

IPビデオのビットレート制御

平均ビットレート (ABR)、可変ビットレート (VBR)、
最大ビットレート (MBR)

3月 2023

概要

ビットレートコントローラーとは、エンコードされたビデオのビットレートを追跡し、ビットレートを減らす必要があるかどうかを判断するメカニズムです。ビデオシステムの帯域幅とストレージ容量に合うビットレートを実現するために、異なるビットレート戦略を採用することができます。本ホワイトペーパーでは、Axisのネットワークビデオ製品で使用されているビットレート制御方式（ABR、VBR、MBR）をご紹介します、これらを比較検討します。他のネットワークビデオプロバイダーが広く使用しているCBR（固定ビットレート）については、付録で簡単に触れています。

- **ABR（平均ビットレート）方式**は、ストレージをシステムの制限内に保ちながら、ビデオ品質を向上させるように設計された高度なビットレート制御スキームです。その主要目的は帯域幅を削減することではありませんが、ABR方式を利用することで、経時的にビットレートの割り当てを良好に維持することができます。ビデオストリームが一定量のストレージに割り当てられます。また、ABRコントローラーにより、ビデオ品質が調整され、ストリーム全体が適合されます。

ABR方式では常に現在のビットレートが監視されるため、カメラにおいて消費ストレージの量の追跡が可能となります。また、継続的にビットレートターゲットが実現するため、期間を通して最適なビデオ品質を得ることができます。アイドル期間に使用されなかったストレージを、後のビジー期間に高品質ビデオを維持するために使用できるため、ビットレート割り当てを満たすことが可能となります。ABR方式は、一時停止期間がスケジュール設定されていない継続的な録画ストリームとして機能します。これは、ソフトウェアバージョン9.40以降のARTPECベースのAxis製品でサポートされています。ABR方式により、良好にZipstreamを補完することができます。

- **VBR（可変ビットレート）方式**は、最もシンプルなビットレート制御戦略です。妥協せずに品質を一定に保てるというメリットがありますが、ストレージサイズの予測が困難であることが主なデメリットとなります。シーンでの動きや他のイベントにより、ストリームサイズとビットレートが大幅に増加する可能性があるため、VBR方式を使用するシステムでは、こうした場合に備えてかなり大きなストレージ容量を用意しておく必要があります。
- **MBR（最大ビットレート）方式**は、ビデオシーンの複雑性に関係なく、ビットレートが指定された値を下回らないようにする戦略です。ビットレートの一時的なオーバーシュートは許可されますが、MBRが平均ビットレートを上限値以下に保つよう保証します。ビットレートの制限は、画質への影響を考慮せずに行われるため、全体的に画質が低下するのが一般的です。実際のビットレートとビットレート制限の間のギャップが大きいほど、フォレンジック詳細が失われるリスクが高くなります。ビットレート制限を慎重に選択すれば、MBR方式により、システムを不要なビットレートピークから効果的に保護し、ストレージの制限やネットワーク接続の低下によるデータ損失を回避することができます。

ストレージ、ネットワーク、VMSの容量に制限がない場合は、VBR方式を用いることで、最高のビデオ品質を得ることができます。システムに容量制限がある場合は、MBR方式で慎重に圧縮レベルを選択して、ビットレート制限を高めることで、高いビデオ品質を維持することができます。しかし、ほとんどの場合、MBR制限を設定して構成されたABR方式が最良の選択肢となると考えられます。これを組み合わせることで、変化の多いシーンでも最適なビデオ品質を維持することができます。また、MBR制限を十分に高く設定すれば、ビットレートの低下が通知されるように設定することができます。

目次

1	はじめに	4
2	背景：ビットレート制御の基本	4
	2.1 情報量を削減するための戦略	4
	2.2 ビデオエンコード規格	5
	2.3 ビットレート制御と Zipstream	5
3	平均ビットレート (ABR)	6
	3.1 消費プランに基づくビットレート制御	6
	3.2 ABR構成	7
	3.3 ABRとZipstream	7
	3.4 ABR対応製品	7
4	可変ビットレート (VBR)	8
5	最大ビットレート (MBR)	8
6	ビットレート制御の詳細：動作と制限	9
	6.1 ABR	9
	6.2 VBR – シーンと設定	11
	6.3 MBR – シーンと設定	11
7	ビットレートに影響を与えるビデオ設定	12
8	ビットレート制御比較	13
9	付録1：固定ビットレート (CBR)	14

1 はじめに

ビットレートコントローラーとは、エンコードされたビデオのビットレートを追跡し、ビットレートを減らす必要があるかどうかを判断するメカニズムです。ビデオシステムの帯域幅とストレージ容量に合うビットレートを実現するために、異なるビットレート戦略を採用することができます。

本ホワイトペーパーでは、Axisのネットワークビデオ製品で使用されているビットレート制御方式（ABR、VBR、MBR）をご紹介します。これらを比較検討します。また、さまざまなタイプのシーンに対するそれぞれの方式の適合性を比較しながらご説明します。さらに、各方式の効率に影響を与えるパラメーターもご紹介します。他のネットワークビデオプロバイダーが広く使用しているCBR（固定ビットレート）については、付録で簡単に触れています。

2 背景：ビットレート制御の基本

ほとんどのセキュリティシステムには容量制限があります。ストレージリソースやネットワーク帯域幅、またはその両方の要件を満たすため、セキュリティシステムには、ビデオストリーミングデバイスで生成される情報の量を制限および制御するメカニズムが必要となります。このメカニズムがビットレート制御となります。

