

ユーザーガイド - AVBネットワークの管理

Meyer Sound製品を接続したMilan AVBネットワーク

本ガイドでは、Meyer Sound製品を接続したMilan AVBネットワークの設計、管理、および推奨事項について解説します。これらの推奨事項を実践することで、システムの各コンポーネントを結ぶ安定した高品質なネットワークを構築できます。本ガイドは以下のセクションで構成されています：

- Milan AVBとは？
- Meyer Sound Milanデバイス
- Meyer Sound Milan AVBネットワークの推奨事項
- Milan AVBリソース

❗ 重要

このガイドは、IEEE（電気電子学会）または AVNU Alliance（アベニューアライアンス）のネットワーク仕様に代わるものではありません。これらの仕様については、[Milan AVBリソース](#)を参照してください。

特定のMeyer Sound製品の操作および制御に関する情報は、このサイトの別ページ（docs.meyersound.com）、および meyersound.com/videosにあるチュートリアルビデオをご覧ください。

Milan AVBとは？

Media Integrated Local Area Network（Milan）は、コンサート会場、劇場、スタジオなどで使用されるプロフェッショナル・メディア・ネットワーク向けに特別に開発されたネットワーク・プロトコルであり、確実なタイミング、信頼性、および相互運用性を持ってイーサネット経由でオーディオおよび映像データを伝送します。Audio Video Bridging（AVB）規格をベースに構築されたMilanプロトコルは、さらに厳格な要件を加えることで、異なるメーカーのネットワーク対応オーディオおよびビデオ・デバイス同士が確実に相互連携できるようにしています。

以下のセクションでは、Milan AVBの詳細、およびTSN（タイムセンシティブ ネットワーキング）への進化と拡張がAVBにどのように関わっているかについて詳しく解説します。

Milan

MilanはAVB/TSN規格を定義したものであり、様々なメーカーの製品にわたってAVB技術の実装を標準化することにより、プロオーディオ・ネットワーク機器の相互運用性を確保するための仕様を提供します。Milanの取り組みはAvnu Allianceの傘下で行われており、IEEE AVB/TSN規格を採用しています。

Meyer Soundは、AVBコントローラー、AVBトーカー、およびAVBリスナーを含むAVBデバイスを提供しています。

Milanは、以下のような一連のテクニカル プロファイルを定義しています：

- オーディオ ストリーム フォーマット
- メディア クロック
- 冗長化
- デバイス検出、接続管理、およびコントロール・オーディオ・ストリーム フォーマット

MilanはAVTPオーディオ・フォーマット (AAF) を使用し、1、2、4、6、および8チャンネルのストリーム・チャンネル数をサポートします。Milan AVBトーカーは、指定された任意の、またはすべてのチャンネル数やサンプリングレートを送信できます。Milan AVBリスナーは、指定されたすべてのチャンネル数のオーディオ・ストリームを受信する必要があります。Milan AVBトーカーは、リストされているサンプリングレートの少なくとも1つをサポートしている必要があります。

Milan準拠のオーディオ ストリーム フォーマット

- データ・カプセル化 : PCM
- フォーマット : AAF
- パケット・ビット深度 : 32ビット固定
- オーディオ・ビット深度 : 24ビット
- チャンネル数 : 1、2、4、6、8
- サンプリングレート : 48 kHz、96 kHz
- PDU (プロトコル・データ・ユニット) あたりのサンプル数 : 6 (48 kHz) 、 12 (96 kHz)]

AVBとTSN

オーディオ・ビデオ・ブリッジング (AVB) はタイムセンシティブ・ネットワークング (TSN) のサブセットであり、イーサネット・ローカル・エリア・ネットワーク (LAN) を制御し、高性能なオーディオおよびビデオの伝送を容易にします。TSNはAVBを内包していますが、オーディオやビデオにとどまらず、自動車、産業オートメーション、航空宇宙など、より幅広い産業向けの新しい機能も追加されています。AVBはオープンソースのIEEE規格に基づいています。Meyer Soundは、デジタル・オーディオ信号とコントロールを配信するための最適な選択肢として、これらの規格を自社製品の設計に導入しています。

AVB/TSN規格ファミリーは、主に3つの機能向上をもたらします：

- 低ジッターのメディア・クロックと、複数のストリームの正確な同期をサポートする精密なタイミング。
- エンドポイント・デバイス上のアプリケーションが、[AVBトーカー](#)から[AVBリスナー](#)までの全経路において必要なネットワーク帯域幅を確保できるようにするシンプルな予約プロトコル。
- ストリームが予約によって指定された時間内にネットワークを通過することを保証する、キューイングおよびフォワーディングのルール。

メディアクロック

[メディア クロック](#)は、Milanネットワークを同期するための共通クロックとして使用されます。メディア クロックは[クロック リファレンス フォーマット](#) ストリームによって伝送され、任意のMilanオーディオ ストリームから抽出することができます。AVBは、[IEEE汎用高精度時刻同期プロトコル](#) (gPTP) を利用して、ネットワーク全体に正確なタイムベースを提供します。

スイッチの数に関係なく、すべてのオーディオがネットワーク全体で同期されます。すべてのデバイスは、まったく同じ瞬間に同じオーディオ・データを出力します。

コネクション

[Nebra](#)は、Meyer Soundの接続管理ソフトウェアであり、[Milan AVB](#)の接続確立や、ネットワーク上の既存の接続状況を照会するために使用されます。また、[Nebra](#)は[メディア クロック](#) ストリームの管理にも使用できます。Milanは[MSRP](#) (メディアソースルーティングプロトコル) を利用しています。[AVBトーカー](#)と[AVBリスナー](#)の間で接続が行われる際、選択されたトーカーとリスナーの間でメッセージが送信され、経路上の各スイッチに対して接続を確立するのに十分な空き帯域幅があるかどうかを照会されます。十分な空き帯域幅がある場合、トーカーとリスナーの間の接続が確立されます。帯域幅が不足している場合、接続は行われず、試行が失敗したことがユーザーに通知されます。[Nebra](#)を使用して接続を行った場合、その接続詳細は各デバイスに保持されます。万が一、接続が遮断された場合 (ケーブルが抜かれた、スイッチやエンドポイントの電源が切れたなど) でも、その原因が解消されれば接続は自動的に再確立され、トーカーからリスナーへオーディオ・パケットを再び伝送できるようになります。



重要

接続は、トーカーとリスナーのサンプリングレートおよびストリーム設定が完全に一致している場合にのみ確立されます。

冗長性

Milanプロトコルの冗長性方式では、ネットワーク ハードウェアとインフラストラクチャを二重化しています。物理的に隔離された2つの独立したネットワークが構築され、それぞれが独自のタイムドメインを持ち、両方が各デバイスに接続されます。また、Milanはネットワーク障害が発生した場合に、一方のネットワークからもう一方のネットワークへスムーズに切り替えるためのメカニズムを定義しています。

Meyer Sound Milan対応デバイス

AVBとTSNのセクションで述べたように、Meyer SoundのMilan対応デバイスはAVB/TSNミキシングネットワークを使用していますが、プラグアンドプレイの互換性を確保するために厳格なMilan認証規則に従っています。すべてのクロッキング、ストリーム予約、同期などは自動的に行われるため、手動での設定はほとんど必要ありません。

すべてをMilanで統一したシステム シグナル・パスの構築が可能です。Milan認証の出力機能を備えたミキシング コンソールと、GALAXYシグナル・プロセッサ、そしてPANTHERラインアレイの間でMilan AVB接続を行えば、アナログやAES3の配線は一切不要になります。

Meyer Sound Milan認定機器には以下になります。

- Galileo GALAXYプロセッサ
- Meyer Sound Milan エンドポイントスピーカー
 - PANTHER
 - 2100-LFC
 - ULTRA-X20
 - ULTRA-X40
 - ULTRA-X80
 - USW-112P
 - USW-210P
- NADIAデジタルオーディオプラットフォーム

