

RTMP vs. SRT: 遅延と最大帯域の比較

[はじめに](#)

低遅延な IP ネットワーク網での動画伝送を検討する際に、選ぶことのできるプロトコルはまだまだ少ないのではないのでしょうか？一般のインターネット環境でパケットロスやジッターを少なくできるようなプロトコルが、あまりないということが原因かもしれません。このホワイトペーパーでは、一般的に使用されている RTMP と SRT のメリットを比較できるように実験を行いました。

Real-Time Messaging Protocol (RTMP) は、TCP プロトコルベースのパケット再送要求機能とバッファ調整機能があり、よく作りこまれたストリーミングプロトコルとして信頼性が高く評価されています。

Secure Reliable Transport protocol (SRT)は、Haivision 社によって作られたオープンソースのプロトコルです。AES256 の暗号化と UDP データフローをベースとしたプロトコルで、インテリジェンスなパケットの再送要求が使用されています。

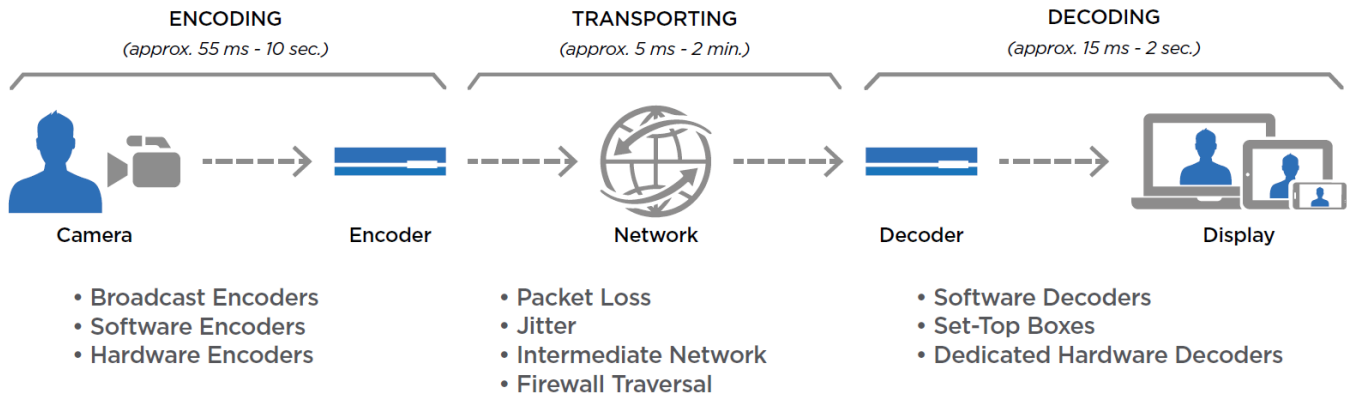
このホワイトペーパーでは、SRT が RTMP と比べて IP ネットワーク環境でどのようなパフォーマンスを見せるか実験してみました。どの程度のバッファが必要か、レイテンシはどの程度か、帯域の制限の影響をどの程度受けるかをテストしました。また、国際間の映像伝送において、どのくらい遠くまで飛ばせるのかにもお答えします。

[RTMP と SRT の遅延比較テスト](#)

[遅延とは](#)

まずは、End to End の遅延を検証したいと思います。End to End とは、glass-to-glass 遅延量に参照されるもので、1つのフレームがカメラからディスプレイまで到達するのにかかる合計時間を指しています。どのようなルートを通してディスプレイまで到達するか、また映像がどのようなプロセスを経て撮影され圧縮されるかによっても、この時間は変動してきます。通常、エンコーダ、デコーダ、通信（インターネット・衛星通信・ラジオ・

光ファイバー等)、動画素材(カメラ・ビデオプレーヤー等)やディスプレイで発生する遅延の合計量となります。



今回は、End to Endにおける遅延量に対して、RTMPとSRTの違いにフォーカスします。この違いを正確に測るために、テスト期間中は同じデバイス・同じセッティングで行い、プロトコルだけを変更するようにします。ただし、いくつかの実験においては、RTMPでの配信を安定させるために設定を変更している場合がございます。詳細は、都度ご案内します。

