



# YOUR PRACTICAL GUIDE TO AES67

この文章情報は、RAVENNA Web サイトに掲載された「[YOUR PRACTICAL GUIDE TO AES67 - PART 1,2,3](#)」を翻訳したものです。

## Behind the standard

AES67は、高性能のAudio-over-IP相互運用性のスタンダードです。相互運用できない他のAoIPプロトコル（つまり、Dante、Livewire、QLAN、またはRAVENNA）が相互運用可能になる可能性があります。

規格ではサポートされる必要があるプロトコルと機能を定義していますが、ベンダーがそれらをどのように実装するかを正確には規定していません。

AES67で使用されている用語を理解するだけでは、オーディオネットワークの実用的な知識には不十分です。そうではなく、オーディオネットワークを構築するには、ネットワーキング全般およびAoIP関連のトピックに関する背景知識が必要です。

## AES67の基本原則

AES67は、COTS（Commercial Off-The-Shelf）インフラストラクチャを介した標準のネットワークスイッチングネットワークで動作するように設計されています。正しく設定されていれば、オーディオストリーミングのパフォーマンスを低下させることなく、同じネットワークを他のトラフィックと共有できます。

AES67は、以下の基本原則に基づいています。

- シンクロナイゼーション
- マルチキャストパケット転送
- QoS
- セッション情報

他のAoIPソリューションは強化された機能性（ストリームとデバイスの発見、GPIOトランスポートなど）を提供しますが、AES67は（相互運用性を最も基本的なレベルで確立することを要求されない）、故意にこの点に関して要件を定義していません。さらに、これらの機能をカバーするさまざまな業界標準がすでに存在しているか、または出現しつつあり、該当する場合は実装できます。AES67の4つの技術的原理を検討してみましょう。

### シンクロナイゼーション

ネットワーク同期は、十分な精度ですべての参加ノードに共通の実時間を分配することに基づいています。AES67は、IEEE 1588-2008規格（**PTPv2** - Precision Time Protocol version 2とも呼ばれる）を時間配信に使用することを指定しています。**PTPv2**には、ベストマスタークロックアルゴリズム（BMCA）が含まれています。これにより、利用可能な最善のマスタークロックが、参加しているすべてのAES67ノードのグランドマスターとして機能するように選択されます。





ノードがGrandmasterIによって提供される実時間に同期すると、任意のメディアクロックをローカルに生成できます。同期精度が十分に正確であるならば、全ての局所的に生成されたメディアクロックは同じ周波数（48kHz）を持ち、それらは互いに正確に位相ロックさえ行われます。

PTPを使用すると、1 $\mu$  sec未満の範囲（グランドマスターに対するローカルクロックの偏差）の精度を達成することができます。ただし、ほとんどの場合、これにはPTP対応スイッチの配置が必要です。幸い、ほとんどのオーディオアプリケーションでは、1桁の $\mu$  secの精度で十分です。これは通常、標準のPTP非対応スイッチで達成可能です。

## マルチキャストパケット転送

PTPはマルチキャストパケット転送に基づいています。AES67では、オーディオストリームパケットのマルチキャストサポートも必要です。基本的にどのCOTSスイッチでもマルチキャストトラフィックをサポートしていますが、ネットワークフラッディング（ネットワークの飽和）を効果的に回避するためにマネージドスイッチのみがマルチキャスト管理を提供します。アンマネージドスイッチ（または不適切に設定されたマネージドスイッチ）は、ブロードキャストトラフィックのようにマルチキャストトラフィックを処理し、すべてのスイッチポートに着信したマルチキャストパケットを転送します。高レベルのオーディオストリームトラフィックでは、ネットワークフラッディングが発生し、ネットワーク全体がロックアップします。

マネージドスイッチは、IGMP（インターネットグループ管理プロトコル）スヌーピングサポートを通じてマルチキャスト管理を提供します。IGMPスヌーピングでは、IGMPを介して登録されたマルチキャストパケットだけが指定ポートに転送されます。したがって、すべてのAES67ノードはIGMPv2をサポートする必要があります。これは、どのストリームを転送するかをネットワークに通知するために使用されます。

マルチキャスト転送を維持するには、IGMP（join）要求を定期的に更新する必要があります。これは、参加しているスイッチの1つでIGMPクエリア機能を有効にすることによって保証されます。定期的なIGMPクエリアにより、ノードはIGMP要求を更新します。ストリーム接続が終了すると、IGMP Leave要求が送信され、そのノードへの特定のマルチキャストフローが終了します。

