1. 中継制作の新技術

1-2. ニュース向け映像素材の蓄積伝送の効率化

(正会員)豊田 陽介[†], 小原 朋広[†], (正会員)米山 暁夫[†]

キーワード ニュース取材, ニュース速報, 可搬型システム, 蓄積型映像伝送, 伝送効率化

1. ま え が き

ニュース速報や緊急報道に求められる迅速な報道を実現するために、インターネット経由で映像伝送を行うシステムが開発されている¹⁾²⁾。それらの映像伝送システムでは、即時の報道を行うためのライブ伝送機能のみを持ったもの¹⁾と、ライブ伝送機能に加え同機能よりも安定した品質の映像を確実に伝送可能な蓄積伝送機能を持ったもの²⁾とがある。

筆者らは、国内外のさまざまな場所で起こったニュースの迅速な報道を実現するため、これらの両機能を搭載した可搬型映像伝送システム"VistaFinder"を開発した²⁾。同システムは報道現場に導入されており、数十カ国からのニュース素材伝送に活用されている。

国外からの映像伝送などでネットワーク帯域が小さい場合、ライブ伝送を行うと映像品質が著しく損なわれる。低帯域なネットワークで高品質な映像伝送を実現するためには蓄積伝送が有効である。蓄積伝送を用いた場合でも迅速な報道を行うためには、取材から速報が行われる放送枠までの時間的制約に合わせた映像伝送を行う必要がある³⁾。そして、伝送する素材映像の量、現場で利用可能なネットワークの帯域など、現場ごとに異なる変動要因を考慮し、制限時間内で処理を完了させる仕組みが必要である。本稿では、これら変動要因を考慮しつつ、取材後から放送までの限られた時間内で素材映像を可能な限り高品質に伝送する技術について述べる。さらに、多忙な現場でのシステム操作者の負担軽減につながる自動化を実現したので合わせて解説する。

2. ニュース速報・緊急報道のための映像伝送システム

2.1 可搬型システムを用いた映像伝送

本稿で想定する取材から放送までの蓄積伝送のワークフローは、以下の4ステップである。

【現場取材から放送までのワークフロー】

《ステップ1》現場取材で素材映像を撮影

《ステップ2》放送用に利用する素材映像の選択や部分的な切出し(簡易編集)

《ステップ3》ニュースの放送枠に間に合うよう、制限時間内での素材映像の圧縮・伝送を実行

《ステップ4》放送に向けた最終編集, および放送

《ステップ2》では、《ステップ1》で撮影した素材映像の中から必要な部分が選別され、制限時間内で伝送すべき全素材映像が決定される。《ステップ3》では、伝送に利用可能なネットワーク帯域と制限時間とを考慮した素材映像の圧縮・伝送処理が行われる。そして《ステップ4》では、伝送された全素材映像が放送用に編集され放送が行われる。

制限時間内での蓄積伝送を行う場合、制限時間と伝送に利用するネットワークの帯域から、伝送可能なデータの総量が決定される。制限時間内に伝送を完了させるためには、前述の《ステップ2》で選別された全素材映像のサイズが、そのデータの総量以下となるように圧縮し伝送する必要がある。ここで伝送する素材映像の量や制限時間は取材ごとに異なり、また、インターネットでは帯域が保証されないため、圧縮や伝送の設定を事前に決定することは不可能である。このため、このような設定を現場で行う必要がある。しかし、緊急報道などの多忙な現場においてこのような設定を行うことは、現場でのシステム操作者に対する負担が非常に大きい。

そこでVistaFinderでは、伝送設定に必要な情報の取得やそれら情報を用いた自動設定を行うための機能を提供している。

2.2 可搬型映像伝送システムの構成と機能概要

ここで、VistaFinderの送受信側のそれぞれのシステム構成を図1に示す。同図に示した送受信側の機器は下記のとおりである。

(1) 送信側

- ・ノートPC等の可搬型PC+送信用アプリ
- ・通信デバイス(データ通信カード, WiMAX端末, BGAN, 有線・無線LAN等)
- ・ビデオカメラ

[†] 株式会社KDDI研究所

"Efficient Store-and-Forward Video Transmission for News Gathering"
by Yosuke Toyota, Tomohiro Obara and Akio Yoneyama (KDDI R&D Laboratories, Saitama)

