



安全性が重要なインフラストラクチャの妨害となりすまし

全地球航法衛星システム (GNSS) は遍在しており、多くの最新のアプリケーションやサービスのバックボーンとなっています。これは測位だけでなく、GNSS とその公称パフォーマンスに大きく依存する正確なタイミング ソリューションでもあります。GNSS 衛星は高度約 20,000 km で地球を周回し、約 100 ワット程度の送信電力で信号を送信します。その結果、地表で受信される信号は非常に弱く、信号干渉を受けやすくなります。このホワイトペーパーは、ヨーロッパの都市および空港近くでの恒久的な GNSS 品質監視の結果を示し、GNSS 信号干渉が日常的に理論上の脅威以上であることを実証しています。特に安全性が重要なアプリケーションやインフラストラクチャでは、GNSS 信号の健全性と品質を綿密に監視することが重要です。

著者： Manuel Kadletz 氏、プロダクト マネージャー – GNSS 品質保証
日付： 2023年1月

GNSS 信号の干渉は理論的または軍事的脅威だけではありません

OHB デジタル ソリューションズは、20 年以上にわたり GNSS 分野で研究開発を行っています。それ以来、私たちのすべての活動において、GNSS 信号設計、その長所だけでなく短所を深く理解することが、私たちの活動に不可欠な部分となってきました。主な焦点の 1 つは、GNSS 信号とサービスの品質の監視であり、これまでも常にそうでありました。初期の段階で、私たちは受信した GNSS 信号を観察および分析し、信号の品質と周囲の要因による妨害の可能性を評価するためのフィールド測定キャンペーンを実施しました。



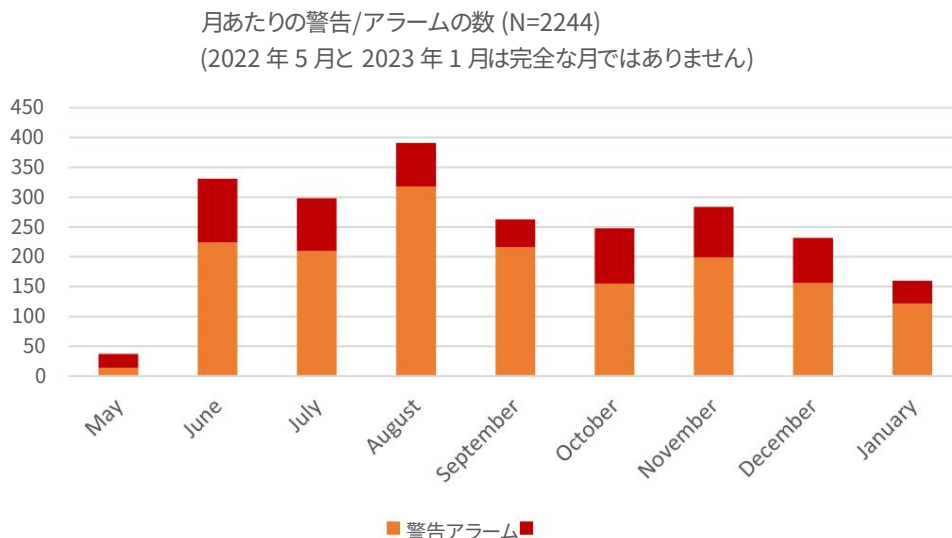
記録されたデータを分析すると、マルチパスなどの自然干渉のほかに、妨害波からの信号などの意図的な干渉も頻繁に発生することが明らかになりました。2014 年にオーストリアのシュタイアーマルク州にある A9 高速道路沿いで行われた測定キャンペーンでは、迂回するトラックと GNSS 周波数帯域の干渉信号の相関関係が初めて示されました。これらの憂慮すべき結果は、今日の OHB の GNSS 品質保証ソリューションの基礎となる恒久的な監視ソリューションの開発につながりました。2021 年末から 2022 年にかけて、当社はエストニア、チェコ共和国、オーストリアで 3 つの常設 GNSS 干渉検出および分析システム (GIDAS) を運用しており、ほぼ毎日 GNSS 妨害を検出しています。このホワイトペーパーでは、過去数か月間におけるこれらの設置のうちの 1 つによる妨害検知結果を紹介し、24 時間 365 日の監視ソリューションを使用して GNSS 妨害となりすましを阻止するための主力戦略を強調しています。