ヒント

現在認証されているすべてのMeyer Sound Milan対応デバイスはAvnu[認証製品レジストリ](#)でご確認いただけます。

Galileo GALAXYプロセッサー

Galileo GALAXYデジタル・シグナル・プロセッサー（下図参照）は、AVBコントローラーを内蔵しており、AVBトーカーとAVBリスナーの両方として機能します。本機は、AVBストリームとクロック リファレンス フォーマット（CRF）ストリームの両方を送信および受信できます。各プロセッサーには、プライマリーおよびセカンダリーのネットワーク接続用に、AVB 1 および AVB 2 と表示された 2 つのネットワークポートが備わっています。

GALAXYプロセッサーは、MilanフォーマットのAVBストリームを受信可能です。最終ネットワーク・スイッチから各GALAXYへの接続速度は1000 Mbps（1 Gbps）です。Milan AVBの入力フォーマットは、AAF PCM-INT-32、48 kHz、または96 kHzとなります。

GALAXYのAVBストリーム・フォーマットに関する詳細情報は、『Galileo GALAXY ユーザーガイド』の「クロッキング」のセクションをご参照ください。



注記

NebraソフトウェアによるGALAXYプロセッサーのコントロールに関する詳細情報は、meyersound.com/product/galileo-galaxy/#support-videosにあるサポート動画、および[User Guide — Galileo GALAXY](#)をご参照ください。

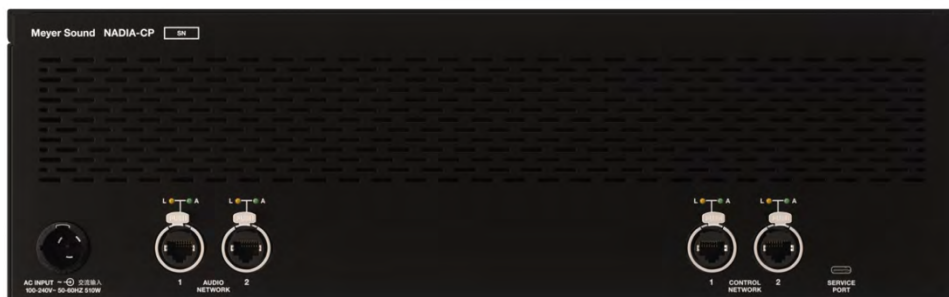
Meyer Sound Milan対応エンドポイント スピーカー

Meyer SoundのMilan認証済みエンドポイント・スピーカーは、下図に示すType 3Mデジタル入力モジュールを搭載しています。このAVBリスナー入力モジュールは、MilanフォーマットのAVBストリームを1系統受信できます。最終スイッチからエンドポイントへの接続速度は100 Mbpsです。エンドポイントの入力フォーマットはMilan AVB、AAF PCM-INT-32、96 kHzであり、メディア・クロックは入力されるオーディオ・ストリームから復元されます。



NADIA デジタル オーディオ プラットフォーム

NADIA-CP コア プロセッサー (リアパネルは下図参照) は、独立したコンステレーションおよびマトリクスパーティション上のオーディオをコントロールし、マトリクス化します。NADIA-CPコア プロセッサーは、**NADIA-A12**入力モジュール、**NADIA-AO16**出力モジュール、**Galileo GALAXY**デジタルシグナル プロセッサー、またはその他のMilan対応デバイスとの間で、**AVBオーディオ・ストリーム**を相互に送受信できます。最終ネットワーク スイッチから各NADIAモジュールへの接続速度は1000 Mbps (1 Gbps) です。Milan AVBの入力フォーマットは、AAF PCM-INT-32、96 kHzとなります。



ネットワーク冗長化オプション

Meyer Soundでは、可能な限りMilanの冗長化トポロジーを採用することをお勧めしています。AVBネットワークは様々な方法で構成できますが、より堅牢な構成にするには、その分ネットワーク・スイッチを追加する必要があります。特定の用途においては、コスト面や特殊な要件による制約があることを考慮し、次のセクションでは代替トポロジーについても図示しています。特定の用途に対して、システムの固有の要件と利用可能なリソースとのバランスを取ることは、システム設計者の責任となります。



注記

- Meyer Soundの旧型RM Serverや、マルチキャストストリームやAAF/CRF以外のパケットを大量にネットワークに送り込む可能性のあるサードパーティ製デバイスをGalileo GALAXYプロセッサに接続する場合は、セカンダリネットワークに接続されたスイッチ、またはGalileo GALAXYプロセッサの**AVB 2**ポートに接続してください。これらのデバイスをプライマリネットワークまたはGalileo GALAXYプロセッサの**AVB 1**ポートに接続すると、多数のデバイス（100台以上）や大量のマルチキャストトラフィックが発生するような極端なケースでは、ネットワークが不安定になる可能性があります。
- 弊社の製品の中には、Milanエンドポイントに加えてアナログ入力を備えているものもあります。このアナログ入力は、Milan接続のバックアップとして機能させることができます。ただし、ネットワーク障害が発生した際には、Milan入力に送られている信号を手動でミュートし、アナログ入力に送られている信号のミュートを解除する必要があります。



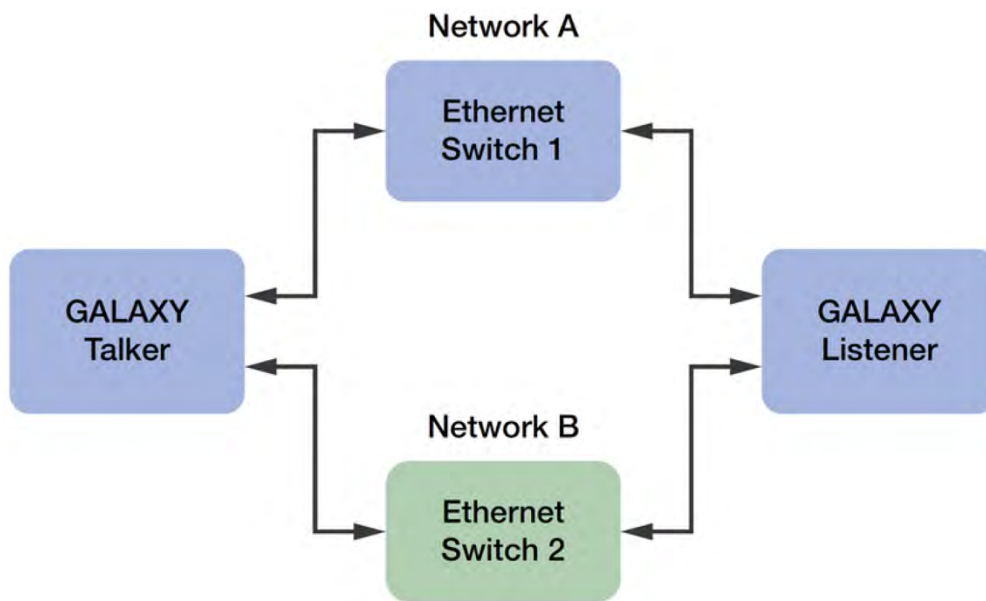
注意

複数の経路が存在し得るネットワーク構成において、**ラピッド スパニング ツリー プロトコル (RSTP)** のフェイルオーバーを引き起こす障害が発生した場合、経路の長さが変わる可能性があり、その結果、システムがレイテンシーを再計算することになります。そのため、Meyer Soundでは完全冗長（Milan冗長）ネットワークの使用をお勧めします。以下に示すその他のオプションでは、ネットワークトポロジーが説明通りに機能することを確認するために、ネットワーク・デバイス（通常はスイッチ）でRSTPを無効にする必要があります。ネットワークスイッチでRSTPが無効にされておらず、かつ完全冗長ではないネットワークに接続されている場合、冗長化やネットワーク全体の動作が期待通りに機能しない可能性があります。Extreme Networks製スイッチのRSTPを無効にして構成する手順については、<https://www.extremenetworks.com/>をご参照ください