図1 システム構成

(2) 受信側

- ・ PC+受信用アプリ
- ・ マスタモニタやその他放送機器

VistaFinderを用いた映像伝送では、衛星通信を含めさまざまなネットワークを利用可能であり、地球上のあらゆる場所からの映像伝送が可能である。入力HDV (1080i, 720p) およびDVに対応している。また、入力映像は、その解像度に応じたビットレート (32kbps～8Mbps) で圧縮され、H.264のデータとして出力される。なお、外部機器を用いることによりSDIによる入力にも対応可能である。

蓄積伝送における映像圧縮の設定では、ビットレート以外にエンコードされた映像の品質を決定する三通りのパラメータを選択可能にしている。これは、映像圧縮に利用するH.264の符号化ツールの組合せ等が異なるものである。具体的には、圧縮に要する処理時間と圧縮されたデータの映像品質とのトレードオフで、①処理時間を重視したもの、②品質を重視したもの、③それらの中間となるものの、の三つとなっている。ビットレートや同パラメータは、現場操作者が指定することも可能であるが、現場でその都度最適なパラメータを設定することは困難なため、この問題を解決する自動設定機能を提供している。

この自動設定機能の詳細は次章で述べる。また、この自動設定において最適なパラメータを算出するために必要な情報を取得する機能についても次章で述べる。

2.3 素材映像の蓄積伝送に対する要件

高品質な映像伝送を行うためには、多くの処理時間を要するが高品質な圧縮が可能な符号化ツールを利用し、かつ、高ビットレートでの圧縮を行えば良い。しかし、処理を行うための時間や利用可能なネットワーク帯域の制約により、圧縮処理時間・伝送処理時間と映像品質とのトレードオフを考慮した設定を行う必要がある。ここで、映像伝送設定を決定する要因として以下のものがある。

- (1) 制限時間
- (2) 伝送する素材映像の量
- (3) 利用可能なネットワークの帯域
- (4) ハードウェアの処理能力

3. 現場の制約条件に応じた蓄積伝送設定の自動化

3.1 映像伝送の処理手順

ここでは、制限時間内で蓄積伝送を完了させるための伝送処理の手順を示す。以下は、現場で撮影した映像の簡易編集を終えた後の処理手順を示している。

【映像伝送の処理手順】

- 《手順1》伝送開始時点でのネットワーク帯域を測定
- 《手順2》伝送する素材映像を現場操作者が手動で選択
- 《手順3》現場操作者が手動で制限時間を入力
- 《手順4》伝送対象の複数の素材映像について、システムが各素材映像の圧縮・伝送に割当てて時間を、各映像素材のデータ長を元に自動決定
- 《手順5》各素材映像について、あるパラメータを用いて圧縮したときの処理時間と、圧縮されたデータを伝送するために必要な時間とを自動的に算出
- 《手順6》《手順5》で算出した結果を元に、《手順4》で各映像データに割当てられた時間内で処理を終えることが可能なパラメータを自動決定し伝送を開始
- 《手順7》定期的にデータの伝送状況をチェックし、大幅な時間超過が生じると想定される場合にエンコードパラメータを再設定

次節以降で各手順の詳細について述べる。

3.2 制約条件に関する情報取得

素材映像の圧縮・伝送処理に要する時間を推定するためには、圧縮処理を行うハードウェアの処理能力と、伝送に用いる現場のネットワーク帯域の情報が必要である。これらの情報を取得するための処理を以下で述べる。

圧縮処理に要する時間は、ハードウェアの処理性能に依存してさまざまに異なる。このため同システムでは、ハードウェアの処理能力を測定する機能を実装している。同機能は、あらかじめテスト用データとして用意した素材映像を、VistaFinderで用いられる複数のパラメータ設定を用いて圧縮し、その際の処理時間を計測するものである。この計測結果はハードウェア内に保持され、現場での伝送時に参照用データとして用いられる。現状では、VistaFinderの入力映像はHDV・DVが用いられるため、テストデータとしてはHDV1080i, HDV720p, DV480iの三つを用いている。このテストデータに対する圧縮処理を実行した結果から、各パラメータを用いて単位時間（ここでは1秒）あたりの素材映像を圧縮するのに要する時間を推定する。このデータを基に、取材現場で取得した素材映像を圧縮するために必要な時間を推定する。なお、ハードウェアのパフォーマンス測定のためのテストエンコードは事前に行うことを想定しており、3.1節の処理手順には含めていない。