私たちの推奨事項は次のとおりです。GNSS 依存アプリケーションにとって重要な最初のステップは、GNSS パフォーマンスが公称値でなくなったらすぐにリアルタイムで認識することです。記録された干渉イベント データから長期にわたって学習することで、安全性が重要なアプリケーションやシステムの堅牢性を向上させるための確実な緩和戦略を設計できます。

GNSS 干渉は日常的に発生しています (特に高速道路沿い)

2022年5月以降、当社は地元の航空ナビゲーション サービス プロバイダーと協力して、ヨーロッパの空港にGIDASの常設施設を運用しています。一般的に運用されている GNSS 品質保証システムの目標は、空港敷地周辺の航空交通に影響を与える GNSS 干渉にどのように対処するかに関する将来の意思決定と戦略定義のためのデータに基づいた証拠を収集することです。運用開始から最初の8か月間で、特に高速道路沿いや建設現場で、

制限された GNSS 帯域での干渉信号は予想よりもさらに大きくなります。2022年5月17日から2023年1月18日まで(246日間の運用)、システムはアラームに分類される重大度の干渉イベントを630件検出しました(これは、GNSS 測定品質の実際の低下があったことを意味します)。この期間中に、重大度が警告として分類された干渉イベントがさらに1614件捕捉されました。



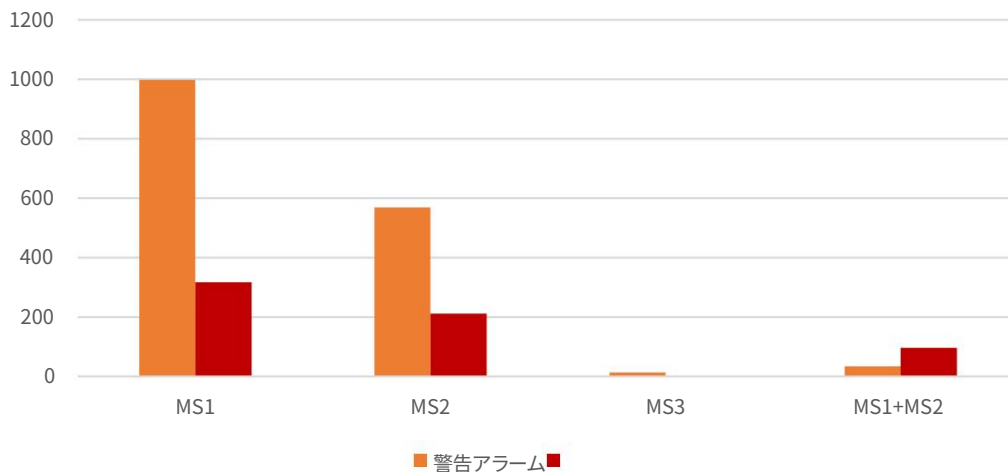
提示されたデータを記録するGIDAS設備は、空港敷地内の戦略的な位置に配置された3つの異なる監視センサーで構成されています。監視センサーは滑走路の北端と南端の両方の進入方向をカバーし、空港タワーに追加の監視センサーを1つ備えています。



監視センサー3(MS3)は、データ評価直前の2023年1月の監視期間中に再配置されました。したがって、このサイトに記録されたデータは考慮できません。

最も多くの干渉アラームと警告が記録されたのは、高速道路または交通量の多い田舎道のいずれかに近い MS1 および MS2 サイトです。合計 98 件の干渉イベントは、少なくとも 2 つのサイトで並行して記録されるほど重大なものです。サイト MS1 と MS2 の間の距離は 1.4 km です。繰り返しますが、サイト MS3 はモニタリング期間中に移転されたため、この分析では考慮できません。

