



丸文

Media over IPトライアルを成功させた 高精度なPTP時刻同期ソリューション

Interop Tokyo 2024 の Media over IP トライアルで、NHK・民放局を専用線ではなく通常のインターネット回線で接続したリモートプロダクションが成功した。丸文は同トライアルに不可欠な PTP 時刻同期の機器として、英国 Calnex 社のタイムエラー測定器や米国 Microchip 社のグランドマスタークロックなどを提供し、大きな役割を果たした。SDI から IP への切り替え、4K・8K 放送化によって、これらの高精度 PTP 時刻同期のシステムが重要性を増している。同トライアルで使用された機器や、11 月 13 日 (水)～15 日 (金) に開催される Inter BEE 2024 に出展される機器・ソリューションの技術と機能を解説する。

(取材・文：渡辺 元・本誌編集長、写真：広瀬まり)

Media over IP に必要な PTP

PTP (Precision Time Protocol) による時刻同期技術は、現在多くの市場で使用されている技術だ。特にテレコム、電力、産業、金融、放送、データセンターなど、重要インフラにおいて活用されている。時刻のズレや狂いが生じると、システムが異常状態となり、ネットワークサービスが停止する可能性があり、他のインフラにも影響を与えるような非常にクリティカルな技術だ。放送市場においても、時刻同期は必須の技術になっている。

PTP は IEEE 1588 規格に基づいており、各市場の PTP プロファイルが定義されている。これにより、特定のアプリケーションの要件を満たすように PTP が適用され、それぞれのニーズに応じて異なる方法で PTP を使用できるようになっている。放送市場における Media over IP などの映像伝送や配信分野では、SMPTE ST 2059 の放送プロファイルが使用されており、放送市場で PTP を使用する際には、このプロファイルに適応した製品の開発や選定が必要だ。

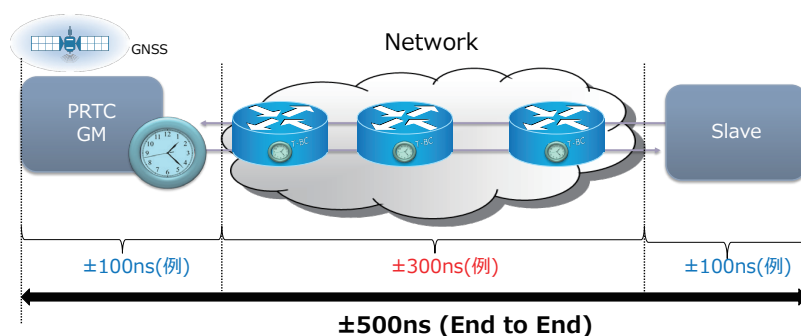
Media over IP で PTP が必要になる理由は、SDI 伝送から IP 伝送への切り替えと、4K・8K 放送化が挙げられる。これらを達成するには、時刻同期の仕組みが不可欠だ。IP ネットワークで使われる PTP はナノ秒単位の精度での時刻同期が必要であり、ネットワーク機器間で時刻のずれを高精度に算出しなければならない。放送の映像品質が

向上するとデータ量も増加し、それに伴いタイムエラー、つまり時刻のずれが発生する可能性も増えるため、PTP 技術の重要性がさらに高まる。

IEEE 1588 規格では、放送市場におけるタイムエラーバジェットがネットワークのエンドツーエンドで $\pm 500\text{ns}$ 以内と定義されており、送信側のネットワーク末端の機器 (スレーブ) で $+500\text{ns}$ 、受信側のスレーブで -500ns のずれが生じた場合、トータルで 1000ns のずれが発生することになる。 $\pm 500\text{ns}$ を超えるずれが生じると規格外となるため、ネットワークのエンドツーエンドのスレーブ間の同期精度は 1000ns ($1\mu\text{s}$) 以内に抑える必要がある。

丸文は PTP 技術を得意とし、世界の主要メーカーの製品を取り扱っている。今年の Interop Tokyo 2024 における ShowNet (技術検証と Interop Tokyo 会場内への通信サービス提供を行うプロジェクト) の Media over IP トライアルでは、丸文が扱う英国 Calnex 社のタイムエラー測定器 Paragon-X や、米国 Microchip 社のグラ

【図 1】放送市場に求められる時刻同期精度 (SMPTE ST 2059-2 / IEEE 1588 規格)



