合、海洋測量や機械誘導の典型的なケースは、通常2つのアンテナが利用されます。



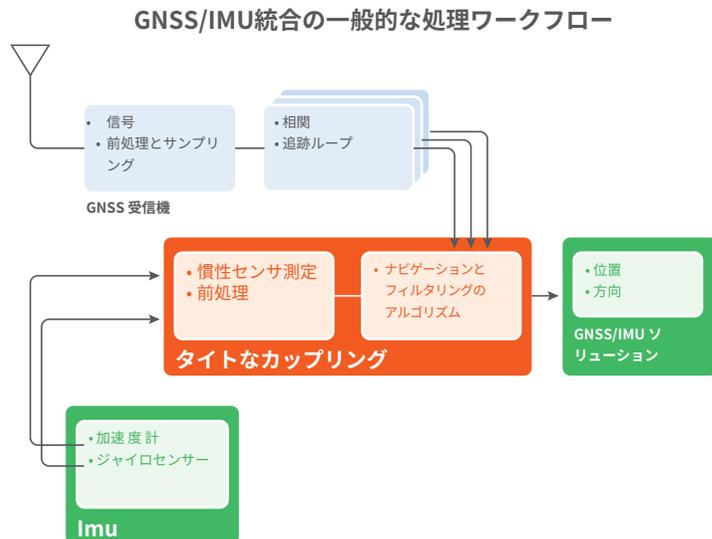
精度 4.0 – 高精度セグメントの新しい技術動向

第4次産業革命によって高精度が強化される

精度4.0は、高精度GNSSセグメント内の自動化とデータ交換の動向を記述する新しい用語です。主なドライバーには、4G接続で増強されたハイエンドの受信機と、クラウド処理やディープラーニングなどの最先端のデータ処理方法を備えたさまざまなセンサーが含まれます。スーパーコンピューティング、インテリジェントロボット、自律走行車の世界では、高精度セグメントは現在、いくつかの技術を融合しています。デジタル化の時代と強力なGNSS対応技術の統合は、あらゆる高精度アプリケーションに大きな影響を与えました。この統合では、慣性測定ユニット (IUS) は依然として重要な役割を果たします。

GNSS/IMU統合の進化 - 動向とセンサタイプ

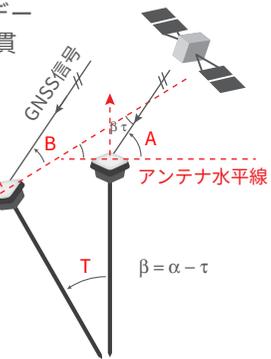
IMUは、地球の重力場と回転によって力や回転に敏感なセンサーです。IMU は 3 つの主要な部分で構成されています。トライアド ジャイロスコプ (回転速度センサー)、トライアド加速度計 (モーション センサーとして)、および移動計算用のコンピューター。ジャイロスコプの測定の単一の統合は、加速度計の測定値の二重統合は、その位置を提供しながら、センサーの向きに関する情報を提供します。GNSS(都市峡谷の地籍測定や急斜面の農業など)の困難な条件を持つ地域では、GNSS/IMU統合により、柔軟なセンチメートルレベルの静的位置付け、GNSSベースの見出し情報、センチメートルレベルの連続移動位置付け、3軸精度の向きを提供する信頼性の高いシステムが生まれます。



GNSS/IMUは、すべての高精度セグメントを強化します

GNSS/IMU 統合を高精度セグメント内で広く利用している領域がいくつかあります。地理学、農業における自律走行車、およびモバイルマッピングシステム(道路、空中または海洋)の受信機。ジオマティクスは、モバイルフィールドワークフローのために単一のスマートアンテナ内でこの統合を利用しますが、農業では融合は自律航行機能に焦点を当てています。モバイルマッピングでは、センサーは移動プラットフォーム (自動車、船舶、飛行機など)に取り付けられます。

このセグメントの高品質製品は、GNSS および IMU データがマッピング センサー (LiDAR、ソナーなど) に一貫して時間同期化され、正確なジオリファレンス マッピングを可能にします。地質学、特に地籍測量と建設において、この統合により、サイトの張り込みやオブジェクトの測定などの些細なアクティビティが大幅に削減されます。Eバブルセンサーやチルトセンサーと比較すると、IMUは、より正確な垂直角度決定を提供し、より良い位置決め結果を得ることができます。



高精度アプリケーション向けの高度なGNSS-慣性技術



約30年間、トリムブルは地理空間市場にGNSS-慣性ソリューションを提供してきました。当初は、空挺、陸上、海洋マッピング業界の位置と向きの要件に焦点を当て、今日のTrimbleは多くのビジネスでGNSS-慣性技術も実装しています。この拡張の鍵は、社内慣性測定ユニット(IMU)技術の開発とGNSS回路基板への直接統合です。このIMUセンサーデータは、RTK/RTX測位エンジンのGNSS観測と密に結合されています。実際のアプリケーションデータに基づく動的モデルは、GNSSに挑戦する環境でも、無人航空機(UAV)や自律走行車などの誘導および制御システムに、高速で低遅延の連続的な出力を提供するのに役立ちます。デュアルアンテナGNSS-慣性システムは、プラットフォームが静的である間、ジャイロセンサーの堅牢なアライメントを可能にします。

この技術により、顧客の生産性と効率を向上させることができます。例えば、Trimble®SPS986 GNSSスマートアンテナは、建設請負業者が立ったり、歩いたり、運転したりしながら、傾きを補正することができます。トリムブル BD940-INS シングルボードレーバは、さまざまな自律的なアプリケーション用のOEMおよびシステムインテグレータにセンチメートルレベルの位置とオリエンテーションを提供します。GNSS-慣性受信機はすべてGPSをサポートし、ガリレオ、GLONASS、BeiDou、QZSS、NavICコンステレーション、および、地域の基地局やセルモデムの制約なしに信頼性の高い高精度な位置を提供する整合性監視を備えたトリムブルRTX 補正サービス。



会社が提供する証言



PPP-RTK サービス – ますます採用される高精度の傾向

新しいサービスは、まだ高精度のセグメントで利用されていません

PPP-RTKは、RTKとPPPの両方の強みに基づいて構築され、GNSS技術パズルの重要なピースになることを約束するソリューションです。PPPの最適化されたバリエーションであり、単一受信機ユーザーに対して、高速で信頼性の高いセンチメートルレベルの精度を実現する情報を提供します。PPP-RTKのパフォーマンスは、電離層モデルによって強化され、ネットワークリアルタイムキネマティック(約1500 bps、仮想参照ステーション(VRS)、フレヘン・コレクトゥルパラメータ(FKP)およびマスター補助概念(MAC)プロトコルよりもはるかに小さい)よりも低い帯域幅をブロードキャストする必要があります。PPP-RTKの特徴は、PPPネットワークからの軌道補正とクロック補正のためのデータを組み合わせ、ローカルRTKネットワークからのデータを利用してイオン圏モデルを生成する可能性がある。さらに、イオン圏の乱れをモデル化するために必要なデータの一部は、非GNSSソースによって提供されることもあります。

PPPと同様に、PPP-RTKは、測定誤差のパラメタライゼーションに対して、宇宙国家表現(SSR)アプローチを利用します。SSRは、最適な更新レートですべてのGNSSエラーソース(クロック、オービット、バイアスなど)の個別補正をユーザーに提供し、必要な帯域幅を最適化しながら複合エラーを再構築することができます。逆に、RTKで一般的に使用される観測状態アプローチ(OSR)は、すべてのエラーソースに対して1つの組み合わせ補正をユーザーに直接提供します。どちらのアプローチも、オープンプロトコルまたは独自のプロトコルを介したリアルタイムデータ伝送に利用されます。

OSR(RTKの場合)およびSSR(PPPの場合)の両方の修正は、単一の参照ステーションまたはネットワーク(NTRIP)のいずれかの標準無線海事サービス委員会(RTCM)プロトコルでサポートされています。しかし、RTCМ内のPPP-RTK実装はまだ欠落しています。その結果、近年、RTCМプロトコル内の新しいメッセージを介してPPP-RTK補正の標準化を行うため、ユーザーから強力なプッシュが行われています。

PPP-RTKの他のリアルタイムメソッドと比較した機能の詳細な比較を次の表に示します。

	OSR (観測状態表現)		SSR (空間状態表現)		
	Rtk	ネットワークRTK	キャリアPPP	コードPPP	PPP-RTK
エラー軽減	結合範囲補正		軌道、時計、バイアス		軌道、時計、バイアス、イオン、トロポ
精度		~cm	< Dm	~3 dm	< Cm
所要時間		< 5 s	~20分	< 1 s	< 5 s - 100 s ⁽¹⁾
サービスエリア	地元の	地域	グローバル	グローバル/地域	グローバル/地域
単一周波数能力	受信者依存		受信者依存	✓	✓ ⁽²⁾
必要な帯域幅	中程度	中程度のヒグh	低	低	低中型

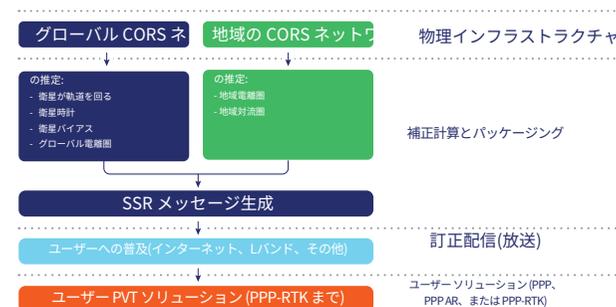
(1) 更新率によって異なる

(2) 使用するアルゴリズムによって異なります。

スタンドアロンPPPおよびRTKに対するPPP-RTKの利点

いくつかの革新的で最適化されたPPP-RTKアルゴリズムは現在GNSSサービスプロバイダによって調査されており、そのほとんどは最終的な目標を持つ二重差分の観測ではなく、違いのない観測に焦点を当て、ローカルネットワークリアルタイムキネマティック(NRTK)インフラストラクチャの密度とカバレッジからのより高い独立性を達成しています。OSRアプローチは、通常、ユーザーとサーバー間の双方向リンクを介してNRTKオペレーターによって実装され、一般的にネットワーク接続の数とシステムの安定性が制限されます。一方、PPP-RTKは、さまざまなエラーソースの最適化された更新レートと組み合わせられた単方向リンクに基づいており、高速コンバージェンス時間と無制限のユーザー接続で、より低い帯域幅での正確な補正のブロードキャストを可能にします。また、NRTK(参照局カバレッジの良いエリアで好ましい)とPPP(主にそのようなエリアで使用される)の個別のユーザーサブスクリプションを必要とするGNSS拡張サービスプロバイダーとは異なり、PPP-RTKは単一のユーザーアカウントを使用し、環境に依存しない完全なサービスを実現します。肯定的な期待にもかかわらず、ほぼ瞬時に初期化を必要とする一部のアプリケーションでは、PPP-RTKは従来のRTKおよびネットワークRTK方式のTTFFの速度を欠いている可能性があります。また、PPP-RTKは、依然として、低密度ではあるがRTKネットワークからのデータに依存しているため、海上など、ネットワークカバレッジからの距離が長くなると利用できなくなる可能性があります。

汎用PPP-RTKサービス提供スキーム



2020年半ば時点のPPP-RTKサービス

いくつかのサービスプロバイダーは、すでにさまざまなPPP-RTKのバリエーションを提供しています。並行して、PPP-RTKサービスを提供するための国家的または地域的な公共の努力も完全に進行中です。例えば、日本では、2018年11月から、QZSSのセンチメートル増強サービス(衛星ベースのオープンPPP-RTK補正サービス)が運用されています。韓国、オーストラリア、ドイツ、デンマークなど、多くのテストベッドも設置されています。商業面では、フグロのマリンスターG4+は海洋測量とエンジニアリングのための著名なサービスの一つです。サブコルダサービス社が2020年初めにリリースしたSAPAサービスは、ヨーロッパとアメリカの大部分で利用できるPPP-RTKサービスです。



GNSS融合により、完全接続された自動化ワークフロー管理

最先端のGNSS対応アプリケーションには、マルチインストゥルメンタルアプローチが必要

GNSSは、完全に自動化されたワークフローを実現するためのコアテクノロジーとして、いくつかの高精度セグメントを組み込んでいます。正確な用途に応じて、オートメーションは、相互接続性とセンサー、ロボット、強力なデータ分析(例えばGNSS、カメラ(単眼、ステレオ、ピクセル深度のRGB、視覚的な同時位置とマッピングまたは'SLAM')、LiDAR、IUS、ソナー、オードメーター、バスメーターなどに依存します。

モバイルマッピングシステム(MMS)は、高精度RTK GNSS受信機を使用して、LiDAR由来点群データセットをリアルタイムでジオリファレンスし、安定した方位角を維持します。プロのマッピングドローンは、超コンパクトなポストプロセッシングキネマティック(PPK)対応OEMボードを採用して、インターネットを介したリアルタイム補正への依存を減らし、地上管制ポイント(GCP)を確立する必要性を減らします。建築、エンジニアリング、建設業界では、建設現場で完全に接続されたすべてのGNSS運用が建物情報モデルにリアルタイムデータを提供するため、データの整合性、生産性の向上、意思決定の迅速化が可能になります。

湖、ダム、または鉱山のテーリングのハイドログラフィックマッピングでは、正確なRTK GNSS受信機は浅い単一ビームまたはマルチビームソナーと結合されます。建設現場の要素は、複合現実のためのGNSS対応デバイスの助けを借りて現場で視覚化することができます。屋内マッピングは、屋外測位モードからのシームレスな移行を確実にするために正確なGNSSと結合することができる新興技術SLAMに依存しています。これらはすべて、高精度で連続融合の傾向を強調する例です。

複数のセンサーを搭載した自律型トラクターが農業を未来に導く

各種センサーによって収集されたデータの融合は、精密農業の実施における重要な要素です。その最も広く適用されるのは、光学衛星またはレーダー衛星を使用して開発された処方箋マップを使用し、農業機械のオンボードユニット(ISOBUSを使用)にアップロードし、その後、相対的な精度の2.5センチメートルレベルでもサイト固有の管理を行う入力の可変レートアプリケーションの実行です。トラクターはまた機械および視覚センサー(光学、多スペクトル、ハイパースペクトルカメラおよびLiDAR)を装備し、その測定値はGNSS信号とリアルタイムで結合される。

このパラダイムは、異なるデータストリーム(例えば、フィールド、土壌、その他の農業関連特性)のジオ局所化された変化、さらには天候(気候情報)の自動化された抽出と分析を可能にした人工知能(AI)のおかげで増殖しました。AIはまた、深層学習方法論の実装を可能にし、雑草や散布などの退屈な農業活動を行う完全自律型ロボットに広く使用されています。このような場合、ロボットはSLAM(IUSとLiDARを介して達成)とGNSSを組み合わせてフィールドをナビゲートし、異なるタイプのカメラとマシンビジョン技術を使用して植物を区別したり、植物と雑草を区別したり、必要な介入を行います。このようなアプローチは、RTK、PPP、またはPPP-RTKの修正によってサポートされる多重星座および多周波数のソリューションに強く依存しています。

位置とパフォーマンスの標準を設定するOEM7レシーバ

6世代前のポジショニングの専門知識に基づいて構築すると、ヘキサゴン|ノバテル®OEM7®受信機。

OEM7レシーバシリーズは、信号接続に冗長性を内蔵しています。これらの受信機ボードは、一貫性のある信頼性の高い位置決めソリューションを実現する多重星座と多重周波数トラッキングを提供します。デシメートルからセンチメートルレベルの精度を必要とするアプリケーションでは、これらのマルチコンステレーションおよび多周波数機能により、OEM7はあらゆる機器環境内で柔軟になります。OEM7製品は、衛星を介してTerraStar®補正サービスを受け取り、現地の基地局を必要とせずに、世界中の陸、無人、および空中アプリケーションにセンチメートルレベルの位置決めを提供することができます。

OEM7受信機は慣性測定ユニット(IMU)とNovAtelからSPAN技術とアップグレード可能です。OEM7受信機は世界での位置を計算しますが、慣性測定と組み合わせると、世界の動きを理解することができます。車線レベルの精度、無人航空機の完全な姿勢測定、ヒープ補償を必要とする海洋調査アプリケーションを必要とする自律走行車向けに設計されています。OEM7受信機のポジショニングエンジンは、確実な自律性と位置決めを提供するために特殊なアルゴリズムを実行します。

農業、自動車、無人システム、防衛、海洋、調査;OEM7は、多くの業界での自律性と位置決めアプリケーションのための確実なソリューションです。あらゆるアプリケーションの可能性は、NovAtel製品に期待される汎用性と耐久性を示しています。

OEM7シリーズ受信機の詳細については、novatel.comを参照してください。

会社が提供する証言



©ノバテル



CORS ネットワークは高精度の位置決めバックボーンです。

CORS ネットワークは、測地座標系の最新の実現

高精度アプリケーションは、外部ソースからのGNSS補正データに強く依存します。GNSS補正データの最も重要なプロバイダとして、世界的な継続的に動作する参照ステーション(CORS)ネットワークは、地上のサブメートル測位サービスのほとんどを可能にします。現在、2つの主要なタイプのCORSネットワーク:非営利と商業の2つの種類があります。

国際GNSSサービス(IGS)は、世界最大の非営利CORSネットワークを運営しています:500以上の参照ステーションの複雑なシステムは、200以上の自発的な組織(大学、自己資金機関、研究機関)によって維持されています。リアルタイムの精密衛星軌道やクロックデータなど、PPP法の開発・テストを可能にした主な製品源です。

IGSステーションのGNSSデータは、国際地球基準フレーム(ITRF)という名前でIERS(国際地球回転サービス)によって生成される国際陸上参照システム(ITRS)の定期的な実現に使用されます。IERS処理センターはGNSSを他の高度なデータソース(VLBI、一眼レフ、DORIS)と統合しています。結果の参照フレームは、すべてのGNSSが独自の測地参照系を同期する基準になります。例えばWGS84、GPSの参照系は、ITRFに関してその座標の世俗的な更新を行う。その結果、WGS84(アップデートG1674)の最後の実現は、センチメートルレベルでITRF2014と一致しています。GPSと同様に、ガリレオはガリレオセンサーステーションの各サイトの推定座標に基づいてITRSの独立した実現として専用の地上基準フレーム(GTRF)を確立しました。ガリレオの要件によると、最新のITRFと比較した位置の立体差は3センチメートル(2シグマ)を超えてはならない。

現在、IERSは、2021年後半までにリリースされる予定の新しいITRF2020ソリューションを提供するプロジェクトを実施しています。

IGS フレームで高精度なアンテナキャリブレーション

IERSとは別に、IGSはIGSSのみの派生参照フレームを並行して維持し、IGS14という名前の現在の実現を維持します。ほとんどの実用的な用途では、ITRF2014とIGS14は同じです。IGS14は現在、衛星アンテナおよび受信機アンテナ校正用の正確な座標フレームとして採用されています。アンテナキャリブレーションの2つのタイプが利用可能です:最先端の絶対、およびその前身-相対。

絶対キャリブレーションは、フィールドキャリブレーション(右側の画像)と無響室キャリブレーションの異なる方法を実装している複数の機関によって日常的に計算されます。方法論的な違いにもかかわらず、これらの方法は非常に密接な合意を示しています。



GNSS補正サービスの最前線を形成する商用CORS

一般に、商用CORSネットワークは、全国/地域カバレッジ(約70キロメートルで約1駅)の密集した駅分布を介したネットワークRTK、または世界的なカバレッジを持つ密度の低いネットワーク(数百キロメートルの1ステーション)からのPPPの2種類のサービスを提供します。どちらも主にリアルタイムで悪用され、インターネット(NRTKおよびPPP)または専用のLバンド衛星リンク(主にPPP)を介して放送された修正が行われます。非営利のアナログと同様に、商用CORSは専用のGNSS受信機を利用し、外部クロック発振器、データ処理センター、GNSS製品のリアルタイム普及を頻繁に補完します。商用CORSネットワークは、正確なローカルのイオン圏モデルをクライアントに提供しており、これは最近のPPP-RTKおよび単一周波数PPPユーザーの取り込みにおいて特に重要です。これらのユーザーは、これらのユーザーは、GNSS信号の固有のイオン圏遅延を排除することはできません。低コストでサブメートルの精度と多数のユーザーが可能のため、単一周波数サービスは近年有名な関心の対象となりました。

いくつかのRTKネットワークは、高精度セグメント内の技術進歩のための強力なドライバーを提供するかもしれない新しいPPP RTK製品を配布し始めています。セグメント内の絶対座標精度を取得するには、特に地籍測量のようなジオマティクスアプリケーションで、RTKネットワークの配列から取得されたすべてのGNSS座標は、採用された国内測地基準フレームとITRFに対する関連する変換パラメータに厳密に準拠する必要があります。その良い例は、主にITRF基準フレームに提供されるPPPサービスであり、重要な高精度アプリケーション(変形監視など)は、法的参照システムに変換する必要があります。GNSSレベリングなどのアプローチにより、これらの変換は、地球のジオイドや他の重力ベースモデルに対して垂直参照フレームにも適用できます。

マルチGNSS実験・パイロットプロジェクト(MGEX)