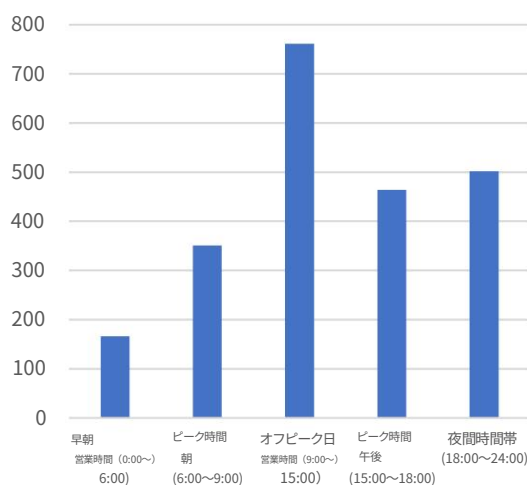
監視センサーごとの干渉イベント (警告/アラーム) の数



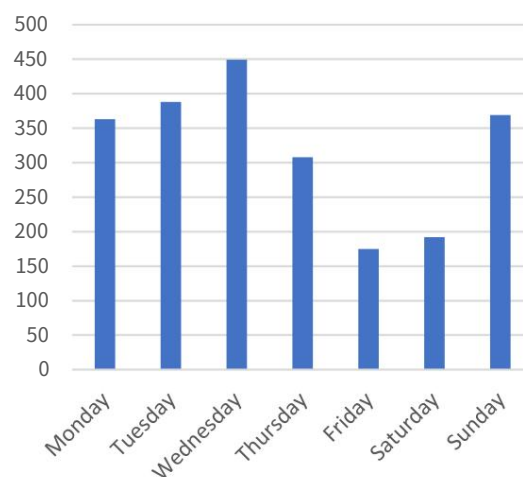
平日および時間帯に関する干渉イベント データを分析すると、かなりの数の干渉イベントが仕事関連のトラフィックと関連していることがわかります。これは、会社のトラックが自分の位置を守るためにトラック室内で妨害装置を操作しているという説を裏付けています。

これはフリート管理システムであり、より広範囲で GNSS 信号を妨害し、空港システムにさえ影響を与える副作用があります。日曜日のピークは、日曜日の22:00 CETで終了する週末のトラック運転禁止に関連しています。オーストリアのトラック運転手の週の労働時間は通常、この時間に始まります。ジャマーに偽装されて、法定制限より少し早く出発するトラックもあるようだ。

トラフィック時間に基づく干渉イベントの数 (N=2244)

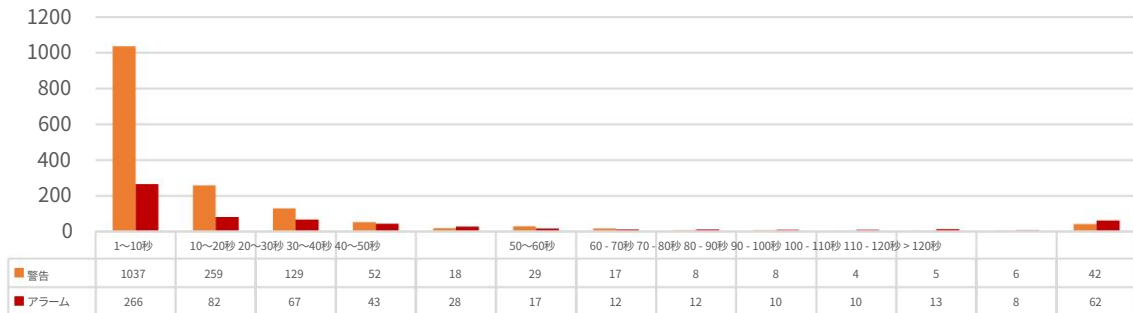


平日の干渉イベント数 (N=2244)