ンドマスタークロック SyncServer などが使用された。

各ホップのタイムエラーを同時測定

ShowNet で使用されたタイムエラー測定器を提供している Calnex 社は、時刻同期に関して世界的なデファクトスタンダード製品を提供しており、国際標準化団体の最新情報を迅速に製品に反映している。Calnex 社のタイムエラー測定器 Sentinel は放送市場向けの製品で、主にスレーブ機器として動作し、ネットワーク全体のタイムエラーが放送規格におけるタイムエラーバジェットである±500nsの範囲内であるかを確認できる。「GPSを基準に動作し、本体に搭載されているルビジウム発振器による時刻ソースとGPS信号とのズレを確認する仕組みで、放送市場に求められる高い同期精度を実現できます」(丸文株式会社 アントレプレナ事業本部 イーリスカンパニー 測位タイミング課 横塚慎太郎氏)。

Sentinel の特徴は、ネットワーク末端だけでなく、ネットワークの間の各ホップに設置してパケットの時刻のズレを確認できる点だ。「ホップごとに設置することで、どの機器がどれだけのタイムエラーを発生させているかを把握し、問題のある機器を特定し交換するなど、トラブルシューティングが可能となります」(横塚氏)。「Sentinel は複数のポートを持ち、イーサネットベースのインターフェースでは2つ、1PPS 信号ベースでは最大6つまで同時測定し、ホップ間のタイムエラーを可視化できます」(丸文株式会社 アントレプレナ事業本部 イーリスカンパニー 測位タイミング課 主任 尾形ケネス氏)。

また、Sentinel にはバッテリーが内蔵されており、現場での測定時にバッテリー駆動で利用できる点も優れている。フィールドでのトラブルシューティングに最適な製品だ。



丸文株式会社 アントレプレナ事業本部 イーリスカンパニー 測位タイミング課
横塚慎太郎氏



丸文株式会社 アントレプレナ事業本部 イーリスカンパニー 測位タイミング課 主任
尾形ケネス氏

Sentry は、Calnex 社が2年前にリリースしたタイムエラー測定器 Sentinel の据え置き型モデルで、その開発の背景には米国 Meta 社での導入がある。Meta 社はデータセンターの時刻同期用にタイムエラー測定器を必要としており、Calnex 社は Sentinel の据え置き型として Meta 社向けに Sentry を開発した。Meta 社は約400台の Sentry を導入し、時刻同期を常時監視することでデータセンターの電力削減を目指した。データ通信中に時刻がずれるとアイドル時間が発生するが、時刻同期によりこれを減らし、効率的な運用が可能となる。Meta 社では実際に、Sentry 導入後に消費電力が削減されたという成果が得られた。

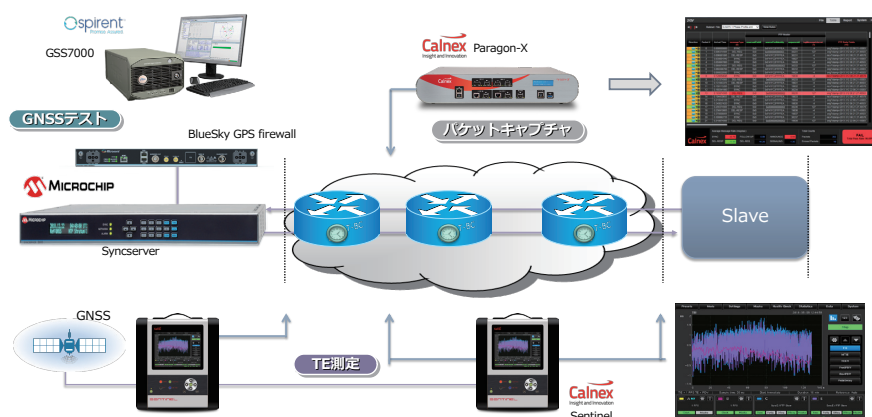
高効率なパケットキャプチャ機能

Calnex 社のタイムエラー測定器には、今年の ShowNet で使用され、Inter BEE などにも出展予定の Paragon-X もある。Paragon-X はパケットキャプチャ機能を持ち、それを使ってタイムエラー測定を行う仕組みだ。「スレーブの位置に Paragon-X を配置することで、上流から流れてきたパケットの遅延を測定することができます」

(横塚氏)。今回の ShowNet では、最後のスレーブ位置でネットワークで蓄積された全体のタイムエラーを測定するために Paragon-X が使用された。パケットキャプチャ機能を使って、受信したパケットが基準プロトコルに適合しているかを確認する目的でも使われた。

Paragon-X のパケットキャプチャオプションである Protocol Field Verifier (PFV) を使用すれ

【図2】丸文が扱っている放送市場向けの時刻同期関連製品



「Interop Tokyo 2024」レポート特集 (後編)