管理対象マルチキャストトラフィックの利点の1つは、そのスケーラビリティです。マルチキャストフローは、特定の送信者によってネットワークに1回だけ送信されます。複数の受信者が同じフローを要求した場合、ネットワークスイッチは必要に応じてパケットを複製します。IGMPを使用すると、ネットワークは本質的にトラフィックを最適化するため、特定のマルチキャストフローは関連するリンク上に一度だけ存在します。

## Quality of Service

AES67はQOSパラメータをサポートしています。それでも、適切に利用するには、これを実現するために**DIFFSERVタグ**と優先度タグを使用する必要があります。





QoSは、AES67ネットワークがサポートしなければならないもう1つの基本原則です。繰り返しますが、これはマネージドスイッチでのみ使用することができます。適切なQoS設定により、最も重要なパケット（PTPおよびオーディオストリームトラフィック）が、ネットワークを経由する途中で優先転送を受信するようになります。AES67は、さまざまなタイプのトラフィックをサービスクラスに分類できるQoS方式である**Differentiated Services (DiffServ)**のサポートを義務付けています。**DiffServ**は、個々のIPパケットに適用できる64個の異なる優先度タグ（**DSCP値**）を処理します。

エンドノードは、異なるトラフィッククラスに属するパケットに異なるタグを適用できます。スイッチは個々のプライオリティタグを調べて、パケットを優先的に転送することができます。簡単に言えば、DiffServでは、ネットワークは空港での搭乗手続きに似ています。優先乗客（ファーストクラスとビジネスクラス）が最初に（そしていつでも）飛行機に搭乗できますが、エコノミークラス乗客はまだ優先順位の高い乗客が待ち行列に入っている限り並んで待たなければなりません。

ただし、DSCP値を特定の種類のトラフィックに割り当てる方法に関する推奨事項は標準にあります。ネットワーク管理者は個々のアプリケーション要件に従ってこれらの値を自由に設定できます。さまざまな共有トラフィッククラスを伝送する可能性がある大規模ネットワークでは、QoS設定に特別な注意が必要です。

## 推奨DSCP値

AES67は3つのトラフィッククラスの使用を必要とし、特定のDSCP値を推奨します。

- PTPトラフィックは、**DSCP EF (46)**でタグ付けされ、優先転送に変換され、最高の転送優先順位が与えられます（ファーストクラス）。
- RTPトラフィック（オーディオパケット）は、**AF41 (34)**でタグ付けされ、2番目に高い転送優先順位を持つ高度な転送に変換されます（ビジネスクラス）。
- 残りのすべてのトラフィックには、特定の優先度のタグ付けを低くするか、まったく付けないようにします。デフォルトでは、ベストエフォート型（エコノミークラス）では、**BE (0)**になります。

ネットワークは特定の優先順位付けを必要とする他の種類のトラフィック（音声データまたはビデオ）の転送に使用される可能性があるため、ネットワーク管理者はこれらの値を変更するか、それに応じてスイッチ設定を調整する必要があります。すべてのAES67デバイスがDSCPの再設定をサポートしているわけではなく、または推奨されているデフォルト値を使用していない可能性もあるため、他の方法を適用する必要があります。

## セッション情報

ストリームに接続してそのオーディオデータを処理するために、ノードはストリームに関する技術情報を必要とします。これは**セッション記述データ (SDP)**と呼ばれます。これには、ストリームのマルチキャストアドレス、エンコード形式、およびパケット設定（サンプルあたりのビット数、サンプリング周波数、ストリーム内のチャンネル数、パケット内のサンプル数）、およびリファレンスタイ





ムとの関係情報が含まれます。この情報がないと、受信側はストリームに接続してパケットをデコードできません。

AES67は、必要なSDP属性とそれらの許可されたパラメータ範囲を明確に定義していますが、この情報を伝えるために必要な方法については触れていません。セッション ディスカバリー（利用可能なストリームのシステム固有の検出を可能にする）もまた、標準的な要件から故意に除外されています。利用可能なストリームをアナウンスし、関連するSDPデータを転送するためのプロトコルは数多く存在しますが、AES67規格の作成者は、実際に特定の方法を強制するには厳しすぎると考えました。代わりに、標準的な広く使われているプロトコルのいくつかに言及し、それらを選択するのは製造業者に任せることになりました。

ほとんどの機器は、**mDNS / RTSP** \*（デフォルトのRAVENNA方式）と**SAP**（AES67モードのDante機器）をサポートしていますが、すべての機器が両方の方法をサポートしているわけではありません。2つのデバイス間で必要なSDP情報を共有する一般的な方法がない場合、ストリーム接続は不可能か、少なくとも非常に困難です。