実験の環境設定

下図が、テストで使用した環境です。

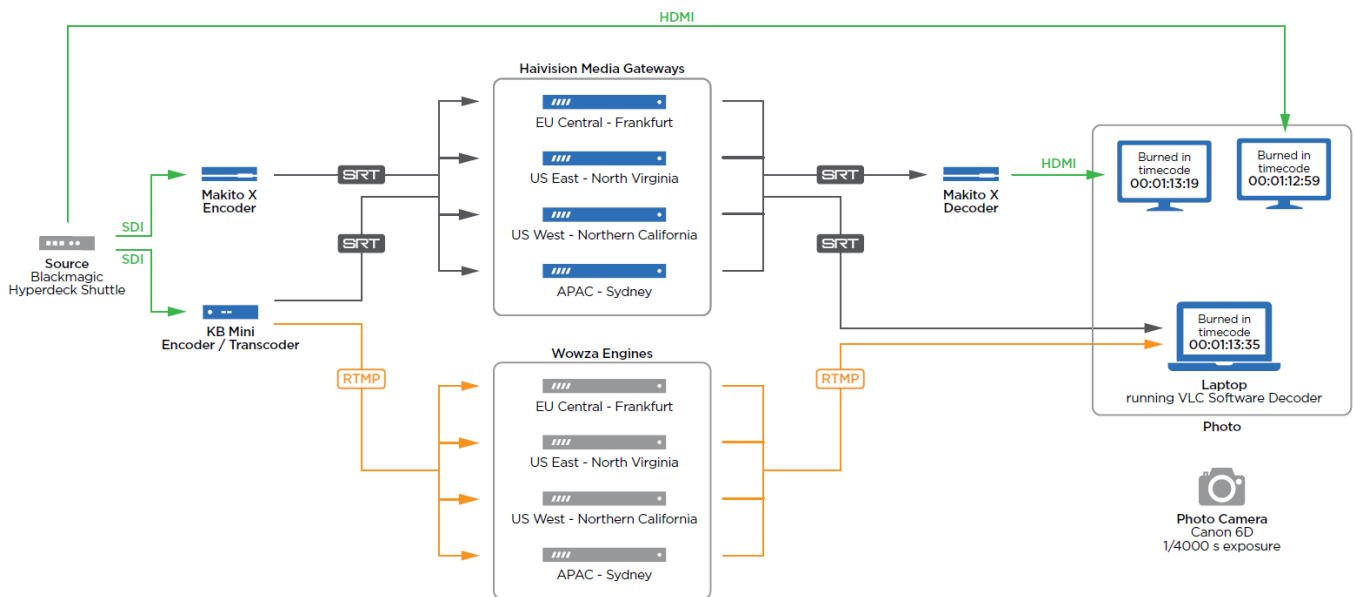


Figure 2: Overview of test setup (all components)

【補足】テストで使用している Haivision 製品



> **MakitoX H.264エンコーダ**

SRTプロトコル対応のH.264ハードウェアエンコーダ。IP回線下でも安定した低遅延ライブ配信が可能で、2ch x HD-SDIもしくはDVIからの入力が可能で、最大Full HD映像をサポート。



> **KB mini**

HEVC & H.264対応のソフトウェアエンコーダ/トランスコーダ一体型モジュール。持ち運びに適した小型デバイスで、最大Full HD映像をストリーミング可能。



> **Haivision (SRT)メディアゲートウェイ**

ネットワークブリッジシステムで、複数拠点への配信等のネットワークルートの管理やプロトコル変換が可能。サーバー版とクラウド版から選択可能。

右下にあるカメラ（Canon 6D）は、それぞれ配信された動画を映したディスプレイを撮影しています。映し出される映像にはタイムコードが打たれています。1つのディスプレイは直接ビデオソースがHDMIで繋がっており、他のモニターはRTMPとSRTプロトコルを使用して送られてきた動画が映し出されています。これらのディスプレイに表示されている映像とタイムコードを比較することで、遅延量を測ります。

また、この設定で正確な結果を得るために、ビデオソースや設置場所は同じもの・場所を使用します。これは、遅延を計算する上でとても重要な要素です。この遅延計算には、ビデオ信号をエンコードする時間、一つの目的地まで配信されるまでの時間、信号が返ってくるまでの時間（RTT）、ビデオ信号をデコードする時間、ディスプレイに写されるまでの時間とサーバー・ソフトウェア・プレイヤー・ハードウェアエンコーダ/デコーダで費やされる時間が含まれます。

ビデオソース

Blackmagic社のHyperdeck Shuttle video recorderをビデオソースとして使用します。このビデオソースは、HDMIを通じて直接ディスプレイに接続されます。同時に、RTMPとSRTの検証を行うためにHaivision KBとMakito Xビデオエンコーダに送られます。このビデオソースには、タイムコードが各フレームに押されており、720pの解像度、60fpsで再生されます。また、ビデオの各フレームは1コマあたり16.67msecにて表示します。



Figure 3: Screens to show source and decoder output side by side (timecode delta = latency)

ビデオエンコーダ

ビデオソース信号は、Haivision KB mini ビデオエンコーダ（Software version 5.4）で圧縮されます。RTMP と SRT の圧縮は同時に行われます。出力されるストリームは、同じ動画・音声圧縮のプロセスで圧縮されます。出力されるビットレートの違いは、RTMP と SRT のプロトコルの性質に依存します。

エンコーダの設定は下記の通りです。

Resolution	1280 x 720 pixel
Video frame rate	60 fps
Video bitrate	2136 kbps
Video codec	H.264 main profile
GOP size (fixed)	2000 ms
Video entropy	CAVLC
Audio bitrate	192 kbps

Table 1: Encoding settings

合計の出力されるビットレートは、プロトコルのオーバーヘッドを含めてもおおよそ 3Mbps 程度です。

また、加えて Makito X ビデオエンコーダとデコーダを使用した配信も行いました。Makito X は、ハードウェアエンコーダ/デコーダで、ソフトウェアエンコーダと比べても早く処理を行うことができます。Makito X の設定は KB ソフトウェアエンコーダと同様のパラメータに設定しました。

ビデオデコーダ

この実験が簡単に誰でも再現できることはとても重要です。そのために、ソフトウェアデコーダは、VLC player を使用することにしました。VLC player はビジネスユースだけでなく家庭でも使用できる最も幅広い用途に最適なプレーヤーです。RTMP や SRT を含む幅広いフォーマットに対応しています。（システム図のどのパスが明示した方がいいです）

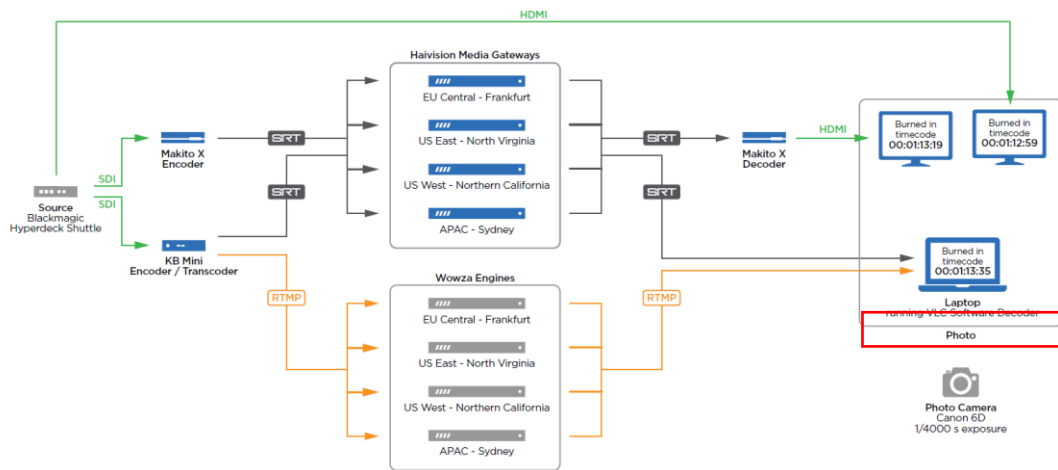


Figure 2: Overview of test setup (all components)