Milanの冗長化

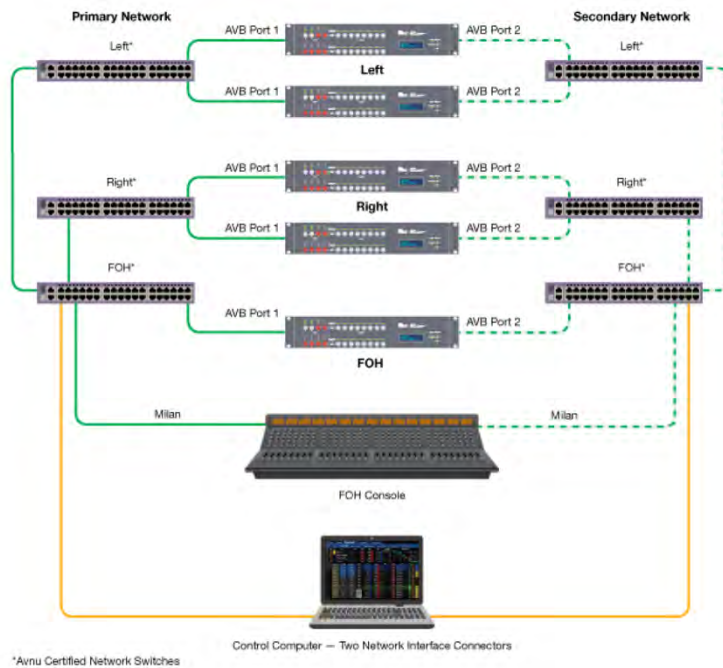
Milan規格では、最も堅牢なネットワーク構成として完全冗長ネットワークを定義しています。このトポロジは2つの独立したネットワークを使用し、両方で同時にオーディオ信号を配信します。万が一ネットワーク障害が発生した場合でも、オーディオはすでにセカンダリー ネットワークを介して伝送されているため、オーディオの途切れや中断は発生しません。

Galileo GALAXYプロセッサは、以下に示すように、Milan規格で完全冗長ネットワークとして定義されているオプションであるMilanの冗長化をサポートしています。



Nebraコントロール ソフトウェアを実行しているコントロール用コンピューターは、どちらのネットワークにも接続できます。コントロールの冗長化が必要な場合は、2台目のコンピューターをもう一方のネットワークに接続するか、同じコンピューターにある2枚目のネットワーク インターフェース カード (NIC) をもう一方のネットワークに接続することが可能です。

GALAXYプロセッサおよびNADIAモジュールでは、常にプライマリー ネットワークをAVB 1ポートに、セカンダリーネットワークをAVB 2ポートに接続してください。下図は、Milanの冗長化における構成例の1つを示しています。

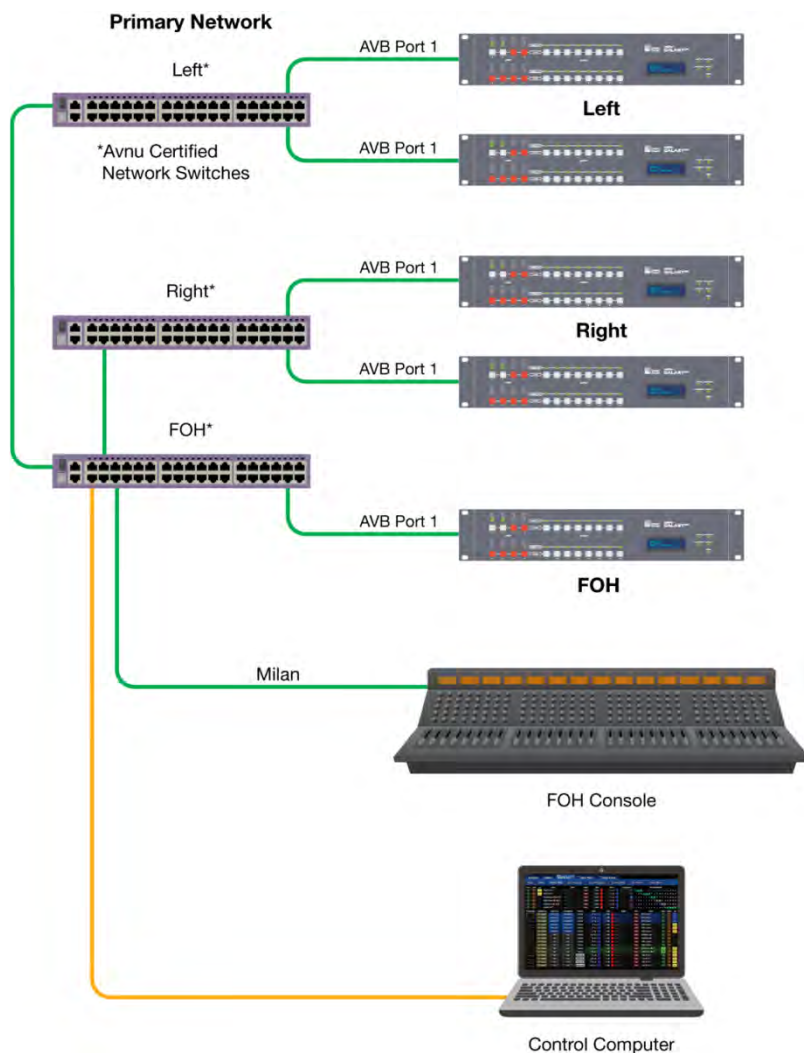


注記

図を分かりやすくするため、Milanエンドポイント モジュールを搭載したスピーカーは省略しています。これらのスピーカーも同様にネットワーク スイッチに接続されます。 Milanエンドポイント Type 3Mモジュールを搭載したスピーカーは、プライマリー・ネットワークにのみ接続されます。

プライマリー ネットワークのみ — 冗長化なし

冗長性のないプライマリー・ネットワークのみの構成は、最もシンプルですが、堅牢性は最も低い構成オプションです。各GALAXYプロセッサの**AVB 1**ポートをネットワーク・スイッチに接続し、**AVB 2**ポートは使用しません。ケーブル1本、ネットワーク・スイッチ、またはAVBエンティティのいずれか1つでも障害が発生すると、少なくともオーディオやコントロールの一部、またはその両方が失われる結果となります。

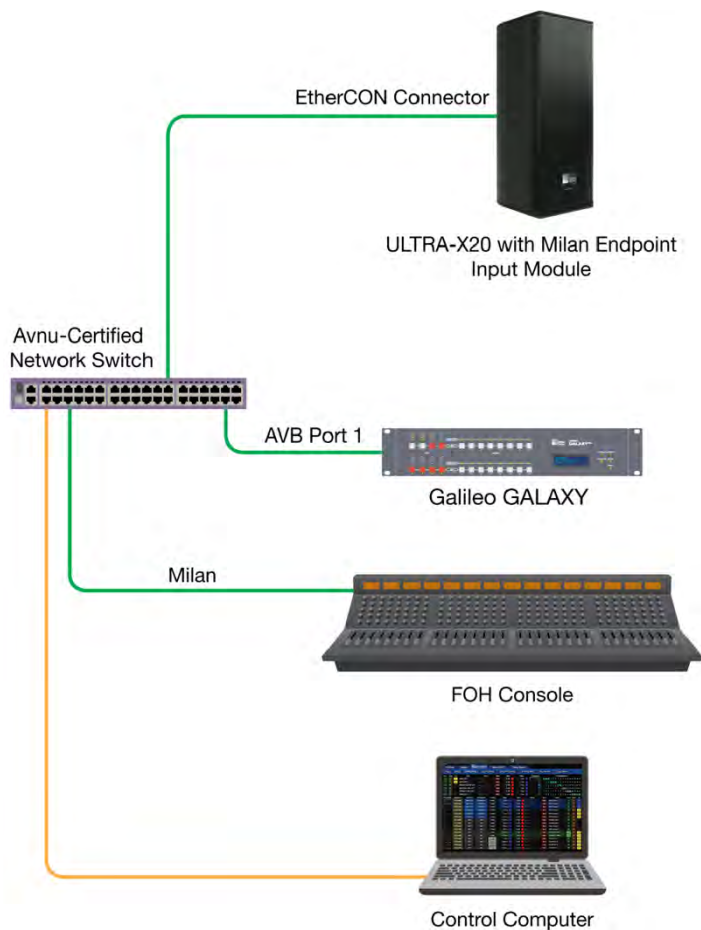


Meyer Sound Milan対応エンドポイント・スピーカーのネットワーク接続

Milanエンドポイント Type 3M入力モジュールを搭載したMeyer Soundのスピーカーは、入力されるAVBストリームからメディアクロックを取得します。そのため、CRFストリームへの受信登録は必要ありません。