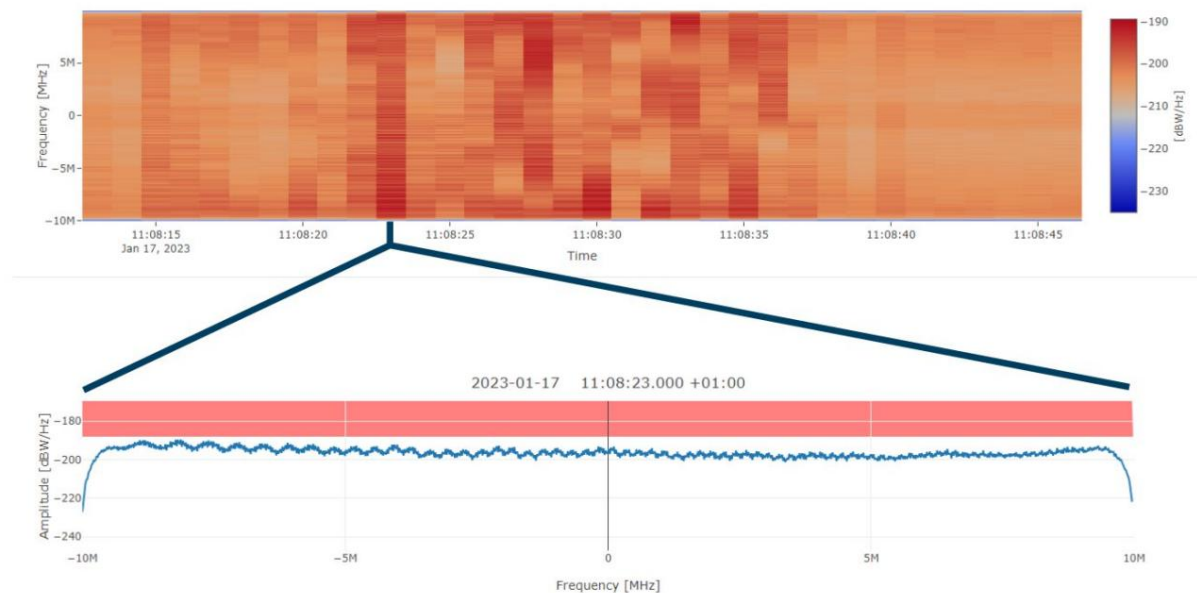


記録された干渉イベントの80%以上(警告とアラームの両方)の継続時間は30秒以下であり、これは迂回する車両に対して発生すると予想されます。しかし、アラームとして分類された少なくとも2つの記録されたイベントは、継続的に30分以上続いています。(これらのイベントは「> 120秒」グループに含まれます)

期間に基づいてグループ化された干渉イベントの数 (N=2244)