緊急報道などの現場において、映像伝送に利用するネットワークは、実際に現地に到着してから決まることも想定

される。このため、ネットワーク帯域の情報を得るためには、現場での映像伝送の開始前に、実際にデータを伝送して測定する必要がある。このため、VistaFinderではUDPプロトコルを用いて一定時間テストデータを送信し、受信側での同テストデータの受信量を評価することで帯域の測定を行う(3.1節の《手順1》)。テストデータの送信方法として、連続的なデータを送信し続ける方法以外に、パケットトレイン方式やペアパケット方式など少ないデータを送信して測定する方法がある。しかし、それらの方式では、ネットワークカードでの伝送処理等の要因によって正しく測定が行えない場合がある。VistaFinderは、さまざまなハードウェア上で動作させることを想定しているため、ハードウェアに依存せず測定が行えるよう、連続的にテストデータを送信する方式を用いている。

また、本稿で述べる蓄積映像伝送では、前述の要因以外の条件として制限時間と伝送する素材映像の量とがある。これらは3.1節の《手順2》、《手順3》に記載したとおり、現場操作者が手動で設定する。

3.3 蓄積伝送の設定自動化

前述のネットワークの帯域測定、および、圧縮処理時間の推定機能を用い、ある制限時間内で可能な限り高品質な映像伝送を行うためのパラメータ設定を自動的に行う。

3.1節の《手順4》では、現場操作者が指定した制限時間全体のうち、各素材映像の圧縮・伝送処理を行うために割当てする時間 $t_L - t_0$ を設定する。ここで、全素材映像の数を n 、伝送を開始する時刻を t_0 、期限時刻を t_L とする。このとき、各素材映像の再生時間および解像度の大きさに比例して、処理時間として割当てする時間が長くなるように設定する。

そして、《手順5》で各素材映像に割当てられた処理時間と、素材映像をあるパラメータ p で圧縮・伝送した場合の処理時間との比較を行う。ここで、 $n=3$ の場合の例を図2に示す。ここで、3段に分けられた矢印の組が、素材映像を三つのパラメータ p_0 、 p_1 、 p_2 で圧縮・伝送した場合の処理時間をそれぞれ示している(三つの連なった矢印の各矢印は、各素材映像を処理した場合の時間を示している)。各矢印の組の上段が圧縮処理に要する時間を示し、下段が伝送処理に要する時間を示している。圧縮された素材映像は逐次伝送されるため、圧縮処理と伝送処理の矢印の始点がほぼ同じ位置となる。

《手順6》では、《手順5》で求めたエンコードパラメータの中で、下記の式(1)を満足する p_a を決定する。

$$\sum_{i=1}^n T_{Pi}(t_0, p_a) \leq \alpha T_R(t_0) \quad (1)$$

ここで、 $T_R(t)$ は時刻 t における制限時間の残り時間を示し、 $T_P(t, p)$ は圧縮処理と伝送処理のうち処理にかかる時間の大きいほうの値を示す。図2においては、 $T_P(t, p)$ は伝送処理時間を示す矢印となる。この条件を満たすエンコードパラメータの中で、エンコード後の映像品質が最も高くなる設

図2 制限時間内での蓄積映像伝送

定(図2では p_1)を採用する。また、式(1)の α は、 $0 < \alpha \leq 1$ となる実数値を示しており、この値を1未満に設定することで、全体の処理時間が短くなるよう設定される。これにより、伝送開始後に多少の帯域変動が生じた場合でも、期限時刻 t_L までに全体の処理を完了させることが可能になる。しかし、この値を小さくしすぎると、伝送された映像の品質を著しく低下させてしまうため、大きな帯域変動に対しては、次節で述べる仕組みで対処する。

3.4 伝送開始後の環境変動への対応

前節で述べたパラメータの自動設定では、伝送中のネットワーク帯域の値が大きく変動しないことを仮定し設定を行っている。しかし、インターネットの帯域が一定となることはなく、特に海外からの映像伝送を行う場合は、日本国内での映像伝送を行う場合に比べ、ネットワークが非常に不安定である。このため、制限時間内での映像伝送完了を担保するためには、ネットワークの帯域変動を考慮した仕組みが必要である。そこで筆者らは、伝送中のネットワークの帯域変動を監視し、変動に応じてパラメータの再設定を自動的に行う方式を検討している⁴⁾。

3.1節の《手順7》では、回線断やネットワーク品質低下による処理時間の増加が生じているかをチェックし、制限時間を超過する状況と判断されればパラメータの再設定を行う。

