



RASCOW™ Technical White Paper

モバイル環境下で安定したリアルタイム映像伝送を可能にする通信管理フレームワーク

株式会社ソリトンシステムズ

Rev1.2
Aug 2018

はじめに

ソリトンシステムズが開発する Smart-telecaster®は LTE などのモバイルネットワーク環境に最適化されたリアルタイム映像伝送システムです。

本書は Smart-telecaster®に搭載されているコーデック制御並びに通信管理のフレームワークである RASCOW™ (Real-time Auto Speed Control On Waterway model) の技術的な概要を説明するとともに、Smart-telecaster®の特徴と他の映像伝送製品との違いを理解していただくことを目的としています。

1.特徴

LTE などのモバイルネットワーク環境下では、電波状態の影響を常時受けるため、そのネットワーク速度や遅延時間の変動は有線ネットワークよりもはるかに大きく、特に移動中には急激な速度低下がしばしば生じます。Smart-telecaster® に搭載されている通信管理フレームワークである RASCOW™は以下に示す特徴により、このようなモバイルネットワークが抱える原理的な課題を克服し、伝送時の映像と音声の品質を向上させ、かつ高信頼性の通信を提供するものです。

- IP (Internet Protocol)による通信可能なネットワークであれば映像を伝送可能です。
- ネットワーク速度が変動しても遅延が累積することはありません。
- ネットワーク速度の変動にあわせて映像の圧縮率を可変させることでフレームレートの乱れを最小限にとどめます。
- 音声は双方向かつ優先的に伝送されるため、途切れにくい会話が可能です。
- エラー訂正のための機能として ARQ、パケット・ソートを搭載しています。
- 複数のネットワークを束ねて伝送する Multilink 機能を有することで最大速度と信頼性をともに向上させることができます。



【Smart-telecaster®の接続概念図】

2.IP ネットワークによる映像と音声伝送の一般的な問題

ネットワークを使って映像と音声を伝送する場合、一定以上の通信速度が必要となります。もし映像と音声の伝送に必要な速度よりもネットワークの速度が低下してしまった場合、映像がコマ送りになり、音声の途切れが発生します。また、映像と音声ネットワーク上に滞留するため遅延の累積が発生します。

複数のユーザーが共有することを前提にしている IP ネットワークでは、通信速度や伝送遅延がそのときの共有ユーザーの利用状況により変動します。さらに無線 LAN や LTE などのモバイルネットワークでは、無線区間内の通信品質が一定しないため通信速度や伝送遅延のパラメータがいつも変動します。

これらの理由により通常のアプローチでは IP ネットワークのワーストケース状態を想定して映像と音声の圧縮を行います。つまり圧縮率を上げ映像と音声の品質を悪くして伝送します。これでは IP ネットワークの能力を生かせないばかりか、伝送そのものをあきらめなければなりません。

別のアプローチとして大量のバッファリングを行いネットワークの変動を平均化する方法があります。この方法では瞬間的な変動には対処できますが、想定しているバッファリング容量を越える変動には対処できないため結局はワーストケース状態に映像と音声の圧縮を合わせるしかありません。しかも、この方法はリアルタイム性を要求されるライブ中継のような映像伝送には採用できません。

3. 複数のネットワークを束ねる 伝送方式に関する一般的な問題

ネットワークの処理方式の一つとして、複数のネットワークアダプタ(NIC)を束ねて一つのネットワーク・アダプタとして取り扱う方式があります。負荷分散や帯域の向上、耐障害性の向上を図るこの技術は「チャンネル・ボンディング」(channel bonding)、あるいは単にボンディングと呼ばれており、イーサネットではリンクアグリゲーションという名前で IEEE802.3ad で標準化されています。

複数のネットワークを束ねて伝送する場合、同じ性質のネットワークを束ねることが最も単純で問題のない構成になります。ここで述べている性質とはネットワークの伝達時間とネットワーク速度のことです。同じ性質のネットワークであれば、送信側システムはそれぞれのネットワーク・アダプタに伝送データを公平にロードするだけで、受信側システムにはロードした順番でデータが到着します。

しかし、束ねているネットワークの性質が異なっている場合、送信システムはネットワーク速度の違いに合わせてデータのロード量を調整する必要があります。また、受信システムはネットワーク到達時間による到着時間差を吸収する必要があります。