Milanエンドポイント Type 3M入力モジュールには、下図の一般的なプライマリーのための接続ネットワーク図に示すように、ネットワーク接続ポートが1つ備わっています。この単一のネットワーク接続により、以下のような制約が生じます：

- 最終スイッチとスピーカーの間では、冗長構成はできません。
- 複数のMilanエンドポイントが同じAVBストリーム／チャンネルを受信登録することは可能ですが、あるスピーカーから別のスピーカーへネットワーク接続をループさせることはできません。各スピーカーは、スイッチに直接接続する必要があります。
- Milanエンドポイント搭載スピーカーが一度に受信登録できるのは、1つのAVBストリームのみであり、かつそのストリーム内の1つのチャンネルのみとなります。



Meyer Sound Milan AVBネットワークの推奨事項

ネットワーク運用、AVBデバイス、帯域幅、配線、およびクロッキングに関するいくつかの推奨事項を実践することで、安定したAVBネットワークを確保する方法が数多くあります。

Meyer SoundのMilan対応AVBデバイスで最良の結果を得るために、以下のガイドラインを実施してください：

- 操作手順に従うこと
- メディア・クロックにはCRFストリームを使用すること
- メディア・クロックを混在させたり、カスケード接続したりしないこと
- 相互に接続された複数のGALAXYプロセッサには、共通のシステム・クロックを使用すること
- プレゼンテーション・タイムの短縮を検討すること
- 配線ガイドライン
- 必要帯域幅を予測すること
- Nebraを使用して永続的な接続を維持すること
- 既存のネットワークにデバイスを追加する際は注意すること

操作手順に従うこと

期待通りのネットワーク性能を確保するための最も有効な手法の1つは、AVBネットワークの接続および利用時に定められた操作手順に従うことです。デバイスの電源を投入する順番、ケーブル接続を行うタイミング、そしてAVBコントローラーによってデバイスが操作される順序は、ネットワークの挙動に影響を与える可能性があります。以下がその定められた操作手順です：

- ① 各デバイスに電源を投入する前に、すべての物理的なネットワーク接続を完了させてください。AVBデバイスの電源を入れる前に、AVBトーカー、AVBリスナー、およびネットワーク・スイッチを含むすべての配線接続を完了させておく必要があります。
- ② 可能な限り、すべてのデバイスの電源を同時に投入してください。このアプローチにより、デバイス間の検出が同時に行われる環境が構築され、デバイスをネットワーク インフラストラクチャに1台ずつ追加する際に発生し得るネットワークの混乱を回避できます。
- ③ エンティティとグループに名前を付けてください。エンティティ名およびグループ名はデバイスを識別するものであり、ストリーム名やチャンネル名の一部として使用されます。各エンティティおよびグループには、固有の識別可能な名前を割り当ててください。Meyer Sound製品の場合、エンティティ名およびグループ名はNebraソフトウェアを使用して変更できます。
- ④ オーディオを配信する前に、クロックを接続してください。Galileo GALAXYプロセッサでは、Nebraソフトウェアで以下に示す3つの異なるクロック・モード・オプションから1つを選択します：
 - Internal (内蔵クロック)
 - AVB clock CRF (AVBクロックCRF)
 - AVB input (AVB入力)GALAXYをCRFソースとして使用する場合は、「Internal」を選択します。選択したCRFソースにGALAXYプロセッサを同期させる場合は「AVB clock CRF」を選択します。メディア・クロックはAVBストリームから取得することも可能なため、接続されているAVBストリームの「AVB input」を選択することもできます。
- ⑤ デバイス間でオーディオをルーティングします。トーカーとリスナーの間でオーディオ接続を確立してください。トーカーは、利用可能なストリームをネットワーク上に通知します。Meyer SoundのNebraソフトウェアには接続マネージャーが含まれており、利用可能なすべてのトーカーおよびリスナーのチャンネルをリストアップし、トーカーとリスナーの間のAVB接続を確立します。

ヒント

既存のネットワークにデバイスを追加した際に予期しない挙動が発生した場合は、すべてのAVBデバイスの電源を一度切り、この定められた操作手順に従って再立ち上げすることが、トラブルシューティングの有効な第一歩となります。

メディア クロックにはCRFストリームを使用すること

CRFストリームは、メディア クロックを配信するためのコンパクトで効率的な方法です。すべてのデバイスが確実に同じメディア・クロック・ソースを使用し、ネットワークの帯域幅を効率的に利用するために、利用可能な場合はこのオプションを使用することをMeyer Soundは推奨します。

メディア クロックを混在させたり、カスケードにしたりしないこと

⚠ 注意

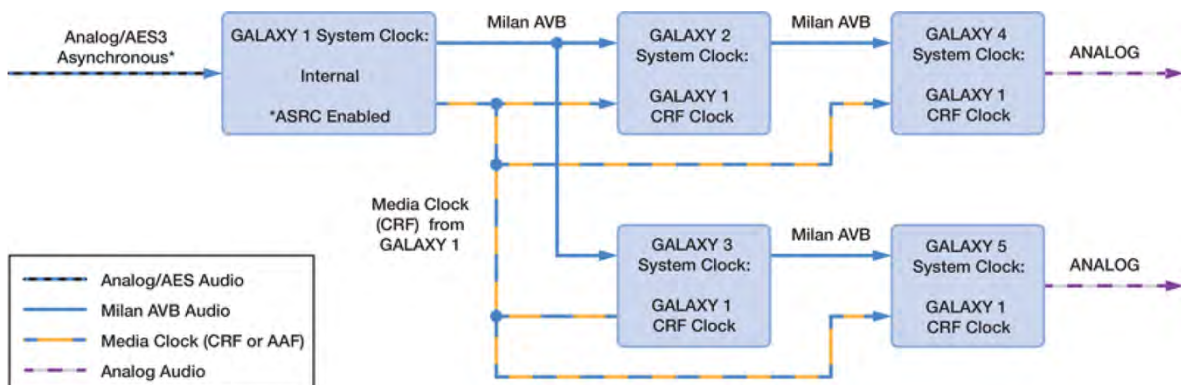
メディア クロックを決して混在させたり、カスケードにしたりしないでください。システム内のすべてのデバイスにメディア・クロックを供給するためには、同一のクロックリファレンス フォーマット (CRF) または AVTP オーディオ フォーマット (AAF) ストリームを使用してください。デバイス間にわずかなタイミングのズレがあるだけでも、聴感上のオーディオ劣化を引き起こす原因となります。

特定のAVBドメイン内において、オーディオを送受信するすべてのデバイスは、同一のメディア クロックに同期するか、サンプリングレート コンバーターを使用する必要があります。メディア クロック ソースとは、AAFストリームまたはCRFストリームを送信できるすべてのMilan AVBデバイス指します。Galileo GALAXYプロセッサはメディア クロック ソースになることができ、AAFとCRFの両方のストリームを送信可能です。CRFストリームを受信できるドメイン内のすべてのAVBリスナーは、同一のCRFストリーム ソースを受信登録する必要があります。リスナーがCRFストリームを受信するように設定できない場合は、入力されるAAFストリームからクロックを復元するか、入力サンプリングレート・コンバーターを使用しなければなりません。

