

古野電気 時刻同期用GNSS受信機

船舶で培ったGNSS技術で
“ナノ秒”の高精度インフラを支える

普段意識することはあまりないが、我々の生活を支えているモバイル通信の基地局は、ナノ秒単位の時刻同期技術を用いて、精密な制御によって安定した通信サービスを実現している。古野電気ではその時刻同期を支えるべく、高性能・高信頼の時刻同期用GNSS受信機を提供している。

人間同士の待ち合わせなら「分」単位で取り決めればいい。世界一高密度で走る日本の鉄道ならば「秒」単位で運行を管理することになるだろう。一般的なITシステムの運用ならば「ミリ秒」単位の制御が求められる。

だが、それ以上の精度、マイクロ秒(μs)よりさらに高精度なナノ秒(ns)単位の時刻精度が求められる世界がある。代表例が、モバイル通信のインフラだ。

電波には干渉がつきもので、隣接する基地局の発する電波の影響を受けて通信品質が劣化する恐れがある。

これを避けるために、5Gの基地局同士はナノ秒単位の時刻同期技術を用いて、上り通信と下り通信のタイミングを合わせることによって干渉を避ける仕組みを採用している。これは、同一キャリアの基地局同士だけでなく、異なるキャリアの基地局との間でも同様だ。5Gの周波数はガードバンドという緩衝体なしに割り当てられているため、近接する周波数帯を利用するキャリア間で

干渉を防ぐ必要がある。

船舶で培ったGNSS技術を生かし
高精度な時刻同期用受信機を提供

この時刻同期の基準が、UTC(協定世界時)だ。標準電波(電波時計)やNTPサーバーで時刻配信されているが、その性能は通信の干渉防止には不十分だ。そこで利用されるようになったのが時刻同期用GNSS受信機で、測位演算とともに算出した時刻データを、UTCに同期した1秒パルス信号(1PPS)に変換して出力する。基地局に直接GNSS受信機が搭載されたり、「グランドマスタークロック」に搭載されたGNSS受信機からPTP方式で基地局に時刻配信されたりする。5Gの標準仕様では、基地局の時刻同期はUTC時刻の±1.5μs以下と定めている。PTPで時刻を配信する際の遅延を考慮すれば、その大元となるGNSS受信機には、ナノ秒オーダーの極めて高い精度が要求される。

このほかにも、金融取引や放送、電力



古野電気
システム機器事業部
開発部 要素技術課
主任技師
橋本邦彦氏

システムを支えるインフラとしてGNSS時刻同期は活用されている。

こうした用途向けに時刻同期製品群を提供してきたのが古野電気だ。

同社はもともと、魚群探知機やソナーといった船舶用電子機器を開発・販売してきたメーカーで、この領域では世界トップクラスだ。GPS/GNSS受信機も、海洋上で船舶の位置を把握するために1980年代から提供してきた。

そこで蓄積した技術やノウハウを陸上でも展開し、車載向けGNSS受信機やETC、WiFi、業務用ハンディターミナルなど幅広い領域に製品を展開している。時刻同期製品もその1つだ。

具体的には、シンプルな1PPS時刻信号を発生するGNSS受信機「GTシリーズ」、発振器と組み合わせて正確な基準周波数(10MHz)も提供する「GFシリーズ」のほか、モバイル基地局等での高精度測定用の「TB-1」といったラインアップを用意している。通信・放送業界をはじめとする社会基盤で求められる高性能な時刻出力を実現している。

古野電気 システム機器事業部の橋本邦彦氏は、「モバイル通信や放送、電力といった重要インフラに使われている

ため、高い正確性と信頼性が求められる」と話す。

ビル街のような劣悪環境でも
精度劣化は最小限に

この性能の高さこそ、“フルノ製”の最大の特質だ。

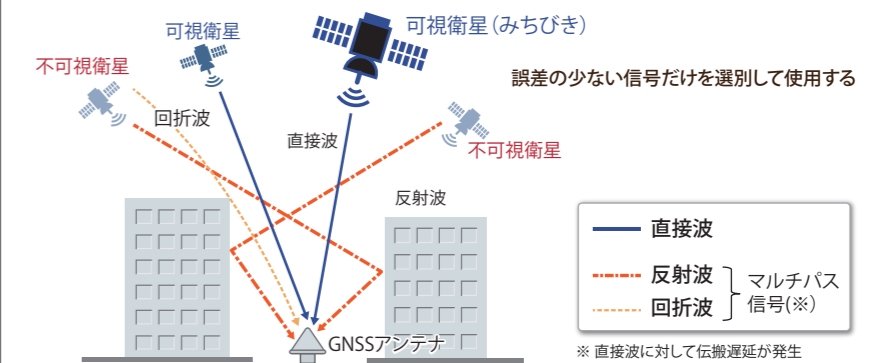
同社では、UTCとの時刻差を表す「確度」(Accuracy)と、ばらつきを表す「精度」(Stability)の両面で性能を追求。確度は±40ns、精度は、他社が軒並み二桁台のところを4.5nsを実現している(図表1)。「時刻同期用GNSS受信機には一周波方式と二周波方式があり、後者は非常に高価。我々はコストパフォーマンスに優れた一周波方式を採用しつつ、世界最高クラスの時刻性能を実現している」と橋本氏。時刻同期という使い道に合わせ、チップからソフトウェアまで自社で開発しているからこそ可能だという。