このテストでは、標準仕様の VLC player を使用しました。ほとんどのテストでは、標準キャッシュレベルを 250ms に設定していますが、いくつかのテストでは変更しています。詳細は、タイムスタンプ・キャッシュ・バッファをご参照ください。

Wowza Server

RTMP ストリームの配信経路として、Wowza ストリーミングエンジン（Version 4.75-build21763）を使用しました。この Wowza ストリーミングエンジンは、AWS ベースで、Haivision Media Gateway と同じ AWS データ

センター内にあります。SRT ストリームと同様の配信経路をたどるように設定してあります。

Wowza ストリーミングエンジンは、SRT プロトコルもサポートしていますが、このテストを実施する時点では、古いバージョンの SRT プロトコルしか実装されておらず、SRT のポテンシャルを最大限に発揮できないと判断しました。加えて、Wowza ストリーミングクラウドには、SRT が実装されておりませんでした。

デコーダ (VLC) は、受信した RTMP ストリーム信号を指定のサーバー内にあるエンコーダの場所まで送り返します。同じ AWS データセンター内での、Wowza サーバーと Haivision Media Gateway に送り返される RTT 値 (the Round Trip Time) は、最大でも 2msec を超えることはありませんでした。そのため、ほとんどのテストにおいてこの RTT 値は同一であると規定します。

Haivision Media Gateway

RTMP 設定と同様に、AWS ベースの Haivision Media Gateway (Version 3.0.1) を SRT プロトコル配信経路として採用しました。

AWS 内では、Haivision Media Gateway はソフトウェアサービスとして指定した AWS データセンターで機能します。

Haivision Media Gateway におけるストリームの入力と出力は、リスナーモードで接続されレイテンシの設定ができます。このレイテンシは、エンコーダと Gateway およびデコーダと Gateway の間の RTT 値をベースに設定されます。詳細は、タイムスタンプ・キャッシュ・バッファにてご確認ください。

インターネット接続

ネットワークは、Fritzbox 7590 DSL modem で構成され、上りは 42Mbps で下りは 100Mbps です。ネットワークの帯域は、テスト結果に影響が出ないように常にモニタリングされています。

タイムスタンプ・キャッシュ・バッファ

RTMP と SRT の主な違いとして、RTMP ストリームにはパケットヘッダーにタイムスタンプを含むことが出来ないという点があります。RTMP は、フレームレートに応じた実際のストリームのタイムスタンプのみ含むことができます。個々のパケットにはタイムスタンプの情報が含まれないため、RTMP のデコーダは、受信した各パケットを一定の時間内にデコードプロセスに送信する必要があります。個々のパケットが送信されるのにかかる時間の違いを調整するために、ある程度のバッファを設定する必要があります。

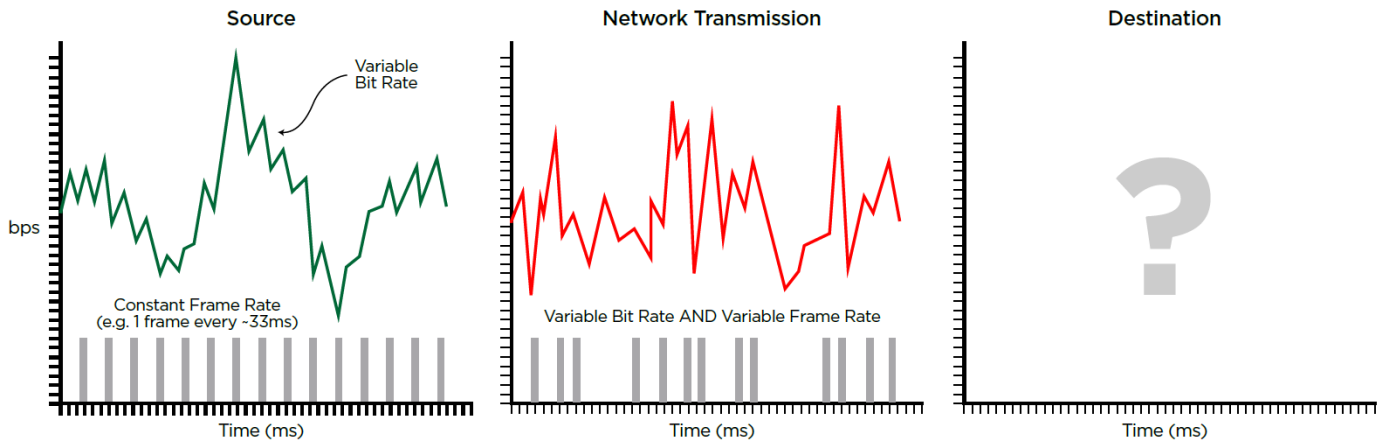


Figure 4: Input signal characteristics do not match network transmit characteristics

一方、SRT には、個々のパケットごとのタイムスタンプが押されています。これにより、受信側で信号特性を再現できるようになり、バッファリングの必要性が大幅に減少します。つまり、デコーダから出るビットストリームは、エンコーダに入るストリームとまったく同じように見えます。