IGS MGEXは実験段階から2016年に「パイロットプロジェクト」と宣言されました。GPS、GLONASS、ガリレオ、BeiDou、QZSS、NavICなど、すべての利用可能なGNSS信号の追跡、照合、分析を行います。MGEX CORSステーション(2020年初頭に313台)は、多重周波数の多角星座データ取得が可能です。彼らは、IGSの製品ポートフォリオを拡張したデータを、すべての星座の正確なエフェメリスデータとバイアス情報で提供しています。これらの製品の多くは、ほぼリアルタイムで利用可能であり、さまざまなPPPサービスで利用されています。

IGS MGEXステーションのグローバルマップ、使用されるGNSS受信機の詳細、および正確な製品は、igs.org/network?network=multi-GNSSで入手できます。

IGS マルチGNSS

すべての利用可能なGNSS信号の追跡、照合、分析

IGS
MGEX



ハイエンドのGNSS科学アプリケーションには、究極の精度レベルが必要

高精度GNSSが気象予測と気候変動研究に力を与える

GNSSの星座の取り込みは、地球上のすべての人にとって不可欠なハイエンドの研究努力に役立っています。複雑な分析、宇宙測地技術、CORSステーションのデータと気候研究を組み合わせることで、高精度GNSSの適用なしには達成できない多くの新製品を提供します。

GNSSによる大気水蒸気のリモートセンシングは、**GNSS気象学**として知られている確立された技術です。約10年間、ハイエンドの科学アプリケーションで使用されており、IGS内に専用のワーキンググループを持っています。IGS およびその他の CORS ネットワークからのデータは、データ時系列の運用位置決めと監視に使用されます。対流圏の断面内のガスの分布(医療断層撮影に似ていますが、代わりにGNSS信号を使用する技術)をマッピングすることで、水蒸気の時空間変動に関する信頼できる情報を提供します。GNSS信号の総対流圏遅延は通常天頂方向に表され、したがって天頂総遅延(ZTD)と呼ばれる。統合水蒸気への変換 (IWV) GNSS データ処理でルーチンとなっています。GNSS気象学は、主要なツールとして、または古典的な気象大気サウンディング技術の補完的な方法として、地球規模で多くの数値気象予測(NWP)サービスをサポートしています。そのようなサービスの1つは、欧州気象サービスネットワーク(EUMETNET E-GVAP、egvap.dmi. dk)のGNSS水蒸気プログラムです。連続的に、これらのモデルは、PPPの位置決め精度を向上させるために使用することができます。近年、ガリレオは、信号を処理することによって達成可能な対流圏推定の高品質を通じて、この科学的領域に入りました。

大気研究のもう一つの顕著なアプローチは、科学分野の高精度GNSSユーザーによって開発され、**GNSS無線オカルト** (GNSS-RO)技術である。この技術は、NASAのジェット推進研究所のグループによって開発され、長年にわたって天気予報に比類のない影響を示してきました。低軌道衛星が受けたGNSS測定を使用して、高い垂直解像度とグローバルカバレージを持つ地球の大気と電離層をプロファイリングします。GNSS-ROデータの高精度と垂直分解能は、気象予報や大気プロセス、気候モニタリングとモデル検証、宇宙天気やイオン圏の研究に最適です。GNSS-RO研究を組み込んだ注目すべき衛星ミッションには、ドイツのミッションCHAMP、米独ミッショングレース、米台湾フォルモサット/COSMICミッションがあります。

GNSS-RO調査の大部分は、研究や天気予報の分野に限定されていますが、科学、政府、その他のハイエンド顧客に商用サービスを提供する企業がいくつかあります。たとえば、GeoOptics(geooptics.com)は、CICEROという名前のナノサテライトの専用の星座を通じてラジオオカルトサービスを提供します。現在80機の衛星を軌道上で運用している別の会社、スパイアは、ラジオオカルト技術を活用して大気密度情報を独自の気象モデルに同化し、気象業界に正確な予測を提供することを目指しています(spire.com/weather/)。

バルカンメドリアルタイム厳しい気象サービス



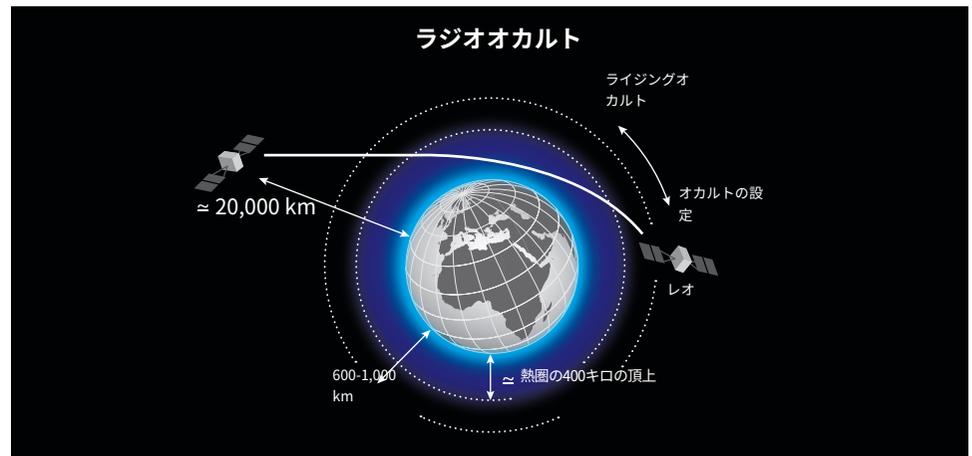
(BeRTISS)プロジェクトは、バルカン地中海地域(ブルガリア、キプロス、ギリシャ)の安全性、生活の質、環境保護を強化するためにGNSS製品を利用するパイロットの越国籍厳しい気象サービスを開発しています。このプロジェクトは、GNSS気象技術を介した水蒸気のマッピングと視覚化を通じて、厳しい気象イベントに関するタイムリーな情報と警告、および地域の天候や気候変動の長期的な監視を提供することを目的としています。EU出資のBeRTISSプロジェクトは、測地コミュニティ、GNSSリモートで感知されたデータプロバイダー、大気コミュニティ、およびデータユーザーの間の橋渡し役です。

詳細については、bertiss.eu

COSMIC-2 GNSS-RO ミッション

このミッションは、2019年6月25日に打ち上げられた6機の衛星を低傾斜軌道に利用しています。米国の機関(米国海洋大気局(NOAA)、空軍(USAF)、大気研究大学(UCAR))、台湾の国家宇宙機関が共同で運営しています。TGRS(トライGNSS無線オカルトシステム)と名付けられたGNSS-ROペイロードは、NASAのジェット推進研究所によって開発され、1日あたり4,000以上の高品質プロファイルを追跡することができます(6つの衛星星座を横切って)。COSMIC-2 は、先駆的ミッション COSMIC-1の後継であり、大気圏およびイオン圏観測の数を画期的に増加させ、研究および運用コミュニティに大きな利益をもたらすでしょう。

データ製品は次の cosmic.ucar.edu





高精度は、大衆市場のデバイスからの助けを借りて、その視野を拡大しています

大容量が高精度に対応:エキサイティングな双方向交換

高精度と大量のセグメントの相互作用は、高度な機能の一部を失うことによって高精度機器が安くなるのに対し、消費者グレードの機器はより有能になり、可能な代替手段になる可能性があるという2つの傾向の収束によって駆動されます。後者の場合、低コストの機器は、余分な慣性モジュール、頑丈なエンクロージャ、適切なアンテナ、RTKが必要な場合は、無線パッドを装備すると、より高いグレードのパフォーマンスレベルに達します。同時に、最も先進的なスマートフォンのいくつかは、(農村環境で)サブメートルの精度、またはプログレードのアンテナと適切な拡張データを使用して後処理された場合はセンチメートルを達成することが示されています。サブメートルの正確さを達成するために、それらは二重周波数受信機(通常L1/E1-L5/E5a)が装備され、マルチパス効果に対するより大きい回復力を提供する広帯域信号の恩恵を受ける。希望の位置決め精度は、GNSS生相測定(API経由)へのアクセスとGNSSと統合された慣性センサーおよび追加の地上ベースの信号(4G /5G、WiFi、NFC、Bluetooth、UWB)との融合のおかげで達成される。それにもかかわらず、統合アンテナの性能に関しては、重大な課題が残っています。

スマートフォンは高精度を達成し始めていますが(以前の章では大量および輸送デバイスセグメントも参照)、高精度セクター自体はスマートフォンベースの特定の操作の実行をより詳しく検討しています。最も顕著なもの1つは、データ収集に関連しています。その点、「自分のデバイスを持って来る」(BYOD)の傾向が浮上しており、測量士やマッパーは独自のデータ収集デバイスの代わりに独自のスマートフォンを使用しています。実際には、メーカーは、iOSとAndroidの開発者を独自のハードウェアとファームウェアにベアリングすることで、ユーザーフレンドリーなインターフェイスを作成しています。このパラダイムでは、多くの大手メーカーが、使い慣れたユーザーインターフェイスと高度なデータ収集機能という2つの長所を活用できるように、高い精度のユーザーに専用のアプリを提供しています。

スマートフォンで高精度にアクセス

Android 7.0 (ヌガー) 以上と互換性のある Android Raw GNSS 測定 API のリリースは、GNSS ベースの操作のパフォーマンスに対するスマートフォンの使用に革命をもたらしました。実際には、位置速度時間(PVT)ソリューションだけでなく、生のGNSS測定にもアクセスする機能により、開発者は疑似範囲、キャリアフェーズ、ドップラー、信号対雑音比(SNR)観測可能な観測を再構築し、デコードされたナビゲーションメッセージにアクセスすることができます。

スマートフォンを利用したアプリケーションの普及を支援するため、GSAは2017年にGNSS Raw計測タスクフォース(詳細は37ページ)を立ち上げ、その後も進歩を遂げています。現在、複数のデュアル周波数スマートフォンが市場に出てき、この機会の活用は増加しています。新しいアルゴリズムが開発され、アンテナに関するスマートソリューションが提案されるにつれて、スマートフォンベースの高精度動作のより多くのケースが文書化されています。この効果は、大衆市場のアプリケーションに限定されるだけでなく、地球科学(変位解析やイオン圏観測など)などの従来の地球領域で波及し始めます。この傾向は、専用ツール(GNSS比較モバイルアプリケーションなど)が利用可能になるにつれて成長すると予想されま



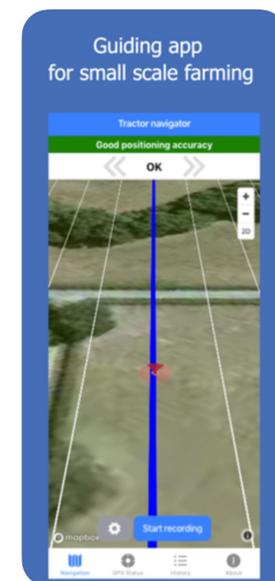
© TFI システム

農業におけるスマートフォンツールの普及

App Storeには、土壌サンプリングに役立つアプリケーションから、農場で起こるすべてのことを記録するツールやCAPのデジタル化をサポートするジオタグ付け写真、Galileoデュアル周波数またはSentinelデータへのオープンで無料のアクセスを享受する機械ガイダンスモバイルアプリまで、数十のモバイル農業ツールがあります。



例の一つは、GSAのMyGalileoAppコンテストで2位を獲得したトラクターナビゲーターアプリです:ほとんどの小さな農場のユースケースのための十分な精度で、彼らの作業中に農家にガイダンスを提供する直感的なツール。外部デバイスが不要な場合、農家はすべてのマシン用にアプリを設定し、効果的なレベルでコストを維持しながら、現場でリアルタイムの誘導情報を使用することができます。





農業利用者はE-GNSSとコペルニクスの相乗効果から恩恵を受け続ける

農業:コペルニクスのユニークな技術的特徴がガリレオによって可能に高い精度を満たす場所

サイト固有の農場管理システムは、農家が農業生産を最適化し、環境を保護しながら、その投入量を最小限に抑えるのを助けています。フィールドの継続的な監視に依存している場所とタイミングで何が起きているかを知る。そのため、コペルニクスセンチネルのような地球観測衛星の助けは画期的であることが証明されています。たとえば、Sentinel 2は、個々の土地区画にも関連する10メートルの解像度を提供し、再訪時間は5日間で、作物のダイナミクスの監視に非常に関連しています。可視帯と赤外線バンドに反射したエネルギーを測定することで、Sentinel 2は正規化差分植生指数(NDVI)の計算を可能にします。Sentinel-1合成開口レーダー(SAR)ミッションは、気象条件(すなわちクラウドマスキング)に関係なくリモートセンシングを可能にします。最後に、Sentinel 3の光学機器は、大規模な植生と作物条件マッピングにも寄与する可能性があります。

豊富な時系列と正確な処方箋マップを手にして、農家は農業のインプット(例えば肥料、種子、農薬)をより効率的に計画することができます。このためには、ISOBUS(トラクター、ソフトウェア、機器間の通信を管理するプロトコル)の使用が重要です。処方箋マップを端末にロードすることができ、特定の入力に対する適切な適用レートが所定のGNSS座標に対して定義されることを保証します。このプロセスは、E-GNSSサービスによって可能になる高精度のメリットを提供します。

近い将来を見据えて、追加の相乗効果を利用することができます。その中でも注目すべきは、GNSS-反射測定およびセンチネル-1 SAR測定が強い約束を示す土壌水分モニタリングである。H2020ミストラレや複数の新興企業や中華人民圏などのプロジェクトは、その点で技術的な機会を模索しています。

欧州共通農業政策のための宇宙計画

地域ベースのEU共通農業政策(CAP)支払いのチェックの場合、相乗効果のもう一つの重要な分野が生じます。強化された監視アプローチは、コペルニクスセンチネルや他の地球観測衛星が提供する地球観測データを使用し、ジオタグ付きの写真で必要ときに補完します。後者は、農家自身がスマートフォンで撮影し、ガリレオオープンサービスの精度と今後の認証信号の増加の恩恵を受けます。この取り組みは、最近起動したE-GNSS4CAPアプリケーションによって大いに助けとなります。

E-GNSS4CAPアプリケーションは、CAPの実装のためのコペルニクスセンチネルベースの監視アプローチをサポートし、補完する証拠の余分な層としてジオタグ付き写真をキャプチャするのに役立ちます。オープンソースのAndroid用の無料の携帯電話アプリケーションとして利用可能なE-GNSS4CAPはガリレオの差別化(正確性と認証)を利用して、農業分野の写真の位置とタイミングを提供し、有料機関への効率的な報告をサポートします。最終的には、オンザスポットチェック(OTSC)の数を減らし、共通農業政策の公正で現代的かつ正確な実施を確実にするのに役立ちます。

詳細については、<https://www.egnss4cap.eu/>



自律農業車 のRTKの位置決めとナビゲーション

eFarmer B.V. は、スマートフォンやタブレットを使用して高精度ナビゲーションを行うための FieldBee™ 製品ラインの開発者およびメーカーです。フィールドビーGNSS受信機は、RTK測位アルゴリズムと最新のIoT技術を組み合わせることで、自動車システムとの柔軟な使用と統合を実現します。これにより、自動運転車と正確な運用に対してより手頃な価格のロボット化が可能になります。このようなソリューションは、新旧のマシンで使用できます。FieldBee™ GNSS受信機は、IoTデバイスで一般的に使用される複数の通信チャンネルを持つマルチコンステレーションタイプを組み合わせました。デバイスは、オープンREST プロトコルを使用して、BluetoothまたはWiFi 経由で構成されます。補正信号は、インターネット経由のNTRIPプロバイダまたは無線チャンネルを介して直接参照ステーションから受信されます。



FieldBee™) トラクターの自動ガイダンスシステムは、フィールドワーク操作の自動化にセンチメートル精度を提供します。RTK パフォーマンスを向上させる 15 度未満の最適化された標高マスクを使用します。RTK 10 Hz 位置の更新率は操作速度3.15km/hの敏感な運行を提供する。RTK受信機とIMUセンサーの組み合わせは、ナビゲーション中の地形を補償します。

フィールドビー™) GNSS通信 NMEA 0183、NMEA 2000、CANOpenプロトコルは、自律走行車でのRTKの高速実装を可能にします。eFarmer B.V.の目標は、すべての農業機械を自律的でスマートで正確にすることです。

詳細については、fieldbee.com および efarmer.nl を参照してください。

会社が提供する証言



E-GNSSは、高精度なアプリケーションのフルレンジをサポートし、革新的なソリューションのための新しい可能性を開きます

ガリレオは高精度の多重周波数/多星座ソリューションの柱です

22のアクティブな衛星を軌道に乗せたガリレオは、多重星座と多重周波数受信機に関連する全範囲の利点を可能にしました。Galileoのおかげで、高精度のユーザーは、より大きなサービス可用性、最初の正確な修正への迅速な時間、マルチパスと干渉効果に対するより大きな回復力を享受します。RTK プロバイダーは、すでにガリレオ対応のネットワークをアップグレードしており、PPP と PPP-RTK プロバイダーもそれに従っています。これは、Galileoが、リモートまたは困難な領域を含むあらゆる環境での高精度操作の正確性、継続性、信頼性、および全体的なパフォーマンスを可能にするか、または貢献することを意味します。これは、農業、陸上および海洋調査、鉱業から建設およびマッピングまで、事実上すべての高精度アプリケーションに適用されます。

ガリレオ高精度、OS-NMAおよび商用認証サービスは、高精度のユーザーのための新たな可能性を開きます

ガリレオE6信号データ成分(E6-B)と地上手段(インターネット)を介してPPP補正を送信することにより、高精度サービス(HAS)は公称条件で20センチメートル以下の水平精度を測ることを可能にします。さらに、3周波受信機に力を与えたり、ヨーロッパに大気補正を広めることで、収束時間が短縮されます。同時に、オープンサービスナビゲーションメッセージ認証(OS-NMA)と商用認証サービス(CAS)は、ガリレオ衛星によって送信された本物の測定とデータに基づいて位置決めが保証されます。これは、これらのサービスがE6信号パイロットコンポーネント(E6-C)の暗号化されたコードへのアクセスを提供するためです。これは、スプーフィングやミューコニングに対する堅牢性を高める必要がある高精度ユーザーに大きな影響を与えます。

GISCAD-OV GISCAD-OVプロジェクトは、ガリレオHASと精密ポイントポジショニングあいまい度解決(PPP-AR)迅速な収束技術に依存する革新的なサービスを開発し、検証しています。このサービスはGISCAD-OVサービスオペレータセンターによってサポートされ、既存のオーグメンテーションと国家インフラを完全に統合して、カダstralの運用効率と有効性を向上させ、市民の利益のためにCadastral手続きの時間を短縮することができます。E-GNSSの付加価値を活用することで、このHorizon 2020プロジェクトは、地籍ドメイン内のバリューチェーン全体にサービスを提供します。



HORIZON 2020

詳細については、次の giscad-ov.eu

ガリルミ



GALIRUMIプロジェクトは酪農における除草剤を含まない雑草対策ロボットを構築しています。ロボット除草は、除草剤の使用を排除し、除草剤への農場労働者の暴露を減らすことによって、酪農の環境への影響を減らします。また、酪農家が有機生産に切り替えるための重要な障害を取り除き、有機的に生産された牛乳の生産の増加と農家の収入の増加に貢献します。

GALIRUMIは、E-GNSSが提供する正確なナビゲーションに基づいて、雑草検出、雑草分解、自律走行車、ロボットとしてのサービスにおいて、多くの革新的な技術を開発し、実証します。

詳細については、galirumi-project.eu

主要なパフォーマンスパラメータへのE-GNSSの貢献度

キーパフォーマンスパラメータ (KPP)*	EGNOSの貢献	ガリレオの貢献
精度	●●●○	●●●○
可用性		●●●●
継続		●●●●
整合性	●●●●	
堅牢性	●●●●	●●●●
最初の正確な修正までの時間 (TTFAF)		●●●○

●●●● E-GNSSアプリケーションを可能にする主要な貢献

●●●● 中程度の貢献、ユーザーのエクスペリエンスの向上

●●●○ 低い貢献度、パフォーマンスは改善されましたが、ユーザーレベルで大きな違いはありません

* 主要なパフォーマンスパラメータはAnnex 3で定義されています



タイミングデバイス

マクロセグメントの特性	76
産業景観	77
受信機の機能	78
レシーバフォームファクタ	79
ドライバーとトレンド	80
E-GNSS付加価値	85



正確で信頼性が高く、堅牢:タイミングデバイスの要求の厳しい現実

タイミングと同期ソリューションの特徴付け

この章で紹介するテクノロジーとソリューションは、次のタイミングと同期(T/S)アプリケーション用に開発されています &。

- **通信:** 基地局間のネットワーク管理と同期;
- **エネルギー:** 障害の可能性を監視し、タイムリーに介入するために、ネットワークステータスの正確かつ周期的な測定値を取得します。
- **金融:** 金融機関が金融取引のタイムスタンプを取り、正しい実行を保証するため。
- **輸送:** 航空交通管理や自律走行車などの安全関連アプリケーション用。

通信業界は最大のユーザーグループを代表しており、5G技術の野心的な計画は、これまで以上に優れた同期精度を必要とします。新しい規制の枠組みでは、金融事業者はコンピュータシステムを同期する必要がありますが、エネルギーネットワークはより良い同期化を通じてより効率的になります。