2.1 情報量を削減するための戦略

ビデオエンコーディングとは、非常に高いビットレートの生ビデオを、アプリケーションに適したビットレートで、転送またはストレージに対応したビデオに変換するプロセスです。ビットレート制御は、このビデオエンコーディングプロセスと密接に関連しています。ビデオエンコーディングアルゴリズムにより、不要な情報が識別・削除され、ビデオが最適なビデオストリームにフォーマットされます。同時に、制御ループであるビットレートコントローラーが機能します。これは、出力ビットレートを追跡し、削減する必要のある情報量を判断する機能です。主にビデオ品質の動的調整を考慮してビットレート戦略を選択し、これに従って目的のビットレートを達成する必要があります。

ビデオの特定品質の要件を継続的かつ確実に満たしながら、ビデオのビットレートを調整する方法は数多く存在します。しかし、ほとんどのアルゴリズムは事前に手動入力が必要であるだけでなく、自動的に変化するシーン条件に適応することができません。ビデオストレージは高価です。しかも、人為的な監視なしで監視システムが継続的に動作するようにしなければならないため、監視環境の要件に応じてビットレート構成を実行するのは、複雑かつ時間のかかる作業です。

ビットレート制御における最も一般的な方法は、MBR（最大ビットレート）方式とCBR（固定ビットレート）方式です。こうした方式では、選択されているビットレート制限が適用されますが、フォレンジックに必要なビデオ品質が大幅に低下する可能性があります。ABR（平均ビットレート）によるビットレート制御戦略は精巧で、これにより、構成の必要性を最小限に抑え、最適なビデオ品質の教師なし配信を実現することができます。

ABRとMBRを比較するために、下図をご覧ください。動きの多い広範なシーンを撮影したビデオから切り取ったスナップショットが示されています。ビデオは、ビットレート制限500 kbpsで、異なるビットレート制御方式（左側がABR、右側がMBR）でエンコードされています。ABR方式では、非常に静かなシーンで短時間に動きが発生した場合にはるかに高い瞬間ビットレート（約4000 kbps）が可能となるため、ABRでエンコードされたビデオの画質とフレームレートのほうが大幅に優れています。ABRコントローラーの場合は、ス

トレージの割り当てに応じて一時的に高いビットレートを可能にできる余裕がありますが、MBRアルゴリズムにはこうした柔軟性がありません。

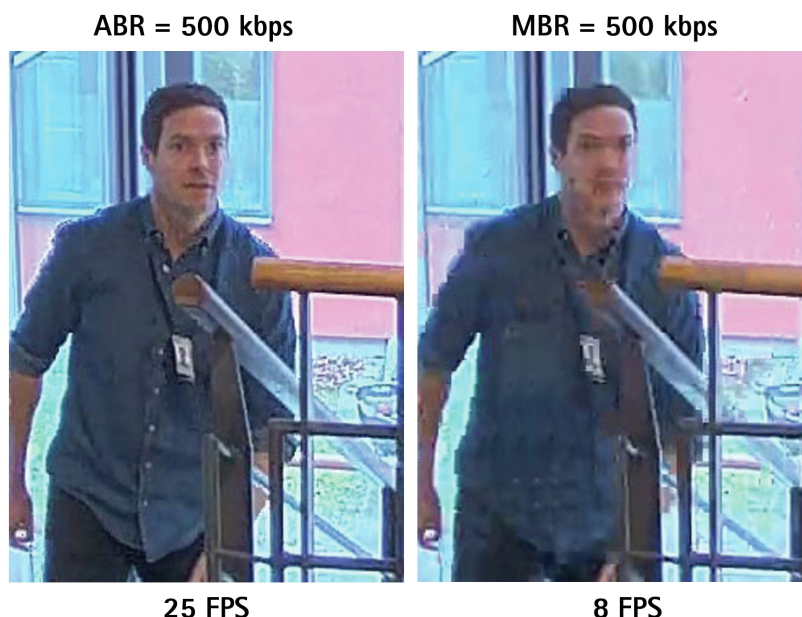


Figure 1. 動きの多い広範なシーンを捉えたビデオから切り取ったスナップショット。ABR方式では、非常に静かなシーンで短時間に動きが発生した場合にはるかに高い瞬間ビットレート（約4000 kbps）が可能となるため、ABRでエンコードされたビデオの画質とフレームレートのほうが大幅に優れています。

2.2 ビデオエンコード規格

一般的に、ビットレートが高いほどビデオ品質が向上しますが、一部のビデオエンコーディングアルゴリズムは他のアルゴリズムよりも効率的です。ビデオエンコーディングアルゴリズムは、ビデオエンコード規格によって分類されます。通常、世代を経るにつれて、同じビットレートを維持しながら、ビデオをさらに圧縮できるようになっています。今日最も一般的なビデオエンコード規格はH.264/AVCです。新しいバージョンのH.265/HEVCは、監視業界ではまだ広く展開されていません。これは、主にその複雑性、低照度性能の制限、ライセンスの問題に起因しています。