\*コンピュータネットワークでは、Bonjourとしても知られているマルチキャスト ドメインネームシステム（mDNS）は、ローカル ネームサーバーを含まない小規模ネットワーク内のIPアドレスでホスト名を解決します。リアルタイム ストリーミング プロトコルは、エンド ポイント間のメディアセッションを確立および制御するために使用されます。





## ネットワークインフラ

### 2.1.1.1 マネージドスイッチ

ほとんどの場合、AES67システムは管理可能なネットワークを必要とし（QoSおよびマルチキャストの要件により）、マネージドスイッチの使用を義務付けています。マネージドスイッチは、ほとんどの場合、Webブラウザでスイッチ設定にアクセスするための手段が提供されています。他のスイッチ（大部分はエンタープライズグレードのスイッチ）は、より複雑な設定作業用にコマンドラインインターフェイス（「CLI」）を提供する場合があります。ほとんどのスイッチには便利なデフォルト設定がありますが、必要な設定を確認して確認することをお勧めします。

### 2.1.1.2 トポロジ

AES67は厳密にIPに基づいているため、あらゆる「スタンダード」ネットワークトポロジで実行できますが、特定のストリームが最終的なネットワーク内を移動する必要があるスイッチの数（"hops"）を最小限に抑えることが賢明です。小規模ネットワークでは、1つのスイッチだけで構成される場合があります。もちろん構成が簡単になります。ネットワークが大きくなるにつれて、スター型またはツリー型のトポロジが登場します。複数のサブネットにまたがる大規模な企業ネットワークでは、特定の接続に対して確定的なルートを設定することが不可欠です。この場合、リーフ スパイン アーキテクチャ（leaf-spine architecture）が最も好ましいトポロジとなります。

### 2.1.1.3 帯域幅

与えられたパスに十分な帯域幅があることを保証する必要があります。個々の装置は100M bit/sのファストイーサネット（FE）ポート上で利用可能な十分な帯域幅を超えることができますが、バックボーンリンク上の全てのストリームを収容するために必要な総帯域幅は、ギガビット速度（GbE）を容易に要求します。インフラストラクチャ専用GbEスイッチを使用することをお勧めします。数百チャンネルのオーディオに対応する必要がある場合、特にネットワークを他のITサービスと共有する予定の場合は、バックボーンインフラストラクチャをより高速（10 GbE以上）にアップグレードすることを検討することもできます。

スイッチポートの公称リンクレートにかかわらず、最大スイッチング容量を確認されることをお勧めします。一部のスイッチ（特に低コストのもの）は多数のポートを提供することがありますが、すべてのポートが高負荷になると総トラフィックに対応できなくなる場合があります。スイッチに高負荷がかかると予想される場合は、「バックプレーン速度」や「ノンブロッキングスイッチファブリック」などの用語を確認してください。

### 2.1.1.4 "Green" は悪

エネルギーを節約することは通常は良い考えですが、低遅延のリアルタイムのAudio-over-IP技術の適切な運用を妨げます。省エネ機能がオンになっていると、ほとんどのスイッチは単一の着信パケットをすぐに転送することがありません。また、特定のリンクに送信されるパケットがさらに待機することになります。これにより、PTP動作に直接影響するパケット遅延変動（PDV）が増加します（エンドノードが安定した同期状態に落ち着かない、または大きな時間ジッタを示す）。したがって、最適なネットワークパフォーマンスを得るためには、スイッチ上のすべての**省電力機能を無効**にする必要があります。



### 2.1.1.5 ケーブル接続

常に高品質のパッチケーブルを使っていることを確認してください。GbEに必要なグレードはCat5eですが、特に最大許容イーサネットケーブル長（約125 m）に近い距離で配線する必要がある場合は、Cat6またはCat7ケーブルを使用しても問題ありません。ケーブルが複数の用途でドラムに巻かれることが多いモバイル設備では、特別な注意を払う必要があります。ケーブルは一般的にツイストペアがケーブル内で緩む傾向があるため、ケーブル品質は時間の経過とともに低下します。これにより適切なリンクステータスをシグナリングしているにもかかわらず、時折パケットを落とす可能性が生じます。

### 2.1.2 IPアドレス

単一のLAN上で実行される小規模または中規模のインストールを計画している場合でも、IPアドレス指定が必要です。一般に、IPアドレスを割り当てるには3つの方法があります（スイッチを含むすべてのデバイスにIPアドレスが必要です）。