実際にオープン・インターネットにおいては、通信速度や到達時間の保証はありません。また、IP ネットワークにはネットワーク速度やネットワーク到達時間を検知する仕組みは用意されていません。さらに無線 LAN や LTE などのモバイルネットワークでは、無線区間内の通信品質が一定しないため通信速度や伝送遅延のパラメータがダイナミックに変動します。

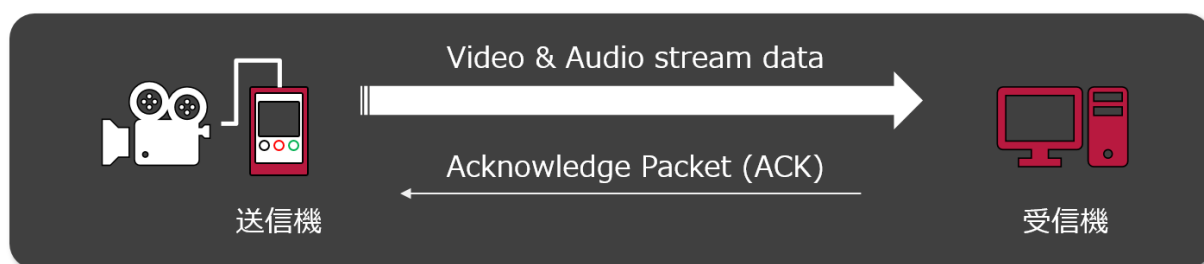
従ってこのような性質が異なるネットワークを束ねるひとつのアプローチは受信側で十分な到着待ち時間を取り、データがそろうまで待つことです。この必要な待ち時間はデータ伝送エラーによるデータの損失をリカバーするための再送信機能を考慮するとさらに増加することになります。このため、一般的なボンディングでは短い伝達時間が必要な映像伝送アプリケーションには不向きです。

4. RASCOW™のアプローチ

4.1 利用ネットワークの通信状態の監視

通常の IP ネットワークではネットワークの状態を通知する手段を提供していません。このため RASCOW™では独自の方法でネットワークの状態を観測します。具体的には映像と音声データの受信確認応答 (ACK: Acknowledge Packet) を送信側に返すことで実現しています。ACK を送信側に送り返すこの方法は TCP/IP でも標準化されている一般的な仕組みで、特殊な通信機器やプロトコルを使用せずとも通信状態を検出することができます。