2.3 ビットレート制御と Zipstream

Axis Zipstream technologyにより、規格に準拠したビデオエンコーダを実装することができます。これは、標準のエンコーダよりも効率的です。ほとんどのビットレート削減テクノロジーとは異なり、Zipstreamの場合はビットレートが制限されるだけではありません。このインテリジェントアルゴリズムを活用することで、関連するフォレンジック情報を識別して高品質の情報をローカルに保存できるだけでなく、平均ビットレートを下げることが目的として他の部分をさらに削減することが可能となります。これにより、ビデオエンコーダにおいてビットを保存する画像の場所を決定するためにZipstreamアルゴリズムが使用されている場合でも、ビットレート制御アルゴリズムは方策の実施に有益に働きます。

3 平均ビットレート (ABR)

ABRは、高度なビットレート制御方式です。これにより、カメラごとに割り当てられたストレージ容量を拡張することなく、最適なビデオ品質を実現することができます。カメラレベルで保持期間および割り当てられたストレージを構成することで、組み込みアルゴリズムによりビデオ圧縮パラメーターが継続的に監視および適応されるため、画質を犠牲にすることなく、信頼性の高いストレージ予測が実現します。

3.1 消費プランに基づくビットレート制御

ABR方式を活用することで、カメラ設定で構成されたビットレート割り当てに基づいてビットレートを制御することができます。ビデオストリームには一定量のストレージが割り当てられます。カメラのABRコントローラーにより、ビデオ品質を調整して、全体の映像がビットレート割り当てに収まるようにすることができます。ABR方式では常にビットレートが監視されるため、カメラにおいて消費ストレージ量の追跡が可能となります。また、継続的にビットレートターゲットが実現するため、期間を通して最適なビデオ品質を得ることができます。初期のアイドル期間における未使用のストレージを使用できるため、以後のビジー期間に高いビデオ品質を維持しながら、ビットレート割り当てを満たすことが可能となります。

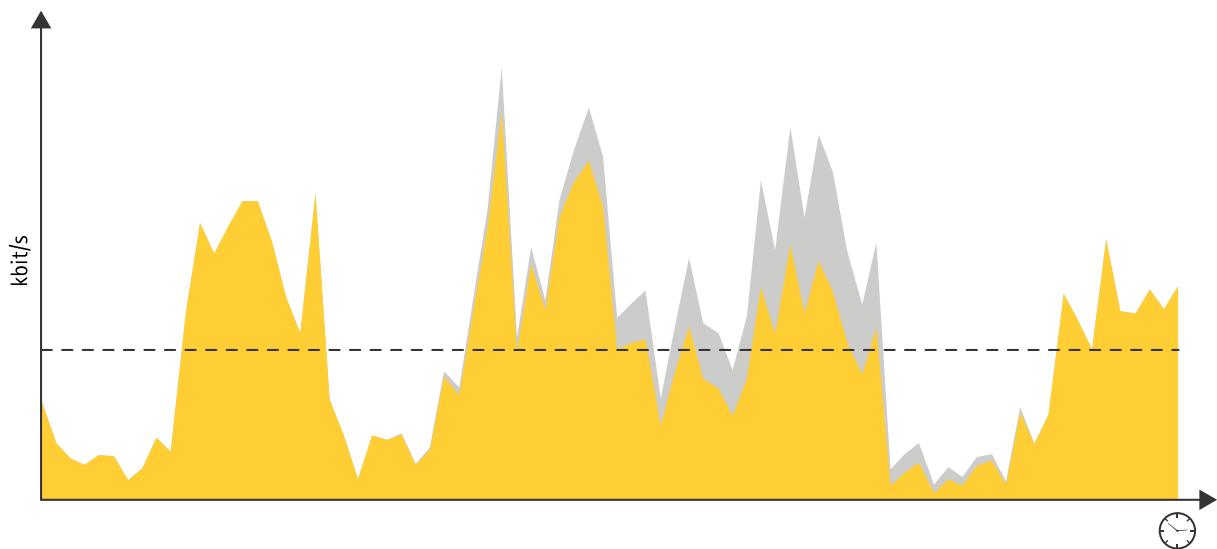


Figure 2. ABR方式により、初期のアイドル期間中に節約されたストレージを使用することで、ピークイベント中に高い画質を維持することができます。設定期間の平均で、ビットレートの目標が達成されます。

ABRアルゴリズムにより、ビットレート履歴に基づいて予測が立てられ、ストレージ目標を満たすように圧縮レベルが自動的に調整されます。圧縮レベル（量子化パラメーターQPによって決定される）は画質に直接影響しますが、これを現実的に構成すれば、ABR方式により品質を最適化してストレージ制限内に留めることができます。

ABR方式では、ストリームごとに構成されます。同じパラメーターセットを備えたストリーム構成ごとにビットレート履歴が一意となります。ストリームが一時的に切断されても、またカメラが再起動しても、アルゴリズムが引き続き機能します。

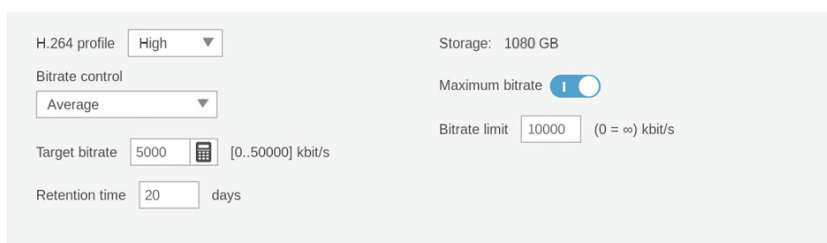
ABR方式は、一時停止期間のスケジュール設定なしで継続的に録画ストリームが行われるすべてのタイプのアプリケーションやシステムで使用することができます。