これらすべてのアプリケーションに共通するドライバーは、安定した精度と堅牢性と復元性の向上が必要です。そのため、この需要に応えるため、タイミング処理チェーンの様々なレベルで、研究開発に大きな努力がなされてきました。特に多重星座と多重周波数の採用だけでなく、革新的なタイム・レーザー自律整合性モニタリング(T-RAIM)および干渉監視アルゴリズムは、精度の向上、回復力の向上、可用性の向上に対するこの要求に対応することを目指しています。

また、デジタルネットワーク(デジタルセルラーネットワーク、広域ネットワーク、ローカルエリアネットワークなど)とアナログネットワーク(無線アクセスネットワーク、配電、固定回線アナログ電話など)の両方のアーキテクチャにおけるGNSSの役割についても説明します。ネットワーク上で正確で同期された時間のリレーの主な基準を説明し &、ガリレオオープンサービスナビゲーションメッセージ認証(OS-NMA)とガリレオの高度なタイミング機能の両方で、全体的なT/SランドスケープにE-GNSSの付加価値を提示します。

タイミングと同期のための主要なパフォーマンスパラメータ

ネットワーククロックを同期するには、少なくとも1つの基準クロックを使用する必要があり、社内でも外部でもソースを供給できます。3種類の同期を区別できます。周波数同期、フェーズ同期、および時間同期化。これらは、80 ページでさらに詳しく説明されています。

現代の時間同期化ソリューションでは、さまざまな場所でイベントを関連付けることができるように、トレース可能なタイムソースを使用する必要があります。トレーサビリティを保証するためには、測定結果が、記録されていないキャリブレーションチェーンを通じて時間標準(国際原子時[IAI]や協定世界時[UTC]など)に関連付けられるように、時間基準源の原点を知っている必要があります。

5Gと自動運転車の登場により、同期精度*、継続性、可用性の向上が求められており、ますます高まっています。タイミングの精度、継続性、可用性に加えて、タイミングソリューションの最も重要なパラメータは、GNSSシステムの障害、妨害またはスプーフィングに対するシステム全体の保護と回復力を高めるために、整合性と堅牢性です。

タイミング キーパフォーマンス パラメータ

キー パフォーマンス パラメータ (KPP)*	タイミングデバイス
精度	●●●●
可用性	●●●●
継続	●●●●
屋内浸透	●○○○
整合性	●●●●
遅延	●○○○
消費電力	●○○○
堅牢性	●●●●
最初の修正までの時間 (TTFF)	●○○○
トレーサビリティ	●●●●

●●●● 高優先順位 中優先順位 低優先順位 ●○○○

* 精度とは時間、位相、周波数の精度を指します。周波数精度は、基準クロックと回収されたクライアントクロックの間の周波数の一定時間間隔の違いを指し、数量ごとのパーツ数(例えば100万分の1(ppm)、10億分の1(ppb)の部品で表されます。時間/位相の精度は、基準クロックとリカバリされたクライアントクロックの間の時間/位相オフセットを秒単位で表します。

** 主要なパフォーマンスパラメータは、附属書 3 で定義されています。



GNSSタイミング業界は安定しており成熟していますが、すべてのプレイヤーが市場セグメントと機能性によってオファーを差別化しています

主要なコンポーネントメーカー

ブランディワインコミュニケーションズ	北米	brandywinecomm.com
エルプロム	ヨーロッパ	elpromatime.com
周波数エレクトロニクス	アジア太平洋地域	frequelec.com
古野	ヨーロッパ	furunocom.com
ゴージーのタイミング	ヨーロッパ	gorgy-timing.co.uk
ジャクソンラボ	北米	jackson-labs.com
ミンベルク	ヨーロッパ	meinbergglobal.com
マイクロチップ	北米	microchip.com
マイクロセミ	北米	microseni.com
オロリア(スペクトラコム)	ヨーロッパ	orolia.com
オシロクアルツ	ヨーロッパ	oscilloquartz.com
セイコーソリューションズ	アジア太平洋地域	seiko-sol.co.jp
セプテントリオ	ヨーロッパ	septentrio.com
7つのソリューション	ヨーロッパ	sevensols.com
トリンブル	北米	trimble.com
ユーブロックス	ヨーロッパ	u-blox.com

タイミングと同期の主要なプレイヤー

何十年もの間、GNSSは、国際的なタイムスケール(UTC)に追跡可能な世界中で利用可能な無料で高精度な時間と同期機能を提供することにより、TSユーザーコミュニティに大きな利点を提供してきました。GNSSは、通信&業界から強い刺激を受けてTSユーザーコミュニティによって急速に採用され、依然として最大のユーザーベースを表しています。したがって、通信セクターのニーズと基準は、対応する開発に強く影響を与え、他の分野に利益をもたらす革新につながっています。また、TSS統合の成熟にもかかわらず、TS業界は今後の多くの課題を克服するために、依然として非常に活発です。これは、規制の進化に支えられ、正確性、安定性、信頼性の面でユーザーの要求が増え続ける信頼性とセキュリティの必要性の高まりに関連しています。5Gの登場により、ネットワークキャリブレーションに関連する課題はますます重要になっています。テクノロジーの開発は、ネットワークを乗算することなくサービスを拡大する必要性(例えば「スモールセル」を使用)、ブロードバンド通信の世界的な需要、将来のモバイルインフラ(例えば、V2X、スマートシティ、ロボット、UAV、自律走行車)によって実現される新しいアプリケーションの需要によって推進されます。

T & S バリュー チェーンは、主に GNSS チップセットの製造者で構成され、通常は汎用モジュールメーカーと GNSS タイム製品メーカーであり、その後、相手先ブランド供給メーカー (OEM) ボードまたはパッケージ化システムとしてタイミング製品を開発します。システムインテグレーターは、その後、& オペレータが機器のエンドユーザーである複雑なネットワークでGNSS T S機器を設計、展開、および維持します。校正サービスまたはコンサルティングおよびメンテナンスは、機器の再販業者によっても提供することができます。

この表に示されているほとんどの企業は、通常、通信、エネルギー、金融、輸送、自動化、軍事などの特定の市場セクターのサブセットに特化しており、200以上の異なる製品が提供されています。製品ロードマップで妨害/なりすましに対する堅牢性を向上させるソリューションの開発を開始しました。これには、特定のコンポーネント(スマートアンテナなど)に関する社内開発と技術パートナーシップが含まれます。また、一部の企業は、合併・買収を通じて特定の技術を取得しました。

GNSSの脅威と可用性に対する堅牢性の向上は、マルチコンステレーションおよび多重周波数タイミング受信機の採用の拡大の背後にあります

多星座採用

GPS L1は、2020年のタイミング受信機の標準構成のままです。TSアプリケーションで使用されるすべてのチップ & はガリレオ対応ですが、使用中のGNSS TS製品の40%以上 & がガリレオ対応です。

マルチコンステレーションの採用は、レジリエンスの向上と可用性の向上(特に減衰環境、都市の峡谷、または農村部)の需要に対応しています。しかし、一部のオペレータは、解決する可能性のある問題に対する認識が欠如し、複数の星座を追跡できないネットワーク内のレガシー機器との不整合が生じるため、マルチコンステレーションソリューションの採用に消極的なままです。

したがって、今日のタイミング受信機の50%は少なくとも2つの星座を処理することができます。マルチコンステレーション受信機の中で、大多数(60%以上)4つの星座を処理することができます。3つの星座(マルチコンステレーション受信機の約20%)のみを処理できるプロのアプリケーションはほとんどありません。

ガリレオの最も高い浸透はヨーロッパで、次いでアジア太平洋(GLONASSに似ています)。BeiDouとガリレオはヨーロッパでも同様の浸透を持っています。

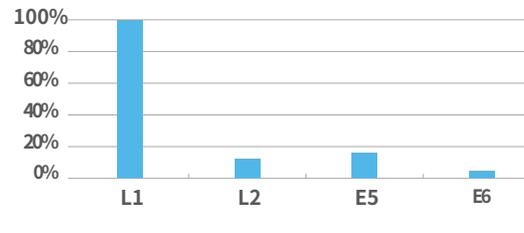
多周波数採用

限定株(13%)GNSS時間製品の多周波数を提供し、L1 + L2が選択した優勢な周波数ペアリングを提供し、その後すべての周波数を利用しています。L1 + L2シェアは、L1 + E5製品、あるいは三重周波数L1 + L2 + E5機能を支持して減少することが期待されています。

多重周波数ソリューションは、現在、精度を向上させ、堅牢性を高めるために、ハイエンドソリューションにのみ統合されています。したがって、デュアル周波数受信機と三重周波数受信機の普及率は低いまですが、今後5年間で成長が見込まれる。

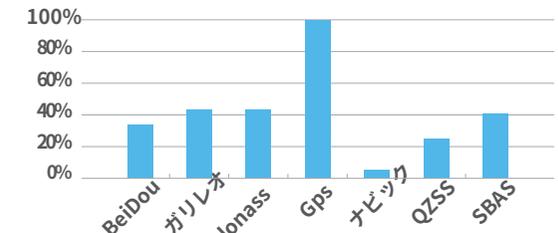
デュアル周波数ソリューションは、重要なインフラの堅牢性の向上に対する需要の増加に対する対応の1つとして、北米とヨーロッパでのみ展開されています。

GNSS受信機の周波数能力¹



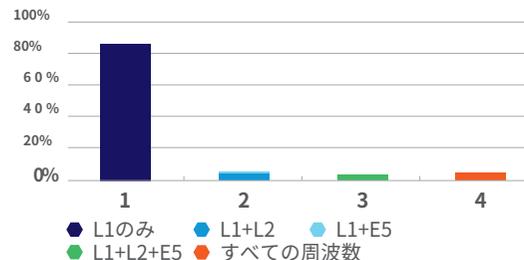
¹は、各周波数帯域をサポートする受信機の割合を示します。

GNSS受信機の星座能力²



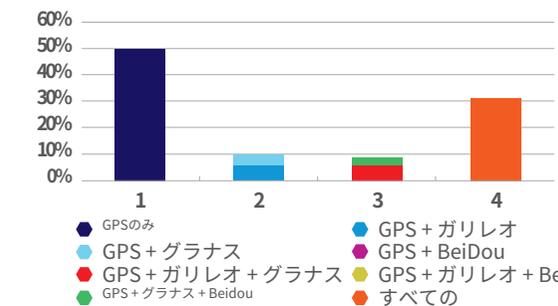
²は、各星座を追跡することができる受信機の割合を示しています

GNSS受信機でサポートされる周波数³



³は、1、2、3、またはすべての4つの周波数を追跡することができる受信機の割合を示しています

GNSS受信機でサポートされる星座⁴



⁴は、1、2、3、または4つのグローバル星座を追跡できる受信機の割合を示しています

GNSSレジリエンス機能の強い採用に向けて

&TS受信機メーカーは、信号の中断や破損に対するGNSSレジリエンス機能の実装に強い関心を示しており、この関心は今後5年間で高まると予想されています。多重星座と多周波数機能は、TS受信機の堅牢性を高める優れたアプローチであり続けています & が、抗干渉監視アルゴリズムは現在、TS製品の10%によって提供 & され、次いで8%のアンチスプーフィング監視アルゴリズムが提供されています。

T-RAIMの完全性監視アルゴリズムは、TSレーバ市場で幅広いレベルの採用を得 & ており、TS GNSS製品の7%以内で提供されています & 。T-RAIMアルゴリズムの性能は、二重周波数測定の実用性により劇的に向上することが期待されます。したがって、デュアル周波数受信機の数の増加は、T-RAIMアルゴリズムの使用の成長を促進する可能性があります。デュアル周波数受信機の実用性の向上は、シングルバンド干渉に対する緩和および回避性能を向上させるために、干渉防止監視アルゴリズムにもメリットをもたらすと期待されています。



特殊な要求に応えるために開発されたGNSSタイミングデバイス

タイミングデバイスマクロセグメントの代表的な最新のレシーバ仕様

機能	チップ	モジュール	OEMボード	標準スロット	パッケージ化システム	モジュラーシステム
寸法	5 x 5 x 0.36 mm	24 x 30 x 4,5 mm	100 x 50 x 20 mm	SFP、PCI/PCIe 拡張スロット	1 ラックユニット	単一または複数のシャーシ
チャンネル数	12 ~ 72 チャンネル	12 ~ 72 チャンネル	12 -112 チャンネル	12 -112 チャンネル	12 -112 チャンネル	100チャンネル以上
星座	多星座	多星座	多星座	多星座	多星座	多星座
周波数	単一周波数帯域(L1/E1)	単一周波数帯域(L1/E1)	単一周波数帯域(L1/E1)、一部は多周波数(L1/E1、L2、L5/E5)	単一周波数帯域(L1/E1)	単一周波数帯域(L1/E1)、一部は多周波数(L1/E1、L2、L5/E5)	単一周波数帯域(L1/E1)、一部は多重周波数
出力時間精度	20 ns	15 - 50 ns	10 -150 ns	25 ns - 1us	5 ns - 1 ms* *NTPモード	10 ns - 10ms* *NTPモード
ホールドオーバー	N/a	ベーシックホールドオーバー(VTCXO/TCXO)±24時間で5µs	オシレーターオプションに依存する: 基本ホールドオーバー(TCXO/OCXO)±24時間フルホールドオーバー(Rb/Ca)±24時間で1.1 µs以上	オシレーターオプションに依存: ベーシックホールドオーバー(TCXO/OCXO)±5µs wer 24時間フルホールドオーバー(Rb/Ca)±24時間で1.1 µs	オシレーターオプションに依存: 基本ホールドオーバー(TCXO/OCXO)±24時間フルホールドオーバー(Rb/Ca/CSAC)±24時間で1.1 µs	オシレーターオプションに依存: 基本ホールドオーバー(TCXO/OCXO)±24時間フルホールドオーバー(Rb/Ca/CSAC)±24時間で1.1 µs
出カOUNTERフェイス	10 MHz、1 PPS	10 MHz、1 PPS	10 MHz、1 PPS、NTP/SNTP、IRIG-x	10 MHz、IEEE-1588v2(PTP)、同期、1 PPS、G.8272 V.11、STANAG/ハヴクイック、IRIG-x	10 MHz、IEEE-1588v2(PTP)、同期、1 PPS、NTP/SNTP、G.8272 V.11、STANAG/ハヴクイック、IRIG-x	10 MHz、IEEE-1588v2(PTP)、同期、1 PPS、NTP/SNTP、G.8272 V.11、STANAG/ハヴクイック、IRIG-x
動作温度範囲	-40/85°C	-40/85°C	-40/85°C	-40/85°C	-40/85°C	-40/85°C
アンテナ	外部、アクティブ、パッシブサポート	外部、アクティブ、パッシブサポート	外部、アクティブ、パッシブサポート	外部、アクティブ、パッシブサポート	外部、アクティブ、パッシブサポートされているスマートアンテナが開発中	外部、アクティブ、パッシブサポートされているスマートアンテナが開発中
GNSSの復元機能	マルチコンステレーション、アンチ干渉	マルチコンステレーション、アンチ干渉、TRAIM	マルチコンステレーション、アンチ干渉、TRAIM	マルチコンステレーション、アンチ干渉、アンチスプーフィング	マルチコンステレーション、干渉対策、スプーフィング対策、TRAIM	マルチコンステレーション、干渉対策、スプーフィング対策、TRAIM
価格帯	30 - 50ユーロ	75 - 5000ユーロ	200 - 5000ユーロ	500 - 3500ユーロ	500 - 12000ユーロ	3000 - 60000ユーロ

免責事項: 上記の仕様は、最新製品のメーカーの公開された文献に基づく典型的なデバイスを表します。その結果、インストールされた受信機の特性と上記の特性と間に不一致が存在する可能性があります。

意思決定プロセスにおいてレジリエンスがますます重要であり、ホールドオーバーの選択が最も重要である

T & S機能は、最も重要なインフラにとって非常に重要であり、国家レベルやクロスカントリーレベルでマイナスの影響を与えることなく、長期間にわたって中断することはできません。GNSS干渉、妨害、なりすましイベントの発生は2019年に史上最高に達し、信号の中断や破損に対して堅牢なGNSS受信機を持つことの重要性を確認しました。ほとんどの専門のT & S商用アプリケーションは、マルチコンステレーション、干渉防止、スプーフィング防止、T-RAIMソリューションなどの復元性機能を提供します。

これらの機能はGNSS信号の中断に対して完全に保護されないため、T & Sアプリケーションに依存する安定性のレベルを持つホールドオーバー機能 & が必要です。基本的なホールドオーバーが必要な場合、オープン制御水晶発振器[OPO](TSソリューションの63%) & 温度補償水晶発振器[TCXOs](36%)は、すべてのフォームファクターに最も一般的なオシレーターオプションです。最も厳しいホールドオーバー要件に関して、ルビジウム時計は最も広く提供されているオプション(35%)であり、セシウム時計とチップスケール原子時計(CSAC)はそれぞれTSソリューションの8%と5%を占めています &。たとえば、通信や電気伝送などの一部のアプリケーションでは、マイクロ秒の精度が必要な場合があります。基本的なホールドオーバー機能により、GNSSの破壊は1マイクロ秒の精度を超えることなく5時間まで保持することができます。これは完全なホールドオーバーで22時間以上に延長することができ、サービスの品質を危険にさらすことなく、メンテナンスのためのより多くの時間を可能にします。

T & S製品の大半は &、電気通信アプリケーションをターゲットにし、エネルギーと一般的な計時が続きます。金融取引業界のニーズは、現在の製品の15%によって対応できます。

GNSS タイミング デバイスは、商用アプリケーション用の特殊なチップから、シャーシラックのハイエンドの最終モジュールソリューションまで多岐に及びます。各ソリューションは、特定のターゲット市場における最適な価値提案を確実にするために開発されています。そのため、多くの機器の選択肢があり、デバイス間の選択は、通常、精度要件、ホールドオーバー機能、インターフェイス、およびコストの間のトレードオフです。

精度レベルは、タイミングソリューションを選択する際に考慮すべき重要な側面です。

タイミング同期精度は、使用中のタイミングと同期ソリューションによって異なります。たとえば、ネットワークタイムプロトコル(NTP)インターフェイスに依存する場合はナノ秒の精度は期待できません。一部のハイエンドT & Sソリューションは、デュアル周波数モードで4つの星座を追跡する機能、マルチパスの実装、干渉軽減アルゴリズム、原子時計の採用により、最大5ナノ秒の精度に達できるようになりました。

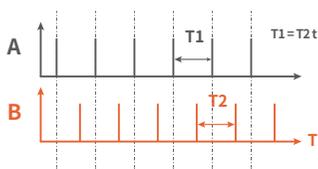
インターフェイスとプロトコルは、ネットワーク全体のパフォーマンスに影響を与えます。

T & Sチップとモジュールがパルス/秒(PPS)および10 MHzインターフェイスのみを提供する場合、ハイエンドのT & S受信機はできるだけ柔軟に設計されています。また、複数のインターフェイスを提供し &、TSサーバーの高精度タイムプロトコル(PTP)、NTP、プライマリ基準時間クロック(PRTC)、同期イーサネット(SyncE)同期単位など、さまざまな目的に使用できます。白ウサギのベースのソリューションは現在開発中ですが、今後数年間でますます採用される可能性があります(白ウサギのプロトコルの詳細については、82ページを参照)。

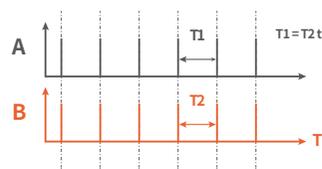
タイミングと周波数転送技術:パノラマ

時間、フェーズ、周波数の同期は、さまざまなニーズに対応します

タイミングと同期 (T & S) は、一般的に時刻分布とクロックの位置合わせの総称として使用されていますが、3種類の同期が実際に存在します。これらの様々なタイプの同期では、GNSS受信機出力は周波数基準信号(10MHz出力)、基準タイミング信号(パルス/秒またはPPS出力)、または時間基準(例えば、範囲間計装グループまたは'IRIG'、全米海洋電子協会またはNMEA'出力)として使用することができます。



周波数同期とは、ネットワークのリアルタイムクロックに周波数基準信号を分布させるものです。クロックAとBのパルスのリーディングエッジは、同じ速度ですが、異なる位置にあります。



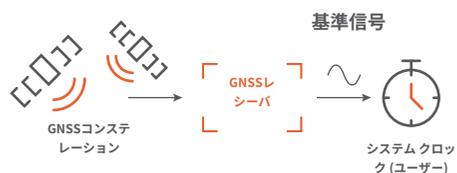
位相同期は、基準タイミング信号をネットワークのリアルタイムクロックに分配することです。クロックAとBのパルスのリーディングエッジは同じ位置にあります。クロックAとBのフェーズと周波数は整列していますが、共通の時間の原点(または「エポック」)を共有していません。



時刻同期は、ネットワークのリアルタイムクロックへの時間参照の分布です。クロックAとBのパルスのリーディングエッジは、同じ瞬間と同じ時間です。彼らは共通の時間スケール(例えば、UTC、国際原子時、GPS)と関連する時間の起源(または「エポック」)を共有しています。時間同期化の配布は、フェーズと周波数の同期を実現する1つの方法です。