相互に接続された複数のGALAXYプロセッサには、共通のシステムクロックを使用すること

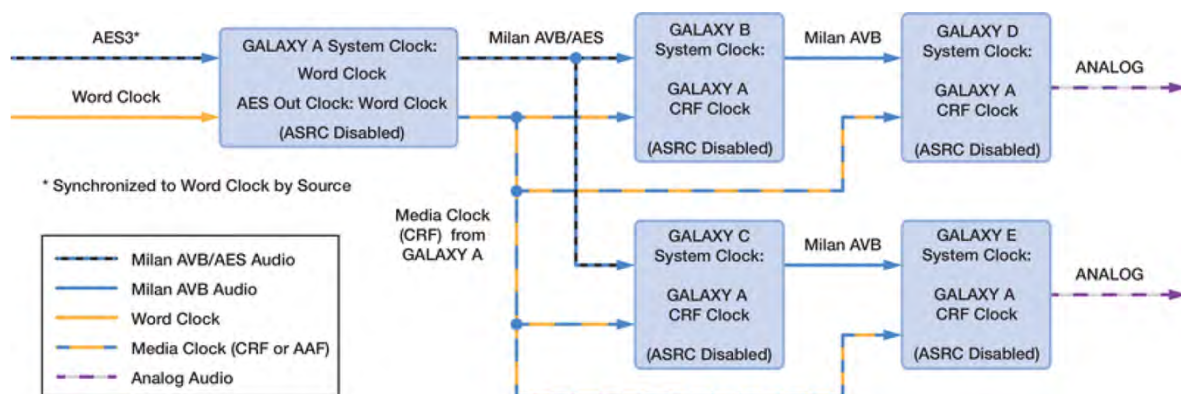
複数のGalileo GALAXYプロセッサが同一のシステムを構成する場合、すべてのプロセッサが同じメディア クロックソースを受信登録する必要があります。メディア クロックを決してデ이지チェーン接続しないでください。わずかなタイミングのズレであっても、聴感上のオーディオ劣化を引き起こす原因となります。下図は、複数のGALAXYプロセッサが同一のAVBネットワークに接続されている場合の、一般的なメディア クロック配信方法を示しています。

下図のシステムでは、GALAXY 1がメディア クロックとして指定されています。ソフトウェア上では、GALAXY 1のメディア クロック ソースとしてInternalを選択します。その他のすべてのプロセッサには、メディア クロック ソースとしてGALAXY 1を選択します。

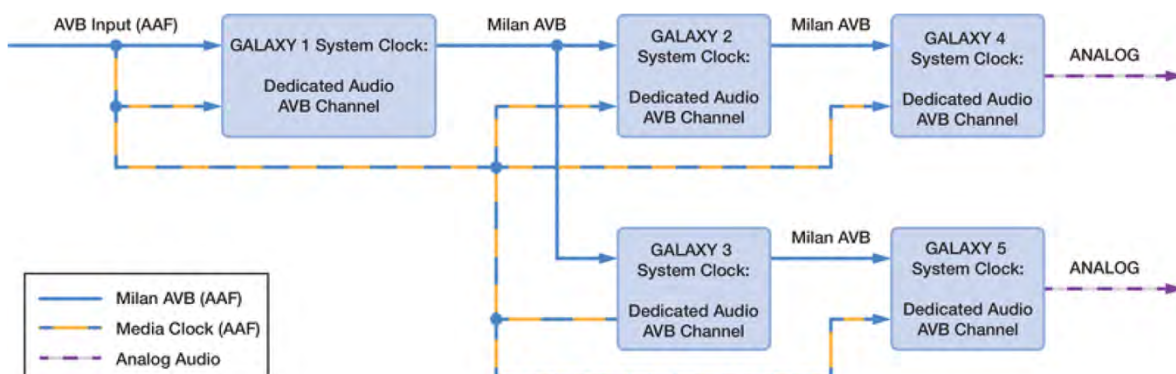


以下の例は、複数のGALAXYプロセッサを通過するワード・クロックに同期した AES3 信号を示しています。この場合も、オーディオ信号とは異なり、メディア クロックをデジチェーン接続することはできません。このケースにおいて、もしGALAXY A（レガシー製品のGALAXY 816-AES3である必要があります）が、そのソース元でワード クロックに同期されたAES3入力を受信する場合は、GALAXY Aのシステム・クロックを、BNCコネクタ経由で同じソースから受信したワード クロックに設定します。この設定では、GALAXY入力の非同期サンプリングレート・コンバーター（ASRC）を無効にする必要があります。

その他のGALAXYプロセッサ（モデルを問わずGALAXY B、C、D、E）は、GALAXY Aと同じソースからメディア・クロックを受信しなければなりません。この構成は、GALAXYプロセッサB、C、D、Eのメディア・クロック・ソースとしてGALAXY Aを選択することで実現します。



下図は、最初のGALAXYプロセッサがMilan AVB信号を受信し、それを追加のGALAXYプロセッサへとルーティングしなければならないケースを示しています。オーディオを送受信するすべてのAVBデバイスで同一のメディア クロックを使用する必要があるため、共通のCRFストリームを使用するか、入力されるMilan AVBストリームからメディア クロックを復元するかのいずれかを選択できます。受信したAVBストリームからメディア クロックを復元するには、同じMilan AVBストリームを各GALAXYプロセッサにルーティングします。その上で、各GALAXYプロセッサのSystem Clock（システム クロック）> Clock Mode（クロック モード）の設定で、その共通のAVBストリームを伴うAVB入力を使用するように設定する必要があります。もしMilan AVBのソース元がCRFストリームを提供できる場合は、各GALAXYに専用の入力を見つける必要はありません。代わりに、すべてのGALAXYプロセッサのSystem Clock > Clock Modeで、同一のCRFストリームを使用するように設定することができます。



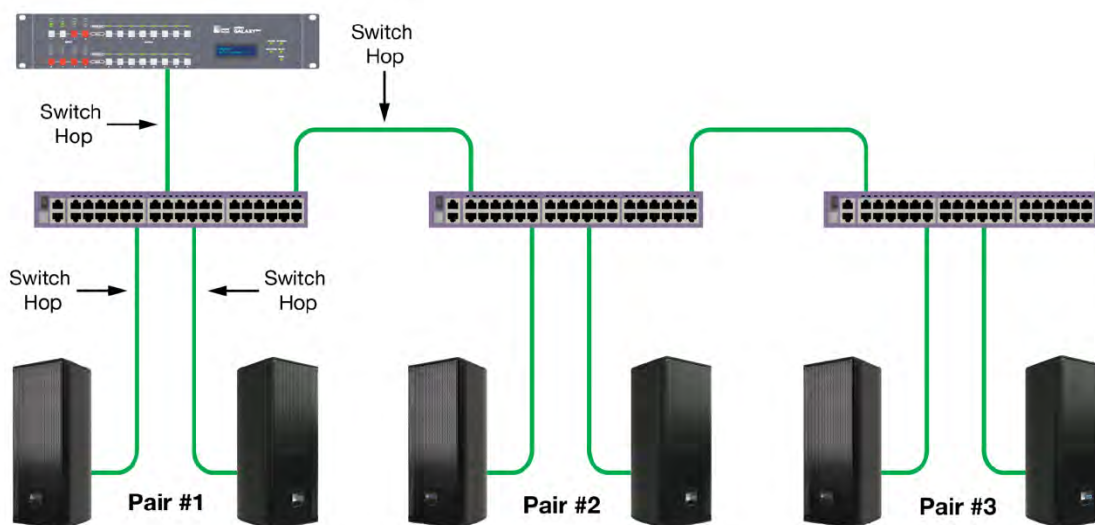
プレゼンテーション タイムの短縮を検討すること

AVB接続の初期設定では、プレゼンテーション タイムはデフォルトで2 ms (ミリ秒) に設定されています。必要に応じて、この値を手動で短縮することができます。空気中を伝わる音の伝播速度において、2 msはおよそ1.8フィート (約55 cm) に相当することを留意してください。

以下は、Milan AVBシステムにおけるプレゼンテーション タイムに関する詳細であり、デフォルト設定から調整を行うべきかどうかの判断基準となります。

ネットワーク上のすべてのAVBデバイスは、共通の時間基準である汎用高精度時刻プロトコル (gPTP) を使用しており、ネットワークはAVBトーカーとAVBリスナーの間の伝送時間を把握しているため、トーカーは信号をリスナーの入力部で「提示」するための将来のタイムスタンプ (プレゼンテーション タイム) を付加します。このタイムスタンプを含めることで、トーカーとリスナーの間の伝送経路がそれぞれ異なっても、すべてのリスナーが同時に信号を再生することが保証されます。ネットワーク スイッチの数が多すぎるシステムでは、スイッチの数が非常に少ないシステムよりもプレゼンテーション・タイムが遅くなります。