NHK・民放局を接続したMedia over IPを成功させた
PTP時刻同期の技術と最新ソリューション



ば、ネットワークを流れるパケットを細分化して画面に表示し、SMPTE プロファイルの確認も可能だ。「例えば、SMPTE プロファイルを選択すると、パケットがそのプロファイルの閾値を達成しているかを自動確認し、達成していない場合は赤く表示されます。これにより、従来オペレーターやエンジニアが手作業で行っていたパケットの検証が自動化され、効率が大幅に向上します」(尾形主任)。

Sentinel ではルビジウム発振器とGPS信号の比較ができるが、Paragon-X では1PPSの信号しか参照できない。だが、Calnex 社が提供するGPS 追跡型の周波数標準器を併用すれば、GPS 信号の参照が可能となり、タイムエラーをより高精度に測定できる。

Paragon-X と Sentinel の違いとして、Paragon-X は主にラボや研究所向けの高精度ソリューションである点が挙げられる。「Sentinel が同時測定に優れているのに対し、Paragon-X は一対一の試験に特化しており、各スイッチやバウンダリクロック、グランドマスタクロック、スレーブクロックなど放送機器単体の性能を測定するのに適しています。タイムエラーの測定だけでなく、インペアメント試験(負荷試験)も可能で、パケットに負荷を与えた際の各機器の個別の挙動を確認できます」(横塚氏)。このようにParagon-X は特に機器開発を行う放送機器ベンダーに適しているが、各機器の性能を把握できることはSlerや放送局にとっても、導入する機器の選定に役立つ。

最大 400GbE まで測定可能

Calnex 社は Paragon-X の上位互換製品であるタイムエラー測定器 Paragon-Neo も提供している。「Paragon-Neo はラインレートの対応範囲が広く、Paragon-X は最大 10GbE まで対応しているのに対して、Paragon-Neo は最大 400GbE まで測定可能です。2018年に発売された製品ですが、今年5月に最新機能として 400 GbE に対応しました。今後 800 GbE 対応も予定されてい

ます」(尾形主任)。放送ネットワークの 4K・8K 化に伴い、広帯域イーサネットが必要になるため、対応ラインレートを強化した Paragon-Neo は重要な役割を果たす。

すでにテレコムやAI データセンターでは 400GbE が運用されており、Paragon-Neo はこれらの分野で広く利用されている。放送市場では今のところエンドツーエンドで± 500ns 以内ということが定義されているが、テレコム市場では各機器のタイムエラーバジェットも規格化されている。「今後、4K・8K化が進む中で SMPTE 標準規格でも各機器のタイムエラーバジェットが定められることが予想されており、それを見据えて丸文は Paragon-Neo を放送業界に提案しています」(横塚氏)。

タイムエラー測定器として、放送機器ベンダーには Paragon-X や Paragon-Neo が適している。放送市場向けの Sler は、機器選定の際に Paragon-X や Paragon-Neo を使って各機器のタイムエラーをテストし、ネットワーク構築時には Sentinel を使用して全体のタイムエラーを監視することができる。一方、放送局にはフィールド向けの Sentinel が適している。しかし、放送局も Sler 任せにするのではなく、自ら機器選定を行うことも増えている。実際に、丸文はある民放キー局から Paragon-X や Paragon-Neo を使用した PoC の相談を受けており、これらの機器を使うことで、放送局自身が各機器のタイムエラーを把握できる。今後の機器選定や RFP 仕様策定にも活用できるだろう。機器選定だけでなく、放送局がパケットキャプチャ機能を使用して、どういったパケットが流れているかを確認することも重要だ。

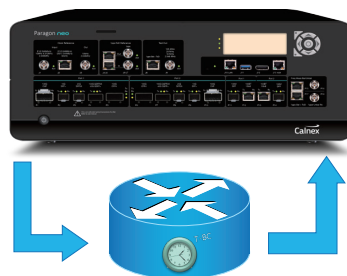
【図 3】 Calnex 社のタイムエラー測定器 Paragon-Neo と、測定結果を可視化した画面