3つの主要なタイプの時間と周波数転送方法を使用してネットワークを同期できます。

時間と周波数の転送は、複数のサイトが正確な基準時間と周波数を共有するスキームです。複数の方法が時間の経過とともに開発され、そのうちの2つはGNSSの使用を伴う。

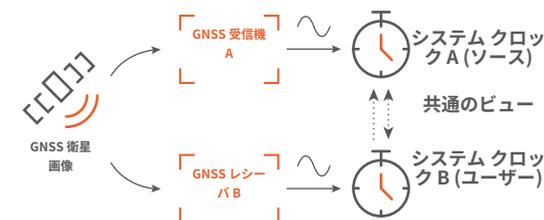


一方向方式

一方向の時間転送システムでは、GNSSコンステレーションは、その後、時間参照にローカルクロックを調整するGNSS受信機に標準時間参照を送信します。この方法は最も単純ですが、最も正確ではなく、視野のGNSS星座によって異なります。

共通ビュー方式

同じGNSS衛星クロックは、2つの別々のサイトにある2つのGNSS受信機に標準および共通の時間参照を送信するために使用されます。各GNSS受信機は、時刻情報を独自のシステムクロックに報告します。その後、2つのシステムクロック間の時間差は、クロックAとクロックBで測定された到着時刻を同時に比較することによって正確に決定されます。このような方法では、一方向方式に対する精度が向上しますが、クロックAとクロックBの間の通信チャンネルが必要です。



双方向方式



ローカルクロックAとリモートクロックBは同時にメッセージを交換して、時間差を決定します。これらのメッセージの交換には、衛星通信とデジタルネットワークの両方を使用できます。共通のビューとは異なり、GNSS信号は仲介参照として使用されず、クロックAとBに同時に送信する必要はありません。



GNSSテクノロジーはタイミングと同期化ネットワークアーキテクチャの重要な役割を担っています

デジタルネットワークのタイミングと同期の基準を理解する

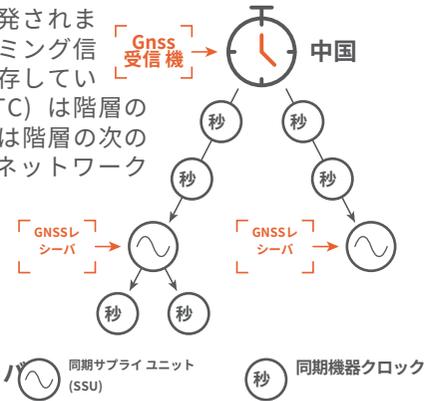
同期ネットワークの実装は、デジタルネットワークが提供するアプリケーションの種類(例: データ、音声およびビデオ交換、タイムスタンプ)によって異なります。業界は、デジタルネットワーク上の時間と周波数の輸送のための3つの主要な基準を確立しています。同期イーサネット(同期)、ネットワーク タイム プロトコル(NTP)、および正確なタイム プロトコル(PTP)

これらの基準は、階層の最上部にある最も正確なクロック(またはタイムサーバ)を同期したり、下位階層レベルを通して実行されるタイミング信号を再生成するためにGNSS受信機が一般的に使用される階層的なタイミング分布ソリューションで構成されています。

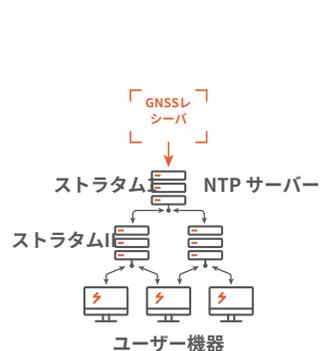
物理層周波数分布のための同期アーキテクチャ

イーサネットはデータ伝送の主要な技術となっています。ただし、イーサネットの非同期性は、音声/ビデオ伝送やハンズオフ コールなどのサービスでは、ソース ノードと destinations ノードを同期する必要がある場合の障害になる可能性があります。

SyncE標準は、このような落とし穴への答えとして開発されました。この規格はクロック階層に基づいており、タイミング信号の分布のためにイーサネットデータストリームに依存しています。一般に、プライマリ基準タイム クロック (PRTC) は階層の最上位に配置されます。同期サブライ ユニット(SSU)は階層の次のレベルに配置され、同期機器クロック(SIC)から伝送ネットワーク ノードの一部として実装される他の SFC への移動に沿って PRTC タイミング信号を再生成するために使用されます。GNSS 信号は、一般的に PRTC と SSS を共通の時間参照でフィードするために使用されます。



時間と頻度の分散のための NTP アーキテクチャ (サーバクライアント階層)



IETF RFC 5905 で定義されている NTP は、現在 4 番目のバージョンです。このプロトコルは、ネットワーク全体の時間を維持するために最も古く、最も広く使用され、受け入れられている標準の1つです。基本的な NTP ネットワークは、NTP タイムサーバとユーザ機器(ワークステーション、ルータ、その他のサーバなど)で構成されています。NTP ネットワークは、通常、潜在的なトラフィックの輻輳や中断を防ぐために、階層構造に構造化されます。サーバがストラタムレベルに割り当てられるたびに、サーバは正確なソースからの距離に対応します。GNSSなどの標準のタイムソースに直接アクセスできるのは、ストラタム1サーバだけです。

プライマリクロック基準規格の進化

ITU通信標準化部門(ITU-T)は、GNSSを活用した一次クロック規格の進化に積極的に貢献しています。

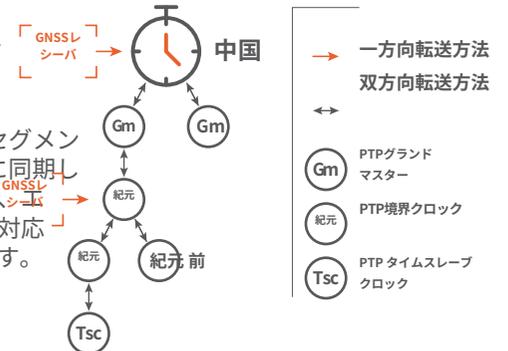
2012	2016	2020+
PRTC ITU-T G.8272 時間、フェーズ、freq. Perf. = 100 ns	ePRTC ITU-T G.8272.1 時間、フェーズ、freq. Perf. = 30 ns	仮想 PRTC 標準定義の時間、フェーズ、および freq. = 100 ns

PRTC規格は、イーサネットの使用の増加に対応する2012年に誕生しました。時間の経過とともに、2種類のPRTC (PRTC-A および PRTC-B) が指定されており、どちらも GNSS に依存しています。2016年には、パフォーマンスを向上させ、GNSSの停止から保護する必要があり、強化PRTC(ePRTC)と呼ばれる新しい標準が登場しました。GNSSに加えて、ePRTCは原子クロックからの入力(例えばセシウム)を周波数参照として使用します。2020年以降、5Gの採用により、同期パラダイムに大きな変化が生まれる見込みです。5Gは、多数のセルタワーに近いePRTCの使用を必要とすることが期待されています。5G導入を成功させるために、仮想PRTCの概念は業界によって導入されました。PTPを使用して光ネットワークを介してePRTC時間参照を送信することで、セルタワーに近いePRTCのインストールを回避します。

時間と周波数の分散のための PTP アーキテクチャ (マスタースレーブクロック階層)

PTP は、IEEE 1588 で定義されているように、パケットが送信された時刻の正確なタイムスタンプを含むメッセージの送信により、2つのクロック間の正確な時刻転送を可能にします。メッセージの繰り返しの送信は、周波数の誘導を可能にします。

NTP とは異なり、PTP クロックはより特殊な装置です。PRTC 時間基準信号 (GNSS 信号にロック) は PTP グランドマスターに配布され、境界クロックに依存して1つのネットワークセグメントを別のネットワークセグメントに同期します。PTP 時間スレーブクロックは、エンドアプリケーションのクロックに対応し、境界クロック同期参照の宛先です。





&TSネットワーク精度の向上は主要な研究分野

タイミングと周波数の精度要件は、5Gの採用に伴って増加すると予想され、現在のタイミングと同期化ネットワーク機能を超える可能性があります。その結果、&TSネットワーク精度の向上が主な研究分野の一つとなっています。

緊密な同期精度を達成することは、ネットワーク事業者にとって大きな課題です

ネットワーク内のプライマリ基準クロックの同期精度を確保することは困難です。実際、いくつかの要因が&TS精度の低下に寄与し、そのうちのいくつかはGNSSに関連している。

- 自然効果:** 電離層はGNSS受信機の時間誤差の最大の原因です。実際、電離層を通るGNSS信号遅延は宇宙天気(例えば太陽活動)に依存し、24時間の日循環を有する。タイミングデュアル周波数受信機は、このエラーを減らすためにますます利用されています。高度なT-RAIMアルゴリズムの開発は、タイミングユーザーにGNSSの整合性を提供するためにも非常に重要です。
- GNSS受信機(ローカル)環境:** GNSS受信機の精度は、そのローカル環境、より具体的には干渉およびマルチパスの影響によって影響を受ける可能性があります。アンテナ、事前相関、相関後の各レベルでは、GNSS受信機をより正確かつ堅牢な環境に合わせるために、いくつかの検出および軽減技術が開発されています。
- GNSSハードウェア:** アンテナフェーズセンターとレシーバコード相関ポイント間のハードウェア効果により、GNSS信号が遅延(またはアドバンス)される場合があります。このような効果に対抗するために、GNSS受信機は2つの方法で較正することができます。絶対または相対。このような校正は劣化の影響を受ける可能性があり、定期的に繰り返す必要があります。
- 内部クロック:** ノイズとトランジェントは、時間ジッターにつながり、物理層をさまようタイミングと同期の精度にも影響を与え、同期ネットワークによって適切にフィルタリングされるネットワーク層のパケット遅延変動(PDV)に寄与します。
- アーキテクチャと実装:** ネットワーク層のPDVは、コンポーネント、アーキテクチャ、およびネットワーク要素の実装によって異なります。ネットワーク内の非対称スレーブマスターリンクとマスタースレーブリンク、およびスイッチやルータなどの異なる要素の使用は、ネットワーク内でさらにPDVを生成します。

光学時間移動(OTT)ソリューション:ナノ秒以下の精度に向けて

OTT プロジェクトは、高性能で信頼性の高い時間と周波数のサービスを提供するファイバー技術を活用することを目指しています。

OTTは光ファイバー技術を利用して、(長年の温度変化、地球の回転、および色分散による)遅延変動が前後方向に非常に同様に影響を与える、長距離(数百キロメートル)にわたって非常に対称的なリンクを組み立てます。これらの高対称リンクにより、入力信号とフィードバック信号の位相差(往復)を測定し、補正することで、周波数伝搬遅延を正確にモニタリングできます。この補正メカニズムにより、ネットワーク事業者は、プライマリクロックを比較する際にナノ秒以下の不一致しか発生しない見込みです。



ホワイトラビット: ホワイトラビット(WR)の最初の商用スイッチは、CERN、GSIヘルムホルツ重イオン研究センター、および汎用データ転送とナノ秒以下の精度時間分布のためのオープンソースイーサネットベースのネットワークの開発を目指す大学や業界のパートナーを含む共同プロジェクトの名前です。これは、SyncE や PTP など、イーサネット上のタイミングを改善するための最新の開発を活用します。

WR プロジェクトでは、ファイバ伝送の遅延をキャンセルするが、同期トラフィックオーバーヘッドを生成する従来の双方向 PTP スキームを使用する代わりに、各スイッチの送信クロックに関して、バウンズバック クロックのフェーズ(SyncE に似た)の連続測定を使用します。

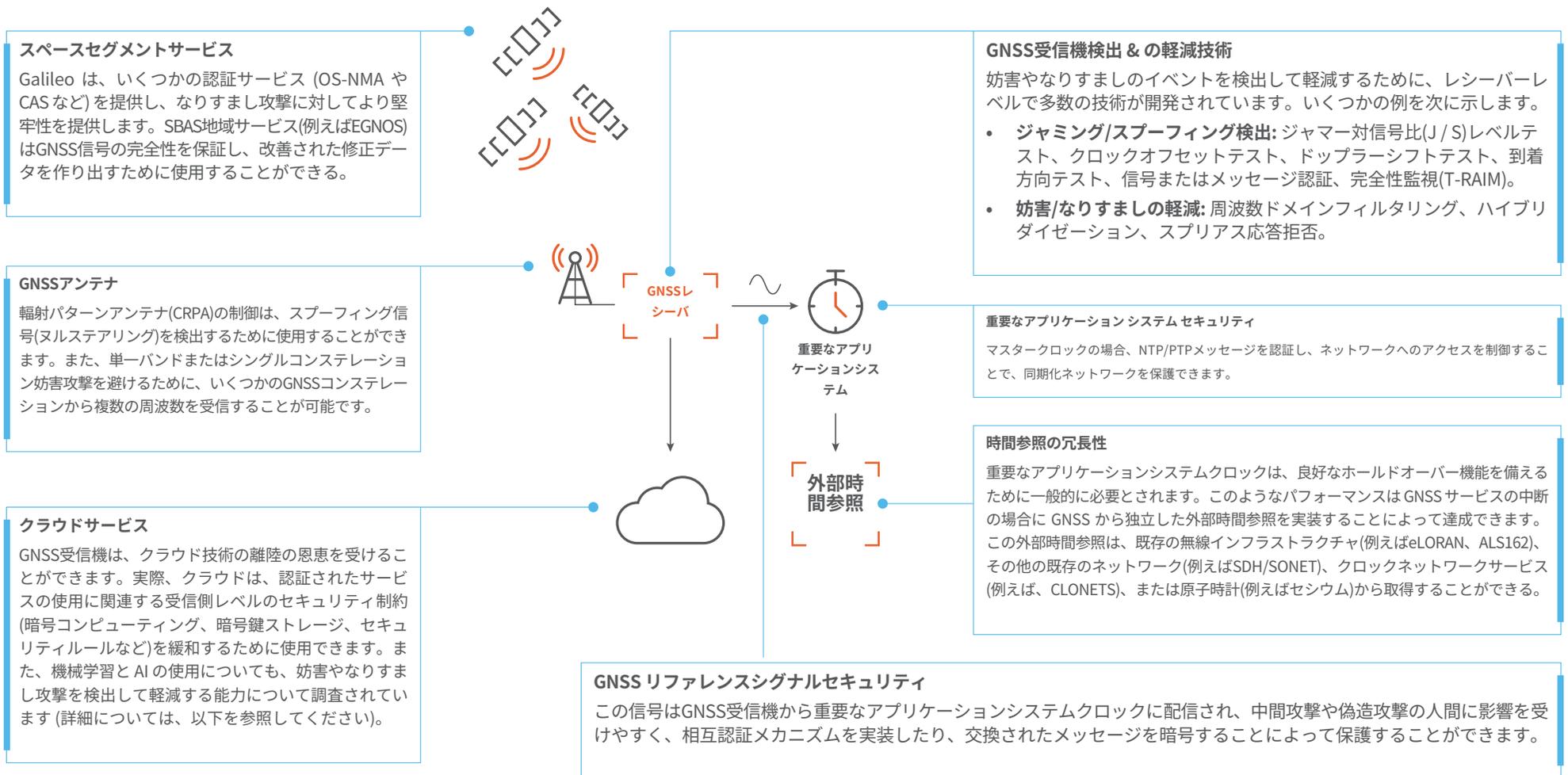
WR システム構造の中心コンポーネントは WR スwitch です。TS & 規格 (NTP/PTP、SyncE など) については、階層的なタイミング分布アーキテクチャが使用されます。階層内の最初の WR スwitch は、外部ソース (例: GNSS) からその「クロック」を受信し、時間情報を階層内の下位の他の WR スwitch に送信します。

開発された最初のWR要素は、スペインとCERNの政府によって資金提供され、セブンソリューションズによって生産された「白いウサギスイッチ」でした。それ以来、OPNTやCreoTECHなどの企業も独自のWR商用ソリューションを開発してきました。

2015年から2016年の間に、WRはHorizon 2020プロジェクトDEMETRAサービス#3によって正常に配備され、地上ファイバーサービスを使用してガリレオの正確なUTCを配布するためのテストを受けました。



重要なアプリケーションの時間の保護は、配信チェーン全体で考慮する必要があります



人工知能と機械学習を使用したGNSSの妨害とスプーフィングの軽減

GNSSの妨害やなりすましを軽減するもう1つの研究分野には、機械学習と人工知能技術が含まれます。これらのソリューションは、ネットワーク内のすべてのGNSS受信機から収集された膨大な量のデータと、GNSS衛星(衛星エフェメリスなど)から独立したソースから収集された外部データ、GNSSのメンテナンス(例えば、予測または予定外の衛星停止)、または気象/宇宙気象データ(例えば、イオン圏の状態、トロポスフェリック経路遅延)を利用します。位置と時間に加えて、ネットワーク内の各GNSS受信機は、視野、キャリア対雑音比(CNR)、方位角、標高、または自動ゲイン制御(AGC)の一覧を提供することができます。人工知能と機械学習アルゴリズムは、この膨大な量のデータを処理し、リモートサイト分析や潜在的なGNSSサービスの劣化、特にGNSS妨害やスプーフィングの自動検出など、さまざまなサービスセットを提供するために使用されます。

高精度のGNSSタイミングは将来のアプリケーションをサポートします

5Gの採用:新しい同期パラダイム

5Gは、それが可能になる新しいビジネスチャンスのために非常に待ち望んでいます。ただし、低遅延と増加したデータ帯域幅を持つすべてのデバイスを接続するタイミング同期の精度の点では非常に厳しくなります。

実際、5Gの高度な無線機能(例えば、強化されたセル間干渉調整、共同伝送)により、タイミング同期精度要件は4Gの1.5マイクロ秒から5Gの130ナノ秒に上昇すると予想されます。このような要件は、5G開発の次の段階で65ナノ秒まで上がる可能性さえあります。

さらに、まだ議論中であっても、5Gネットワークは、ロケーションベースのサービスや緊急電話へのサポートとして、10メートル(ユーザーの80%)の範囲内の接続デバイスの位置を推定する必要があります。このようなポジショニング機能は、5Gネットワークに対してさらに厳しいタイミング同期精度要件を必要とする可能性があります。

ホワイトラビットスイッチ、PTPとSyncE(同期イーサネット)の組み合わせ使用は、十分なタイミングと同期精度のパフォーマンスを提供することが期待され、通信サービス事業者によって検討されています。これらの規格はGNSSを使用しますが、外部の時間参照として原子時計(例えばセシウム)に依存することもあります。しかし、5G要件が満たされていることを確認するには、テストデバイスの改良が必要であり、これは大きな課題と考えられています。

新たな輸送アプリケーションはGNSS T Sに依存しています &

GNSS T & Sは、輸送用途に広く使用されています。たとえば、航空ではGNSSは4Dアプリケーションの重要なコンポーネントですが、航空交通管制のタイミング基準としても使用されます。

さらに、スマート車や自動運転車などの新しい輸送アプリケーションには、開発のために強力なコミュニケーションと接続性が必要です。この通信を確実に行うために、V2X(車両から全てへ)というセルラーベースのプロトコルが定義されています。この新しいプロトコルにより、車両は他の車両(V2V)、歩行者(V2P)、ネットワーク(V2N)、および周辺インフラストラクチャ(V2I)と通信することができます。

過去や将来の情報の交換や使用を避けるために、各車両は独自のGNSS受信機を標準の時間基準として使用し、V2X通信ネットワークを介して交換する前に(車両センサーまたはコンピュータから来る)データを一貫してタイムスタンプします。

車両が要素を移動する際には、ネットワークトポロジーが柔軟でなければならず、車両はデジタルセルラーネットワークを通過できない通信を行う必要がよく、そのような場合にはサイドリンクネットワークが確立される。サイドリンクネットワークを確立する際、ネットワークの1台の車両が同期ソース(デジタルセルラー基地局の置き換え)として指定されます。この車両はGNSSタイミング情報を使用して同期信号を生成し、他の車両がV2Xフレームの開始位置と終了位置を決定できるようにします。

ロボットも時間が必要です

ロボットは、そのタスクを実行するために、データを生成している複数のセンサー(例えば、ビデオ、走行距離計、レンジセンサー)を埋め込みます。センサーが同期されていない場合、ロボットは時間外または将来のセンサーデータ(他のセンサーデータと比較して将来タグ付けされたデータ時間)に基づいて動作することができます。

同期に使用される方法は、ロボット内に埋め込まれたGNSS受信機ユニットを直接使用してロボットセンサーを同期化するために使用できる適切なパルス/秒(PPS)信号を得ることによって、NTPやPTPなどのタイミングと同期の標準を使用してソフトウェアベースにすることができます。

ロボットが業界や保健業界で達成しなければならないタスクの複雑さの高まりを考えると、タイミング同期精度の要件が高まると予想されます。

目に見えないユーティリティ:位置、ナビゲーション、タイミングクリティ
カルインフラストラクチャは、位置、ナビゲーション、タイミング(PNT)に依存しており、GNSSを使用してほぼ独占的に配信されています。GNSSエラーの脅威は現実のものとなっています:信号異常、地域の混乱、さらには世界的な停止が既に発生しています。世界中の政府は現在、この深刻な脅威から守るための計画と解決策を重要なインフラプロバイダーに求めています。