下図において、スピーカーのペア#1、#2、#3は、GALAXYプロセッサからそれぞれ2ホップ、3ホップ、4ホップ離れた位置にあります。AVBコントローラーは、最も遠いデバイス (この場合はペア#3) に到達するまでにかかる時間をレポートすることができます。データパケットがネットワーク スイッチを通過するたびに、わずかなレイテンシー (遅延) が加算されます。例えば、一般的な1 GbE対応 (1000 Mbps) のネットワーク スイッチでは、スイッチを1ホップ通過するごとに150ナノ秒のレイテンシーが加算される場合があります。このケースでは、ペア#2はペア#1よりも150ナノ秒遅れて同じストリームを受信します。各トーカーおよびリスナーには、AD/DA変換やシグナル プロセッシングなど、これ以外にも遅延の原因となる要素が存在する可能性があります。Meyer Soundのソフトウェアは、マルチ ストリーム予約プロトコル (MSRP)による累積レイテンシーと、受信ストリームのプレゼンテーション・タイム・オフセットをレポートします。



Milan AVBは、デフォルトで2 ms (ミリ秒) のプレゼンテーション タイムを使用します。この時間は、1 GbE (1000 Mbps) の接続速度でおよそ12ホップ、100 Mbpsの接続速度で約7ホップのスイッチ通過を許容できる長さに相当します。信号のレイテンシーを絶対的な最小限まで短縮する必要があるアプリケーションでは、実際のスイッチの通過回数に伴う伝送時間と、エンドポイントでの処理オーバーヘッド) に対する合理的な追加時間を考慮した上で、デフォルトの2 msというプレゼンテーション タイムを短縮することが可能です。コントロール ソフトウェアを使用することで、各出力ストリームにおけるAVBトーカー ストリームのプレゼンテーション タイムを手動で調整することができます。

配線のガイドライン

- Ethernet Cat5eケーブルの最大伝送距離は100メートル (328フィート) です。
- メディアエクステンダーは、許容できないほどの遅延を引き起こす可能性があるため、使用しないでください。光ファイバー・ケーブルを使用する場合も、同様の注意が必要です。SFP (Small Form-factor Pluggable) モジュールには、AVBやTSNと問題なく連動するものもあれば、まったく機能しないものもあります。

Meyer SoundのGalileo GALAXYおよびNADIAプロセッサには、AVB 1とAVB 2とラベルされた2つのAVBポートが備わっています。

- これらのデバイスを、プライマリーのAVBネットワークが1つしかないシステムに接続する場合は、常にネットワーク・ポートAVB 1に接続してください。
- 冗長化AVBネットワークを構築する場合 (Milanの冗長化のセクションを参照) は、すべてのプライマリー・ネットワークの接続をAVB 1ポートに行い、すべてのセカンダリー・ネットワークの接続をAVB 2ポートに行ってください。

帯域幅予約を計算すること

AVBの主要な機能の1つは帯域幅予約です。AVBトラフィック用に帯域幅が予約されることで、レイテンシーを一定かつ確実なものに維持する仕組みの一部となっています。AVBのデフォルトの帯域幅予約はネットワーク帯域幅の75%ですが、ネットワーク設計で異なる値が必要な場合は、この割合を増減調整できます。帯域幅は予約されますが、AVBによって使用されていない間は、通常のイーサネット通信 (ベストエフォート型のトラフィック) でも利用可能です。帯域幅予約がないネットワークでは、使用状況の予測が困難なため、設計者がネットワーク容量を過剰に割り当ててしまうことがしばしばおこります。

優れたネットワーク設計は依然として不可欠であり、各ホップに必要な帯域幅を計算することが推奨されます。以下は、Milanネットワークで伝送できるトラフィックの規模を示す例です：

- デフォルトの75%の帯域幅予約を設定した1GbEのリンクでは、8チャンネル構成のストリームを25系統使用することで、96 kHz/32-bitのオーディオを200チャンネル伝送できます。
- サンプリングレートを48 kHzに下げ、ビットレートを24-bitに下げた場合、同じリンクで8チャンネル構成のストリームを55系統使用し、440チャンネルを伝送することが可能です。

必要帯域幅を予測すること

ネットワークハードウェア（スイッチ、ケーブル）を推定帯域幅要件と比較し、必要なインフラストラクチャが確保されていることを確認する必要があります。ネットワーク帯域幅の計算には、<https://abc.statusbar.com> で利用できるオンライン計算ツールなど、多くのリソースがあります。

帯域幅計算ツールを使用する際、Galileo GALAXYプロセッサに関する以下のAVBストリーム フォーマットの詳細情報が必要になります：

- Milan AVB AAFフォーマット
- 1ストリームあたり8チャンネル
- 1フレームあたり32 AAFサンプル
- AAFサンプルレート96 kHz、かつ以下のネットワーク環境を想定：
- 1ギガビットイーサネット
- AVBデータ用に75%の帯域幅が保証されている

Nebraを使用して永続的な接続を維持すること

Nebraコントロール・ソフトウェアを使用して確立された接続であれば、AVBリスナーはその永続的な接続を維持します。サードパーティ製のコントローラーで確立された接続は、永続しない場合があります。

Milan AVBの接続は、グループ名とエンティティ名を使用して行われます。これらの名前のいずれかが変更されると接続が切断され、新しい接続を確立する必要があります。Milan AVBの接続は、機器の電源を入れ直しても保持されます。

Galileo GALAXYのスナップショットにはAVB接続情報が含まれています。スナップショットに保存されたAVB接続情報は、スナップショットとともに呼び出されます。



注記

各Meyer Sound Galileo GALAXYプロセッサには、AVDECCコントローラーが内蔵されています。

既存のネットワークにデバイスを追加する際は注意すること



注記

ネットワークスイッチやその他のMilan AVBデバイスを既存のネットワークに接続すると、設定によってはgPTPグラウンドマスターが変更される場合があります。その場合、ネットワーク上のタイミングがずれる可能性があります。すべてのデバイスが新しいグラウンドマスターに再同期するまでの間、音質が一時的に低下することがあります。

Milan AVBリソース

Milan AVBについての詳細情報や、さらに理解を深めるためのリソースとして以下をご参照ください：

- [関連文献・参考図書](#)
- [IEEEワーキンググループ](#)
- [AVBおよび関連ウェブサイト](#)
- [Meyer Soundウェブサイトリンク](#)
- [用語集 - Milan AVB](#)

関連文献・参考図書

AES11-2020	Audio Engineering Society (AES) によるデジタルオーディオエンジニアリングの推奨実践指針—スタジオ運用におけるデジタルオーディオ機器の同期
IEEE 802.1BA-2011	AESによるデジタルオーディオエンジニアリングの推奨実践指針—スタジオ運用におけるデジタルオーディオ機器の同期
IEEE 802.1Q-2018	IEEEローカルエリアネットワークおよびメトロポリタンエリアネットワーク規格—ブリッジおよびブリッジ接続ネットワーク
IEEE 1722.1-2013	IEEE 1722デバイスにおけるデバイス検出、接続管理、および制御プロトコルのためのIEEE規格
IEEE 1722-2016	ブリッジ型ローカルエリアネットワークにおけるタイムセンシティブネットワーク アプリケーション向けトランスポートプロトコルに関するIEEE規格
IEEE 802.1AS-2020	ローカルエリアネットワークおよびメトロポリタンエリアネットワークにおけるタイムセンシティブネットワークアプリケーションのタイミングと同期に関するIEEE規格
AvnuプロフェSSIONナル オーディオ機能および相互運用性仕様	

IEEEワーキンググループ

- [IEEE 1722- トランスポートワーキンググループ](#)：ブリッジ型ローカルエリアネットワーク (LAN) におけるタイムセンシティブ・ネットワーク アプリケーション向けトランスポートプロトコル
- [IEEE 1722.1- マネジメント・ワーキンググループ](#)：AVB/TSNの検出列挙、接続管理および制御