- **DHCP** : DHCPサーバの存在を必要とする自動IPアドレス割り当て。専用のDHCPサーバが存在しない場合、ほとんどの場合、これはスイッチの1つになります。この方法はアドレス管理、サブネット、ゲートウェイの設定を行う必要がないので非常に便利ですが、割り当てられたIPアドレスがすぐにはわからないという欠点があります（ただし、ほとんどの場合、デバイスのGUIで現在のIPアドレスが表示されます）。また、ネットワークに電源を再投入したり、ネットワークに再接続したりすると、そのデバイスは同じIPアドレスを再び受け取ることができません。
- **Zeroconf** : DHCPサーバを必要としない自動IPアドレス割り当て。ネットワークに入るデバイスは、事前に定義されたzeroconf IPアドレス範囲169.254.0.0 / 16の中で利用可能なIPアドレスを自分自身に割り当てます。これは小規模なLAN設定でのデバイスネットワーク設定にも便利な方法ですが、DHCPと同じデメリットがあり（毎回異なるIPアドレスを取得します）、さらにIPサブネット範囲を選択することもできません。
- **手動/静的IP設定** : この方法では、デバイスを個別にIPアドレス設定する必要があります。これは特に大規模な環境ではかなりの作業になりますが、サブネットとデバイスの構成方法を完全にコントロールできます。IPアドレスは、ネットワークへの電源投入または再接続後も変更されないため、デバイスをオフラインで安全に事前設定できます。スプレッドシートまたはデバイスデータベースは、ネットワーク構成を管理するために不可欠となります。

### 2.1.3 マルチキャスト

マルチキャストパケットのフラッディング（飽和）を回避するには、IGMPをアクティブにしてスイッチを適切なマルチキャストトラフィック登録および転送用に設定する必要があります。IGMPプロトコルには3つのバージョンがあります。AES67では、**IGMPv2**がネットワークでサポートされている必要があります。**IGMPv3**をサポートするようにスイッチを設定することもできます。定義上、いずれかのデバイスがIGMPv2メッセージを発行すると、自動的にバージョン2に戻ります。

次に、**IGMPスヌーピング機能を有効**にし、未登録のマルチキャストトラフィックの転送を無効にする必要があります。

IGMPスヌーピングが正しく機能するためには、IGMPクエリアがネットワーク上に存在する必要があります。この機能は通常、どの管理対象スイッチでも呼び出すことができます。ネットワークは複数





のIGMPクエリアに対応できますが（自動的に1つ選択されます）、1つのIGMPクエリアのみを有効にしておくことをお勧めします（できればネットワークトポロジのルート近くにあるスイッチで）。

大規模ネットワークでは、またはエンタープライズクラスのスイッチを使用する場合は、さらにマルチキャストトラフィックの管理設定が必要になることがあります。スイッチによっては、着信マルチキャストをいわゆるマルチキャストルータポートに転送するように設定できます。ネットワークの状況によっては、これが望ましい場合もあれば、望ましくない場合もあります。

### 2.1.4 QoS

クロックトラフィックとオーディオトラフィックには高い転送優先順位が必要なので、AES67エンドノードは **DiffServ QoS** をサポートし、それらのIPパケットに特定の **DSCPタグ** を割り当てます。スイッチは、DiffServ QoSと優先転送をサポートするように設定する必要があります。ほとんどのスイッチでは、デフォルトで **レイヤ2 CoS QoS** が有効になっています。これは **レイヤ3 DiffServ QoS** に変更する必要があります。有効にしたら、優先順位の割り当てを確認します - 管理対象スイッチには通常、出力ポートごとに少なくとも4つの優先順位キューがあり、推奨 (recommended) / デフォルトパラメータで動作するAES67には次の設定が必要です。

- **DSCP EF (46)** (クロックトラフィック) 最優先キュー (4)
- **DSCP AF41 (34)** (オーディオパケット) 2番目に高いプライオリティキュー (3)
- 他のすべてのDSCP値 (残りのトラフィック) 最低優先度キュー (0)

**注意**：他の重要/優先トラフィックを実行しているネットワークでは、他の優先順位の設定が必要になる場合があります。ただし、PTPトラフィックは常に最優先の処理を受けることをお勧めします。RAVENNAとDanteは他のDSCPデフォルト (PTPにはCS6 (48)、オーディオにはEF (46)) を使用しますが、ほとんどのRAVENNAはDanteとは異なり、エンドノードでのDSCP再設定をAES67デフォルト (または他の望ましい設定) に一致させます。AES67をAES67モードでDante機器と相互運用する方法のガイドラインについては、このガイドの後半のそれぞれの章を参照してください。