多星座技術はほとんどのGNSS受信機のための標準的な機能となっている。GNSSの妨害、なりすまし、地政学的不安の不確実な世界では、複数のGNSS星座を追跡する能力は、もう一つの要素を提供することができます

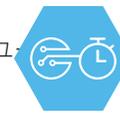


©マイクロチップ

運用上の安心感を持っています。ガリレオとGPSは、モバイル/通信ネットワーク、公共電力網、金融取引、データセンター、航空および緊急サービスなどの重要なインフラ内で使用するための最も理想的なグローバルGNSSコンステレーションとして見られます。複数のGNSSコンステレーションを追跡するほかに、オペレータはGNSS異常を検出できる高度な監視ソリューションを展開し、異常な状態が解消されるまでバックアップソースに切り替えることができます。

精密タイミングソリューションのリーディングサプライヤーであるマイクロチップは、世界中の重要なインフラストラクチャに対して実証済みの高い安全性と弾力性を備えたGNSSソリューションを提供しています。

会社が提供する証言



高度なタイミング機能

重要なタイミング同期分野におけるユーザーコミュニティのニーズにより良いサービスを提供するために &、GSAは機能とアプリケーションの開発を継続的に監視しています。以下の機能は現在、密接に従っています。

1-時刻の整合性

時間の整合性により、特定のレベルの信頼が保証され、ユーザーはガリレオシステムによって発信されるタイミング情報に入れることができます。

このインジケータまたはフラグは、Galileo のステータス、整合性、および修正データ情報を補完するものとして、既存の Galileo OS ナビゲーションメッセージに追加できます。

ガリレオ時間整合性機能のため、タイミングユーザーはガリレオ信号の完全性をテストし、ガリレオのタイミングの状況を知らせることができます。システムは、監視、監視されていない、使用しない、指定された Timeto-Alert (TTA) 内の 3 つの状態を提供する場合があります。

2-認定時間ステアリングとモニタリング

多くのアプリケーションは現在、操作の継続性を確保するために、ローカルタイムソースに依存しており、安定性は限られています。

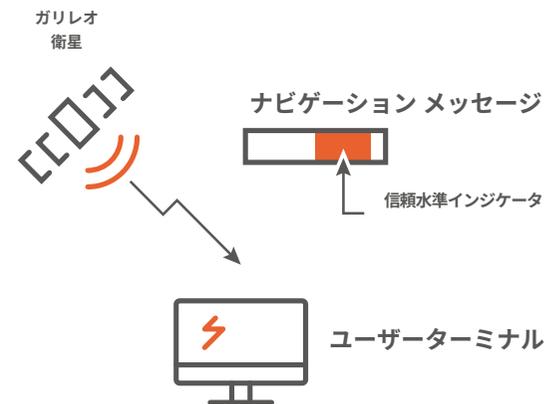
GSAが監視する開発機能の1つは、ガリレオからのステアリング補正を通じて、これらの局所発振器の安定性を向上させることを目的としています。これにより、大量のダウンストリームアプリケーションに対して、正確で信頼性の高い時間認証ソリューションが提供される可能性があります。

3-信頼できる時刻の配布とリモート監査

GSA は NTP (PTP) を使用したインターネット経由の UTC 時間と頻度の普及や、クライアントのクロック同期のリモート評価に密接に従っており、監査とレポートを可能にします。

これは、追跡可能性を必要とする多くのアプリケーションの基本となる 3 つの主要な機能に基づいています: 信頼できる時刻の配布、リモート監査、クライアントクロックの遡及時間検証。

時間整合性関数



4-堅牢な正確な時間

システム障害や妨害やスプーフィングなどの攻撃に対して堅牢な GNSS 信号を使用したネットワークの同期化は、重要な課題です。この点で、アプリケーションは、テレコムアプリケーションの要件に準拠するなど、非常に厳しい精度要件を持つGNSSを使用して、数千キロメートル離れた原子時計のネットワークを同期させることができます。

このタイプのアプリケーションに関連する機能は、1)ノード数または地理的範囲の観点からスケーラビリティ、2)認証、完全性および機密性に対するマルチレイヤーアプローチによって提供されるセキュリティ、および3)既に動作しているシステムとの互換性です。

重要なインフラストラクチャは、ガリレオ認証サービスでより堅牢になります

より堅牢性を高めるガリレオ認証サービス

GNSS スプーフィングの脅威が増大し、GNSS タイミングおよび同期化アプリケーションに対する重要なインフラストラクチャの依存が高まる中で、より堅牢なタイミングソースの必要性が重要になっています。この懸念の高まりに対応して、ガリレオプログラムは2つのE-GNSS民間認証サービスを設計しました。

- **ガリレオ OS ナビゲーションメッセージ認証 (OS-NMA)** は、ガリレオ OS と比較して、無料アクセスで強化された認証容量を提供します。
- **ガリレオ商業認証サービス (CAS)** は、ガリレオ OS-NMA と比較して、潜在的に有料に条件付けされたアクセスで、強化された認証容量を提供します。

E-GNSS 認証サービスのおかげで、時刻ソースの有効性はユーザーによって知られており、UTC (協定世界時) に対する安全で正確な時刻トレーサビリティを得ることができます。特に OS-NMA は、(セキュリティ制約と追加の計算要件の観点から) 受信側に対するわずかな影響を持つスプーフィングに対する堅牢性の第1レベルを提供します。これは、セキュリティの向上に関心を持っているが、暗号管理の制約だけでなく、追加のGNSS受信機コストに対処することに消極的な市民ユーザーのためにアピールします。

ファンタスティック:ガリレオ OS-NMA は、なりすましやミューティングに対する堅牢性を提供します

ファンタスティック、FEの資金調達メカニズムによって資金を提供するプロジェクトは、時間認証とスプーフィング検出と拒否を実装する安全なGNSSタイミング製品に向けた最初の商業的ステップです。とりわけ、FANTASTICプロジェクトはOS-NMAの利点をアンチスプーフィング技術として評価しました。

認証ソフトウェアは、OS-NMA インターフェイス 制御ドキュメント (ICD) のバージョン 1.1 に対して開発および検証されています。認証ソフトウェアは、ナビゲーション メッセージを認証し、認証された場合のみ、ポジショニング エンジンでの使用を許可します。また、認証に関する異常が検出された場合にリアルタイムで信号をブロックするオプションもあり、通常は約1分でスプーフィング攻撃を軽減します。

詳細については、次の gnss-fantastic.eu

重要インフラ堅牢性(GIANO)向けガリレオベースタイミングレシーバーの開発



タレスアレニアスペースは、干渉、妨害、なりすましに対して重要なインフラストラクチャをより堅牢にすることを目的としたGIANO受信機の開発のためのGSAのFE資金調達メカニズムの下で助成金を授与されています。開発および検証されるタイミングプラットフォームプロトタイプは、タレスアレニアスペースのプロフェッショナル製品を含むすべての最新の革新的な技術を統合し、リーズナブルなコストで回復力と精度を向上させる将来のガリレオベースのタイミングレシーバーへの道を開きます。

詳細については、次の gianoproject.eu

ガリレオ認証された堅牢なタイミングシステム(GEARS)



FEが資金を提供し、オロリア、FDC、NLR、NLS-FGI、NavCertを集めるコンソーシアムは、タイミングと同期受信機のプロトタイプを開発しています。このプロジェクトは、正確なデュアル周波数時間転送やOS-NMAなどのユニークなガリレオサービスのメリットを活用して、タイミングと同期化アプリケーションの新しい標準を構築し、前例のない信頼性と信頼性を実現しています。複数層フィルタリングアプローチは、無線周波数およびサイバー脅威に対する堅牢で安全で適応性のある保護を実現します。そのため、重要な操作に対して確実なサービスを設定します。

詳細については、次の gnss-fantastic.eu

安全および責任に重要な主要なパフォーマンス・パラメータ

キー パフォーマンス パラメータ (KPP)* EGNOSの貢献	ガリレオの貢献
精度	●●●●
可用性	●●●●
継続	●●●●
整合性	●●●●
堅牢性	●●●●
最初の修正までの時間 (TTFF)	●●●●

●●●● GNSSアプリケーションを可能にする主要な貢献

●●●● 中程度の貢献、ユーザーエクスペリエンスの向上

●●●● 低い貢献度、パフォーマンスは改善されましたが、ユーザーレベルで大きな違いはありません

* 主要なパフォーマンスパラメータはAnnex 3で定義されています

編集者特別:ヨーロッパ のための宇宙データ



概要	88
EU宇宙インフラ	89
データ管理をサポートするツール	90
クラウドサービス	91
課題	92
ビジョンとメリット	93
データとグリーンディール	94

データ管理全体におけるスペースデータの役割が増大

世界的に生産されるデータ量は、息を呑む速度で増加しています。IDCの「データ年齢2025」のホワイトペーパーでは、世界のデータの総額は2018年の33ゼタバイトから2025年には175ゼタバイトに達すると推定され、年間成長率は61%です。ヤードスティックを提供するために、ゼタバイトは1兆ギガバイトに対応し、データを提示している間、IDCは「175 ZBをブルーレイディスクに保存できたら、月に23回行くことができるディスクの積み重ねがあります」とコメントしています。

間違いなく、この膨大な量の情報の保管、交換、処理、および関連技術の開発は、現在の技術革命の最前線に立つでしょう。人工知能(AI)、接続性、コンピューティングなどの分野における他の主要な技術変化と組み合わせることで、この膨大なデータの可用性は、経済成長と社会の幸福を促進する多くの可能性を提供します。

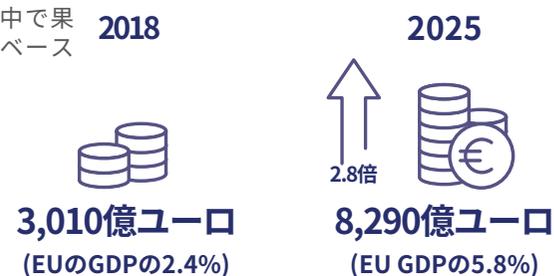
EUでは、多くの成長機会が単一のEU市場のデータ創出に関連しています。欧州委員会によると、2018年から2025年の間に、データ経済で雇用される専門家の数は倍増し、データ経済全体がEU27のGDPの5.8%以上を占める見込みです。この開発は、EU経済の世界的な競争力を高める上で貢献し、革新的なプロセス、製品、サービスを可能にします。

単独で、または地上で生成された情報と統合された空間からのデータは、ジグソーパズルの関連部分を表します。EU内では、ガリレオ、EGNOS、コペルニクスは、組織や消費者によってますます使用されているデータと情報を提供しています。しかし、データの可能性は、まだ完全に悪用されるわけではありません。

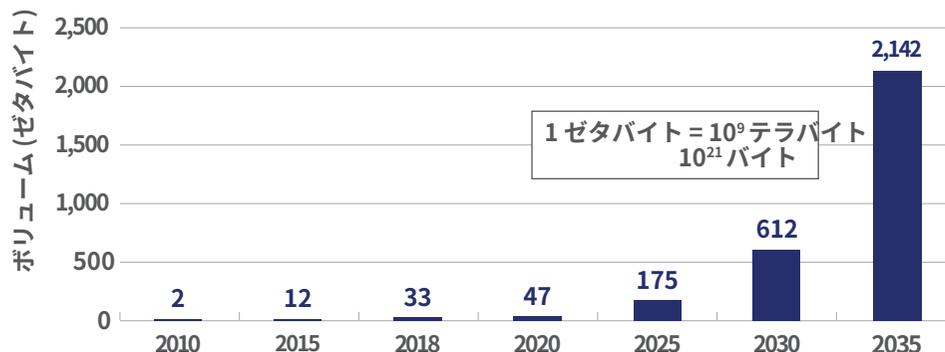
従来、ガリレオやコペルニクスなどの宇宙システムは、エンドツーエンドのサービスをユーザーに提供してきました。このアプローチは、データ技術と業界能力を向上させ、スペースデータを直接使用して革新的な付加価値サービスを構築することで、空間データの直接利用に拡大しています。一方、スペースデータの活用の限界要因は、膨大な量のデータを管理および処理し、エンドユーザーにとって使用できるようにするのが難しい点です。

このエディターのスペシャルでは、データ駆動型革命に関連する傾向と課題、特定の空間データの貢献、そしてEUがデジタルの未来をどのように形作る計画に焦点を当てています。ヨーロッパのGNSSと地球観測(EO)の能力は、この新しい技術シフトの中で果たすべき強力な役割を持っています。環境やセキュリティに関する問題に対処する地理空間資産の重要性が高まる中、宇宙ベースの技術やアプリケーションは、急速なデータの使用を促進し、多くの分野で前例のない可能性をもたらします。

データ経済の価値(EU27)



状況を呈するデータの生産



データ専門家数 (EU27)



コペルニクスは、EGNSSによってジオリファレンスされた簡単にアクセス可能な空間データを生成する

カメラやその他のセンサーを通して、衛星は継続的に大量のデータを収集します。これらの地球環境観測は、地上局によって収集され、地球の大気、海洋、および地球領域を記述するのに役立つ様々な地球物理学の変数を生成するために、分析ソフトウェアを使用して処理されます。このコンテキスト内では、ジオリファレンス機能により、データの価値を向上させることで、GNSSが貢献します。このいわゆる宇宙データは、主に公共投資の結果です。伝統的に、このようなベンチャーを引き受けられるのは政府だけですが、最近ではますます多くの民間宇宙企業が衛星の建設、打ち上げ、管理能力を向上させました。

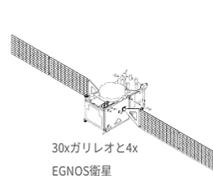
欧州連合(EU)の地球観測プログラムであるコペルニクスは、衛星とその場(非宇宙)データに基づく地球観測能力のグローバルかつ高品質を達成することを目指しています。毎日20 TB以上の地球観測(EO)データを持つコペルニクスは、世界中の主要なデータプロバイダであり、幅広いアプリケーション分野で自由かつオープンにアクセス可能なデータおよび情報サービスを提供しています。クラウド コンピューティングがソフトウェアの使用方法を変えつつあるため、スペース関連のアプリケーションはこの革命の恩恵を受けます。例えば、コペルニクスデータの使用を容易にするために、欧州委員会はDIASと呼ばれる5つのクラウドベースのプラットフォームの開発に資金を提供しました(下記のボックスを参照)。

EGNOSとGalileoは他のGNSSと統合して、位置決めとタイミング情報を提供し、事実上すべての他のデータ(例えば環境データ)の時間と地理参照に不可欠です。このユビキタな位置とタイミングデータは、ウェアラブル、スマートフォン、タブレット、車両、輸送貨物、IoTなどのデバイスでEGNSSを搭載しており、EGNSSは金融、輸送、健康、小売、環境など、多くのセクターに関連性の高い位置情報を提供します。

EU宇宙計画のデータ

GALILEO衛星 ブロードキャスト信号ユーザーの位置または正確なタイミング情報を計算するために受信機を有効にするすべてのパラメータを含む4つの異なるガリレオナビゲーションメッセージを含む。

EGNOS衛星 放送修正
GPS衛星の整合性情報



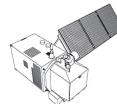
30xガリレオと4x EGNOS衛星



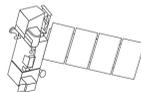
SENTINEL-1 レーダーミッション
陸海サービス用の全天候、昼夜レーダー画像衛星



SENTINEL-6 時間測定ミッション
海面の高さの変化を数センチメートルの精度で観察する



SENTINEL-2 HR光ミッション
陸地、植生、水の観測用ミディアムレスマルチスペクトル光衛星



SENTINEL-5 LEO大気化学ミッション
大気質と日射量を測定し、成層圏オゾンと気候を監視



SENTINEL-3 MR光学・時間測定ミッション
300mの解像度で海面地形を測定し、海と陸面の温度と色を1kmの解像度で測定



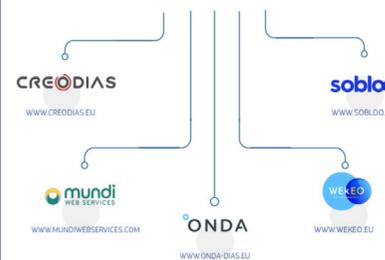
センチネル-5P LEO大気化学ミッション
オゾン、窒素、二酸化窒素、二酸化硫黄、その他の環境汚染物質を含む主要な大気成分の地球観測



SENTINEL-4 GEO大気化学ミッション
大気エアロゾルに関するデータを含む大気質の時間単位の更新を提供し、ガス濃度をトレースします

コペルニクスのデータおよび情報アクセスサービス(DIAS)

DIASとその場所



欧州連合(EU)のコペルニクス・プログラムは、毎日最大20テラバイトのデータを生成し、コペルニクスサービスはユーザーに無料で提供されます。

コペルニクスのデータおよび情報サービスへのアクセスを容易にし、標準化するために、欧州委員会は、コペルニクスのデータと情報への一元的なアクセスと処理ツールへの一元的なアクセスを提供する5つのクラウドベースのプラットフォームの導入に資金を提供しました。

これらのプラットフォームは、DIAS、またはデータおよび情報アクセスサービスと呼ばれます。5つのDIASオンラインプラットフォームにより、ユーザーはクラウドベースのツール(オープンソースおよび/またはペイ・パー・ユースベース)と共にコペルニクスのデータおよび情報を検出、操作、処理、ダウンロードできます。5つのDIASは、クレオディアス、ムンディ、オンダ、SOBLOO、WEKEOと呼ばれ、そのアーキテクチャはコペルニクスのデータと情報から価値をさらに抽出し、それが処理される容易さを高めます。

5つのプラットフォームのそれぞれはまた付加的な商業衛星または非スペース データ セットへのアクセスを提供する。さらに、DIASを使用すると、ユーザーは独自のアプリケーションを開発してクラウドでホストすることができ、一方で、複数のアクセスポイントからかき集めるファイルをダウンロードしてローカルで処理する必要がなくなります。これにより、コペルニクス空間データからさらに価値を生み出すことができる追加のプライベートユーザーやデータアグリゲーターに門戸が開かれ、スペースデータの価値が拡大します。

データ管理をサポートするツール:AI、コンピューティング、コネクティビティ、サイバーセキュリティ



©ケッチャイイメージズ

データが新しい製品やサービスを開発する機会、人工知能、量子コンピューティング、高性能ネットワーク、ブロックチェーンなどの最先端技術を通じて、デジタル化に起因する膨大な量のデータが適切に処理され、交換され、保護された場合にのみタップされます。

パターンを特定したり、大量のデータの傾向を検出したり、相互に変化を検出したりするためには、相互依存性が必要です(例えば、AI、AIシステムのトレーニングにはデータ可用性が不可欠です)

また、単に一方の依存性がある場合もあります(AIを使用して大量のデータを分析するには、高いコンピューティング能力が必要です)。デジタル時代に合ったヨーロッパを作ることは、欧州委員会のコミュニケーション「ヨーロッパのデジタル未来を形作る」によって強調されるように、多くの相互接続された作品を持つ複雑な事業です。GSAは、このようなシステムの主な部分を分析しました。

接続

コンピュータサイエンスとデータ管理の継続的な進歩によって実現されるアプリケーションの多くも、ネットワーク容量の強化が必要です。たとえば、自律走行車や遠隔手術などの重要なアプリケーションでは、非常に高い可用性と信頼性、および低遅延を提供する通信ネットワークが必要になります。さらに、IoTの普及には、多数のセンサーとスマートデバイスを同時に接続する必要があります。

パフォーマンスのために、彼らは提供するパフォーマンス(各セルのマルチGbpsピークデータレート、1~5 msの遅延、平方キロメートルあたり100万台のデバイスの接続密度、高い信頼性)、5Gと6Gネットワークは、多くのセクターのためのゲームチェンジャーでなければなりません。

ハイパフォーマンスコンピューティング、量子コンピューティング

ハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)は、気候研究、天気予報、空シミュレーション、バーチャルリアリティ(VR)などの複雑な計算を必要とする問題を解決するために使用されています。しかし、AIとIoTの登場には、より多くの処理能力が必要です。量子コンピューティングは、処理能力が限界であるAIやビッグデータなどの領域に強い影響を与えると予想されます。例えば、量子コンピューティングは、ニューラルネットワークの実行を支援することで、より人間的なAIの開発をサポートしたり、より信頼性が高く、より正確な天気予報と気候予測をサポートすることができます。また、このレポートで前述したように、従来のコンピューティングよりも複雑なナビゲーションの問題(ルート計画やトラフィックフローの最適化など)を解決するのに役立ちます。

エッジコンピューティング

過去10年間、生成された場所から中央処理システムにデータを体系的に転送する動きが見られました。これは、クラウドコンピューティングサービスへの移行、IoTと多感覚環境の開発に示されています。

エッジコンピューティングは、分散ネットワークインフラストラクチャアプローチに基づいて、処理済みのデータをコンピューティングセンターに送信しながら、大規模なデータセットをローカルに処理および積み重ねる方法で構成されます。これにより、不要なネットワークとストレージのコストを回避し、データセンターからデバイスへのトラフィックを削減し、遅延の問題を解決します。

エッジコンピューティングは、新しいネットワークテクノロジーとAIモデルを組み合わせ、"エッジで"実行するように最適化され、リアルタイムアプリケーションの作成をサポートします。

