

圧縮の粗密による余剰帯域活用の考察

青野正宏[†] 大森大将[†] 小嶋徹也[†]

[†]東京工業高等専門学校

通信システムにおいて、映像・音声のようなストリーム情報は、帯域を節約するため、圧縮して送信される。同じ圧縮方式、同じ映像品質であっても、動きの激しいシーンと少ないシーンとでは、必要とする帯域幅が異なる。通信のために、一定の帯域が確保されている環境においては、バッファリングを行って必要帯域の平均化を図るか、さもなければ、帯域の余剰が発生することが避けられない。本稿では、無線放送における、ストリーム放送の圧縮の疎密により生じた余剰帯域に、他のコンテンツを加えて放送する利用方式と課題について考察する。

Application of Leftovers Band from Compression of Video

Masahiro Aono[†] Daisuke Omori[†] Tetsuya Kojima[†]

[†]Tokyo National Courage of Technology

In the communication system, streaming data like video and/or sound is compressed for save of the transmission band. There is a large difference between scenes with many motions and with few motions, even if the same compression method is adopted and the qualities of video are equivalent. For the equalization of the communication band, the streaming data is required by the buffering. Otherwise, leftovers are produced in the band. We consider a broadband system that utilizes the leftovers band from the difference between thick compression and thin compression, and we study issues of the system.

1. はじめに

TV においても、地上デジタル放送が開始され、映画を除いて映像情報は、デジタルの時代に入ってきた。放送のデジタル化は、映像の高画質化、帯域の有効利用のみならず、TV の情報端末機器化、視聴者と情報提供者との双方向通信の活用により、放送と通信の融合やその高度な利用を促進するものと期待できる。

一方、モバイル機器で利用するコンテンツも単

なる文字データや音声から、画像データの利用、さらには映像データの利用に発展してきている。既に携帯電話で TV 放送の受信も可能となっており、TV 電話も、実用的には携帯電話の方が先に普及してきている。

しかし、モバイル機器の利用において無線を利用した情報通信は高帯域化が進んでいても、有線に比べて相対的に活用できる電波の制約から、同時に通信できる回線の数や容量の制限が大きい。無

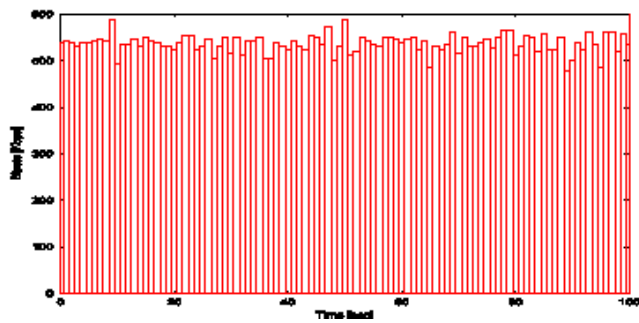


図1 CBR方式例

線の特徴を生かした放送形態や高度な通信ができることが望まれる[1]。

2. ストリーム型データ伝送における余剰帯域の発生

映像や音声の伝送は、従来のアナログ方式からデジタル方式へと変換しつつある。音声のみの伝送の場合、IP電話などで良く検討されているが話をしているにもかかわらず無音の状態がかなりあり、その時間を他の通信や放送目的に有効に活用できる。連続する映像伝送の場合でも、情報出力ゼロの時間はないとしても次のとおり時間により情報量の変動は存在する。以下映像伝送を中心に議論する。

映像をビット単位に色や濃度を持った情報として扱えば膨大な情報量となり、そのストレージや通信するための帯域の大きさは膨大となる。そのため、MPEGなどの映像送信方式では、データ通信量の削減を図るため、ビデオのフレームを圧縮する。フレーム相互間でも静止部分であれば前のフレームと後のフレームの部分の圧縮を図ることができる。ただし、送信する映像の内容・シーンにより圧縮できる率は異なる。アニメのように単純な画像であれば圧縮率は大きいですが、複雑な光景のシーンであれば圧縮率は小さい。また、動きの小さな映像部分であれば圧縮率は大きいですが、動きが激しい部分であれば圧縮率は小さい。従って、送信レートを一定にする CBR(Constant Bit Rate)方式を採用すれば、映像の画質に大きな差異が生じてしまう。動きが激しいシーンでは画質が低下してしまう。十分な帯域を確保しようとすると伝送効率が落ちてしまう。映像画質を安定さ

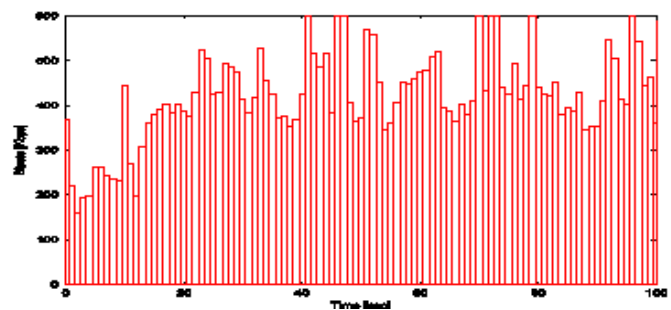


図2 VBR方式例

せようと VBR(Variable Bit Rate)方式を採用しようとするれば、消費する帯域が変動することとなる。図1は CBR方式の帯域変化例であり、図2は VBR方式の帯域変化例である。送信レートを一定とする CBR方式と画質を安定させる VBR方式の両者を調和させ、画質を安定させつつ、伝送効率を確保することが望ましい。そのためには、次の方法が考えられる。