3.2 ABR構成

過度に制約された帯域幅割り当てでABRが構成されている場合は、カメラのイベントシステムにおいて、コントローラーでビットレート低下イベントが実行されます。カメライベントを検知してシステム所有者への通知を生成する任意のシステムソフトウェアを利用すれば、こうしたイベントを監視することができます。カメラのユーザーインターフェースには、構成に役立つビットレート計算機が組み込まれています。カメラと特定のユースケースに最適化された設定を計算できるオンラインツール「AXIS Site Designer」を利用することで、最も安全かつ正確なストレージの見積もりを出すことができます。

構成する設定：

- 保持期間
- ストレージまたはターゲットビットレート（計算機によりこれらの間で変換することが可能）
- 最大ビットレート（オプション：平均ビットレートと最大ビットレート制限を組み合わせるために使用可能）



The screenshot shows a configuration panel for ABR. On the left, there is a dropdown for 'H.264 profile' set to 'High', a dropdown for 'Bitrate control' set to 'Average', a 'Target bitrate' input field with '5000' and a calculator icon, and a 'Retention time' input field with '20' and 'days'. On the right, there is a 'Storage: 1080 GB' label, a 'Maximum bitrate' toggle switch that is turned on, and a 'Bitrate limit' input field with '10000' and '(0 = ∞) kbit/s'.

Figure 3. ビットレート計算機とMBR制限を追加するオプションを備えたカメラコンフィグレーションUI

ABR構成のための新しいVAPIX APIを活用することで、すべてのVMSベンダーがABR構成をVMSに直接実装することができます。ストレージ制限の管理については、完全なストレージ割り当てを制御できるシステムの中心点から始めるのが最良の方法です。AXIS Device Managerツールでは、複数のカメラの自動および調整ABR構成もサポートされています。

3.3 ABRとZipstream

ABR方式は、影響を受けないZipstreamチューニングとZipstreamレベルを備えたAxis Zipstreamと非常に良好に連携します。Zipstreamアルゴリズム自体は、優先されていない画像領域の帯域幅を継続的に削減するように働きます。ABR方式を活用することで、後にシーンで一時的な帯域幅ピークが発生した場合に、Zipstreamにより節約された帯域幅を使用できるようになります。動的FPSと動的GOPの両方により実現する削減スペースを後に使用できることで、フォレンジック価値が改善されます。

3.4 ABR対応製品

ABRは、ソフトウェアバージョン9.40以降のARTPEC-5、ARTPEC-6、ARTPEC-7、ARTPEC-8に基づくAxis製品でサポートされています。

4 可変ビットレート (VBR)

VBR方式は、最もシンプルなビットレート制御戦略です。妥協せずに品質を一定に保てるというメリットがありますが、ストレージサイズの予測が困難であることが主なデメリットとなります。シーンでの動きや他のイベントにより、ストリームサイズとビットレートが大幅に増加する可能性があるため、VBR方式を使用するシステムでは、こうした場合に備えて比較的大きなストレージ容量を用意しておく必要があります。

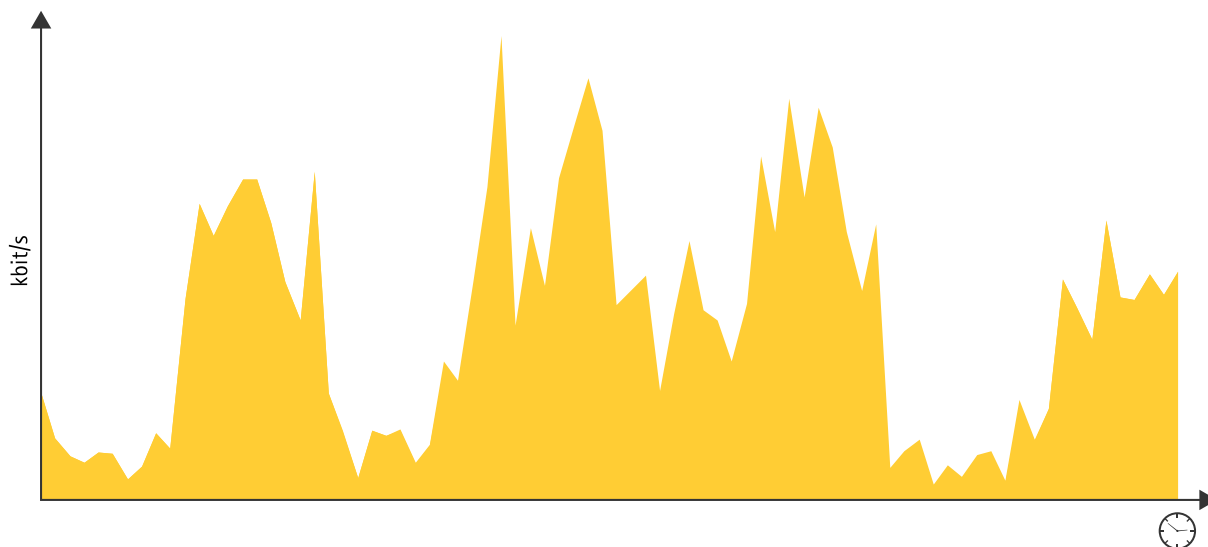


Figure 4. VBR方式では、ビットレートが変更されるため、画質が損なわれることはありませんが、ストレージサイズの予測が困難となります。

5 最大ビットレート (MBR)