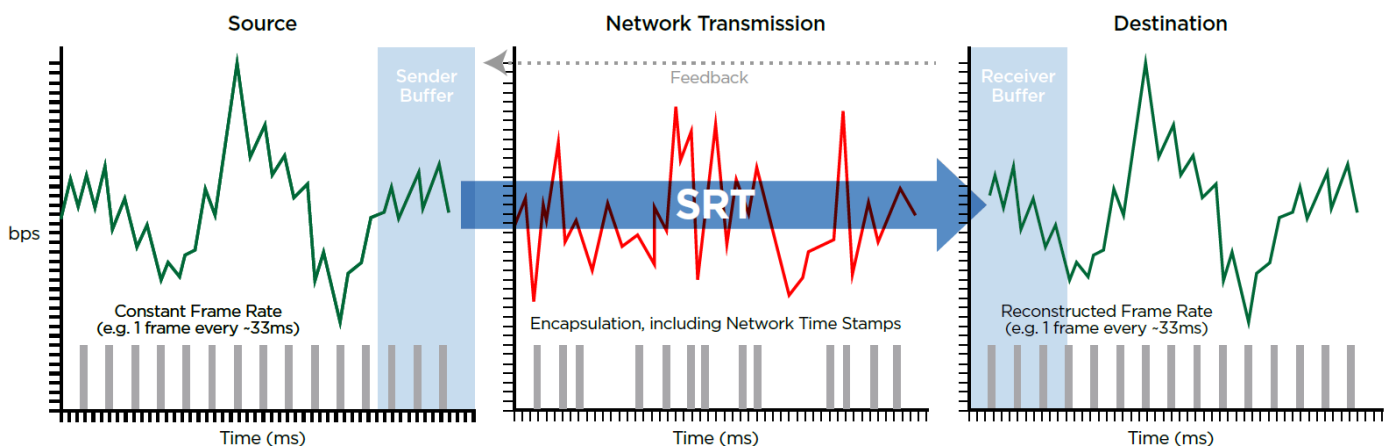


Figure 5: Recreation of signal characteristics on the SRT receiver side

RTMP と SRT のもう 1 つの重要な違いは、パケット再送信要求の実装です。RTMP は TCP プロトコルに基づいており、デコーダから受信確認が報告されます。ただし、これらの受信確認(ACKs)は、下りのトラフィック帯域が落ちるのを抑えるために、エンコーダにすぐには報告されません。一連のパケットが受信された後で、受信確認(ACKs)または受信不可 (NACKs) の報告が返送されます。そのシーケンス内で失われたパケットがある場合、パケットの完全なシーケンス (最後の ACK まで) が再送信されます。

対照的に、SRT は、シーケンス番号によって個々の失われたパケットを識別できます。シーケンス番号デルタが複数のパケットである場合、そのパケットの再送信が行われます。遅延とオーバーヘッドを低く抑えるために、その特定のパケットのみが再送信されます。

遅延テスト結果

RTMP vs. SRT - Latency vs. RTT

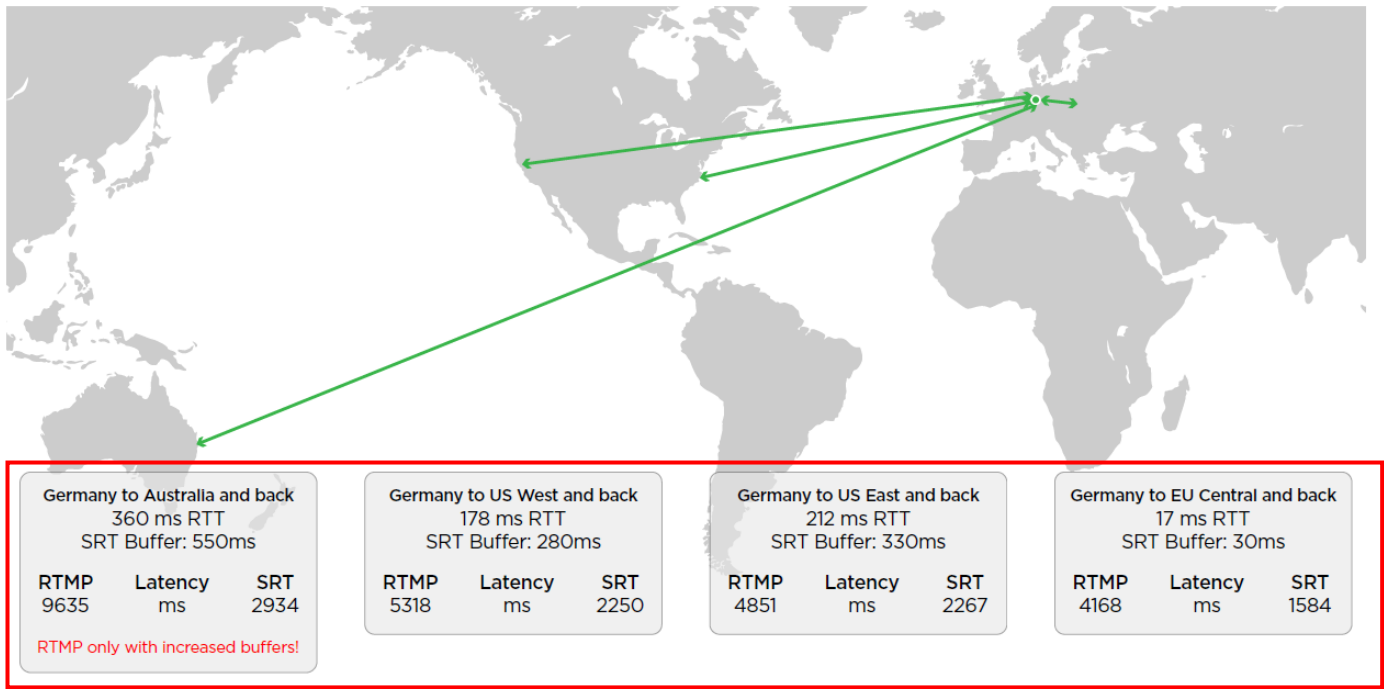


Figure 6: Round trip end-to-end latency results

想定していたように、目的地までの距離が遠くなると、End to End の遅延量は増大します。注目したいのは、このレイテンシには、エンコーダ・トランスポート・デコーダ・ディスプレイ表示それぞれの遅延が含まれていることです。