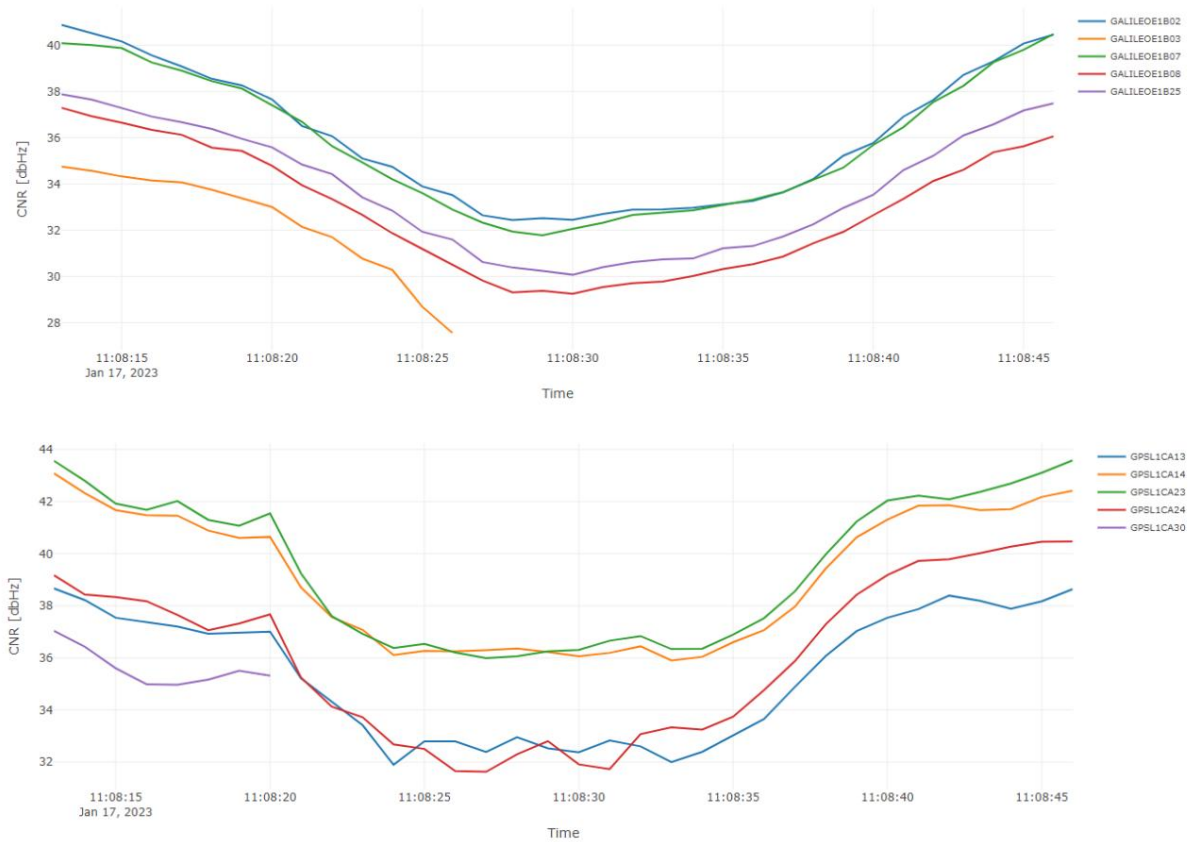


一般的に記録される干渉の例として、掃引連続波 (SCW) 妨害波が表示されます。以下の図は、L1 周波数帯域 (1575.42 MHz) で記録されたベースバンド信号のパワー スペクトル密度 (PSD) を示しています。

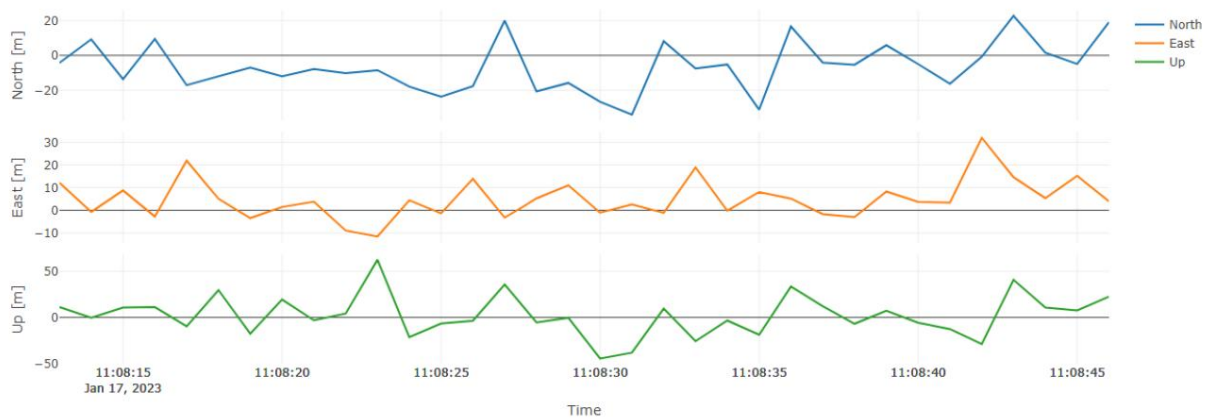


GIDAS はすべての干渉イベントの生のベースバンド信号スナップショットを自動的にキャプチャして保存するため、後処理によって妨害信号に関するより詳細な洞察を収集することも可能です。分析。例として、信号のタイプを自動的に分類するためにも使用される短時間フーリエ変換 (STFT) が、同じ干渉イベントに対して示されています。