MBR方式の場合は、ビデオシーンの複雑性に関係なく、ビットレートが設定制限を下回ることがありません。ビットレートが制限を超えると、ビットレートを低く抑えるために、MBR機能によりビデオが一層圧縮されます。通常、これにより全体的に画質が低下しますが、こうした影響は考慮されません。実際のビットレートと制限の間のギャップが大きいほど、圧縮度が高まるため、フォレンジック詳細が失われるリスクが高くなります。

なお、MBR方式では、ビットレートの一時的なオーバーシュートが許可されます。全体的な平均ビットレートは制限値以下に抑えられます。

MBRはビデオ監視装置で広く使用されている方式です。残念ながら、ビットレート制限が非常に低いデフォルト値で設定されていることが多いため、複雑なシーンには適さないビデオ品質となります。ほとんどのストレージ計算ツールでは、MBRの下限に基づいて数値が計算されます。そのため、セキュリティコンサルタントやインテグレーターがこうしたツールを使用してビデオ監視システムを設計すると、高品質のビデオ録画にはストレージが不十分なシステムが構築される可能性があります。

MBRアルゴリズムでは、大量のストレージを節約することには焦点が当てられていません。これは、大量のデータ損失を回避するように設計されているのです。ビットレート制限を慎重に選択すれば、MBR方式により、システムを不要なビットレートピークから効果的に保護し、ストレージの制限やネットワーク接続の低下によるデータ損失を回避することができます。

Axis製品で使用されているMBRアルゴリズムは、以前はCBR（固定ビットレート）と呼ばれていました。詳細については、CBRに関する付録をご覧ください。

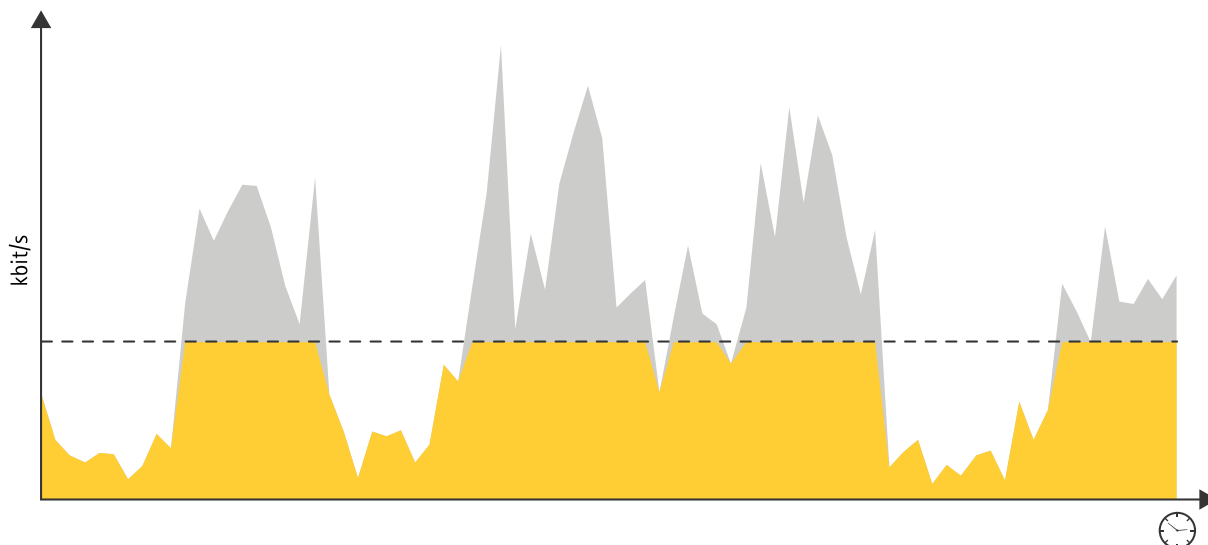


Figure 5. ここではMBRが積極的なビットレート制限で示されています。ストレージ要件は予測可能ですが、複雑なシーンでは情報の損失が深刻化する可能性があります。

6 ビットレート制御の詳細：動作と制限

それぞれのビットレート制御方式には、特定の設定があり、これによりビットレートに影響がもたらされます。構成の一部は複雑で、完全に論理的に見ることができない場合があります。これは、Axis APIの歴史とレガシー実装、および既存のパートナーアプリケーションとの下位互換性に関する状況が原因となっています。フレームレート、解像度、WDR設定、カメラパラメーターなど、より一般的な他の画像パラメーターもビットレートに影響します。本章の終盤に、ビットごとに最高の品質が得られるように、カメラのビットレートを最適化する手順の説明が記載されています。

以下のサブセクションでは、複雑性の低いシーンという設定で、動きがほとんどまたは全くない監視シーンについてご説明します。通常、非常に複雑なシーンにはさまざまな方向への動きが多く含まれますが、PTZ（パン/チルト/ズーム）カメラが新しい位置に移動する際の静的なシーンもあります。

6.1 ABR

6.1.1 シーンと設定

ABR方式では、帯域幅の削減には焦点が当てられていません。これは、ビデオ品質を向上させると同時に、システムのストレージ制限を超えないように設計されています。ABR方式は、一時停止期間がスケジュール設定されていない継続的な録画ストリームとして機能します。これは、一定期間の平均ビットレート目標を達成するための自動パラメーター調整を備えたMBRアルゴリズムとして実装されます。