また、通信区間のどの場所がボトルネックになっていても検出が可能であるため、複数種類のインフラをまたいで接続するインターネット回線でも対応可能な方式です。

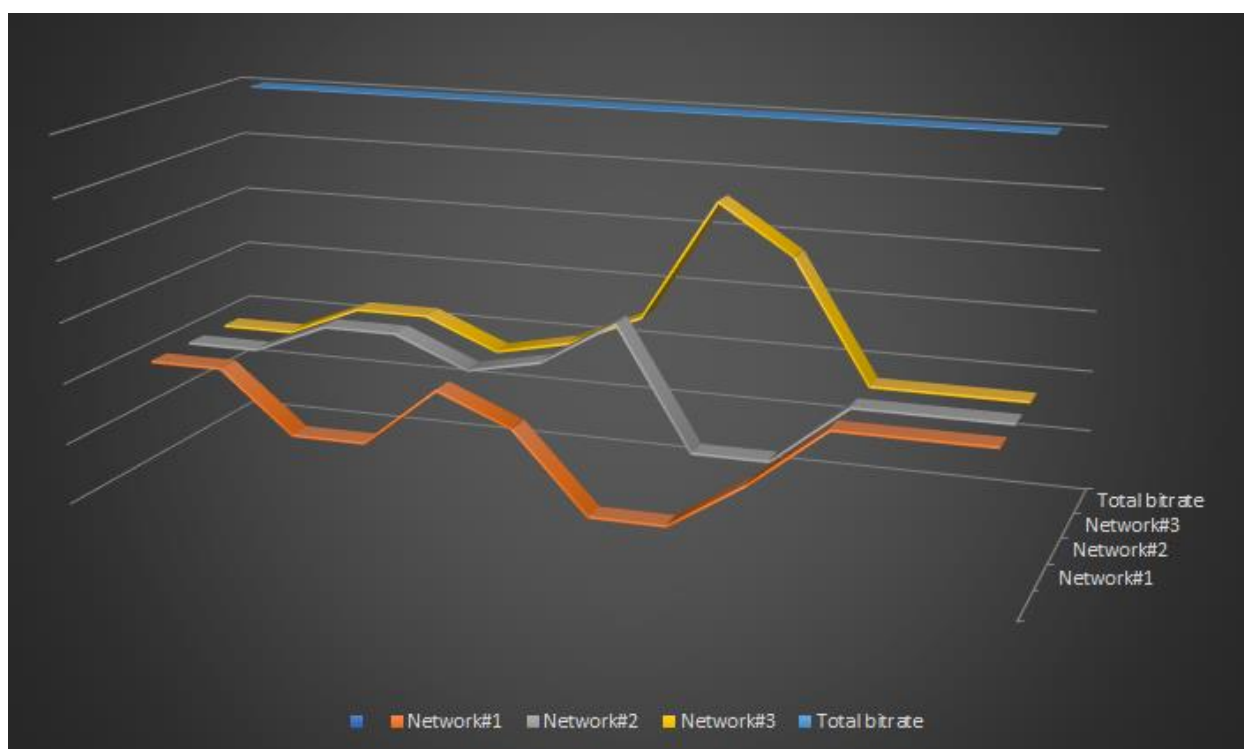


【RASCOW™の通信管理】

4.2 ネットワーク負荷配分の最適化による トータル通信速度の最大化

この通信状態の検出は束ねられた複数のネットワーク・アダプタ(Multilink)のそれぞれにおいて一つずつ個別に行われているため、RASCOW™は精度の高い負荷分散を実現することができます。

束ねているすべてのネットワークに通信速度が十分ある場合、ネットワークへのデータのロードは公平に行われます。通信速度が出ないネットワークが出現すると通信速度に余裕があるネットワークにデータのロードを負担させることで合成される通信速度の維持を行います。ネットワークの通信速度が回復すると公平なデータのロードに戻ります。



【ネットワーク毎の速度の状態と通信速度の合成】

4.3 遅延量最小化コントロール

RASCOW™は、パケットの到達時間がネットワークごとに異なる場合でも、通信エラーによるロスなのか単純な到着待ちなのか否かを明確に区別する機能を有しています。従って、必要最小限の遅延量で受信データの順番をソートすることができます。万が一ネットワークの到達時間がその映像伝送が許容しうる遅延量を超えてしまう場合(ネットワークの状態が悪化し、遅延が大きくなっている状態)には、他のネットワークにロードを迂回することにより全体の遅延量を維持します。到達時間が回復すると公平なデータのロードに戻ります。

このように、通信速度や到達時間等の性質がダイナミックに変動するネットワークにおいて合理的な負荷分散を RASCOW™は実現しています。このことにより複数の通信キャリアを横断するようなネットワーク構成の場合においても、帯域の向上はもとより、強力な耐障害性を実現しています。