AVBおよび関連ウェブサイト

- <https://avnu.org/milan> : Milanを紹介するAvnu Allianceのウェブサイト
- <https://webstore.ansi.org/SDO/IEEE> : 電気電子学会 (IEEE) 規格ストア
- <http://www.aes.org/publications/standards/> : オーディオ エンジニアリング協会(AES)の印刷版規格ストア
- <https://avb.statusbar.com> : オーディオビデオブリッジング (AVB) およびタイムセンシティブ・ネットワーク (TSN) 技術に関するリンク、ツール、オープンソースコードのコレクション
- <https://avb-academy.com/en/glossary> : AVBアカデミー用語集

Meyer Soundウェブサイトリンク

- [Compass support videos](#) Compassサポート動画
- [Galileo GALAXY Support videos](#) Galileo GALAXYサポート動画
- [Nebra Essentials videos](#) Nebra Essentials 動画

用語集 - Milan AVB

1722

IEEE 1722は、タイムセンシティブネットワーク上でオーディオ、ビデオ、および制御信号を伝送するための規格です。

1722.1

時間同期やレイテンシー／帯域幅制御機能を提供するローカルエリアネットワーク上で、タイムセンシティブなメディアやデータをストリーミングするシステム間の相互運用性を可能にするIEEE標準規格です。この規格は、IEEE 802タイムセンシティブ・ネットワーク (TSN) 規格を使用するシステム間の相互運用性を促進するために用いられるプロトコル、デバイス検出、接続管理、およびデバイス制御の手順を規定しています。

Advanced Authoring Format (AAF: 高度オーサリングフォーマット)

AAFは、デジタルノンリニアによるポストプロダクションおよびオーサリング用に特化して設計された技術であり、本ケースにおいては、コンピューターベースのデジタルビデオおよびオーディオ制作におけるマルチベンダークロスプラットフォーム間の相互運用性の課題を解決するものです。AVTP規格内で定義されています。

Asynchronous Sample Rate Converter (ASRC: 非同期サンプルレートコンバータ)

ASRCは、欠落している中間値を補間する処理を行い、ネットワーク上のデジタルデバイス間のクロック周波数に生じるわずかなずれを補正します。このずれは、時折グリッチを引き起こす原因となります。

Audio Video Bridging (AVB: オーディオビデオブリッジング)

AVBは、スイッチド イーサネット・ネットワークにおいて、同期性能の向上、低レイテンシー、および高い信頼性を提供する一連の技術標準規格の総称です。現在、AVBは「AVB/TSN」または単に「TSN (タイムセンシティブ ネットワーキング)」と呼ばれることが多くなっています。

Audio Video Discovery, Enumeration, Connection management, and Control (ATDECC: オーディオビデオ検出列挙、接続管理、および制御)

ATDECCは、IEEE 1722で定義されているデバイス検出、接続管理、エニューメレーション、およびパラメーター制御に使用されるシステム制御プロトコルです。

Audio Video Transport Protocol (AVTP: オーディオビデオトランスポートプロトコル)

AVTPは、IEEE 1722で定義されている通り、それぞれのデータをペイロード領域に格納して伝送するプロトコルです。

AVB channel(AVBチャンネル)

ストリーム内においてオーディオ信号を格納するコンテナです。AVBストリームは何百ものチャンネルを伝送できます。Milan AVBでは、Milan対応デバイス間の相互運用性を確保するためにサポート必須となるチャンネル数が定義されています。

AVB components(AVBコンポーネント)

AVBは以下の構成要素によって定義されています：

- ストリーム予約プロトコル (SRP)
- タイムセンシティブ・ストリーム (FQTS) の転送およびキューイング、またはトラフィックシェーピング
- 高精度時間同期プロトコル(gPTP)または時間同期
- オーディオビデオ検出列挙、接続管理 (AVDECC)
- オーディオビデオトランスポートプロトコル (AVTP)

AVB controller(AVBコントローラー)

AVBコントローラーは、AVBネットワークを管理します。これらのデバイス（またはソフトウェア）を使用することで、ルーティング、クロック選択、その他AVBネットワークに関連する機能を制御できます。AVBコントローラーは、AVBネットワークに接続されたコンピューター上で動作するソフトウェアである場合もありますが、AVBデバイスのハードウェアに内蔵されている場合もあります。Meyer SoundのGALAXYプロセッサは、コントローラーを内蔵したAVBデバイスの一例です。

AVB devices(AVBデバイス)

AVBデバイスには以下の4つのタイプがあります：

- AVB controller (AVBコントローラー)
- AVB switch (AVBスイッチ)
- AVB talker (AVBトーカー)
- AVB listener (AVBリスナー)

 **注記**

特定のAVBデバイスは、複数のタイプとして機能することができます。

AVB listener (AVBリスナー)

AVBトーカーからAVBストリームを受信できるデバイスです。ネットワーク上で利用可能なすべてのAVBトーカーからのすべてのストリームは、AVBリスナーの入力として選択できます。

AVB Sink(AVBシンク)

AVBシンクは、AVBリスナーの別名です。

AVB source(AVBソース)

AVBソースは、AVBトーカーの別名です。

AVB stream(AVBストリーム)

同一の固有ストリームIDを持つ、AVTPフレームの一方向のフローです。AVBストリームは、フォーマット、チャンネル数、およびその他のパラメーターが異なる場合があります。

AVB talker(AVBトーカー)

AVBストリームを送信できる、AVBソースとなるデバイスです。このデバイスは、AVBリスナーに対してAVBストリームを送信します。AVBトーカーがネットワーク上に存在すると、自身の存在と、送信可能なストリームまたはチャンネルを通知します。

Avnu Alliance(アブニュ アライアンス)

Avnu Allianceは、認証制度を通じてオープンスタンダードを使用し、さまざまなアプリケーションの精密なタイミングと低レイテンシーの要件を満たす、相互運用可能なエコシステムを構築するメーカーの共同体です。詳細については avnu.org をご覧ください。

AVTP Audio Format (AAF: AVTPオーディオ フォーマット)

AAFは、AVTPの第7条で定義されている、AVTPオーディオ フォーマットです。

Best Master Clock Algorithm (BMCA: ベスト マスター クロック アルゴリズム)

BMCAはgPTPの極めて重要な構成要素です。クロックの精度、安定性、優先度などの要素を考慮し、ネットワーク内でどのクロックがグランドマスターとして最も適しているかを自動的に決定します。（一部のデバイスでは、gPTPグランドマスターの選出に影響を与えるように、ユーザーが優先度を設定できます。）

Channel name(チャンネル名)

AVBストリーム内の特定のチャンネルを識別する名前です。

Clock Reference Format (CRF : クロック・リファレンス・フォーマット)

CRFは、オーディオを含まず、クロック情報のみを含むフォーマットです。AM824ストリーム・フォーマットまたはAVTP オーディオ・フォーマット (AAF) とともに、AVBオーディオ・エンドポイントで使用できます。CRFストリームは、AVBに参加しているデバイスへ「ハウス・クロック」を配信するための負荷の少ない方法であり、メディア・ストリームが確立される前にAVB参加デバイス間でメディア・クロックを同期させることができます。CRFストリームには、前回のCRFフレームが送信されて以降に発生したクロック・エッジのタイムスタンプが含まれているため、標準的なメディアトランスポートストリームよりも送信レートが低くなります。

Forwarding and Queuing for Time-Sensitive Streams (FQTSS : タイムセンシティブ・ストリームの転送およびキューイング)

FQTSSは、IEEE 802.1Qで定義されている優先度クラス（プライオリティ クラス）を使用したトラフィック シェーピングを規定しています。

Generalized Precision Time Protocol (gPTP : 高精度時間同期プロトコル)

gPTPは、時間的な正確性が厳しく求められるアプリケーションにおいて、分散されたシステム間を正確に時間同期させます。これは、IEEE 802.1ASで定義されている通り、分散システム内のすべてのネットワーク参加デバイスのタイマーを、高精度かつ高速に同期させることで実現されます。

gPTP Grandmaster Clock (GM : gPTPグランドマスター クロック)

gPTPグランドマスター クロック (GM) は、ネットワークにおける最上位の時間ソースであり、同期階層のルートとして機能します。gPTPドメイン内の他のすべてのノードに時間情報を配信し、ネットワーク全体で精密な時間同期を可能にします。グランドマスターは、ネットワーク内で利用可能なすべてのクロックの中から、ベスト マスター・クロック アルゴリズム (BMCA) によって自動的に選出されます。