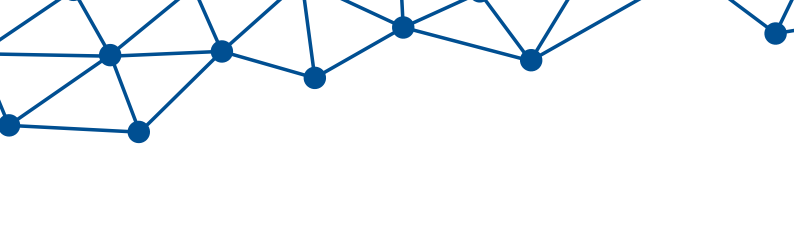
PTP機器の単体試験が可能

- PAM4：最大400GbEまでの測定対応
- TE(タイムエラー)測定、パケット負荷試験が可能

Calnex
Insight and Innovation

Paragon-Neo





Calnex社は同期モニタリングが可能なソリューションも来年4月にリリース予定で、現在開発を進めている。このソリューションはPC上で使用するソフトウェアであり、ネットワーク機器のPTPデータを取得することで、ネットワーク内のトポロジー図を自動作成できる。「常時モニタリングすることで、タイムエラーなどによるネットワーク障害が発生した際、迅速にトラブル回避が可能となります。また、このソリューションはMicrochip社のグランドマスタークロックとの互換性を研究開発中であり、グランドマスタークロックの状態監視も可能になる予定です」(横塚氏)。

高精度のグランドマスタークロック

Microchip社はInterop Tokyo 2024のShowNetに、SMPTEに対応している高精度のグランドマスタークロックSyncServerを提供した。同社は主力製品であるPTPグランドマスタークロックTimeProvider 4100も展開している。この製品は現時点ではSMPTEに対応していないため、ShowNetのMedia over IPには使用しなかったが、「来年4月にはSMPTEプロファイルに対応予定です」(尾形主任)。

今回のShowNetではMedia over IPには使われなかったが、ローカル5Gエリアでは使用された。PTPシステムにはBMCA (Best Master Clock Algorithm) 機能によって、高精度のグランドマスタークロックを優先度の高い機器として自動選定して同期する仕組みがあり、グランドマスタークロックと同期が取れなくなった場合も次に優先度の高いグランドマスタークロックを自動選定し、高精度の同期を維持できる。「今年のShowNetでは、TimeProvider 4100は複数の競合製品がある中で、BMCAによって最優先のグランドマスタークロックに自動選定された経験もあります。高精度というMicrochip社のグランドマスタークロックの大きな特徴が示されました」(横塚氏)。

Microchip社は高ラインレートのPTPグランドマスタークロックTimeProvider 4500も提供している。「TimeProvider 4100の10GbEから進化し、TimeProvider 4500は25GbEに対応しました。この製品は高ラインレート対応が必要なローカル5Gを提供するケーブルテレビ事業者など、テレコム用途にも適しています」(尾形主任)。

Microchip社にはPTPグランドマスタークロック用のファイアウォールBlueSky GPS firewallもある。この製品は、GPSの異常信号を事前に検知・除去する機能を持つ。グランドマスタークロックの上位に接続することで、GPSの異常信号を検知するとGPSを遮断する。「グランドマスタークロックがGPSを参照できなくなっても、Microchip社のグランドマスタークロックはホールドオーバー機能を備えており、GPSが回復するまで自走運転を続けることができます」(横塚氏)。この製品は今年のShowNetでは使用していないが、今年のInter BEEには出展予定だ。

丸文は放送市場向けの時刻同期関連製品として、ここまで紹介したCalnex社、Microchip社のほか、英国Spirent社の製品も取り扱っている。Spirent社のGNSSシミュレーターGSS7000は、GPS信号の模擬信号をグランドマスタークロックなどに対して出力する信号発生器で、多くのグランドマスタークロック開発ベンダーに採用されている製品だ。「ベンダーが採用している理由は、ジャミングやスプーフィングといったGPSの異常信号を模擬したり、意図的にGPS信号を遮断できる点にあります。現在、多くのグランドマスタークロック製品は内部クロックよりもGPSに依存しており、このシミュレーターはそのテストに適しています」(横塚氏)。グランドマスタークロックに限らず、GPSを受信する機器に幅広く利用できる製品だ。特に放送機器ベンダーの開発部門や研究所などに適しており、丸文は今年のInter BEEへの出展を予定している。



Interop Tokyo 2024のShowNetでMedia over IPトライアル成功の一翼を担ったCalnex社のタイムエラー測定器やMicrochip社のPTPグランドマスタークロック、さらにShowNetには出展されなかった機器など、丸文が取り扱う放送市場向けの時刻同期関連製品は、11月13日(水)～15日(金)に幕張メッセで開催されるInter BEE 2024のIP PAVILIONや丸文ブースに勢揃いする。IP PAVILIONはこれらの製品による時刻同期がどのように機能するか、実際にMedia over IPトライアルを通して見ることができる機会だ。会場でその性能を体験したい。