最後に、出カスケジューラ (**egress schedule**) の転送ポリシーが **”完全優先転送 (Strict priority forwarding)”** に設定されていることを確認します (少なくともPTPトラフィッククラスではありませんが、オーディオトラフィッククラスでも推奨されます)。

大規模/企業ネットワークでは、特にWAN接続にまたがる場合は、DSCPタグがエッジルーターによって尊重されない可能性があります (ローカルサブネットからのDSCPマーキングを信頼しないように設定され、削除されることさえあります)。これにより、優先度の高い転送要件が破られ、パケット遅延の変動が大きくなり、待ち時間が長くなり、クロック精度が低下します。さらに、この「DSCP信頼しない (DSCP no-trust<sup>®</sup>)」ポリシーを採用しているWANリンクを通過した後、DiffServ優先度メカニズムが後続のローカルネットワークセグメントに対して回復不能に破壊され、最終的にWANリンクを通過した後にAES67がまったく機能しなくなります。この制約が存在する場合、この制約を削除または回避するためのオプションについては、ネットワーク管理者に相談してください。

### 2.1.5 PTP

PTP展開の計画はそれ自体がトピックであり、特にネットワークが大規模で複数のサブネットにまたがる場合は、多くの複雑な側面が生じる可能性があります。大規模なネットワークでは、ほとんどの





場合、ネットワーク内の重要な位置にPTP対応スイッチ（境界または透過クロック）が必要です。このようなネットワークの構成には複雑さが伴う可能性があるため、PTP対応スイッチのない単一のLANセグメントにPTP計画の説明を限定します。

#### 2.1.5.1 PTPパラメータ

ほとんどの場合、PTP対応スイッチは、中規模（数十分の1のエンドノード）までのLANセグメントには必要ありません。標準のCOTSスイッチでは、適切なQoS設定によって適切なPTPパフォーマンスが得られます。ただし、いくつかの選択パラメータがあります。

ドメイン番号（Domain number）：特定の理由で必要な場合を除き、ドメイン番号はデフォルト値（0）のままにします。

- 同期メッセージ間隔（SYNC message interval）：すべてのAES67デバイスは、1秒（ $2^0$ ）のデフォルト同期メッセージ間隔を持つPTPデフォルトプロファイルで動作する必要があります。Defaultプロファイルの他の選択肢は $2^1$ と $2^{-1}$ です。より速い決済とより良い安定性のためにSYNCメッセージ間隔を $2^{-1}$ に設定することをお勧めします。
- AES67はPTPプロファイル、メディアプロファイルも定義しています。ネットワーク上のすべてのAES67デバイスがこのプロファイルをサポートしている場合（これは必須ではありません）、SYNCメッセージの間隔を $2^{-4}$ に減らすことができます。SYNCメッセージの間隔（SYNC message interval）をメディアプロファイル（Media profile）のデフォルト値 $2^{-3}$ に保つことをお勧めします。
- ANNOUNCEメッセージ間隔（ANNOUNCE message interval）：ANNOUNCEメッセージは、ネットワーク上で現在利用可能な最良のマスタークロックを確立するために必要とされます。ANNOUNCEメッセージの間隔（ANNOUNCE message interval）はデフォルト値の $2^1$ （PTP DefaultプロファイルとMediaプロファイルの両方に適用されます）に、ANNOUNCEメッセージのタイムアウト間隔（ANNOUNCE message timeout interval）は3に設定することをお勧めします。

**注意**：すべてのデバイスが同じ設定になっていることが非常に重要です。そうしないと、BMCA（ベストマスタークロックアルゴリズム）が期待通りに動作せず、デバイスが正しく同期しない可能性があります。

遅延要求間隔（DELAY REQUEST intervals）：（自分が何をしているのかわからない限り）デフォルト値（ $2^0$ ）を変更する必要はありません。遅延測定モードをエンドツーエンド（E2E）遅延測定に設定したままにします。

#### 2.1.5.2 BMCAパラメータ

最良の同期結果を得るためには、ネットワーク上で最も利用可能なマスタークロックが実際にこの役割を果たしていることを確認する必要があります。ネットワークが専用のGrandmasterデバイスを持っているならば、このデバイスがGrandmasterになることを可能にするために、すべての設定は通常デフォルトで適所にあります。

そうでない場合、または専用のGrandmasterデバイスが存在しない場合は、問題を解決するため、またはBMCA競合の対象となるデバイスだけがBMCAの競合に適格であることを確認するために、







BMCAパラメータ設定についてももう少し詳しく調べる必要があります。どの機器が設計上まともなPTPグラントマスター機能（通常、非常に正確で安定した内部クロック回路を備えたデバイス、または外部基準信号、すなわちワードクロックまたはブラックバースト入力に接続可能なデバイス）を持っているかを調べることをお勧めします。