Group name(グループ名)

同一のネットワークに接続された複数のAVBデバイスを関連付けるための名前です。

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE : 電気電子学会)

IEEE (「アイ トリプル イー」と発音) は、技術標準の策定、カンファレンスの開催、学術雑誌の出版、および資格認定を行う機関です。技術同士が相互に連携して機能するための標準規格を策定しています。

主なIEEEネットワーク規格には以下のものがあります :

- IEEE 802.3 — イーサネット (コンピューターをネットワークに接続する方法)
- IEEE 802.11 — Wi-Fi
- IEEE 802.1 — AVBおよびTSN
- IEEE 754 — コンピューターにおける浮動小数点数の処理方法 (数学的な計算において重要)

Media clock(メディアクロック)

デジタル コンバーターとの間でメディア・データが送受信される速度を制御するために使用されるクロックです。例えば、GALAXYプロセッサはオーディオ信号に96 kHzのメディア クロックを使用しています。すべてのメディア入力と出力を時間的に一致させるには、それらが同一のメディア クロックを参照する必要があります。Milan対応エンドポイントは、内蔵クロック リファレンスへの同期、受信したAVBストリームからのメディア クロックの取得、またはCRFストリームへの同期が可能です。リスナーは、トーカーと同じメディア クロックを使用するように設定しなければなりません。Milan認証デバイスは、48 kHzのCRFストリームを使用してメディア クロック ストリームを伝送し、より高いサンプリングレート (96 kHzや192 kHz) 同士が互いに正しく同期することを保証します。これは、オーディオ ストリーム自体のサンプリングレートとは独立して機能します。

Milan(ミラン)

Avnu Alliance (アベニュー アライアンス) が仕様策定と認証を主導する、プロフェッショナルAVメディア向けの確定的なネットワーク プロトコルです。

MSRP Accumulated Latency(累積レイテンシー)

信号がAVBトーカーからAVBリスナーに到達するまでにかかる最大時間です。この値は、ストリーム予約値がAVBトーカーからAVBリスナーへと伝播される際に計算されます。

Multiple Stream Reservation Protocol (MSRP : 複数ストリーム予約プロトコル)

MSRPは、エンドポイントがネットワークリソースを予約し、要求されたQoS (サービス品質) を満たした状態でネットワーク上のデータストリームの送受信を保証するためのメカニズムです。MSRPは、AVBデバイス (トーカー、リスナー、およびスイッチ) に要求されるコア・プロトコルの1つです。

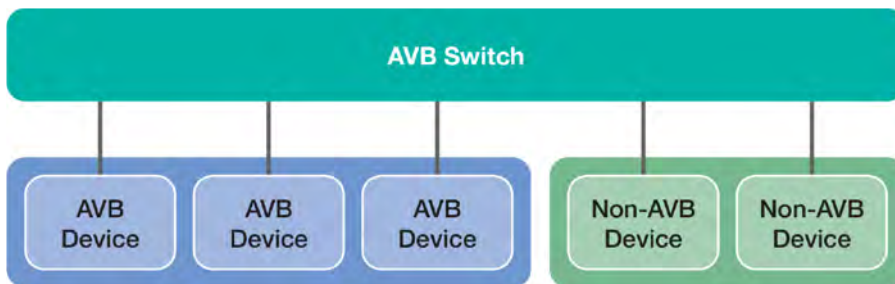
Multiple VLAN Reservation Protocol (MVRP：複数VLAN予約プロトコル)

MVRPは、スイッチ上のVLAN情報を自動構成するための、標準規格に基づいたレイヤー2ネットワーク プロトコルです。レイヤー2ネットワーク内において、MVRPはVLAN情報を動的に共有し、必要なVLANを構成する方法を提供します。AVBでは、ユーザーが接続を行うと、必要なストリーム予約を行うためにMSRPが自動的に使用されます。実務上、AVBデータの正常な伝送に必要なVLANは、AVBスイッチによって自動的に構成されます（AVBスイッチは、AVB非対応デバイスの構成も行うことができます）。そのため、ユーザーがAVBデータを正常に伝送するためにVLANを手動で構成する必要はありません。



注記

AVBネットワークを設計または運用する際は、Avnu認証を取得したネットワーク スイッチのみを検討してください。ネットワーク スイッチを含む、Avnu認証済みハードウェアの最新リストは、Avnu Allianceのウェブサイト（ <https://www.avnu.org/certified-products/> ）で確認できます。



AVBスイッチはAVBデバイスと非AVBデバイスを設定します

Persistent connection(永続的な接続)

一時的にネットワーク経路が遮断された場合でも、Milan AVBデバイス間（トーカーとリスナー間）で確立された状態が維持される接続のことです。これは、ケーブルが抜かれたり、スイッチの電源が切れたり、エンドポイントがオフラインになったりした場合でも、その中断理由が解決されれば、手動で再構成することなく接続が自動的に再確立されることを意味します。

Presentation time(プレゼンテーション タイム)

オーディオ データが割り当てられた時間内にリスナー デバイスに確実に到達するようにし、音切れや同期の問題を防ぐ仕組みです（プレゼンテーション タイム・オフセットとも呼ばれます）。Meyer SoundのMilan AVBシステムでは、デフォルトのプレゼンテーション タイム オフセットとして2msを使用しており、一般的な大半のネットワークにおいてはこの値で十分です。このデフォルト値は調整してレイテンシーの設定をより短くすることも可能ですが、設定値を低くしすぎると、ネットワークの不安定化や聴感上の音切れが発生するおそれがあります。最小のプレゼンテーション タイム オフセットは、スイッチのホップ数とリンク速度に依存し、スイッチのホップ数が多くなるほど、必要となる最小のプレゼンテーション タイム オフセットは長くなります。

Protocol Data Unit (PDU：プロトコル データ ユニット)

PDUは、ネットワーク上のエンティティ間で送信される、情報の最小単位のことです。

Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP : ラピッド・スパンニング・ツリー・プロトコル)

RSTPは、イーサネット・ネットワーク内でのループの発生を防ぐために使用されるネットワーク・プロトコルです。2001年にIEEE 802.1w規格の一部として導入され、ネットワークトポロジーの変化に迅速に対応できる能力を持つことから、現在のネットワークで広く使用されています。

Sink(シンク)

AVBリスナーは、仮想入力である「シンク」を少なくとも1つ持っています。各シンクは1つのAVBストリームを受信することができます。

Small Form-factor Pluggable (SFP : スモールフォームファクタプラグブル)

SFPモジュールは、ネットワーク機器で使用される小型でホットスワップが可能なトランシーバーであり、電気信号を光信号に、またはその逆に変換する役割を果たします。これらは、特にギガビットおよび10ギガビット・イーサネット、ファイバーチャネル、その他の標準規格において、ネットワークデバイス間の通信を容易にします。SFPモジュールは汎用性が高く設計されており、同じ物理ポート内で異なる種類の接続（メタルケーブルまたは光ファイバーケーブル）を使い分けることができます。

Source(ソース)

AVBトーカーは、仮想出力である「ソース」を少なくとも1つ持っています。各ソースは、1つのAVBストリームをネットワーク上で利用可能な状態にします。

Stream format (ストリーム フォーマット)

ブリッジ ローカルエリアネットワークにおけるタイムセンシティブ（時間優先型）アプリケーションのためのトランスポート プロトコルです。データストリームにおける1フレームあたりのサンプル数、1フレームあたりのチャンネル数、サンプリングレート、およびビット深度の組み合わせであり、IEEE 1722規格で規定されています。

Stream Reservation Protocol (SRP : ストリーム予約プロトコル)

SRPは、IEEE 802.1Qで定義されている通り、ストリームを登録し、そのストリームが通過する経路全体で必要となるネットワークリソースを予約します。

Time-Sensitive Networking (TSN : タイムセンシティブ・ネットワーキング)

TSNは、従来のイーサネット・ネットワークを、確定的で安全性が極めて重視されるアプリケーションで使用できるようにするために、電気電子学会（IEEE）によって策定された一連の標準規格の総称です。