以下に処理手順を示す。伝送状況のチェックを行った時刻 t において、 j 番目の映像データを伝送中であるとする。このとき、残りの制限時間は $T_R(t) = t_L - t$ となる。ここで、パラメータ p_a を用いた処理で時間超過が生じると判断された場合、 $k+1$ 番目以降の映像データについて、パラメータ p_a を用いたときより処理時間短くなるパラメータ p_a' を設定する。具体的には、下記の式(2)を満たすパラメータ p_a' を設定する。

$$\sum_{i=j}^k T_{Pi}(t, p_a) + \sum_{i=k+1}^n T_{Pi}(t, p_a') \leq \alpha T_R(t) \quad (2)$$

これにより、下記の式(3)で表される時間 Δt が処理全体の時間から削減されるため、ネットワーク品質低下による

伝送時間の超過を回避することが可能になる。

$$\Delta t = \sum_{i=k+1}^n T_{Pi}(t, P_a) - \sum_{i=k+1}^n T_{Pi}(t, P_{a'}) \quad (3)$$

4. 高速伝送技術

ここでは、長距離での映像伝送の高速化を行うための技術について簡単に述べる。确实性の高い伝送を行うためのプロトコルであるTCPは、海外と日本との間での伝送など長距離ネットワークでは、ネットワーク遅延の影響により伝送速度が大幅に低下する。この問題に対処するため、VistaFinderではTCPをベースにした独自プロトコルSVFTP⁵⁾を用いて蓄積伝送の高速化を実現している。SVFTPでは、複数のTCPコネクションを利用し伝送を行うことで、単一のコネクションを用いて伝送した場合よりも、大きなウィンドウサイズで伝送を行うのと同等の効果を得られる。これによって、高遅延な長距離ネットワーク上でも遅延がほとんどない場合と同等の高速な通信を実現する。

5. む す び

本稿では、ニュース速報や緊急報道における迅速な報道を実現するための素材映像の蓄積伝送技術について述べた。同技術は、映像伝送に関する時間的制約や伝送する素材映像の量、伝送に用いるネットワークの帯域など、現場ごとに異なる変動要因を考慮し、制限時間内での高品質な映像伝送を可能にした。また、同技術について、筆者らが開発した映像伝送システムVistaFinderでの実装、および、現在研究を進めている内容についての紹介を行った。

今後もこれらの技術およびシステムについて、現場のニーズにあったユーザビリティの高いものとなるよう研究開発を進めていく。

(2010年8月10日受付)

[文 献]

- 1) 小田ほか：“利用可能帯域に追従するハイビジョンIP伝送装置の低レート化と性能評価”，信学技報，109，464，EMCJ2009-128，pp.7-12 (2010)
- 2) 豊田ほか：“簡易操作機能を搭載した携帯型映像伝送システムVistaFinderの開発”，ITE冬季大会2009，3-8 (2009)
- 3) C. Sean et al: "Automatic selection of encoding parameters for transmission of media objects", U. S. Patent 7533398
- 4) 豊田ほか：“ネットワークの帯域変動を考慮した制限時間内での蓄積型映像伝送”，PCSJ/IMPS2009，I-2.17，pp.49-50 (2009)
- 5) Sakazawa et al: "Video Data Transmission Protocol "SVFTP" Using Multiple TCP Connections and Its Application", IEICE Trans. Inf. & Syst., E88-D, 5, pp.976-983 (2005)

豊田 陽介 2005年，東北大学大学院情報科学研究科修士課程修了。同年，KDDI (株) に入社。以来，同研究所にて，動画像符号化，映像伝送，画像認識に関する研究開発に従事。現在，(株) KDDI 研究所ソフトウェアインテグレーショングループ研究員。正会員。

小原 朋広 1990年，東京電機大学工学部電子工学科卒業。2004年，KDDI (株) に入社。以来，同研究所にて，動画像の符号化，映像伝送ソフトウェア実装の研究開発に従事。現在，(株) KDDI 研究所ソフトウェアインテグレーショングループ研究主査。

米山 暁夫 1994年，慶応義塾大学大学院修士課程修了。同年，国際電信電話(株) (現KDDI (株)) に入社。1996年より，同研究所にて，動画像の符号化，解析，映像表現の研究開発に従事。2002年～2003年，南カリフォルニア大学客員研究員。現在，(株) KDDI 研究所ソフトウェアインテグレーショングループグループリーダー。工学博士。正会員。