記録された SCW 妨害波により、追跡された GPS および Galileo 衛星信号の測定された搬送波対雑音比 (CNR) が大幅に低下します。



たとえ妨害信号が存在すると GNSS 測定品質が大幅に低下しても、一般的な GNSS 受信機は警告なしに位置解を出力し続けます。これにより、妨害を認識せずに誤解を招く PNT 情報が得られる可能性があります。



COTS GNSS 受信機は通常、干渉信号が存在する場合でも、可能な限り PNT ソリューションを出力するように設計されています。したがって、品質監視を最優先に設計された独立したシステムで GNSS の品質を監視することが非常に重要です。

問題に取り組む - 最初のステップである リアルタイム監視

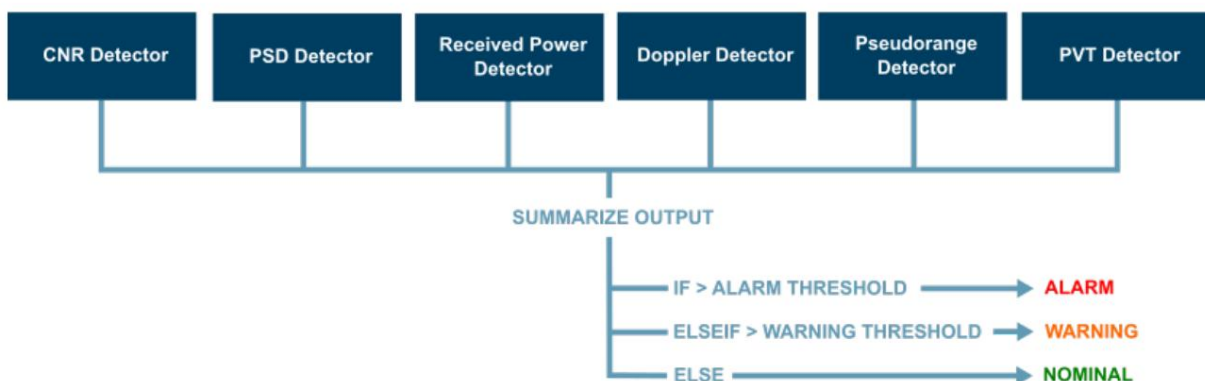
OHB のGIDAS は、空港などの安全性が重要なインフラに常設される市場をリードする GNSS 品質保証システムです。このテクノロジーは、GNSS 信号処理と干渉検出における 20 年以上の研究で開発され、堅牢なリアルタイムの干渉検出と警告を実行します。空港が監視されている場合、航空交通管理 (ATM) はカスタム アラート インターフェイス (ソフトウェア ベースまたはハードウェア ベース) と直接接続できます。GIDASを使用すると、航空管制官は、ナビゲーション システムが GNSS 干渉によって悪影響を受ける前に、オンサイトの GNSS の健全性と品質をライブビューで確認できます。



GIDASの主なアプローチは、GNSS 信号とサービスを継続的に監視することです。GIDAS は、すべての民間 GNSS コンステレーション (GPS、Galileo、GLONASS、Beidou、QZSS) とすべての民間 GNSS 信号をサポートします。