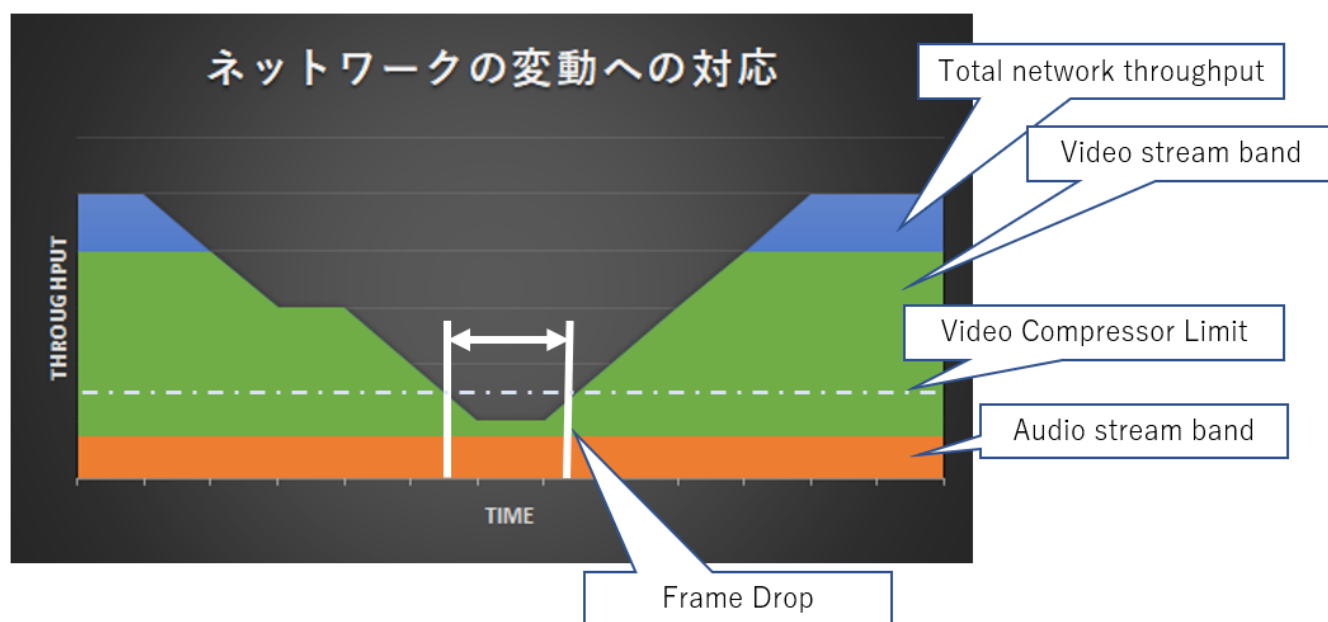
このネットワーク側の機能に依存しない RASCOW™の考え方は将来普及が想定される 5G ネットワーク環境においても適用可能です。

4.4 映像圧縮率コントロールによる表示映像の維持と音声通信の確保

それでは、このような仕組みを持ってしても合成する通信速度が十分でない場合にはどうしたらいいのでしょうか？

例えば、移動している車から映像伝送を行っているとき、ビルの陰に入ったりアンダーパスを通過したりすると、束ねているモバイルネットワークのすべての通信速度が低下する場合があります。こういったとき、RASCOW™は映像の圧縮率を随時変更していくことにより、ネットワークの速度変動に対応します。

RASCOW™はネットワークの減速を検出すると映像の圧縮率を上げることで通信を維持しますが、もちろん映像の圧縮には限界があります。もしネットワークの減速が映像の圧縮限界を超えた場合、RASCOW™は映像のフレームレートを下げることで対応します。音声は優先的に処理されるため、映像とは独立して品質を維持します。