**BMCA**は、ネットワーク上で使用可能な最良のマスタークロックについて同じ結論に達するために各デバイスが従う必要がある、厳密に指定されたアルゴリズムです。（グラントマスターになることができないエンドノードであっても）BMCAを完全かつ正しく実装しないと、同期の結果が不適切になる可能性があります。BMCAは、ネットワーク内で配信されているANNOUNCEメッセージに依存しています。

**ANNOUNCE**メッセージは、特定の優先順位で比較されるクロック品質に関する特定のパラメータを含んでいます。

**Priority 1 Field**： ユーザー設定可能な値です。最小数が勝ちます。通常、マスター対応装置の場合は128、スレーブ専用装置の場合は255に設定されます。ただし、通常の実験基準を無効にする場合は変更できます。優先順位1とあなたが望む任意の順序を作成することができます。

**Clock Class**： クロック状態の列挙リストです。たとえば、GPS受信機が世界協定時刻（UTC）にロックされている時計は、フリーランニングで手首時計に手動で設定されているものよりも高い定格を持っています。GPS受信機を持っている時計が接続を失うと、さまざまなレベルのホールドオーバーの状態が起こります。

**Clock Accuracy**： UTCまでの精度の範囲を列挙したリストです。例えば、25-100nsです。

**Clock Variance**： SYNC message interval におけるクロック発振器のジッタとワンダを表す複雑な対数スケールの統計です。

**Priority 2 Field**： ユーザーが設定できるもう1つのフィールドです。主な目的は、システムインテグレーターが同一の冗長グラントマスター間でプライマリクロックとバックアップクロックを識別できるようにすることです。

**Source Port ID**： これは一意である必要がある番号で、通常はイーサネットのMACアドレスに設定されています。本質的にこれはコイントスのようなものです。

実用上、**Priority 1 Field** が最も重要です。値をデバイスのデフォルト設定（GMIになることができるデバイスの場合は128、スレーブのみのデバイスの場合は255）に設定します。ネットワーク内に専用のGPS基準GMデバイスがない場合は、優先GMIにしたい特定のデバイスの**Priority 1 Field** 値を減らすか、ある場合にのみGMIになるはずのデバイスの**Priority 1 Field** 値を増やすことができます。

いずれにせよネットワークのサイズに関係なく、ストリームトラフィックの設定を進める前に、どんな特定のネットワークセグメントにおいてもPTP配信が望ましい正確さをもたらすことを常に確認してください。良い指標としてチェックすべきは、ほとんどのエンドノードによって提供されるクロックオフセット（PTPマスターからの計算された時間オフセット）の表示です。インジケータはデバ





イス間で異なる場合があります、少なくともステータスインジケータまたは数値オフセット表示を備えています。緑色のライトが表示されている場合、1桁の  $\mu$  sec またはサブマイクロ秒の範囲のオフセット番号が表示されている場合は、通常問題ありません。通常の運用中は、これらの指標を時々チェックしてください。

### 2.1.6 Discovery

導入部で説明したように、セッション記述データ (SDP) はストリームに接続してその内容をデコードするために必要です。必要なパラメータとそれらの適切なラインナップはセッション記述プロトコル (SDP) によって定義されていますが、AES67はデータを転送するための必須の方法を定義していません。そのため、手動による読み取りと入力が最小限の共通点として想定されています。

ほとんどのAES67システムまたはデバイスは、ネットワーク上の利用可能なストリームを発見する手段を提供し、これらのSDPパラメータのプロトコルベースの通信をサポートします。サポートされている方法とプロトコルは、通常それらのデバイスが準拠しているネイティブ ネットワーキング ソリューションに関連しています。RAVENNA、Livewire、Danteはすべて、SDPデータの転送を含むディスカバリーおよび接続管理機能を提供します。しかし、残念ながらそれらはすべて異なる方法やプロトコルを使用しているため、互いに互換性がありません。

**RAVENNA**は、SDP転送にディスカバリーおよびRTSPに**DNS-SD/mDNS**を使用しています

**Livewire**は、独自のプロトコルを使用しますが、RAVENNA方式もサポートします

**Dante**は、ネイティブのストリーム操作には**mDNS**に、AES67フォーマットのストリームには**SAP**に基づいた独自の方法です。

Dante機器にはSDPデータの手動読み出しや入力を行う手段がないため、AES67モードを有効にしたDante機器と他のAES67機器を接続する実用的な方法はありません。このため一部のデバイス メーカーは、SAPサポートを含めることを決定しました。