人工知能

人工知能は、衛星ナビゲーションや地球観測が重要な役割を果たすアプリケーションを含む幅広いアプリケーションを備えた最も有望なコンピュータサイエンスの開発の1つです。例えば、AIは交通渋滞を減らし、より安全で清潔な公共および民間輸送手段を開発するのに役立ちます。これは、より良い公共サービスを提供し、パーソナライズされた医療サービスをサポートし、農業管理システムを改善し、気候変動との闘いを支援するのに役立ちます。

しかし、AIの可能性は、自動顔認識や気分分析から行動予測に至るまで、これらの少数のアプリケーションをはるかに超えています。音声認識や言語処理と生成は、他の多くの革命的なアプリケーションへの扉を開きます。たとえば、今後数年間で、AIは完全に自動化されたドローンや自動運転車の実装を可能にするかもしれません。

サイバーセキュリティ

他の技術の進歩と同様に、私たちの社会のデジタル化の増加はまた、安全とセキュリティの多くの懸念をもたらします。実際、何十億もの接続されたデバイスがデータを生成する上で、重要な問題は、この分散された(そしていくつか重要な)情報をハッカーや悪意のある使用からどのように保護する方法です。さらに、個人情報保護の観点から、ユーザーの機密データへの不正アクセスの脅威は大きな危険をもたらします。

サイバーセキュリティを可能にする新しい技術の1つはブロックチェーンで、デバイスによって生成されたデータの転送を他のアプリケーションの中でも確実に保護することでIoTを保護することができます。医療では、ブロックチェーンを使用して、患者の医療データの保存とアクセスを保護できます。物流はブロックチェーンのもう一つのユースケースであり、この技術はサプライチェーン全体で供給の場所や状況などのデータを保護するために使用できます。同じことが、オンボードセンサーとカメラによって生成されたデータを安全に保存する必要がある自律走行車にも当てはまります。

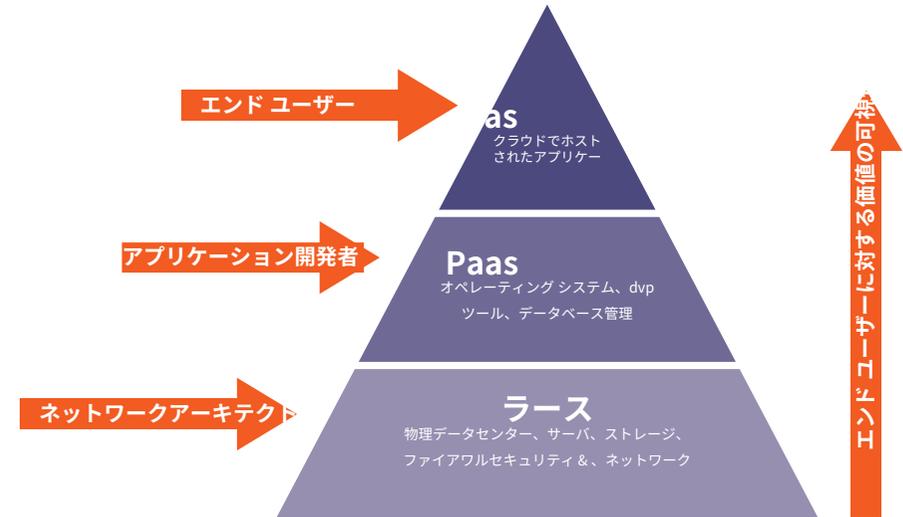
クラウドサービスは、効率的なデータストレージと処理のための多様なソリューションを提供します

クラウド コンピューティング サービスは、ストレージ、ネットワーク、処理能力の基本から、自然言語処理や人工知能、標準オフィス アプリケーションまで、幅広いオプションをカバーします。クラウド コンピューティング サービスを使用する利点の1つは、企業が自社のITインフラストラクチャを所有および維持する際のコストと複雑さを回避し、代わりに使用するITインフラストラクチャに対する料金を支払うということです。さらに、クラウド コンピューティング サービスのプロバイダーは、同じサービスを幅広い顧客に提供することで、大規模な経済の恩恵を受けることができますが、ハードウェア障害はネットワークバックアップによるデータ損失を生み出しません。3つの主要なサービスタイプが提供されています。

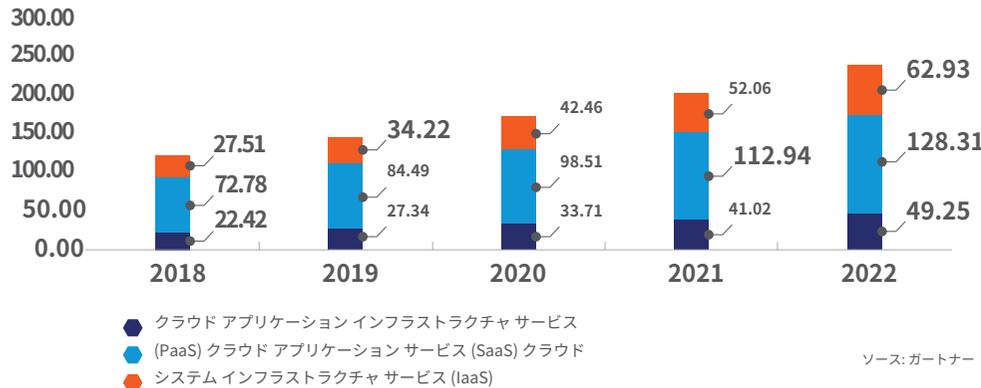
- **サービスとしてのインフラストラクチャ (IaaS):** オペレーティング システムやアプリケーションなどのソフトウェアをインターネット経由で展開および実行するためのストレージ、ネットワーク、およびその他の基本的なリソースを顧客に提供する機能を指します。
- **サービスとしてのプラットフォーム (PaaS):** プロバイダーを使用すると、アプリケーション開発者などの顧客は、プロバイダーが提供し、クラウドにアップロードされたコーディング環境を使用して、仮想サーバーを管理してアプリケーションを作成することを回避できます。プロバイダーは、オペレーティング システムと関連ハードウェアを保守します。
- **サービスとしてのソフトウェア (SaaS):** アプリケーションをインターネット経由でサービスとして提供するために使用されます。ソフトウェアは、ローカルでホストされるサーバーにインストールする代わりに、サードパーティのインフラストラクチャにインストールされ、サービスとしてユーザーや組織にストリーミングされます。SaaSは、ソフトウェアが必要なおとぎにのみ使用されるため、コストを削減し、効率を向上させるために多くの企業や組織で広く使用されてきました。

層の違いは、スタックのどの部分がクライアントによって管理されているか、どの部分がプロバイダーによって管理されているかに違いがあります。サービスモデルとしてのソフトウェアでは、クラウド・プロバイダーがすべてを管理します。右側に示すように、クラウド・データ・センターに存在するソフトウェア、オペレーティングシステム、ハードウェアのWebアプリケーションを管理します。

3つの主要なタイプのクラウドサービス



世界のパブリッククラウドサービスの収益予測(10億ユーロ)



ガートナーによると、市場規模に関しては、世界のパブリッククラウドサービス市場は、2020年に17%成長し、2019年の€193.5億ユーロから合計2,263億ユーロに成長すると予測されています。これらのサービスの中で、収益の最大の発電機はSaaSで、次いでIaaSとPaaSです。市場は、アマゾンウェブサービス、マイクロソフト、グーグルの上位3社に集中しており、その50%以上を支配しています。

クラウドコンピューティングサービス市場はヨーロッパで急激に上昇しており、市場はクラウドコンピューティングプラットフォームの着実な取り込みが見られるため、2026年までに670億ユーロを超えると予想されています。いくつかの注目すべきヨーロッパのプレーヤーが出現しており、その起源に応じて3つのグループに分類することができます: 純粋なクラウドボーン、通信生まれ、ソフトウェア生まれのクラウドプロバイダー。主なプロバイダーは、フランスのOVHcloudとオレンジです。ドイツのSAP、1 & 1およびTシステム(ドイツテレコム) 英国のBTとスペインのアセンス(テレフォニカ)。

技術の進歩にもかかわらず、ヨーロッパはいくつかの課題に直面する必要があります

デジタル化は、生活と仕事のすべての分野に影響を及ぼし、世界的にますます重要になっています。デジタルトランスフォーメーションは、すべての経済および社会活動を横断し、機会と課題を高め、EU経済と社会がこの変革の完全な利益を享受するための適切な政策対応を求めています。

このセクションでは、現在のデジタルトランスフォーメーションによって提供される多くの機会から最大限の利益を得るために克服する必要がある主な技術的課題、特にEUの文脈での詳細を説明します。

HPCとクラウドリソースにおけるEUの独立性を強化する必要があります

ヨーロッパではコンピューティングニーズと容量の間に大きなギャップがあります:ヨーロッパのユーザーは世界で利用可能なHPCリソースの約29%を消費していますが、これらのリソースの5%だけがヨーロッパのプロバイダから来ており、EUのスーパーコンピュータはトップ10に入っていません。

同様に、クラウドサービスの市場は外国のアクターによって支配されており、ヨーロッパの大規模な俳優は依然として非常に限られています。この状況は、データの長期的な可用性、完全性、保護を保証するEUの能力に深刻なリスクをもたらします。

ICTセクターは「グリーン」でなければなりません

炭素強度の削減は、データの大規模な可用性と人工知能などの技術の使用(例えば、交通管理システムの開発を通じて)に基づく革新的なアプリケーションの実装から期待される利点の一部ですが、ICTセクター自体は、世界の総電力消費量の5~9%と排出量の2%以上を持つ、無視できない環境フットプリントを持っています「シフトプロジェクト」によると。

したがって、セクター全体(データセンター、スマートデバイス、センサー、通信ネットワーク)の課題の1つは、独自のグリーントランスフォーメーションと「デジタルソプリエティ」(インターネットとテクノロジーを完全に切り取るのではなく、より注意深く責任ある方法で使用するための用語)の採用に成功することです。

EUの企業および市民の権利と利益は、維持されなければならない

サイバー脅威の数と種類が多い場合、デジタル革命がEU企業(商業企業秘密、所有権など)と市民(例えばプライバシー)の権利と利益を完全に維持することを保証することがもう一つの重要な課題です。そのため、ビッグデータ暗号化の効率的なアプローチは、現在使用されている、小規模/中規模のデータのセキュリティ保護方法が、ビッグデータ コンテキストで最適化されない可能性があるために開発される必要があります。

データの相互運用性と整合性を向上させる必要がある

データの値は、多くの場合、他のデータとの組み合わせから取得されます。例えば、大気質に関するデータと汚染源(輸送、農業など)、疫学、人口密度に関するデータの組み合わせは、大気汚染が健康に及ぼす影響を評価するのに役立ちます。ただし、データの組み合わせが成功すると、データセットの相互運用性に大きく依存します。

地理的データがINSPIRE 指令を生み出した場合の相互運用性の問題は、データソースの急増によって悪化します。もう一つの大きな課題は、成長する非構造化データ(例えば画像、音声、ビデオ)の統合と処理です。大量のデータを組み合わせ、データセットの検証の問題が発生し、データセットの検証が可能

には、冗長データ、矛盾データ、または偏ったデータが含まれます。

AI システムの品質は、AI システムの品質は、そのトレーニング対象のデータセットの品質に本質的に依存するため、この後者の側面はAI ドメインで特に重要です。データ品質の評価と改善を可能にする方法とツールは、調査する価値があります。

大量のデータの生成と処理能力の欠如により、現在の推定によると、特定のケースでは最大90%のデータを占める可能性のある未利用データのストックが作成されました。デジタル化のもう一つの課題は、いわゆる「ダークデータ」(コンピュータネットワークを介して取得されたが、洞察を導き出すために利用されないデータ)を利用して、ストレージがコストだけでなく機会を表すということです。

再利用できるデータが不足しています

データの価値は、その使用と再利用にあります。現在、人工知能の開発を含め、革新的な使用と再利用に利用できる十分な使用可能なデータはありません。

これは、企業別の公的部門情報の使用(政府間(G2B)データ共有)、他社による非公開データの共有(企業間(B2B)データ共有)、政府当局による非公開データの共有(企業間(B2G)データ共有)、および公的機関間のデータ共有を通じて改善することができます。

スキル不足と低データリテラシー

現在、ビッグデータと分析は、重要なスキル不足のリストのトップです。IDCによると、EU27のビッグデータと分析の分野では、約50万人の未記入のポジションがありました。さらに、労働力および人口全体の一般的なデータリテラシーは比較的低く、参加ギャップが存在します。



©ゲッチェイイメージズ

欧州委員会はEUデータ革命への道をリードする



ヨーロッパのデジタル未来 デジタルソリューションは、気候変動と闘い、グリーン移行を達成し、活気に満ちた持続可能な経済を可能にし、ビジネスに新たな機会を開くための鍵です。データ戦略と人工知能に関するホワイトペーパーは、欧州委員会の新しいデジタル戦略の最初の基盤です。

データの単一市場を創出することで、EUは世界的に競争力を高め、革新的なプロセス、製品、サービス データがデジタルトランスフォーメーションの中核となり、生産、消費、全体的なライフスタイルに影響を与えます。データの利用を改善することで、市民に具体的な利益をもたらすことができます。特典には、リアルタイムの交通回避や遅延列車のリアルタイム通知に関連する約が含まれます。データは、製品やサービスの開発や人工知能システムのトレーニングにおいても、新興企業や中小企業にとって不可欠なリソースであり、製品やサービスはパターン認識や洞察の生成からより洗練された予測技術、そしてより良い意思決定へと急速に移行します。この可能性を満ちし、ヨーロッパのグローバル競争力とデータ主権を確保するために、欧州データ戦略は、データの単一市場を創出することを目指しています。

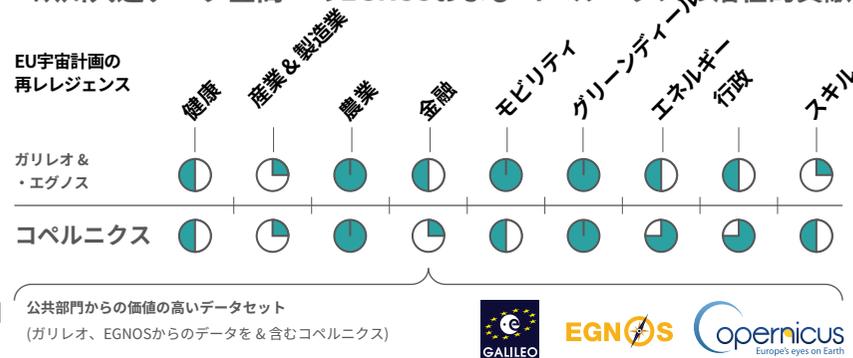
は4本の柱を通して達成されます:

- データアクセスと使用のためのセクター間ガバナンスフレームワークは、データのアクセスと再利用に関する明確なルールを設定し、EU全域で価値の高い公的保有データセットを開き、その再利用を無料で可能にすることで、データをより広く利用できるようにします。
- 次世代の標準、ツール、およびインフラストラクチャに投資し、エネルギー効率が高く信頼できるクラウド インフラストラクチャと関連サービス(欧州の影響を及ぼすプロジェクト)を統合してデータを保存および処理します。
- 個人がデジタルスキルとSMEのためのキャパシティ構築を学ぶ力を与える。 • 戦略的経済分野および分野における9つの共通欧州データ空間の展開の促進

公共の利益(製造業、グリーンディール、モビリティ、健康、金融、エネルギー、農業、行政) コペルニクスとEGNSSは、これらすべてのデータ・スペースに貢献する可能性を秘めています(右側の図を参照)。

2014年以降、データ経済の発展に向けたいくつかのステップが講じられています。一般データ保護規則(GDPR)により、EUはデジタル信頼のための強固な枠組みを作りました。その他の取り組みとしては、非個人データの自由な流れに関する規制(FFD)およびサイバーセキュリティ法(CSA)があります。EUデータ戦略の関連する側面は、市民や企業、特に中小企業が質の高い公共部門のデータから利益を得られるようにする方法です。2019年7月16日に発効した「オープンデータ指令」とそれに関連する実装法の下で、高価値のデータセットを無料で、マシンで読み取ることができる形式で、API経由で、および(関連する場合)一括ダウンロードとして利用できるようにすることが予測されます。価値の高いデータセットの主題別カテゴリには、地理空間、地球観測 & 環境、気象、統計、 & 企業の会社の所有権、モビリティなどがあります。テーマの多くは、スペースデータの影響を受けます。データへの容易かつ自由なアクセスを確保するために、EUのオープンデータポータル(<https://data.europa.eu/euodp/>)は、EU機関、機関、その他の機関によって公開された公開データへのアクセスポイントが確立されました。データ戦略は、欧州オープンサイエンスクラウド(EOSC)プラットフォーム(www.eosc-portal.eu)やEuroHPCイニシアチブ(<https://eurohpc-ju.europa.eu/>)などの既存のインフラストラクチャ容量の相互接続もカバーすることができます。

欧州共通データ空間へのEGNSSおよびコペルニクスの潜在的貢献



人工知能に関するホワイトペーパー - 卓越性と信頼に対するヨーロッパのアプローチ

欧州委員会は2020年2月に人工知能に関する白書を提出し、EU市民の価値と権利を完全に重畳して、欧州におけるAIの信頼できる安全な開発を可能にする政策オプションを提示した。この戦略は、次の2つのフレームワークに分かれています。

- 「政策枠組み」は、研究とイノベーションから始まるバリューチェーン全体に沿って「卓越性のエコシステム」を達成するためのリソースを動員し、中小企業を含むAIに基づくソリューションの採用を加速するための適切なインセンティブを創出することを目的としています。
- 基本的権利と消費者の権利を保護する規則を含むEU規則の遵守を確保する、独自の「信頼のエコシステム」を作成する規制フレームワーク。

デジタル化:グリーンディール»のキーイネーブラー



欧州の新たな成長戦略として最近提案された 欧州グリーンディールは、2050年までに温室効果ガスの純排出量がなく、経済成長が資源利用から切り離される近代的で資源効率の高い競争力のある経済を持つ、EUを公正で豊かな社会に変えることを目指しています。この目的を達成するためには、EUは多くの領域で政策を深く再考する必要があります。この大きな変革の一環として、EUはデジタルトランスフォーメーションを推進し、投資する野心を持っています。

EUのグリーンとデジタルの変革の二重の挑戦

欧州グリーンディールを支援するデータとデジタルインフラストラクチャの重要な役割は、提案された戦略の多くのセクター間の側面を通じて紛れもなく反映されています。

第一に、エネルギー市場のデジタル化と相互接続は、欧州のエネルギーシステムを脱炭素化するための重要な措置です。エネルギーミックスの最適化は、短期的および中期的な気候目標に達するならば、確かに避けられなくなりました。

デジタルトランスフォーメーションは、革新的な持続可能なビジネスモデルの創出を通じて、国内および世界のクリーンで循環経済の発展にも大きなチャンスをもたらします。電子製品のパスポートを使用すると、情報の入手可能性、したがってヨーロッパの消費者の行動が向上する可能性があります。このようなアプローチは、デジタルスマート農業慣行の実施と同様に、環境に優しい食糧システムを促進するために特に重要である。また、「ファーム・toフォーク」戦略の実施にも貢献し、バリューチェーンにおける農家、地元の生産者の地位を向上させます。建物の建設、使用、改修もこの二重の課題の中心的な原則です。エネルギーと資源効率の高い方法での建設と改装は、建物ストックのデジタル化と気候防止の増加を通過する必要があります。特に渋滞や汚染を大幅に削減しなければならない都市部では、スマートモビリティもこれらの変革において主導的な役割を果たします。



© Shutterstock.com

前線のスペースベースのデータ

宇宙ベースのデータと情報は、その普遍性と継続性のために、この二重変換において重要な役割を果たし、無数の新しいグリーン関連アプリケーションを育成します。

農業では、スマート農業の実践は、GNSS位置情報とEO環境データの両方を組み合わせて使用し、農家が収量を最大化し、資源消費を最適化することを可能にします。

EUの温室効果ガス排出量の4分の1を占める **輸送**では、GNSS PNT情報は交通管理パターンの最適化に役立ち、EOデータは汚染レベルを定期的に監視することができます。

エネルギー分野では、GNSSタイミングデータを使用して伝送ネットワークを正確に同期し、EOデータは再生可能エネルギーの生産を最適化するのに役立ちます。



「デスティネーション・アース」イニシアチブ

データと情報は社会の原動種となり、人間の活動が脆弱な生態系に与える影響をより良くモデル化し、予測し、理解することができます。さらに、最新の技術進歩により、シミュレーション、モデリング、予測能力が向上し、膨大な量のデータを使用して時代の最も緊急かつ複雑な社会環境の課題に取り組む能力が向上します。

これらの能力を利用して、異なる地球のサブシステム(都市部、地域生態系、気候関連イベントなど)のデジタルツインを構築することは、すでに異なるヨーロッパの戦略の主な優先事項のサポートを可能にしています。

「デジタルツイン」のコンセプトは、現実世界で相互作用することなく、調べ、変更、テストすることができる物理的なオブジェクトまたは無形システムのデジタルレプリカを作成することを目的としています。