Route	RTT	VLC Buffer (RTMP / SRT)	Round Trip End-to-End Latency	
			RTMP	SRT
Germany → APAC Sydney → Germany	360 ms	2000 / 250 ms	9635 ms	2934 ms
Germany → US California → Germany	178 ms	700 / 250 ms	5318 ms	2250 ms
Germany → US N. Virginia → Germany	212 ms	250 / 250 ms	4851 ms	2267 ms
Germany → DE Frankfurt → Germany	17 ms	250 / 250 ms	4168 ms	1584 ms

Table 2: Latency test results

Latency Test Results in Detail

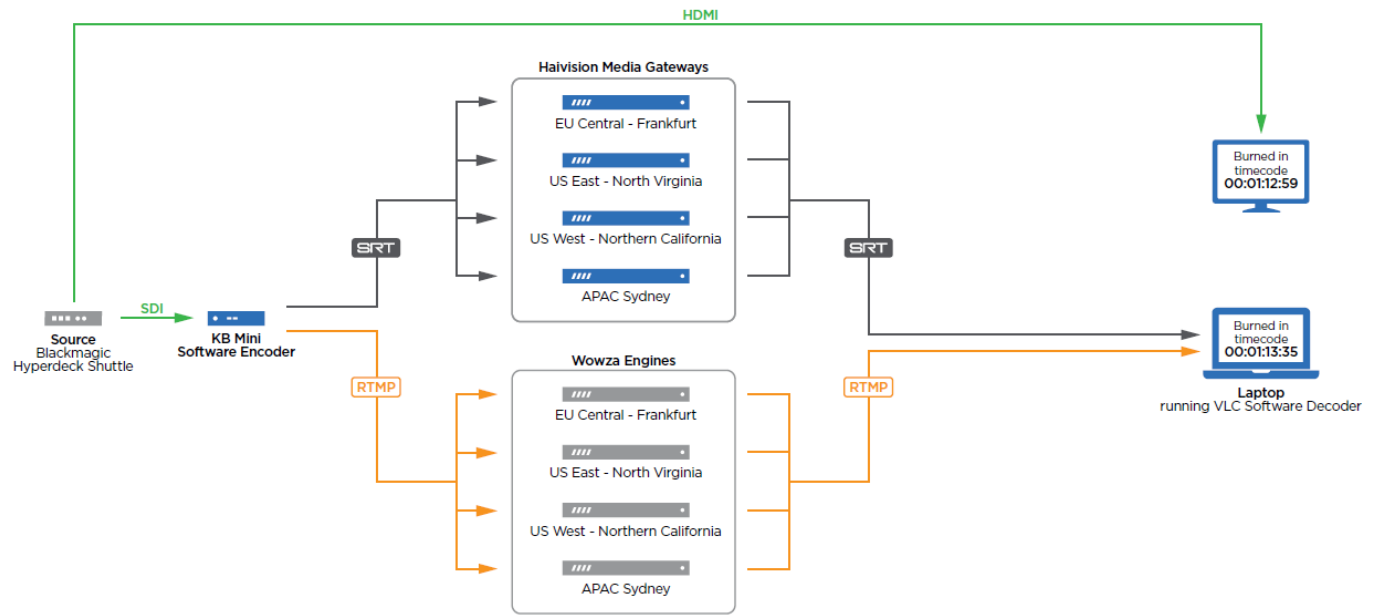


Figure 7: Software encoding / decoding test setup with KB + VLC

遠距離配信になるほど、遅延量は増えます。そのため、ドイツからオーストリアまでの配信が最も時間がかかりました。

下記は、各径路における設定変更とその理由、また考察を記しています。

ドイツ-シドニー-ドイツ	RTMPにてドイツからシドニーまでの安定したビデオ・音声配信のために、Wowza ストリーミングエンジンの受信バッファを 260,000 バイトに設定する必要がありました。これは、デフォルトの 65,000 バイトの 4 倍の値です。テストは、2 通りのストリームで行っているため、VLC プレーヤーの受信バッファもデフォルトの 250ms から 2,000ms に増やす必要がありました。これよりも低い値に設定された際は、ビデオと音声において修正が入ったものもしくはまったく映像が映し出されない状態となりました。
ドイツ-カリフォルニア-ドイツ	RTT 値はオーストリアのものに比べて約半分のスピードとなりましたが、RTT 値のみがレイテンシに考慮されるものではありません。ドイツに戻るパスでは、ジッターが大きくなり、個々のパケットの移動時間が変動したようです。ドイツからカリフォルニアへのストリーミングは、デフォルトのバッファサイズである 65,000 バイトを使用して問題なく機能しましたが、リターンパスでは、VLC プレーヤーで最大 650 ミリ秒のバッファリングを増やす必要がありました。
ドイツ-バージニア-ドイツ	意外なことに、テスト結果では、ドイツからの地図上の距離が明らかに短いにもかかわらず、バージニアへの RTT はカリフォルニアよりもわずかに高かった (3 フレームまたは 50 ミリ秒未満) ことがわかりました。このことから、最短の地理的パスが常に最速であるとは限らないと結論付けることができます。動画配信において、データセンターとそのルーターの間は光通信となります。 データリンクの容量使用率によっては、ビデオ信号が常に最短のインターネットパスに沿って移動するわけではなく、距離的に近いルートではなく、より高速なルートを使用する場合があります。RTT 値はカリフォルニアと

	<p>のテストよりわずかに高かったものの、リンクはより安定しており、ジッターが少なく、RTMP 用のバッファを小さくすることができました。ビデオストリームは、デフォルト値（Wowza Streaming Engine では 65,000 バイトのバッファ、VLC では 250 ミリ秒）で動画を見ることができました。</p>
<p>チューリングン - フランクフルト - テューリングン（ドイツ国内）</p>	<p>チューリングンからフランクフルトの AWS データセンターへのドイツのストリームテストでは、RTT はわずか 17 ミリ秒でした。RTMP を使用した End-to-End のラウンドトリップ遅延は、バージニアまたはカリフォルニアの結果と比較してそれほど減少しませんでした。ただし、SRT プロトコルは、米国を拠点とする場所と比較して、より低い RTT で 1 秒以上早く配信することができました。</p>