#### 2.1.6.1 RAV2SAP

ALC NetworXは、RAVENNAとDanteのディスカバリー方法を変換するためのフリーウェア ツールである "**RAVENNA-2-SAPコンバータ (RAV2SAP)**" をリリースしました。選択したストリームアナウンスを一方から他方に変換し、それに応じてSDPデータを利用できるようにします。また手動SDPデータ入力および読み出しを可能にし、接続の問題を診断したり、RAVENNAやSAPをサポートしていないあらゆる装置をネットワークに統合することができます。

**RAV2SAP**は、オーディオ ネットワークに接続されているPC上で実行するWindowsアプリケーションです。RAV2SAPはディスカバリーおよびSDP関連のデータトラフィックのみを監視および送信します。オーディオは (PCがAES67対応の仮想サウンドカードを実装していない限り) PCを通過しません。



## 2.2 デバイス構成

### 2.2.1 IP設定

システムを接続する前に、慎重な計画を立ててください。一般的なシステムレイアウトやその他の重要な側面が十分に検討されていれば、設定、システム監視、およびデバッグははるかに効率的に行えます。

IP割り当ての方法を選択します：DHCP、Zeroconf、manual / static。静的IP割り当ての場合は、IPアドレスを2回割り当てないようにし、サブネットマスクが目的のネットワーク構成と一致するようにします。場合によっては、ゲートウェイを設定する必要があります（たとえ使用されなくても）。ゲートウェイが存在しない場合は、スイッチの1つのIPアドレスを入力してください。Excelスプレッドシートは、IP設定の追跡に役立ちます。自動IP設定を行う場合は、IPパラメータがDSCPまたはZeroconfを通じて正しく割り当てられているかどうかを確認してください。

### 2.2.2 PTP設定

デバイスが提供するすべての関連PTPパラメータを確認/設定します。セクション2.1.5 PTPに記載されているガイドラインに従ってください。

### 2.2.2 デバイス固有の設定

いくつかの装置は他のAES67機器と適切に相互運用するためにさらなる設定を必要とします。個別に設定する必要があるかもしれない少数のよく見られる設定はここにあります：

#### 2.2.3.1 AES67モード

AES67モードを有効にする必要があるデバイス（Danteデバイスなど）や、AES67をネイティブでサポートするデバイス（RAVENNA、Livewire）などがあります。

#### 2.2.3.2 マルチキャストアドレス範囲

AES67に完全には準拠していないにもかかわらず、AES67の相互運用のために限られた範囲のマルチキャストアドレスしかサポートしていない機器（例：Dante機器）があります。範囲はすべてのデバイスで正しく設定する必要があります。AES67ストリームは、マルチキャストアドレスがその設定された範囲内にある場合にのみ識別または受け入れられるため、これはこの制限を示さないデバイスにも影響する可能性があります。一部のデバイスはマルチキャストアドレス範囲の一般的なデバイスレベルの設定を持っていないため（239.xyzの範囲内の有効なマルチキャストアドレスで機能します）、個々のストリームを設定するときにこれを考慮する必要があります。

#### 2.2.3.3 ディスカバリー

ほとんどのデバイスはAES67ストリームのアナウンスにも独自の検出方法を使用していますが、他の検出オプションをオンデマンドで有効にする（つまりSAPサポートを有効にする）機能を提供するデバイスもあります。





#### 2.2.3.4 オーディオ関連の設定

デバイスによっては異なるサンプリングレートをサポートしていますが、常に選択できるのは1つだけです（通常、デバイスにはクロック回路が1つしかないため）。AES67は48 kHzのサポートを要求していますが、他のサンプルレートも使用できます。希望のサンプルレートを選択してください。その他のデバイス固有のパラメータ化が必要になる場合があります。取扱説明書を確認してください。

### 2.3 適切な同期 (PTP) を確認する

すべてのデバイスが設定されたら、適切なSynchronizationを確認します。ネットワーク上のすべてのデバイスは、PTPで配信されるネットワーククロックからローカルに生成されたメディアクロックを取得するため、これは重要です。

#### 2.2.4 グランドマスターの選定

事前に優先マスターとしてデバイスを選択し、他のすべてのデバイスをスレーブ専用モードに設定することをお勧めします。2.1.5.2 BMCAパラメータのステップに従ってください。正しく設定すると、すべてのデバイスは、それらが同じGrandmasterをリッスンしていることを示すはずですが（IPアドレスおよび/またはGM-IDは、すべてのスレーブデバイス上で同じように示されるはずですが）。異なるGM-IDが表示された場合、BMCAは意図したとおりには機能しておらず、少なくとも1つのデバイスが誤ったGMの役割を担っています。以下が簡単なチェックリストです。