さらに、欧州委員会は、その「デスティネーション・アース」イニシアチブを通じて、地球のデジタルツインをデジタルドメイン内にインタラクティブなレプリカとして作成するという野心を持ち、過去、現在、未来の強力な観測の組み合わせ(衛星、その場、クラウドソースデータ)に基づいて分析を可能にします。、モデリングを行います。

しかし、デジタルツインアースが現実になる前に、多くの技術ギャップを埋め、複雑で相互接続された自然と人類起源のプロセスのモデリングに大きな進歩を遂げる必要があります。

この観点から、欧州宇宙機関は最近、科学者、産業界、モデラー、政策立案者を結集し、この画期的な地球表現の将来の発展のための最初のビルディングブロックを共同で確立することを目的とする「デジタルツインアース前駆体」を立ち上げました。このデジタルツインアースが利用可能になると、公共政策の開発と環境への影響の評価の重要な要素となるはずですが。



欧州リモートセンシング企業協会EARSCは、地球観測由来のジオ情報サービスの提供に従事する欧州企業の活動を調整し、推進する会員制の非営利団体です。EARSCは、業界、意思決定者の間のネットワークを作成し、その最も広い意味でこの分野を表します

そしてユーザーと、データ収集から処理、融合、分析、最終的な地理情報製品サービスまで、完全なEOバリューチェーンをカバー＆します。

EARSCは、デジタルツインアースの開発において、欧州EOコミュニティのニーズが満たされ、この画期的なプロジェクトから社会に最大の利益がもたらされることを確実にするために取り組んでいます。

EARSCによって提供されるテキスト。詳細については、次のサイトをご覧ください: <http://earsc.org>

附属書

附属書1:GNSSの星座と周波数	96
附属書2:増強システム	97
附属書3: 主要な GNSS パフォーマンス パラメータの定義	98
附属書4: GNSS に対する無線周波数干渉の脅威	100
附属書5:頭字語のリスト	101
別館6:方法論	103
附属書7:著者について	104

別館1:GNSSの星座と周波数

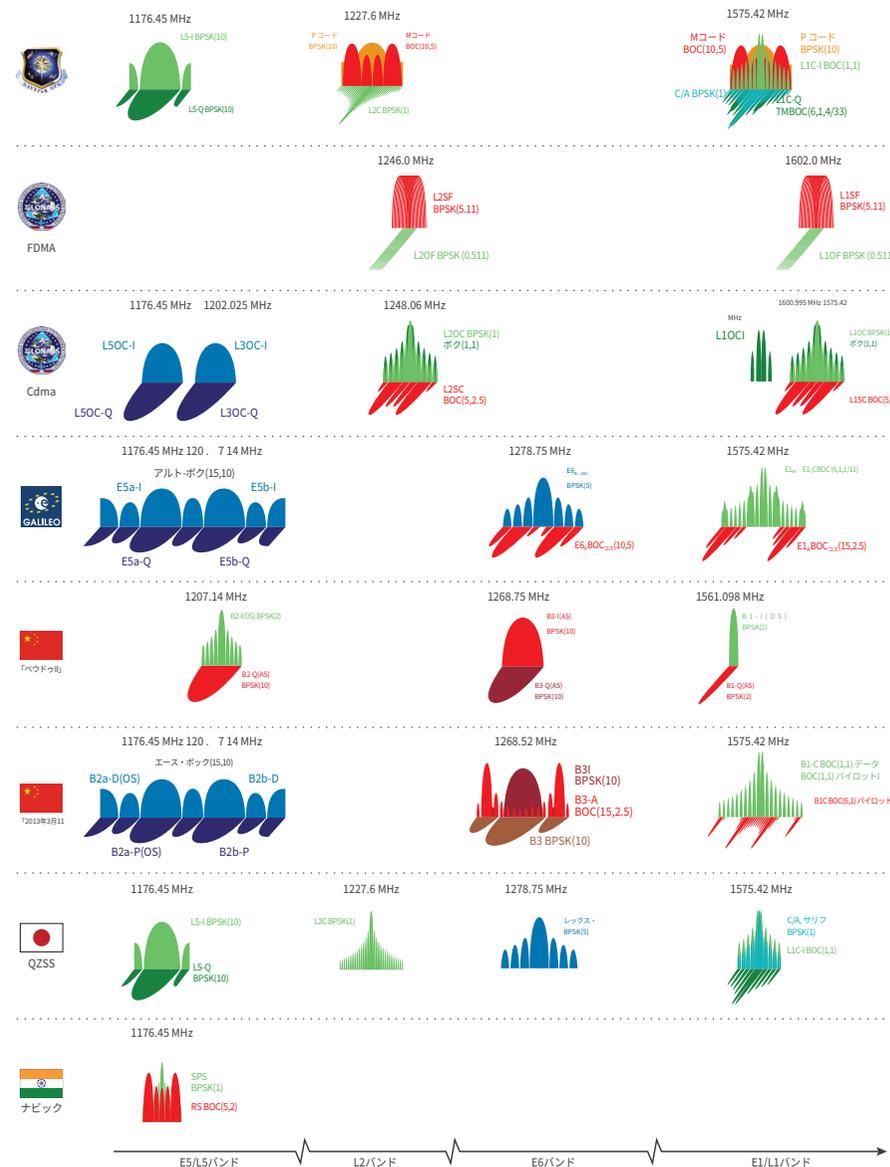
GNSS星座

パラメーター	Gps	Glonass	ガリレオ	「2013年3月11日」
軌道周期 (MEO)	11時間58分	11時間15分	14時間04分	12時間37分
軌道高さ (MEO)	22,200Km	19,100 km	23,222 Km	21,528 Km
傾斜 (MEO)	55°	64,8°	56°	55°
軌道面の数(MEO)	6	3	3	3
衛星数	24 MEO + 6 スペア	24 MEO + 2 スペア	24 MEO + 6 スペア	24 MEO + 3 GEO + 3つの IgsOs + スペア
リファレンスフレーム	WGS-84	PZ-90	GTFR	CGCS 2000
基準時間	GPSタイム(GPST)	グラナス・タイム (グラナススト)	ガリレオシステム 時間(GST)	バイドゥタイム (BDT)

RNSS星座(地域カバレッジ)

パラメーター	ナビック	QZSS
カバレッジ	インドとその周辺に1,500 km (930 マイル) を広げる地域	アジア・オセアニア地域
衛星数	5 つの IgsOs + 3 つの Geos	3 つの IGSS + 1 GEO
リファレンスフレーム	WGS-84	JGS
基準時間	IRNSS ネットワーク時間 (IRNWT)	QZSS 時間 (QZSST)

GNSS 周波数帯域



附属書2A:新しい市場にサービスを提供するために拡張システムとサービスを拡大

拡張システムとサービスにより、GNSS パフォーマンス パラメータの改善が可能になります。SBAS および DGNSS システムは、GNSS の精度と完全性の両方を向上させるために、歴史的に開発された拡張の例です。PPP、RTKはセンチメートルレベルまで精度を向上させます。A-GNSS は、より優れた可用性、TTFF の短縮、および電力要件の削減をサポートします。これらの各拡張の背後にある技術的な原則は、このレポートの最初の版(2016)の編集者の特別で詳細に示されています。このエディションでは、17-18 ページで、これらの拡張システムとその主要なパフォーマンスの比較レビューを提供します。

世界的には、ローカル、地域、またはグローバル規模、無料アクセスベース、または商用サブスクリプションで利用可能な拡張サービスがこれまで以上に多くあります。

公的機関と民間部門のプロバイダーは、大衆市場からプロフェッショナルなユーザーまで、すべてのカテゴリーのユーザーが幅広く高精度なポジショニングを利用できるように取り組んでいます。この傾向は、都市環境で動作する自動運転車やUAVなどの新興アプリケーションからの需要によって引き起こされ、現在または将来のGNSSシステムの多重周波数機能によって可能になります。

公共の SBAS サービス プロバイダーは、他の付加価値サービスを提供する計画

このレポートで先に説明したように (14 ページを参照)、いくつかの SBAS サービス プロバイダーは付加価値サービスを提供する意向を発表しました。次の表は、SBAS 相互運用性ワーキンググループ (IWG) レベルで議論されている PPP サービス プランの一覧です。

名前	サービス	記載された精度	サポートされる星座	所有する人
A-SBAS	SBAS		現在:GPS未来:GPS +ガリレオ	アセクナ
	PPP-AR*		GPS + ガリレオ	
BDSBAS	SBAS	横<:5m垂直<:8m	現在:BDS +GPS+グロナス未来:BDS + GPS + グラナス +ガリレオ	中国
	PPP-AR		BeiDou	
エグノス	SBAS	水平:< 垂直< 1m: 1.5m	現在:GPS未来(EGNOSV3):GPS +ガリレオ	欧州連合
	PPP-AR		GPS + ガリレオ	
ガガン	SBAS	水平:1.5m垂直:2.5m	Gps	インド
Kass	SBAS	水平:< 垂直1m:1.7m <	Gps	韓国
MSAS	SBAS	<2m	現在:GPS未来(MSAS V4):GPS + グラナス + ガリレオ + BeiDou + QZSS	日本
SDCM	SBAS	水平:0.5m垂直0.8m	現在:GPS + グラナス未来:GPS + グラナス + ガリレオ + エイドゥ	ロシア連邦
	PPP-RTK		GPS / グラナス / ガリレオ / BeiDou	
スパン	SBAS	<1メートル	現在:GPS未来:GPS +ガリレオ	オーストラリアと ニュージーランド
	ppp*		GPS + ガリレオ	
Waas	SBAS	水平:< 垂直1m:1.5m <	Gps	米国

*2020年3月の実験のみのステージ

附属書2B: 主な商業増強サービス

商用GNSSオーグメンテーションサービスは、高精度な運用の重要なイネーブラーであり続ける一方で、大衆市場領域への拡大

多くの運用は、商業拡張サービスによって確保された精度、完全性、可用性の向上に長い間依存してきました。今日、グローバル規模、大陸規模、または地域規模で提供されるこれらのサービスは、主にPPPおよびRTKソリューションで構成されており、一部のレガシーD-GNSSは市場で堅実なプレゼンスを維持しています。同時に、PPP-RTKソリューションは、両方の世界を最大限に活用するために、商業拡張ソリューションと共に出現しています。従来は厳しい状況や環境で業務を行うプロフェッショナルユーザーにサービスを提供してきましたが、近年では商業拡張サービスの輸送または大量市場での使用に向けて明確な傾向があります。ほとんどのプロバイダは、利用可能なすべての星座を提供することで、マルチGNSSの幅を最大限に活用しようとしています。

グローバルレベルで利用可能な主要な商業事業者やサービスの一部は、右側の表に記載されています。私たちの最善の努力にもかかわらず、このテーブルは、この業界の変化の非常に速いペースのために不完全です。私たちは、読者と行方不明のサービスプロバイダに謝罪し、私たちのサイトを訪問することをお勧めします: usegalileo.eu/EN/inner.html#data=拡張 プロバイダのより完全で最新のリストのための調査。

名前	サービス	記載されたパフォーマンス	サポートされる星座	配送方法	メソッド	プロバイダー
アトラス	アトラスベーシック	< 50cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	Lバンド	Ppp	半球
	アトラスH30	< 30cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	Lバンド	Ppp	
	アトラスH10	< 8cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	Lバンド	Ppp	
Cナビ	C-NavC ¹	< 15cm	Gps	Lバンド	Ppp	海洋化
	C-NavC ²	< 5cm	GPS+グラナス	インターネット、Lバンド	Ppp	
ジオフレックス	PPP フロート L1	50cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	インターネット、Lバンド	Ppp	ジオフレックス
	PPP フロート L1/L2	10cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	インターネット、Lバンド	Ppp	
	PPP 修正	4cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	インターネット、Lバンド	Ppp	
	ローカル PPP の迅速な修正	< 10cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	インターネット、Lバンド	Ppp	
ここは魔法	グローバル PPP フィット & ラピッド	< 1メートル	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	インターネット、Lバンド	Ppp	ここは魔法
	マジックPPP	< 10cm	GPS+グラナス+ガリレオ+BeiDou+QZSS	インターネット	Ppp	
	ナブキャスト	< 20cm	GPS+ガリレオ	インターネット	Ppp	
オムニスター	Vbs	< 1メートル	Gps	Lバンド	DGNSS	トリンブル
	Hp	5~10cm	Gps	Lバンド	Ppp	
	Xp	8-10 cm	Gps	Lバンド	Ppp	
	G2	8-10 cm	GPS+グラナス	Lバンド	Ppp	
Rtx	視点	< 1メートル	GPS+グラナス+ガリレオ+BeiDou+QZSS	インターネット、Lバンド	Ppp	トリンブル
	レンジポイント	< 50cm	GPS+GLONASS+ガリレオ+BeiDou+QZSS	インターネット、Lバンド	Ppp	
	フィールドポイント	< 10cm	GPS+GLONASS+ガリレオ+BeiDou+QZSS	インターネット、Lバンド	Ppp	
サバ	センターポイント	< 2cm	GPS+GLONASS+ガリレオ+BeiDou+QZSS	インターネット、Lバンド	Ppp	サブコルダ
	サバベーシック	< 1メートル	GPS+グラナス	インターネット、Lバンド	PPP-RTK	
	サバプレミアム	< 10cm	GPS+グラナス	インターネット、Lバンド	PPP-RTK	
サバプレミアム+	< 10センチ、インテグレーション	GPS+グラナス	インターネット、Lバンド	PPP-RTK		
ひばり	ひばり	10cm	GPS+ガリレオ	インターネット	Ppp	スイフトナビゲーション
スターファイア	SF2	< 10cm	GPS+グラナス	Lバンド	Ppp	ジョン・ディア
	SF3	< 3cm	GPS+グラナス	Lバンド	Ppp	
スターフィックス	G2	< 10cm	GPS+グラナス	インターネット、Lバンド	Ppp	フグロ
	G2+	< 3cm	GPS+グラナス	インターネット、Lバンド	Ppp	
	G4	< 10cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	インターネット、Lバンド	Ppp	
	XP2	< 10cm	GPS+グラナス	インターネット、Lバンド	Ppp	
	Hp	< 10cm	Gps	インターネット、Lバンド	DGNSS	
テラスター	L1	< 1メートル	Gps	インターネット、Lバンド	DGNSS	ヘキサゴンAB
	テラスター-L	50cm	GPS+グラナス	Lバンド	Ppp	
	テラスター-C	5cm	GPS+グラナス	Lバンド	Ppp	
	テラスター-Cプロ	3cm	GPS+グラナス+ガリレオ+Beidou	Lバンド	Ppp	
ベリポス	頂点	< 5cm	Gps	Lバンド	Ppp	ヘキサゴンAB
	アベックス ²	< 5cm	GPS+グラナス	Lバンド	Ppp	
	アベックス ⁵	< 5cm	GPS+グラナス+ガリレオ+BeiDou+QZSS	Lバンド	Ppp	
	超	< 10cm	Gps	Lバンド	Ppp	
	ウルトラ ²	< 10cm	GPS+グラナス	Lバンド	Ppp	
	標準	< 1メートル	Gps	Lバンド	DGNSS	
スタンダード ²	< 1メートル	GPS+グラナス	Lバンド	DGNSS		

附属書 3: GNSS の主要なパフォーマンス・パラメーターの定義

主要な GNSS 要件とパフォーマンス・パラメーター

精度 は、真と計算された解の差(位置または時間)です。これは、指定された比率 (通常 95%) サンプルが測定された場合に該当する値として表されます。このレポートは、センチメートルレベル: 0-10 センチメートルの規則を使用して、位置決め of 正確さを参照します。デシメートルレベル:10~100センチメートル。メートルレベル:1-10メートル。

認証 は、測位システムによって提供されるデータが実際の信号から導出されたことを保証するレベルを提供します。無線周波数スプーフィングは、システム自体の出力として偽のデータをもたらすポジショニングシステムに影響を与える可能性があります。

可用性 は、カバレッジ エリアのユーザーが計算できる位置、ナビゲーション、またはタイミング ソリューションの時間の割合です。使用するアプリケーションやサービスによって値が大きく異なります。

- システム可用性: GNSS インタフェース制御ドキュメント(ICD)が参照するものです。通常、値の範囲は 95 ~ 99.9% です。
- 全体的な可用性: レシーバーのパフォーマンスとユーザーの環境を考慮します。使用する特定のコース ケースやサービスによって、値が大きく異なります。

継続性 とは、システムが意図した操作に割り込まなくても、その機能を実行する (必要なパフォーマンス レベルで PNT サービスを提供する) 機能です。通常、不連続性のリスクとして表現され、アプリケーションの時間枠に完全に依存します。典型的な値は、システムが使用されている手順の過程で約 1×10^{-4} です。

室内浸透 とは、建物内に 入る信号の能力です(を通してなど)。屋内浸透は、表現のための合意または典型的な手段を持っていません。GNSS では、このパラメータは受信機の感度によって決まりますが、他の測位技術ではパフォーマンスを決定する要因が大きく異なります (WiFi ベースの測位用の WiFi ベースステーションの可用性など)。

整合性とは、システムがユーザーに警告を提供する能力を表すために使用される用語です。これは、ユーザーが警告をタイムリーに警告することなく、警告の上限よりも大きなエラーに公開される確率です。整合性の確保と評価方法、およびユーザーに整合性に関連する情報を提供する手段は、アプリケーションに大きく依存します。この報告書を通じて、「完全性」は、安全上重要または民間航空の定義に限定されるのではなく、他の用途やセクターで使用される品質保証/品質管理の概念を含む、**大きな意味で理解されるべきである**。

待機時間 とは、ソリューションの参照時間と、このソリューションがエンド ユーザーまたはアプリケーションで使用できる時間 (すべての遅延を含む) との差です。レイテンシーは通常受信機で考慮されますが、複数のポジショニングソリューションの統合 (融合)や、高ダイナミックモバイルデバイスの潜在的な問題を引き起こします。

電力消費 は、デバイスが位置を提供するために使用する電力量です。利用可能な信号やデータによって異なります。たとえば、GNSS チップは、信号を識別する (コールド スタート) 位置を計算する場合よりもスキャン時に、より多くの電力を使用します。典型的な値は数十ミリワットの順(スマートフォンチップセットの場合)です。

堅牢性 は、なりすましや妨害、およびシステムがこれらの問題にどのように対処できるかに関連しています。これは定量的パラメータよりも質的なパラメータであり、受信機が軽減できる攻撃または干渉の種類によって異なります。認証情報とサービスにより、堅牢性を向上させることができます。

タイム・トゥ・ファースト・フィックス (TTFF) は、受信機のアクティブ化とソリューションの可用性の間の時間の 度であり、自己テストの電源、衛星信号の取得、ナビゲーションデータ、ソリューションの計算を含みます。主に、受信側がアクティブ化前にアクセスできるデータに依存します:コールド・スタート(受信側は現在の状況を認識しないため、信号を処理する前に体系的に検索して識別する必要があります。ウォームスタート(受信機は現在の状況の推定値を持っています - 通常は数十秒かかります)またはホットスタート(受信機は現在の状況を理解しています - 通常は数秒かかります)。

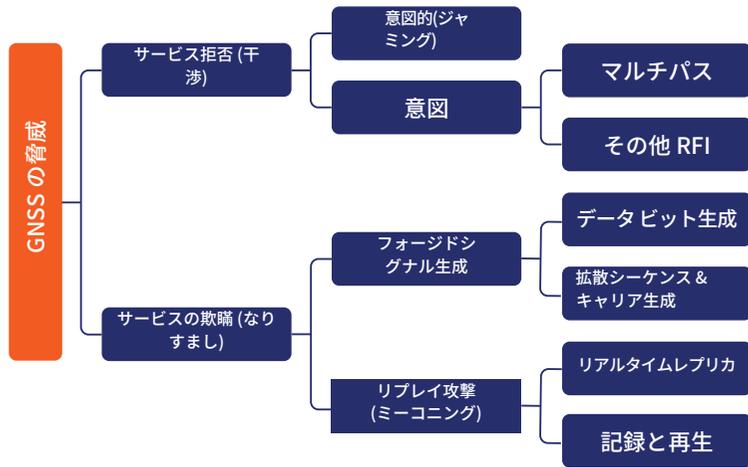
重要な注意事項:

1. アプリケーションは、多くの場合、それらの要件に応じて互いにオフパラメータを交換します。たとえば、安全性に不可欠なアプリケーションでは、整合性が精度よりも優先され、大衆市場では低消費電力とTTFFが整合性よりも優先されます。
2. 上記の定義は、このレポートにのみ適用可能であり、他の目的のために使用されることを意図していません。

附属書 4: GNSS に対する無線周波数干渉の脅威

GNSS(非常に低い電力レベルで受信した信号)の性質上、これらのシステムは、自然(例えば電磁圏シンチレーション)または人工(あらゆる種類の無線周波数干渉(RFI)など)現象に対して脆弱であり、その動作を著しく妨害する可能性があります。このような現象は、意図的な(妨害やスプリーフィング攻撃)が、望ましくない場合もあります(他の無線デバイスのスプリアス放射、GNSSマルチパス伝播)。その性質に関係なく、これらの現象はGNSS信号受信を脅かすか、または劣化させ、それに対して軽減されるべきです。