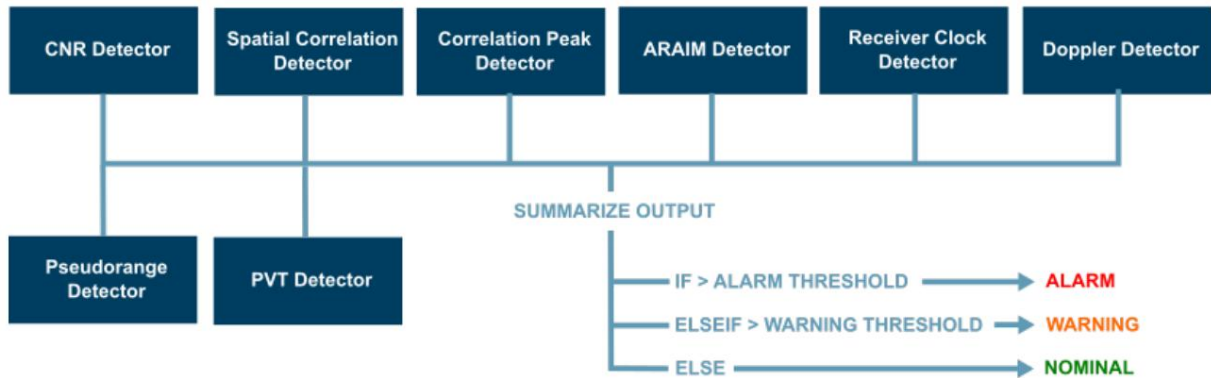
GIDAS は24 時間 365 日の監視に基づいて、デジタル化された GNSS 信号を処理し、多数の検出技術を組み合わせて実行して、干渉信号を堅牢かつ確実に検出します。ジャミング検出モデルは、さまざまなシナリオおよびさまざまなジャマー タイプにおける個別の強度と検出技術を組み合わせます。干渉の存在を示す検出技術の特定の組み合わせに応じて、システムは警告またはアラームを発します。このアプローチは、さまざまな種類の妨害電波を幅広くカバーし、誤警報の可能性を最小限に抑えます。

GIDAS JAMMING DETECTION MODEL

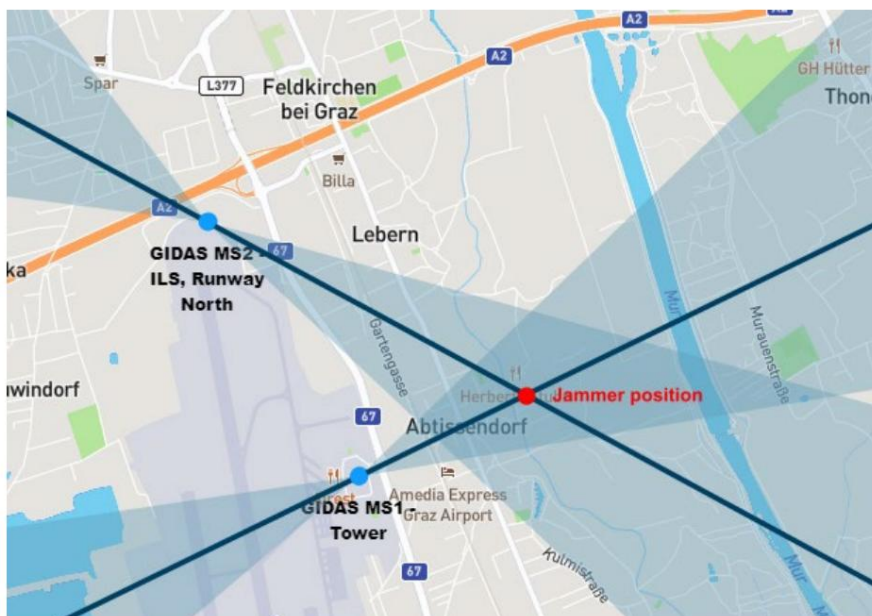


スプーフィング検出のために、GIDASシステムは、慎重に選択された別の一連の技術を使用します。組み合わせたアプローチでは、妨害検出モデルと同じメカニズムが適用されます。干渉の存在を示す検出技術の特定の組み合わせに応じて、システムは警告またはアラームを發します。