これにより、SRT は RTMP と比較して 2.5~3.2 倍速いことがわかりました。

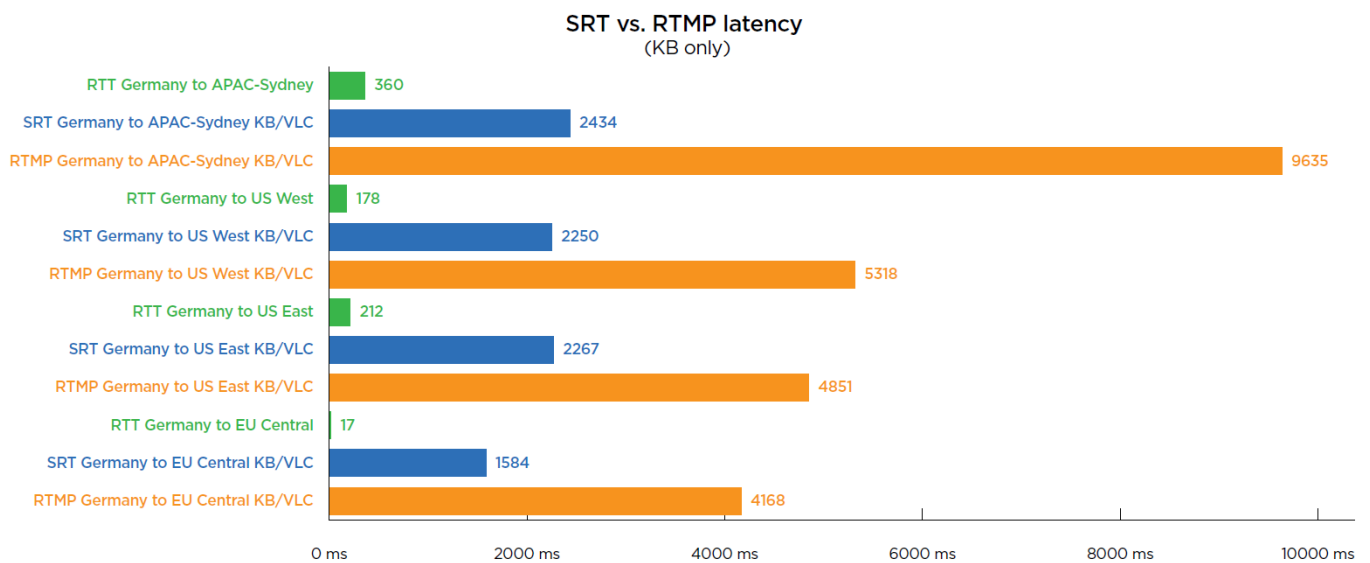


Figure 8: Software encoding / decoding round trip end-to-end latency results

ハードウェア vs, ソフトウェア

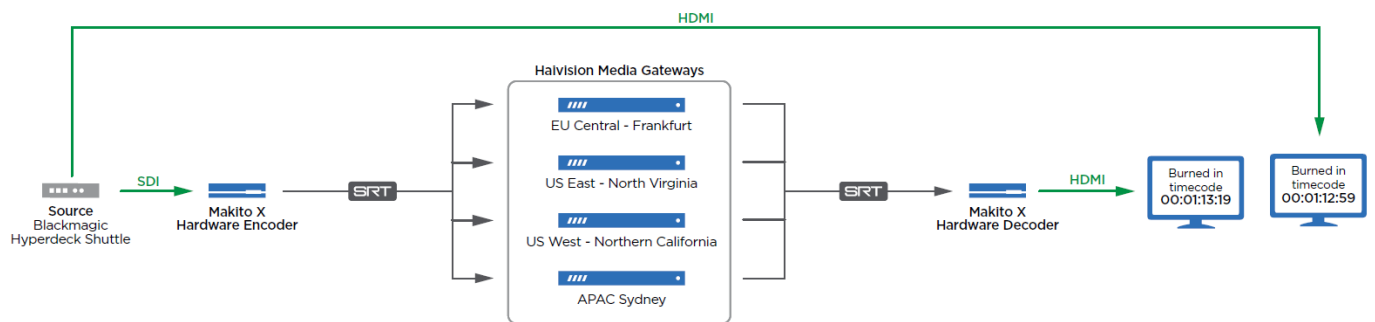


Figure 9: Hardware encoding / decoding test setup with Makito X

これまで、ソフトウェアのエンコードとデコードについて調査してきましたが、ハードウェアエンコーダ/デコーダを比較した場合は、ソフトウェアデコーダで最も早かった経路と比較しても 1.5 秒ハードウェアの方が早い結果となりました。動画の遅延が重要なファクターになるライブの双方向インタビューのような場合には、1.5 秒が効果的に働いてきます。

ニュース放送中、たとえば、米国の記者が衛星放送を使用してヨーロッパの TV チャンネルからインタビューを受けた場合、遅延が顕著になります。質問が提示されてから回答が提供されるまでの遅延は非常に目立ちます。通常、回答者はメディアのトレーニングを受けており、多くの場合、事前に質問事項を知っているため、相手が質問を終了する前に回答を開始します。ただし、遅延が 1.5 秒の場合、その遅延は目立ってきます。

SRT はデータ転送の遅延を大幅に削減するのに役立ちますが、Haivision の Makito X シリーズなどのハードウェアエンコーダとデコーダが最も遅延を抑えることができます。次のグラフは、RTMP および SRT にて Haivision KB (ソフトウェア) エンコーダから VLC への結果と、SRT にて Haivision Makito X (ハードウェア) エンコーダからデコーダへの遅延量の結果を示しています。

MakitoX エンコーダとデコーダでは、大きな違いを生む結果となりました。ハードウェアエンコーダとデコーダを使用することで、オーストラリアでの双方向の End-to-End の遅延量が 9.6 秒から 1.6 秒に短縮されます。ドイツ国内では、SRT の結果は 333ms と低くですが、ソフトウェアの RTMP では 4.1 秒かかります。これは 12 倍高速であり、超低遅延と見なすことができます。