GNSSに対する人為的なRF脅威の単純化された分類



なりすましは、妨害よりも巧妙で悪意のある攻撃です(成功したなりすましは検出されません)。妨害は既知の脅威ですが、GNSS信号に影響を与えるスプリーフィング攻撃の分類は簡単ではなく、次のパラメータは攻撃に対して脆弱です(独立して、または攻撃に対して:タイミング情報、範囲情報、エフェメリスデータ、アルマナックデータ、修正データ、整合性データ、サービスパラメータ、認証データ)。

さまざまな種類の脅威は、このページの右側でさらに紹介されていますが、脅威に対する保護方法に関する情報は24ページと83ページで提供されています。

意図的なRF干渉 - 妨害

GNSSの妨害者は、ほとんどの国で販売、販売、使用することは違法ですが、それにもかかわらず、インターネット上の一般の人々によって購入することができます。妨害機を使用する一般的な動機は、資産追跡で使用されるデバイスをだますためです。しかし、このような妨害者は、多くの場合、宣伝よりもはるかに広い領域でGNSSを混乱させ、疑惑の「プライバシー保護デバイス」を大きな公共の迷惑に変えます。

意図しないRF干渉

マルチパス: マルチパス効果は、定義上、直接経路GNSS信号が自身の遅延レプリカと結合されるときに発生する自己干渉である。これは、キャリアだけでなく、コードフェーズの測定に影響を与えます。しかし、干渉シグナルの性質を知ること、特定の緩和戦略を考案することができます。

その他のRF干渉: これらは、異常なスプリアス隣接バンドまたは高調波放射による予測不能なイベントです。報告されたインシデントは、マイクロ波デバイス、空港レーダー、テレビ送信機など多様な情報源を暗示しています。

フォージドGNSS信号の生成

データビットの生成: データビットの生成には、ナビゲーションメッセージのレプリカと偽造の2つの方法があります。

- ナビゲーションメッセージのレプリカ: 空間からのデータが再生され、本物のデータやライブ信号のエフェメリスを再利用できます。
- ナビゲーションメッセージ偽造: 攻撃者は、理論的には、ナビゲーションメッセージを偽造して、受信側で目的のPVT(位置、速度、タイミング)を実現できます。メッセージ認証を使用する場合は、認証タグも偽造する必要があります。

拡散シーケンスとキャリア生成: GNSSシステムは、ダイレクトシーケンス拡散スペクトル(DSSS)でデータを変調します。オープンされているすべてのサービスでは、これらのシーケンスはシステムのインタフェース制御ドキュメント(ICD)に公開され、シミュレートされた信号を構築するために使用される場合があります。このような偽造信号は、シミュレートされた、実際の衛星拡散シーケンスを同期する有無にかかわらず、さまざまな電力レベルで放送することができます。

リプレイ攻撃 - ミーコニング

リアルタイム信号レプリカ:伝播時間に遅延を発生させるケーブルを使用して、空間からの信号を適切なハードウェアで再生し、**ポジションソリューション**に100~200メートルのエラーを導入することができます。このアプローチで目的のPVTや軌道をシミュレートできない場合でも、ユーザーは、このアプローチを使用して、無防備な責任に不可欠なアプリケーション(自己スプリーフィング)を不正に使用する可能性があります。

記録と再生: この攻撃は、既に市販されている製品を使用して実行されます。これらのデバイスの典型的なアーキテクチャは、ダウンコンバータとアナログデジタルコンバータ(ADC)、グルーロジック、デジタルストレージ(ハードディスク)、およびデジタルアナログコンバータ(DAC)と信号の再送信のためのアップコンバータで構成されています。

附属書 5: 頭字語のリスト (1/2)

3D 3次元 **ABAS** 航空機ベースの拡張システム **ADAS** アドバンスドライバアシスタンスシステム **ADC** アナログデジタルコンバータ **ADS-B** 自動従属監視・ブロードキャスト **AGC** 自動ゲイン制御 **A-GNSS** アシストGNSS **AI** 人工知能 **AIS** 自動識別システム **AltBO C** オルタナティブBOC変調 **AMC** コンプライアンスの許容可能な手段 **AR** 拡張現実 **ARAIM** アドバンスドRAIM **ARNS** 航空無線ナビゲーションサービス **A-SBAS** ASECNA衛星ベースの増強システム **ASECNA** アジェンスは、ラ・セクリテ・ド・ラ・ナビゲーション・アエリエンヌを注ぎます

en Afrique et マダガスカル **IATM** 航空交通管理 **ATP** 自動列車保護 **AUV** 自律水中車両 **BDS** BeiDouナビゲーション衛星 **衛星衛星** ベースの拡張システム **BeiDou** 中国GNSS、以前コンパス **BDS-3** 第三世代BeiDouシステム **BDT** 北道航法衛星システム時間 **BOC** バイナリオフセットキャリア変調 **BPSK** バイナリフェーズシフトキーイング **BYOD** は、あなた自身のデバイス **CAA** 民間航空局 **CAP** 共通農業政策 **CAS** 商業認証サービス **CAT I、II、精密** 機器アプローチと着陸 **CSWaP** コスト、サイズ、重量およびパワー **CDMA** コード部門マルチアクセス **CED** クロックとエフェメリスデータ **CGCS 2000** のIII ILSカテゴリ

中国測地座標系 2000
クラス センチメートルレベル増強サービス(QZSS)
クローン クロック・ネットワーク・サービス
CNR、C/N0 キャリア対ノイズ比
コンパス 「BeiDou」を参照
Cors 連続動作基準ステーション
コスパ- ロシア宇宙コスコスケスカヤ・システィエマ・ポイスカ
サルサット アヴァリニヒ・スドウ - 捜索救助衛星支援追跡
幼児用ベッ 市販品(製品)
Cpu 中央処理装置
CRPA 制御された放射パターンアンテナ

CSA サイバーセキュリティ法 **CSAC**
チップスケール 原子時計 **DAC**
デジタルアナログ 変換器 **DACU**
デジタルアンテナ コントローラユニット **DF**
デュアル周波数 **DFMC**
デュアル周波数 マルチコンステレーション **DGNSS**
差GNSS ダイレクト
シーケンス スペクトラムスペクトラム **EARSC**
リモートS の欧州協会 センシング企業 **EC**
欧州委員会 **EU27**
欧州連合 (27 加盟国) **EDAS**
EGNOS データアクセス サービス **EGNOS**
欧州静止ナビゲーション オーバーレイ サービス **E-GNSS** 欧州GNSS **eLORAN**
強化長距離 ナビゲーション **ELT**
緊急ロケーション
トランスミッタ **EMBB** 強化されたモバイルブロードバンド **EO**
地球観測 **EPIRB**
緊急測定 インジネータ無線ビーコン **ePRTC**
強化PRTC **ERTMS**
欧州鉄道 交通管理システム **ESA**
欧州宇宙機関 **EU**
欧州連合 欧州
航空機器 **FDE**
故障検出 および除外 **FDMA**
周波数部門 マルチアクセス **FE**
ファンダメンタルズ 要素資金調達メカニズム **FKP**
フレヘン・コレクト ウール・パラメータ **FFD**
非個人データ 規制 **GADSS**
グローバル 航空避難および安全システム **GAGAN**
GPS 支援ジオ拡張ナビゲーション **GA**
一般航空 **GBAS**
地上増強 システム **GAST**
GBAS アプローチサービスタイプ **GEARS**
ガリレオ 整形システム **GEO**
静止軌道 **GDPR**
一般データ 保護規制 **GIS**
地理情報 システム **GLONASS**
ロシアの グロバルナヤ・ナビガナヤ・スプトニコワ・システム **GM**
ガイダンス 料 **GMDSS**
グローバル 海上避難安全システム **GNSS**
グローバル ナビゲーション衛星システム **GPS**
グローバル 測定システム **GRC**
ガリレオ リファレンスセンター **GSA**
欧州 GNSS機関

GSO
地球同期 軌道 **GSS**
ガリレオ センサーステーション **GSWG**
GNSS 作業グループ **GTRF**
ガリレオ 地上基準フレーム **H2020**
ホライゾン 2020 **H2H**
ハル2 ハルは
高精度 サービス(ガリレオ) **HE**
ホライズン ヨーロッパ **HEO**
高度 楕円軌道 **HPC**
ハイパフォーマンス コンピューティング **H-ARAIM**
水平 **ARAIM IALA**
国際 海洋援助協会
台当局
IAT 国際原子力時間
ICAO 国際民間航空機関
ICD インターフェイス制御文書
ICG 電子工学
研究所 **IERS**
国際 地球回転サービス **IF**
中間 周波数 **IFR**
機器 飛行ルール
IGS 国際GNSSサービス **IGSO**
傾斜 地質同期 軌道 **ILS**
機器 着陸システム **IMU**
慣性 測定ユニット **INS**
慣性 ナビゲーションシステム **IoT**
モノ のインターネット **ISM**
インテグリティ サポート メッセージ **ITRS**
国際 陸上参照システム **IRIG**
範囲 計装グループ **ISOBUS**
または ISO BUS または ISO 11783: 通信プロトコルベース
農業 産業のためのSAE J1939に対
して、ITU
国際 電気通信連合
ITU-T 国際電気通信連合 **日本**
衛星 ナビゲーション測地システム **JRC(EC)**
共同 研究センター **KASS**
韓国 増強衛星システム **KPI**
キー パフォーマンス指標 **KPP**
キー パフォーマンスパラメータ **LBS**
ロケーション ベースのサービス **LEO**
低地球 軌道 **LiDAR**
光 検出およびLNA低 音光検出とLNA
低 音光高
音 アンブ

附属書 5: 頭字語のリスト (2/2)

LPWAN	低電力広域ネットワーク LTE 長期進化, 一般的に4G LTE MAC マスター補助概念(NRTKプロトコル) MAC メッセージ認証コード MCS ミッションクリティカルサービス MEMS マイクロ電気機械システム MEO 中地球軌道 MEOLUT 中軌道ローカルユーザーターミナル MEOSAR 中軌道捜索救助衛星 MF として知られています 中周波 MGEX マルチGNSS実験とパイロットプロジェクト MiOT モノの大規模なインターネット MMS モバイルマッピングシステム MOPS 最小運用性能基準 MRT メインリファレンスタイムズ MSAS MTSAT衛星増強システムナビゲーションイン の星座とナビゲーションインの運用名 地域航法衛星システム NMA ナビゲーションメッセージ認証 NMEA 全米海洋電子協会 NOAA 全米海洋大気局 NSP ナビゲーションシステムパネル NTP ネットワーク時間プロトコル NTRIP ネットワークネットワークプロトコルインターネットプロトコル NRTK ネットワークリアルタイムキネマティック NWP 数値気象予測 OBU オンボードユニット OCX 次世代運用制御セグメント(GPS) OCXO オープン制御水晶振動子 ODTS 軌道決定と時間同期同期。 OEM 相手先ブランド供給 メーカーOS (ガリレオ)オープンサービス OS-NMA オープンサービスナビゲーションメッセージ認証 OSR 観測空間表現 OTAR 上の空気再キーイング オート 光時間転送 PBN パフォーマンスベースナビゲーション PCO フェーズセンターオフセット PCV フェーズセンターバリエーション PDV パケット遅延バリエーション PKI 公開鍵インフラストラクチャ PLB パーソナルローケータ PLL フェーズロックループ PND ポータブルナビゲーションデバイス PNT ポジショニング、ナビゲーションおよびタイミング PPK ポスト処理キネマティック	PPP 精密ポイントポジショニング PPS パルス/秒 PRS 公共規制サービス PRTC プライマリ基準時間クロック PTC 正の列車制御 PTP 精密時間プロトコル PVT 位置, 速度, タイミング PZ-90 パラメトリゼムリ1990(地球1990のパラメータ)QZSS準 天頂衛星システム QZSS 準ゼニス衛星システムタイム R & D 研究開発 R & I 研究開発 RI 研究開発 RAIM 受信機自律保全性監視 RFC 要求 RFID 無線周波数識別 無線周波数 RF 周波数 RF ロシア連盟 RFI 無線 周波数干渉 RGB 独立した交換形式 RLM リターンリンクメッセージ RLS リターンリンクサービス RNP 必要なナビゲーションパフォーマンス RNSS 地域ナビゲーション衛星システム RSMC 地域ショートメッセージ通信 RTCM 無線海洋サービス RTK リアルタイムキネマティック SAR 捜索救助 SAR 合成開口レーダー(SAR) SARSAR 規格と推奨プラクティス SBAS 衛星ベースの拡張システム SCE 拡散暗号 SDCM システム 同期機器クロック SESTAR シングルヨーロッパ空ATMリサーチ SF/DF/TF シングル/デュアル/トリプル周波数 SIMOPS 同時操作 SLAM 同時位置マッピング SLAS サブメートルレベル増強サービス (QZSS) SoC システム上のチップ SoL 安全性 SORA 特定の操作リスク評価 SPAN 位置増強ネットワーク SQM 信号品質モニタリング	SSR 状態空間表現 SPP シングルポイントポジジョン SSU 同期供給ユニット SyncE 同期イーサネット T & S タイミングと同期 TCXO 温度制御水晶発振器 TESLA タイミング効率的なストリーム損失耐性認証 TF トリプル周波数 TGRS Tri GNSS無線オカルトシステム TOA 到着時刻 TRF 時間基準施設 TSG 時間信号生成器 TSI 技術仕様相互運用性のための TTF 時間からアラート TTF 時間から最初の修正 TT & C テレメトリ, トラッキング & コントロール T-RAIM タイムレシーバー自律保全性監視 TCXO 温度補償水晶発振器 UAM アーバンエモビリティ UAS 無人航空機システム UAV 無人航空機システム UAV 無人航空機 UCAR 大学大気研究のための 超 高周波 ULS ガリレオアップリンクステーション USAF 米空軍 UT ユーザーターミナル UTCユニバーサルタイム UTM UASトラフィック管理システム UWB ウルトラワイドバンド V2I 車両-インフラストラクチャ V2N 車両間 V2V 車両対歩行者 V2V 車両対車 V2X 車両間 V2X 車両-すべて VB またはVRS仮想基地局または仮想基準ステーション VBTS 仮想バリエーション伝送システム VR バーチャルリアリティ VRS バーチャルリファレンステーション V-ARAIM 垂直 ARAS ワイドエリアオーグメンテーションシステム WGS-84 世界測地システム1984 WiFi ワイヤレスフィデリティ。によって標準化された無線通信プロトコル IEEE 802.11 (ISO/CEI 8802-11) WP ワークプログラム WR ホワイトラビット
--------------	---	--	--

附属書 6: GNSS ユーザー技術レポート作成に使用される方法論

このGNSSユーザー技術レポートは、GSAの内部技術監視プロセス(TMP)の出力です。

これは、GSAのGNSS市場レポートの背後にある市場の監視と予測プロセスを補完し、その目的はGNSS供給業界の動向と動向を監視することです。ガリレオ市場の採用を支援する最善の戦略を定義する上でGSAをサポートしています。ユーザー端末とチップセットにおけるガリレオの浸透に関する最新の統計を提供します。他のGNSSと位置技術の間でガリレオの位置づけを分析します。

プロセスの一部は、現在市場で入手可能な受信機、チップセット、モジュールの機能を評価する、最新の独立した分析を維持することです。すべてのマクロセグメントにおける受信機の機能専用ページだけでなく、各デバイスの出力が見える分析では、チップセットであれ受信機であれ、販売量が何であれ、各デバイスは均等に重み付けされます。したがって、結果は、エンドユーザーが利用する星座の分割ではなく、メーカーの製品で利用可能な星座の分割として解釈されるべきです。

分析には、アップル(インテル)、Bdstar(ユニコア)、ブランディワインコミュニケーションズ、ブロードコム、コバム、コリンズ航空宇宙、DJI、エカ、エルプロム、エステルライン、周波数エレクトロニクス、ヨーロッパおよび世界中のすべての主要な受信機メーカーが含まれています。古野、ガーミン、Gmt、ゴーギータイミング、半球(アグジャンクション、ストーンクス)、ヘキサゴンAB(ライカ、ノヴァテル)、ハイターゲット、ハネウエル、Huace(Chcnv)、ファーウェイ(ヒシリコン)、ジャクソンラボ、ジョンディア(Navcom)、JRC、コングスバーグ、マイクロチップ、メディアテック、メインベルク、マイクロセミ、ナビコ、オロラ、オッサ・オシュコ、サムスン、セイコーソリューションズ、セプテントリオ、セブンソリューションズ、STマイクロエレクトロニクス、タレスアビオニクス、トプコン、トリンブル、u-blox、ユニソック。

軍事/防衛受信機、チップセット、モジュールについては、このレポートでは説明しません。

この報告書に含まれる情報は、社内の知識、科学論文、受信機、その他のユーザー技術メーカーのウェブサイトをもとめ、必要に応じて関連分野の専門家との協議によって検証されています。

免責事項

GNSSユーザー技術報告書第3号の準備は、欧州委員会と協力して、FDC、エジス、イーブンフロー、ギュスターヴ・エッフェル大学、WAおよびLEヨーロッパの支援を受けて、欧州GNSS機関によって実施されました。

同庁は、仮定と結果の合理性を確認する上で細心の注意を払っていますが、同庁は報告書の内容を更に利用する責任を負いません。

次の問題を改善するためのコメントは歓迎され、対処する必要があります: market@gsa.europa.eu



欧州委員会(EC)は、以下を含む欧州衛星航法プログラム、ガリレオおよびEGNOSの管理を担当しています。

- プログラムに割り当てられた資金の管理。
- プログラムに関連するすべての活動の実施を監督する。
- 欧州GNSS機関と欧州宇宙機関との間で、特に責任とタスクの明確な分割を確保する。
- EU加盟国、欧州議会、欧州連合理事会へのプログラムに関する適切な報告を確保する。

ガリレオとEGNOSプログラムは、欧州連合(EU)によって完全に資金提供されています。

著者たちは、このレポートの寄稿者に特別な感謝を伝えたい。

- ガリレオサービス;
- 証言を提供する企業:ブロードコム、iCaune、フィールドビー、f.u.n.k.e、グーグル、ヘキサゴン、マイクロチップ、ロクブン、セプテントリオ、ソニー、トリンプル、ユニブリー。



機関(GSA)

GSAの使命は、欧州連合(EU)の目標を支援し、ユーザーへの利益と経済成長と競争力の面で、欧州のGNSS投資に対する最高のリターンを達成することです。

GSA

- 欧州のGNSSサービスとインフラを継続的に改善しながら、ユーザーのニーズに完全に対応するサービスを設計し、可能にする。
- 最もコスト効率の高い方法でユーザー満足を保証する質の高いサービスの提供を管理します。
- 市場の利害関係者が、欧州のGNSSの完全な採用の達成を促進する革新的で効果的なアプリケーション、付加価値サービス、ユーザー技術を開発する。
- 欧州のGNSSサービスとオペレーションが安全で安全でアクセス可能であることを保証します。

GSAにおける統合市場開発

GSA GNSSユーザー・テクノロジー・レポートは、市場開発と技術モニタリング活動の継続的な結果として、以下を目指しています。

- **利害関係者との関係を管理し、ユーザーおよび業界での組織化と参加、ニーズの特定、ステークホルダーの満足度の評価を行うこと**で、主要市場セグメントにおけるGNSSユーザー、下流産業、専門家、その他の利害関係者を巻き込むことで、ユーザーとバリューチェーンの近くに滞在します。
- **GNSS市場と技術を監視** する:現在の情報、ドライバー、仮定の定期的な収集、モデリング、専門家による検証、GNSS下流産業市場シェアの分析、欧州GNSSプログラムと将来のシナリオの費用便益分析、位置決め技術の動向の監視、E-GNSS普及率の追跡など、市場セグメント別の将来の動向を予測します。
- **市場プレーヤーや機関の利害関係者と E-GNSS市場戦略を構築し、実装する**:すべてのGNSS市場セグメントにおけるE-GNSSの使用の促進、チップセット、受信機およびデバイス内のE-GNSSの統合の促進、ワークショップとテストの開催、EUの業界ビジネスの発展と競争力の支援。
- **&FP7 H2020プログラム内のGNSSアプリケーションおよびサービスに関するEU出資のR D &** を管理する:E-GNSSの採用とEU業界の競争力の結果を活用して、E-GNSSアプリケーションの約400のデモンストレーション、90製品、300のプロトタイプ、25の特許/商標を含む - 途中でより多くの結果を得る。
- **&GNSSチップセット、レシーバ、アンテナでEU出資のR Dを管理**:これらのエンド製品をすべてのセグメントのエンドユーザーに向け、現在および将来のユーザーニーズに合わせて調整された助成金や入札/調達でEU業界を支援することを目指します。

欧州GNSS機関:スペースをユーザーのニーズに結びつける。



European
Global Navigation
Satellite Systems
Agency

market@gsa.europa.eu www.gsa.europa.eu



@EU_GNSS

@EGNOSPortal

Facebook.com/



EuropeanGnssAgency

© 2020欧州GNSS機関

著作権に関する注意: 欧州GNSS機関(GSA)が認められた場合、この情報は無償で再発行することができます。再公開を行う場合は、GSAウェブサイト(www.gsa.europa.eu)にリンクしていただければ、感謝しています。

ISBN 978-92-9206-049-7 TS-AD-20-001-EN-N