ABRアルゴリズムでは、品質とビットレートの間で適切なバランスが実現するように、典型的なシーンのバリエーションで24時間の期間が必要となります。ABR方式では、記録が

削除または保存されることはなく、割り当て構成が制御されるだけです。レコーダーの設定がこの構成と一致していることが重要となります。

それほど複雑でないシーンでは、ビットレートの低いストリームが生成されますが、複雑性が増す何らかの動きが発生すると同時に、ビットレートが急増します。

複雑なシーンでは、ビットレートの高いストリームが生成されます。しかし、コントローラーで長期保存目標が危ういという判断が下された場合は、視覚的品質が低下し、必要な場合は、フレームレートも低下する可能性があります。一時的なオーバーシュートが許可されます。そして、ビットレート割り当てに余裕があれば、以前に保存されたビットレートを使用してより重要なデータが後に保存されることとなります。ABRを妥当なMBR制限と組み合わせることで、極端なシーン状況において、弱い記録デバイス、ビデオプレーヤー、ネットワークの過負荷を回避することができます。極端なケースでは、ストレージ制限を超過する可能性があります。これは選択されているストレージやターゲットビットレートが非現実的な場合にしか発生しないはずで、以下のイベントセクションをご覧ください。

ABRに影響を与える設定：

- 圧縮レベルで、ビデオに必要な品質を設定します。圧縮レベルが低いほど、視覚的品質は高くなりますが、ビットレートも高くなります。圧縮レベルが高いほど、ビットレートが低くなり、ビデオの品質も低下します。
- 保持期間で、記録を保存する期間の長さ（日数）を設定します。
- ストレージまたはターゲットビットレートにより、期間の制限が定義されます。計算機により、自動的にこの2つの間で数値の変換が行われます。
- 最大ビットレートとは、ネットワークリンクまたはレコーダーの過負荷を回避するために、平均ビットレート制限に加えて適用されるオプションの（より高い）制限です。
- GOP長とは、ビデオに使用されるGroup of Pictures（GOP）の長さを示すものです。GOP長が短いほど、Iフレームの頻度が高くなります。つまり、ビットレートが高くなるということです。GOP長が長いほど、Iフレームが少なくなり、ビットレートが低くなります。ビデオの次段階となるPフレームをレンダリングするにはIフレームを参照する必要があるため、GOP長が長すぎると、録画されたビデオの検索機能がより複雑になります。また、データが失われた場合は、Iフレームのみが完全に更新されるため、視覚的なアーティファクトが残ります。

6.1.2 ABRイベント

ストリームの品質が予想よりも低い場合にABRからオペレーターに警告するイベントを生成することができます。これは、ウェブGUIのイベントトリガーとして使用できます（平均ビットレートが低下）。これは、イベントストリームにも存在します。イベントストリームを使用して、多くのケースを区別することができます。

- `low_bitrate` – ABR割り当てが大きすぎる
ビットレートが予想よりもはるかに低いため、すべてのストレージが使用されません。
- `low_quality` – ABRストリームの品質が低いと予想される
ビデオ品質が予想以上に調整され、Axisの基準が満たされません。
- `very_low_quality` – ABRストリームの品質が不十分であると予想される
`low_quality`と同様ですが、品質が予想よりも大幅に低下し、ビデオ品質が不十分になります。

- high_bitrate – ABRでの目標を達成できず、ストレージが不十分であるビットレートが予想よりも高く、必要以上のストレージが使用されます。
- abr_error – 統合されたABRトリガー（ウェブGUIと同じイベントトリガー）。low_quality、very_low_quality、high_bitrateのいずれかに該当します。

イベントを受信するには、録画ソフトウェア（VMS）がABRに対応しており、イベントを正しく受信、処理、表示できる状態が整っている必要があります。

ABR方式の詳細については、Axis ADPパートナーおよびAxis開発者コミュニティの参加者を対象に提供されているVAPIX資料をご覧ください（ログイン：www.axis.com/partners/adp-partnerprogramまたはwww.axis.com/developer-community）。

6.2 VBR – シーンと設定

AxisネットワークカメラはH.264のレベル4.1に準拠しています。これには、最大許容ビットレートが50メガビット/秒と規定されています。つまり、VBRモードでも、他のシステムとのコンプライアンスを確保するために、ビットレートを50メガビット/秒に制限する必要があります。そのため、50 Mbit/秒を超えるビットレートが必要なビデオの場合は、品質やフレームレートが低下する可能性があります。

それほど複雑でないシーンでは、ビットレートの低いストリームが生成されますが、複雑性が増す何らかの動きが発生すると同時に、ビットレートが急増します。

非常に複雑なシーンでは、ビットレートの高いストリームが生成されます。極端な状況では、ビットレートにより、弱い録画デバイス、ビデオプレーヤー、ネットワークに過負荷がかかる可能性があります。インフラストラクチャーが不十分であると、パケット損失、ビデオフレームの損傷、ストリームの停止が発生します。

VBRに影響を与える設定：

- 圧縮レベルで、ビデオに必要な品質を設定します。圧縮レベルが低いほど、視覚的品質は高くなりますが、ビットレートも高くなります。圧縮レベルを上げると、ビットレートは低くなりますが、ビデオ品質も低下します。
- GOP長とは、ビデオに使用されるGroup of Pictures（GOP）の長さを示すものです。GOP長が短いほど、Iフレームの頻度が高くなります。つまり、ビットレートが高くなるということです。GOP長が長いほど、Iフレームが少なくなり、ビットレートが低くなります。ビデオの次段階となるPフレームをレンダリングするにはIフレームを参照する必要があります。GOP長が長すぎると、録画されたビデオの検索機能がより複雑になります。また、データが失われた場合は、Iフレームのみが完全に更新されるため、視覚的なアーティファクトが残ります。