GIDAS SPOOFING DETECTION MODEL

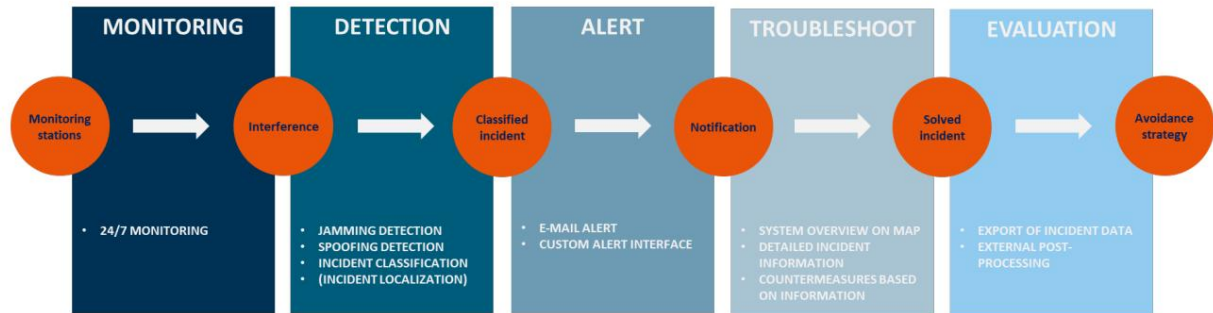


検出後、GIDASは追加の手順を実行して、干渉信号のタイプを分類し、信号源の位置を特定します。妨害信号の分類により、振幅変調 (AM)、周波数変調 (FM)、連続波 (CW)、掃引連続波 (SCW)、およびパルス妨害波のタイプが区別されます。GIDASの設置には通常、監視する必要があるエリアのサイズに応じて3つ以上の監視センサー (MS) が含まれます。各監視センサーは、ローカル信号処理ユニットと組み合わせた個別のデュアルモジュール GNSS アンテナによって構築されます。監視対象エリア上に分散された複数の監視センサーは、三角測量によって干渉信号源の位置を特定できます。



検出、分類、位置特定の次のステップは、カスタマイズ可能な自動アラート インターフェイスを介してGIDAS内で利用できる、オペレーターまたはより高いレベルのシステムへの自動アラートです。

GIDASシステムの一般的なアラートまでの時間 (TTA) は6 秒をはるかに下回ります。トラブルシューティングについては、対策と長期的な緩和策の評価、 GIDASシステムが自動的に実行生のベースバンド信号のスナップショット、すべての中間検出結果、妨害またはスプーフィングのアラーム レベルを記録します。



OHB の GNSS 干渉検出および分析システムは、GNSS 信号とサービスをリアルタイムで自動的に監視する、安全性が重要なインフラストラクチャ向けのターンキー ソリューションです。

2022 年以降、GIDAS はポータブル バージョンとしても利用可能です。GIDAS のすべての機能は、完全に自律的に使用できるように設計された耐久性の高いフォーム ファクターに統合されています。

自律動作モードに加えて、GIDAS ポータブルは、簡単に再配置可能な監視センサーとして定置型 GIDAS 設備に接続することもできます。



まとめ

GNSS 干渉は、特に安全性が重要な GNSS 依存のアプリケーションやサービスにとって、理論上の脅威以上のものです。恒久的に設置された GNSS 品質保証システムは、GNSS 信号とサービスを 24 時間年中無休で監視し、GNSS 干渉によって安全上のリスクが生じる前にオペレーターや上位システムに警告します。過去数か月から数年の間に、GNSS 干渉の頻繁な発生と安全性が重要なアプリケーションへの影響を強調する複数のレポートが公開されました。ジャミングは日常的に観察可能な現象であることが、当社の監視システムによっても確認されています。これは軍事紛争地域から遠く離れた場所でも同様です。最初の一步を踏み出し、当社に連絡してGIDASコンサルティングを依頼することで、運用の安全性を高めてください。

info@ohb-digital.at

＜日本正規販売代理店＞
ウェーブクレスト株式会社
〒336-0021埼玉県さいたま市南区别所1-27-5
TEL：048-764-9969
Email：info@wavecrestkk.co.jp
<https://wavecrestkk.co.jp/wc/>