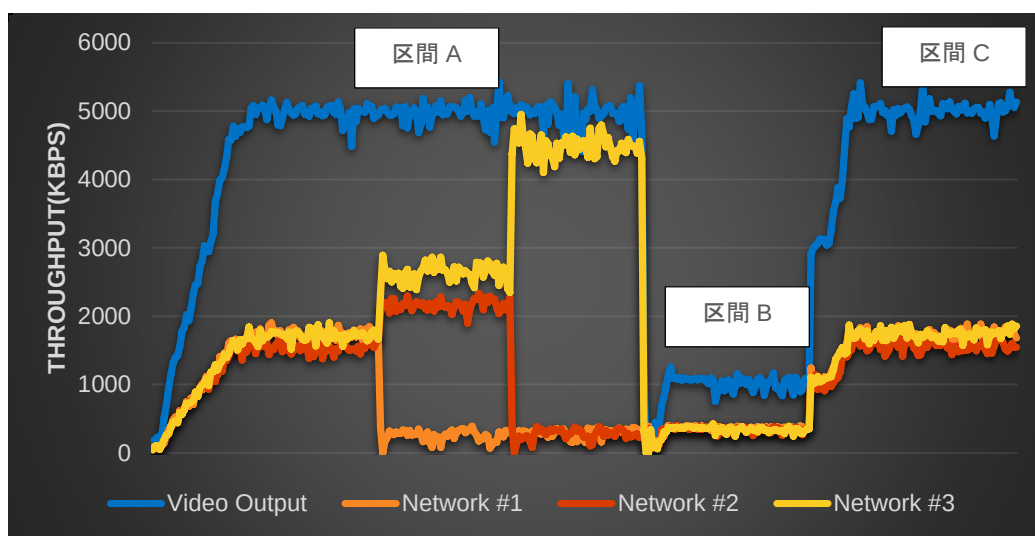


【ネットワーク帯域変化時の RASCOW™の動作】

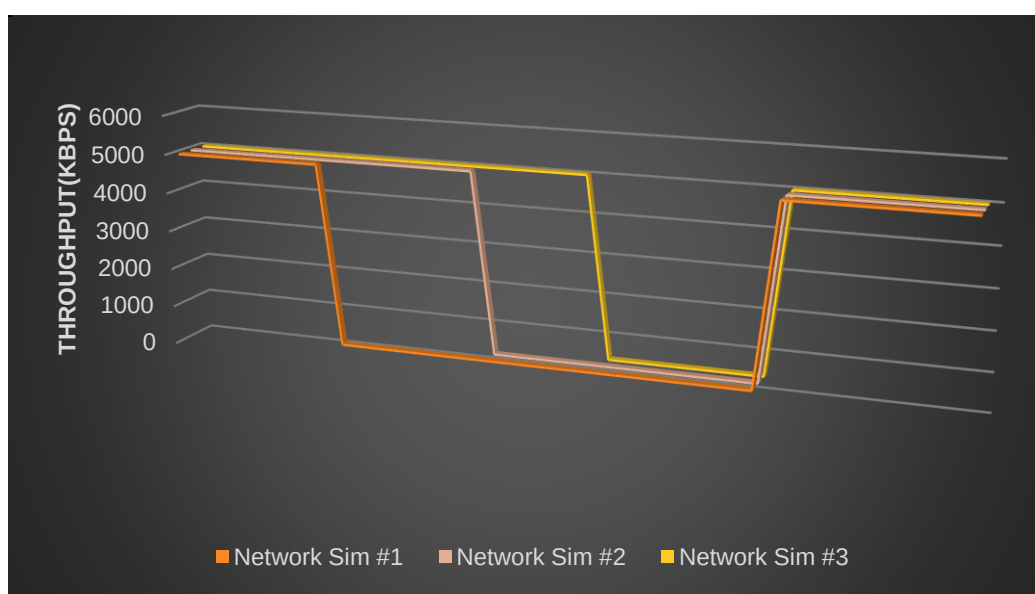
5. ネットワーク速度検出の様子

以下は RASCOW™を回線シミュレーターに通して実際に動かしたときの様子です。

図中青線で示される Video Output は 3 つの変動するネットワーク#1, #2, #3 が RASCOW™により合成された結果の通信速度(Throughput)を示しています。



【ネットワークの乱れと RASCOW™の出力推移】



【ネットワークシュミレータの設定】

測定に用いたのは Smart-telecaster® Zao-S です。設定は以下の通りです。

- | | |
|--------------|--|
| 1. 解像度 | 1920×1024 ピクセル |
| 2. 映像コーデック | HEVC/H.265 Main Profile |
| 3. 映像ビットレート | 可変(5Mbps を上限に設定) |
| 4. 映像フレームレート | 59.94 fps |
| 5. 音声コーデック | Vorbis |
| 6. 音声サンプリング | 48KHz、16bit、モノラル |
| 7. 音声ビットレート | 31.25kbps |
| 8. 各回線速度 | 5Mbps→400kbps→5Mbps
(前頁のネットワークシミュレータの設定を参照) |



【区間 A】 ビデオストリームの出力が 5Mbps の区間の画像



【区間 B】 ビデオストリームの出力が 1.2Mbps の区間の画像



【区間 C】 ビデオストリームの出力が5Mbps に回復した区間の画像

株式会社ソリトンシステムズについて

1979 年の設立以来、ソリトンシステムズは IT・エレクトロニクス業界にあって、常に新しい技術トレンドを見据え、いくつもの「日本で初めて」を実現してきました。近年は、認証を中心とした IT セキュリティからサイバー対策製品まで、また、携帯電話回線を利用した ハイビジョン・レベルの映像伝送システムなどに取り組んでおります。国産メーカーとして、オリジナルの「もの創り」、「独創」にこだわった製品とサービスを提供しております。

設立: 1979 年、売上 165 億円/2017 年度、東証 1 部
<http://www.soliton.co.jp/>

【このホワイトペーパーに関する問合せ先】

Mobile Broadcast 事業部

Tel: 03-5360-3860

Mail: stc-sales@soliton.co.jp