6.3 MBR – シーンと設定

MBR方式は、ビデオの帯域幅消費が、選択されているビットレート制限以下に維持されるように設計されています。現実的な制限を考慮して適切に構成されていれば、長期的にも短期的にも帯域幅がこの制限以下に維持されます。Axisカメラにはビットパディングが適用されないため、実際のビットレートは制限をはるかに下回ると考えられます。

ビットレートのスパイクが可能な限り制限されるように、MBRアルゴリズムはシーンの変化に迅速に反応するように設計されています。しかし、MBR方式は、ソフトウェアデコーダーで高品質のストリーム配信を実現することを目的としているため、短期間のビッ

トレートスパイクが受け入れられ、不必要な品質低下を回避するために一時的なオーバーシュートが許可されます。

オーバーレイに印刷されたビットレート測定値と、ビットレートコントローラーが作用するビットレートとの間にはタイムスケールの違いがあることに注意してください。こうしたビットレート測定値の相違が発生した場合は、ビットレートコントローラーでフレーム低下が実行された可能性があります。ビットレートコントローラーは長期的なビットレートと瞬間ビットレートの両方で機能するため、オーバーレイだけでは品質やフレームレートのすべての低下を説明することはできません。

それほど複雑でないシーンでは、ビットレートが低くなります。複雑性が非常に低いシーンでは、ビットレートが、選択されているビットレート制限をはるかに下回る場合があります。ある程度複雑性が高まると、視覚的品質が低下します。短期的なオーバーシュートは非常に限られています。

非常に複雑なシーンの場合は、視覚的品質が低下し、必要に応じてフレームレートが低下します。頻繁に変化するシーンでは、いくつかのオーバーシュート（振幅は大きいですが時間は短い）が発生する可能性があり、ビットレートのスパイクを最小限に抑えるために、フレームドロップが行われます。

MBRに影響を与えるパラメーター：

- ・ 圧縮レベルで、ビデオに可能な限り最高の品質を設定します。圧縮レベルが低いほど、視覚的品質は高くなりますが、ビットレートも高くなります。圧縮率が高いほど、ビットレートは低くなりますが、ビデオ品質も低くなります。また、ビットレートがターゲットビットレートを下回る可能性があります。
- ・ ターゲットビットレートには、達成するターゲットの最大値 (kbit/秒) を設定します。
- ・ GOP長とは、ビデオに使用されるGroup of Pictures (GOP) の長さを示すものです。GOP長が短いほど、Iフレームの頻度が高くなります。つまり、ビットレートが高くなるということです。GOP長が長いほど、Iフレームが少なくなり、ビットレートが低くなります。ビデオの次段階となるPフレームをレンダリングするにはIフレームを参照する必要があります。GOP長が長すぎると、録画されたビデオの検索機能がより複雑になります。また、データが失われた場合は、Iフレームのみが完全に更新されるため、視覚的なアーティファクトが残ります。

優先度で、ビットレートコントローラーの優先度を「なし」、「品質」、「フレームレート」のいずれかに設定します。これにより、ビットレートコントローラーの一部の内部パラメーターが再構成されます。品質オプションを選択すると、常時最高の視覚的品質が維持されますが、高い確率でフレームレートが犠牲になります。フレームレートオプションを選択すると、フレームレートが優先されるため、視覚的品質が低下する可能性があります。

7 ビットレートに影響を与えるビデオ設定

下表には、ビデオのビットレートに影響を与えるパラメーターとオプションが示されています。必要に応じて、変更できる可能性があります。

表 7.1 ビデオパラメーターとオプション

1. コーデック	VMSで、ビデオエンコーダH.264またはH.265（またはMJPEG）を選択します。
	Zipstreamを有効化 Zipstreamの強度を構成：中 ダイナミックGOPを有効化（VMSでサポートされている場合） ダイナミックFPSを有効化（VMSでサポートされている場合）
2. ビデオ解像度	VMSで、ビデオ解像度を選択します。
	高解像度（720p）
	フルHD（1080p）
	4K以上
3. フレームレート	VMSで、フレームレート（フレーム/秒）を選択します。
4. 圧縮レベル	25：Axis標準以上の品質
	30：Axis標準圧縮
	35：Axis標準以下の品質
5. ビットレートコントロールモード	ABR（必要に応じてMBR制限を含む）
	MBR
	VBR
6. GOP長	各Iフレーム間のPフレームの数を定義します。GOP長が長いほど、ストレージの削減率が高まりますが、ランダムアクセスに時間がかかるようになります。
7. 画像パラメータ	ビットレートに影響を与える画像設定を構成します： WDR、ローカルコントラスト、トーンマッピング、EIS、彩度、シャープネス、コントラストなど。
8. ナイトモードパラメータ	ナイトモードパラメータを調整して、夜間のノイズを削減します。最大シャッター、最大ゲイン... Lightfinder 2を搭載した製品では、ノイズリダクションを調整できません。テンポラルノイズフィルター、空間的ノイズフィルター。
9. シーン照明/ビュー	夜間に照明を追加する、またはカメラをズームするか移動するかしてシーンを再構成し、ビデオ内の不必要に複雑なオブジェクトを回避します。プライバシーマスクを使用して、移動するエリアまたは対象のエリアをカバーします。