- (PTP) マルチキャストトラフィックがすべてのノードに転送されているかどうかを確認します（ノードは正しくBMCAを実行するために、他のすべてのデバイスからANNOUNCEメッセージを受信する必要があります）。PTPマルチキャストアドレス（224.0.1.129）は、デフォルトではスイッチによって転送される既知のマルチキャストアドレスですが、IGMP要求を発行して特定のスイッチで転送をアクティブにする必要がある場合があります。
- 予期せずにGMの役割を担うデバイスのpriority 1 フィールドの値を確認し、指定されたGMの設定と比較します。その特定のデバイスの優先順位を下げる（priority 1 フィールドの値を大きくする）か、「スレーブのみ」の操作を割り当てる必要があるかもしれません。または、指定されたGMの優先順位を上げます（priority 1 フィールドの値を下げます）。
- priority 1 フィールドをそれに応じて調整することによって、またはネットワークから疑わしいデバイスを一時的に削除することによって、GMIになるために別のデバイスを選択することも（分析のためにだけでも）役立ちます。
- ネットワーク内にPTP対応スイッチがある場合は、状況を診断するためにPTPサポートをオフにすることが役立つ場合があります。PTPサポートをオフにしても状況が改善される場合は、PTP対応スイッチのすべてのPTP関連設定を慎重に確認する必要があります。

#### 2.3.2 PTPの正確さ

すべてのノードでPTPの精度を確認します - スレーブデバイスは通常、適切な同期ステータスについて通知します。同期インジケータ（信号機またはその他のグラフィック手段）があるか、マスターからの現在のオフセットを数値で示します。ほとんどの場合、1桁のマイクロ秒で通常は十分ですが、サブマイクロ秒でも問題ありません。すべてのエンドノードで適切な同期が取れていない場合





は、先に進む前にこの状況を解決する必要があります（ストリームの設定）。これらの潜在的な問題をチェックしたいかもしれません：

- SYNCメッセージ レートが低すぎる：一部のデバイスでは、安定したロック状態に達するために特定の同期メッセージ レートが必要です。選択したグランドマスターでSYNC message interval を短くしてください（ $2^{-2}$  または  $2^{-3}$ の SYNC message intervalを試してください）。
- QoSが正しく設定されていない：PTPトラフィックは最も高い転送優先順位を受け取る必要があります。PTPパケットが適切なDSCP値でマークされているかどうか、およびネットワーク内のすべての参加スイッチがこのDSCP値を持つパケットを最も高い優先順位のキューに格納するように設定されているかどうかを確認します。
- トラフィック負荷の除去：適切に設定されたQoSがわからない場合は、ネットワーク上の外部トラフィックを除去して帯域幅の使用率を減らすことができます（潜在的なネットワーク過負荷を除去することができます）。最も簡単な方法は、AES67に関連しないデバイスまたはネットワークセグメントのリンクを解除することです。また、デバイスを段階的に接続し、毎回適切な同期を確認することで、ネットワークを最初から構築することもできます。
- 混合したスイッチ構成（FE / GbE）：場合によっては、ネットワークリンク速度が異なるスイッチを使用すると同期の問題が発生することがあります。ほとんどの場合、これは必ずしも同期の安定性に影響を与えることなく、マスターからの永続的なオフセットのみをもたらします。ノードは同期状態に落ち着く可能性があります。ローカル時間とネットワーク時間との間の永続的なずれが原因で、このノードから送受信されるストリームには、より大きな待ち時間設定が必要になる可能性があります。ネットワーク内でGbEスイッチのみを使用し、エンドノードをFEインターフェイスと直接GbEスイッチポートに接続することをお勧めします。
- PTP対応スイッチ：前述のように、PTP対応スイッチは（特に大規模ネットワークで）同期を改善するために確かに価値があります（または必要でさえある）が、物事をより複雑にし、適切な設定のためにより深い知識を必要とします。PTP対応スイッチがネットワークの一部であるかどうかを確認し、PTPサポートを（一時的に）オフにしてみてください。

一般にPTP対応スイッチは、通常PTPプロトコルの1つのバージョンしかサポートできません -

AES67はPTPv2の使用を義務付けています。 レガシー機器（Dante機器）はPTP v1を使用するため、PTP対応スイッチはそれらのパケットを適切に転送しない可能性があり、事実上ネットワークのある領域で同期問題をもたらします。また、COTSスイッチのすべての設定要件が整っていることを確認してください（QoS、IGMPなど）。