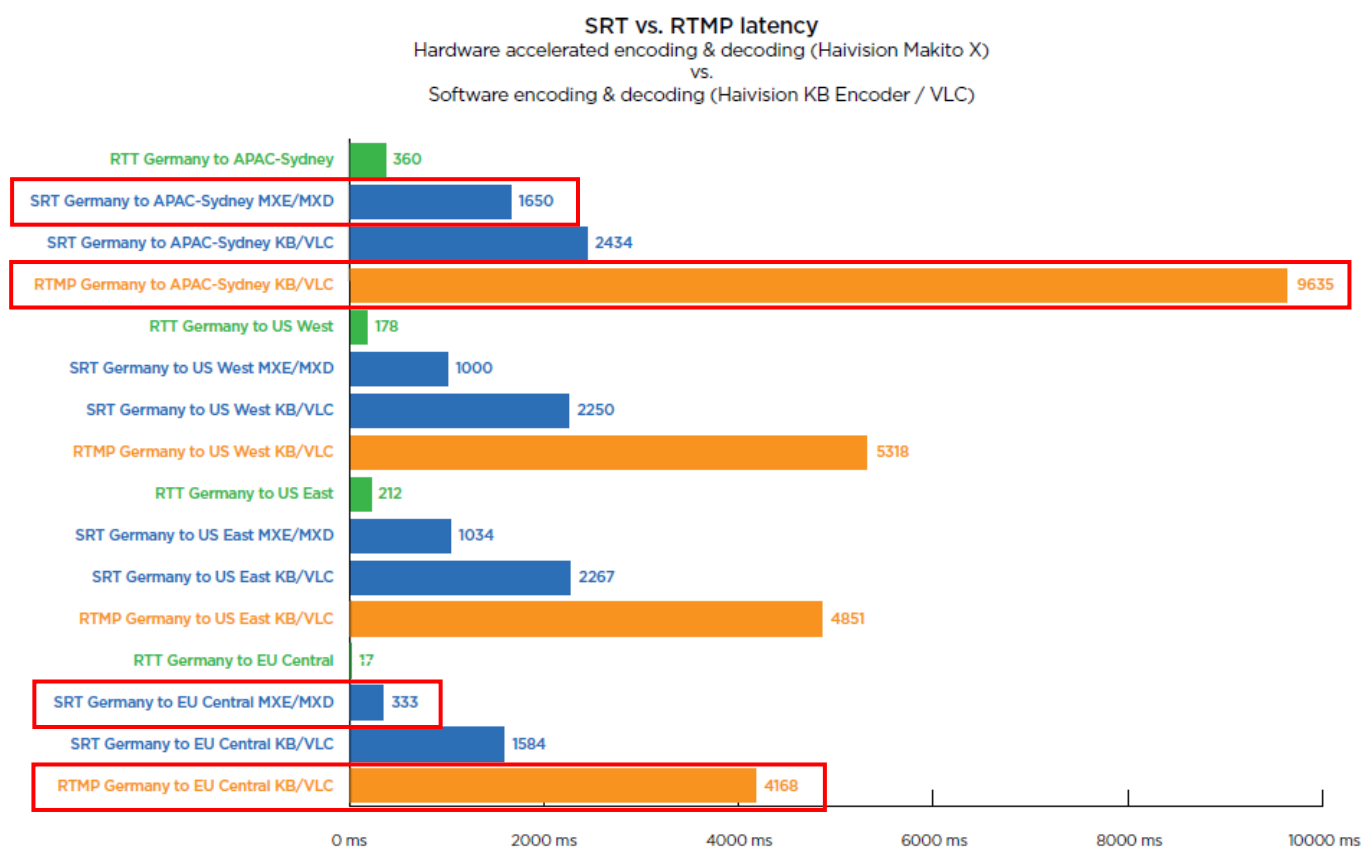


Figure 10: Hardware encoding / decoding round trip end-to-end latency results

RTMP と SRT プロトコルのネットワーク帯域比較

SRT プロトコルが遅延に対して強いことを証明する結果となりましたが、映像品質に関してどうでしょうか？映像と音声品質を比較する簡単な方法はストリーミングのバッファを増加させていくことです。しかしながら、今日距離伝送において最大帯域とはいくらでしょうか？また、最大帯域でどの距離まで追従できるのでしょうか？

帯域幅テスト設定

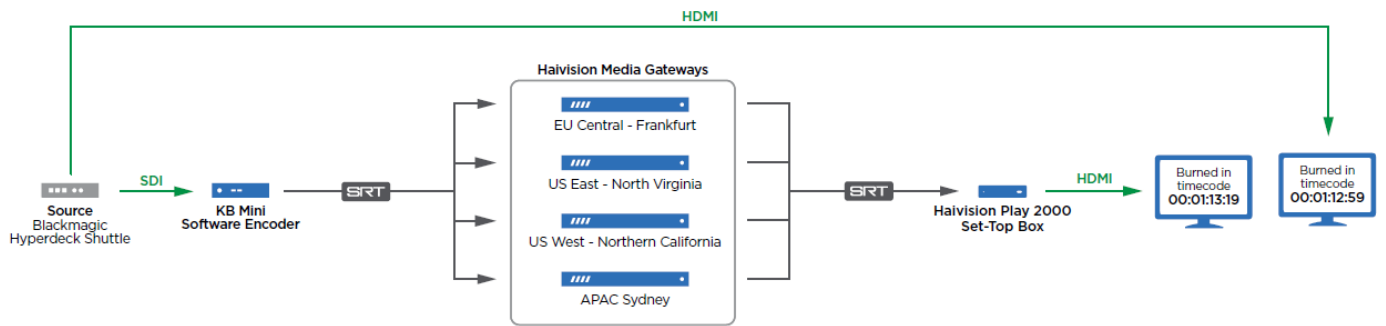


Figure 11: Bandwidth test setup

高帯域幅ストリーミングをテストするために、インターネット接続が良好な場所、ワシントン州レッドモンドにある Microsoft Production Studios で行うことにしました。主要なインターネットノードはわずか 2 ホップ離れており、接続されているすべてのデバイスは、インターネットへ 1Gbps での接続が可能でした。