8 ビットレート制御比較

下表には、それぞれのビットレート制御方法のビデオ品質、ストレージへの影響、構成の必要性、メンテナンスの必要性、通知の有無がまとめられています。

表 8.1 ビットレート制御戦略比較

方式	ストレージ	品質	構成の必要性	メンテナンスの必要性	自動通知
VBR	-	+++	なし	ストレージの監視、自動化が可能	ストレージから
MBR	+	予測不能	低	画質、手動タスク	N/A
CBR	+	予測不能	低	画質、手動タスク	N/A
ABR	++	++	中	ビットレートの低下、警告発信が可能	ビットレートの低下
ABR + MBR	++ (+++)	++	中	予測不能	ビットレートの低下

ストレージ、ネットワーク、VMSの容量に制限がない場合は、VBR方式を用いることで、最高のビデオ品質を得ることができます。システムに容量制限がある場合は、MBR方式で慎重に圧縮レベルを選択して、ビットレート制限を高めることで、高いビデオ品質を維持することができます。しかし、ほとんどの場合、MBR制限を設定して構成されたABR方式が最良の選択肢となると考えられます。これを組み合わせることで、変化の多いシーンでも最適なビデオ品質を維持することができます。また、MBR制限を十分に高く設定すれば、ビットレートの低下が通知されるように設定することができます。

9 付録1：固定ビットレート（CBR）

ビットレート制御方式「CBR」は、エンコーダの出力からのビットレートを一定に保つことを目的としています。常に同じレートで消費されるため、ビットレートが経時的に変化することはない、ビデオで何が発生しても、ターゲットに固定されたままとなります。CBR方式は、回転メディアなどの固定容量チャンネルのマルチメディアコンテンツストリーミングに適しています。これは、継続的に再生される消費者向けビデオ業界向けに設計されています。

CBR方式には、パディングデータや無駄なストレージスペースが含まれる場合があります。これはビデオ品質には影響しませんが、ストレージ面では最適とは言えません。ビデオがターゲットビットレートを維持できるほど精巧でない場合は、エンコーダでビットパディングが行われ、未使用のスペースが埋められる場合があります。つまり、空のビットでストリームが埋められるということです。これは、ビデオには影響しません。

CBR方式では、ビットレートコントローラーによりパラメーターが新しいシーンに適應されるため、品質に大きな短期的変動をもたらされる可能性があります。

それほど複雑でないシーンでは、ビットパディングにより、ターゲットビットレートが維持されます。ある程度複雑性が高まると、視覚的品質が低下します。短期的なオーバーシュートは非常に限られています。

非常に複雑なシーンの場合は、視覚的品質が低下し、必要に応じてフレームレートも低下します。頻繁に変化するシーンでは、いくつかのオーバーシュート（振幅は大きい）が

時間は短い)が発生する可能性があり、ビットレートのスパイクを最小限に抑えるために、フレームドロップが行われます。

CBRに影響を与えるパラメーター：

- 圧縮レベルで、ビデオに可能な限り最高の品質を設定します。圧縮レベルが低いほど、視覚的品質は高くなりますが、ビットレートも高くなります。圧縮レベルを上げると、ビットレートは低くなりますが、ビデオ品質も低下します。
- ターゲットビットレートで、達成するターゲットを設定します (kbit/秒単位)。
- GOP長とは、ビデオに使用されるGroup of Pictures (GOP) の長さを示すものです。GOP長が短いほど、Iフレームの頻度が高くなります。つまり、ビットレートが高くなるということです。GOP長が長いほど、Iフレームが少なくなり、ビットレートが低くなります。ビデオの次段階となるPフレームをレンダリングするにはIフレームを参照する必要があるため、GOP長が長すぎると、録画されたビデオの検索機能がより複雑になります。また、データが失われた場合は、Iフレームのみが完全に更新されるため、視覚的なアーティファクトが残ります。
- 優先度で、ビットレートコントローラーの優先度を「なし」、「品質」、「フレームレート」のいずれかに設定します。これにより、ビットレートコントローラーの一部の内部パラメーターが再構成されます。品質オプションを選択すると、常時最高の視覚的品質が維持されますが、高い確率でフレームレートが犠牲になります。フレームレートオプションを選択すると、フレームレートが優先されるため、視覚的品質が低下する可能性があります。

Axis製品にはCBR方式が採用されていないため、ビットパディングは行われません。CBRに最もよく似たMBR方式が提供されていますが、この方式では空のビットが不要に保存されることはありません。MBR方式の場合は、複雑でないシーンで、ビットレートがターゲットを下回る可能性があります。

Axis Communicationsについて

Axisはセキュリティとビジネスパフォーマンスを向上させるソリューションを生み出すことで、よりスマートで安全な世界の実現を目指しています。ネットワークテクノロジー企業として、また業界のリーダーとして、Axisはビデオ監視、アクセスコントロール、インターコム、音声システムなどのソリューションを提供しています。これらのソリューションはインテリジェントな分析アプリケーションによって強化され、高品質のトレーニングに支えられています。

Axisは50ヶ国以上に約4,000人の熱意にあふれた従業員を擁し、世界中のテクノロジーおよびシステムインテグレーションパートナーと連携することで、カスタマーソリューションをお届けしています。Axisは1984年に設立され、本社はスウェーデンのルンドにあります。