さらに、空が開けた理想的な環境だけでなく、劣悪で現実的な環境でも高性能を実現するための工夫もある。

5Gは電波の届く距離が短いこともあり、町中に多数の基地局が設置される。ビルの谷間のように、衛星が見通せなかったり、反射波が多数生じる場所で運用されることもある。このような環境においては、GNSS受信機が算出する時刻性能が劣化する。

見通しの良い場所に設置したグランドマスタークロックからPTPで時刻を配信するやり方も考えられるが、PTPは中継のホップ数で性能劣化するため都市部を全てカバーするのは現実的でない。そこで古野電気が開発した反射波対策アルゴリズム「ダイナミック・サテライト・セレクション™」(図表2)を活用すれば、効率よく直接波、あるいは品質のいい反射波だけを利用し、誤差の少ない信号のみを選択的に利用することで、都市部の受信環境でも誤差を減らすことができる。「空の開けた理想的な

図表2 ビル街でも時刻精度の劣化を最小化するダイナミック・サテライト・セレクション™



環境で世界一の性能を実現するとともに、ビル街のような環境でも性能劣化が最も少ない時刻同期用受信機を提供している(橋本氏)。

アンテナ故障が発生しても
24時間は高い精度を維持

高精度な時刻同期を実現する工夫として、見逃せないポイントがもう1つある。

古野電気の主力製品となっているGFシリーズは、GNSS受信に加え、恒温槽付水晶発振器(OCXO)を組み合わせることで、衛星の信号が途絶えたとしても24時間は誤差を1.5μs以内に抑え、モバイル通信に求められる水準を満たすことができる。これはホールドオーバと呼ばれ、「衛星の信号を受信できている間にOCXOの状態をモニタリングし、温度変化も含め、どのような時にどのようなずれ傾向を示すかを学習する。万一アンテナが故障した場合でも、OCXOの本来の性能に加え、学習した内容に基づいて誤差を抑え込む仕組みだ」(橋本氏)。障害を検知し、メンテナンス要員が現地に到着するまでの間も、基地局同士が高い精度で時刻同期を行い、高品質な通信サービスを維持し続けられるようにしている。

このように、OCXOやホールドオーバ機能を備えたGFシリーズには、古野電気が長年現場のトラブルに対応してきた経験やノウハウも反映されており、開

発工数が短縮できることから、業務用無線などの分野で好評だという。

一方、低コストでベーシックな時刻同期機能を提供するGTシリーズは、ユーザーが自社システムに組み込むコンポーネントとして活用できる。

また、測定基準用のTB-1も、GNSSとOCXOを組み合わせることで、手のひらサイズで高精度な時刻測定を可能にしている。モバイル基地局設置時の測定や車載機器等のフィールドテストには、これまでルビジウム原子発振器が使われることが多かったが、高額な上に持ち運びが困難なことが難点だった。TB-1は、ルビジウム発振器と同等の精度の信号を、数分の1程度のコストで実現し、しかも手軽に持ち運びできるサイズで使える点が好評という。

古野電気はさらに、海外紛争地域の海域で現実のものとなったGNSSのジャミング、スプーフィングによるなりすましといった問題の対策にも取り組み、その原因と対策についてまとめた技術白書も公開している。普段あまり意識はしないものの、実は私たちの生活を支えている時刻同期の世界で、世界水準の先を行く性能と信頼性を実現しているのが、古野電気の技術だ。

お問い合わせ先

古野電気株式会社
システム機器事業部
TEL : 03-5624-7473
E-mail : support.gps01@furuno.co.jp
URL : https://www.furuno.com/

図表1 コストパフォーマンスに優れた1周波測位方式で世界最高クラスの時刻性能(古野電気調べ)

メーカー名	フルノ	A社	B社	
測位方式	1周波測位	1周波測位	1周波測位	2周波測位
1PPS 確度(accuracy)	< ±40ns	非公開	非公開	非公開
1PPS 精度(stability)	< 4.5ns (1σ)	< 15ns (1σ)	< 20ns (1σ)	< 5 ns (absolute mode) < 2.5 ns (differential mode)
価格	同一水準		高価	
アンテナ	安価な1周波アンテナ		高価な2周波アンテナ	