低遅延のテストをしていた際は、テスト中に帯域幅が増えたとしても、バッファ設定は変更しておりませんでした。バッファサイズは 2Mbps の映像でテストされました。今回は帯域が安定したら、1、2、6、10、20Mbps と増やしていき結果を見ます。

Haivision KB 5.4 エンコーダは、米国カリフォルニア州とノースバージニア州の AWS データセンター、ドイツのフランクフルト、オーストラリアのシドニーにある Haivision Media Gateway に送信されたストリームを配信します。ビデオの品質を判定するために、ストリームは SRT プロトコルでレッドモンドに送り返され、Haivision Play2000 セットトップボックスでも再生されるようにしました。

帯域幅テスト結果

テスト結果は決定的なものでした。SRT では、世界のどの地域にも 20Mbps のストリーミングで問題は発生しませんでした。RTMP は、出発地と目的地の両方が同じ大陸、本テストでは北米にある場合にうまく機能しました。レッドモンドからだと、RTMP を使用してカリフォルニアまたはバージニアに 20Mbps の映像を送信することができました。しかしながら、ヨーロッパとオーストラリアへのストリーミングは、2Mbps を超えるビットレートになると実現できませんでした。SRT を使用すると、さらに高いビットレートでも配信が可能であったことが確認できましたが、RTMP では低ビットレートでのインターネットを介した長距離での伝送失敗が確認できたため、このテストでは 20Mbps が適切な上限値と判断しました。

RTMP vs. SRT - How far can you go via public internet?

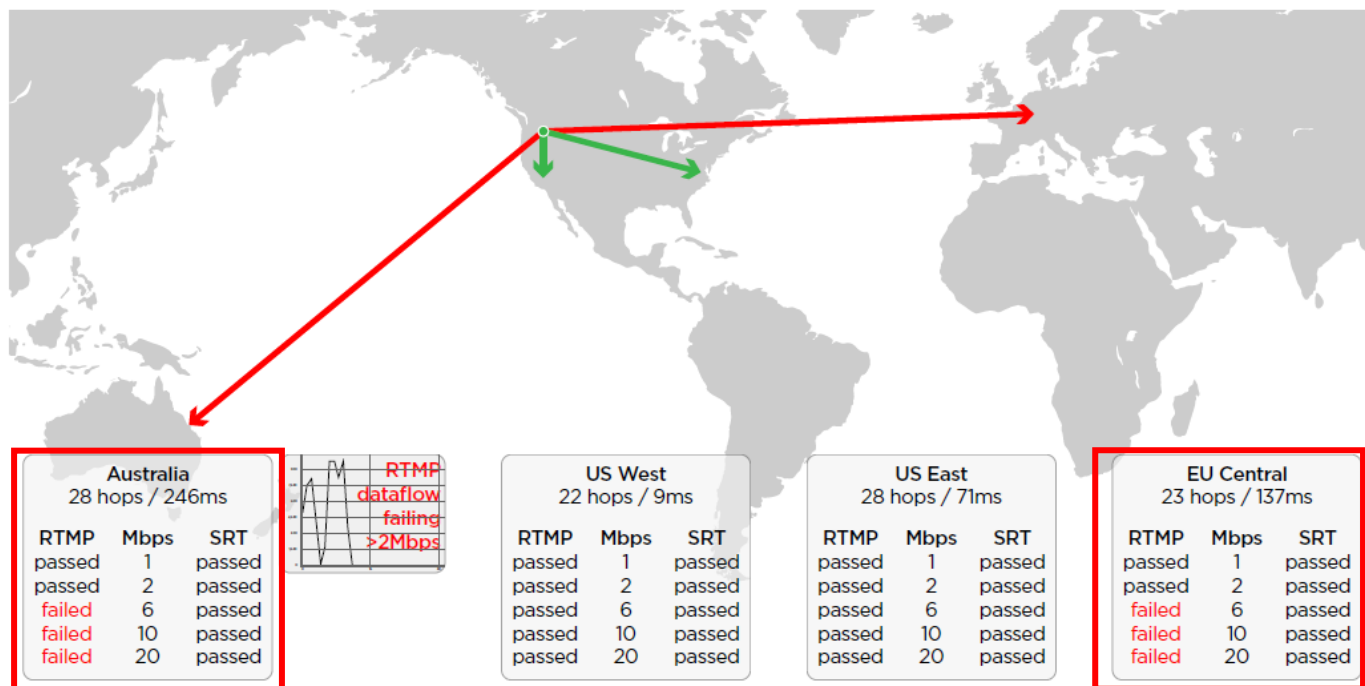


Figure 12: Bandwidth test results

結論

End-to-End の遅延と最大転送可能ビットレートのテストにおいて、SRT は RTMP と比べてより早く、大きなビットレートの映像を送信することができました。これらのテストは、パケット損失と高いジッターを加える機材を使用して実験室環境でできたかもしれませんが、意図的にパブリックインターネットを使用して実行することを選択しました。というのも、一般的な使用は実験室等でおこなわれることはなく、より使用用途に近い環境で実験をおこないたかったからです。

今年は、新しい Haivision のイノベーションである Haivision Hub が登場しました。これは、パブリックインターネットを介したストリーミングの代替手段となります。SRT を搭載した Haivision Hub は、グローバルな Microsoft Azure ネットワークを活用するクラウドベースのルーティングサービスです。これにより、インターネットで経由されるホップ数を最小限に抑えることを可能にし、遅延がさらに低いレベルにまで下げることが可能です。

和訳・編成：渡邊 綾香 (PALTEK)



株式会社PALTEK

TEL : 045-477-2009

E-MAIL : info_pal@paltek.co.jp