- (1) 送信元および受信先でバッファリングを行い、必要帯域の変動を吸収する方式
- (2) 最大消費帯域のシーンに合わせて帯域を確保することにより、高品質の映像を保証するとともに、帯域消費量の小さいシーンでは、メインの映像以外の有益な情報伝送に使用することにより、伝送効率を維持する。

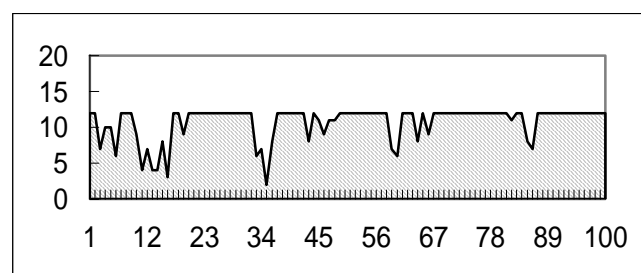


図3-1 バッファリングを行った場合

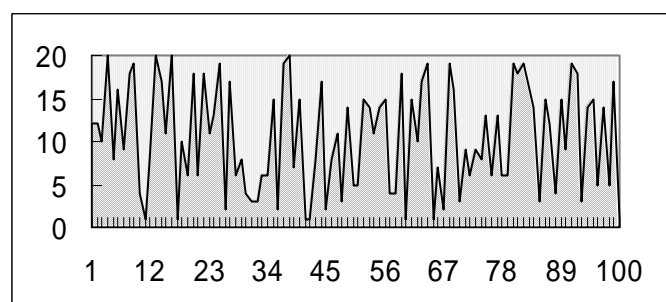


図3-2 余剰帯域として利用する場合

 メインの映像
  余剰帯域

3 . 伝送効率を維持する方式

3 . 1 バッファリング方式

リアルタイムに映像を表示するの必要がなければ、バッファリング方式を採用すれば、必要帯域の変動は特に問題にならない。あらかじめ、映像データを送りつけておいて、あるいは映像を送信しつつ再送する方式の場合でも、余裕を持って受信側で映像データを溜めておけば、帯域を有効に活用しつつ安定した映像品質で途切れることなく受信者側で表示をさせることができる。完全なリアルタイム表示の必要がある場合、バッファリング方式を用いることはできないが、多少の遅延が許されるのであればバッファリング方式も検討の視野に入る。例えば、中継番組の場合、数秒の遅れは視聴者にはわからないかもしれない。しかし、中継の画面に時計が映ったりすると実際の時刻と合わないので、問題が生じる可能性もある。現に、TV の地上波放送がアナログからデジタルに切り替わったとき、正確な時刻表示ができなくなったため、従来特定の節目となる正時に秒針表示を行っていたのを止めてしまっている。

変動する帯域の平均帯域しか通信帯域に確保しなければ、非常に大きなバッファを必要とする。すなわち中継の遅延時間も大きくなる必要がある。帯域に余裕を持たせる場合は、その余裕に応じてバッファサイズ・遅延時間を小さくすることができる。最大必要帯域分だけ帯域を確保すれば、映像情報のエンコードやデコード及び伝送処理に必要な時間を除いて遅延をゼロにできる。

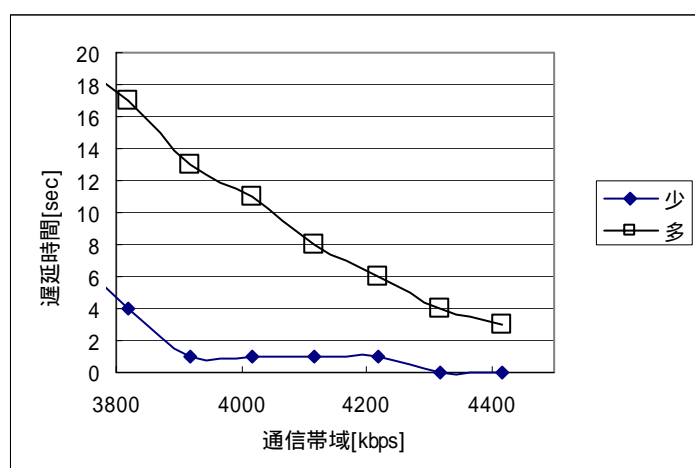


図3 確保する通信帯域と遅延時間

また、映像の内容によっても、バッファサイズ・遅延時間は変わってくる。動きが激しい画面が続く映像であれば、バッファサイズ・遅延時間は大きくなる必要があるが、動きが小さい画面であれば、バッファサイズ・遅延時間は小さくて済む。図4は利用可能な帯域幅と必要な遅延時間の関係を示したものである。縦軸は遅延時間、横軸は確保した帯域の大きさを示している。2種類の映像について試算してみた。図4において、「多」は動きが激しい映像の例であり、「少」は動きが比較的小さい映像の例である。必要とする平均帯域幅はいずれも3800kbpsであり、帯域がこれよりも小さい場合は、定常的な出力はできない。現在、インターネットで見られる映像ニュースのようにしばらくバッファリングされるのを待ってそのコンテンツのみを再生・視聴ができるという限界が生じる。必要平均帯域以上の帯域を確保した場合、「多」の場合、帯域を4400kbpsの帯域を確保しても、3秒程度の遅延が必要となる。「少」の場合3900kbpsの帯域を確保すれば遅延は1秒程度となり、4300kbps程度の帯域が確保できれば、遅延はほとんどゼロに近くなる。しかし、事後に遅延時間を求めても意味はない。中継において映像画質を落とさないという前提にたてば、予想される範囲内で最大の遅延時間をあらかじめ設定しておく必要がある。

3 . 2 余剰帯域を別の情報伝送に割り当てる方式

シングルキャストやマルチキャストの伝送路の途中である幹線ルート上であれば、映像情報は流れている多数の情報のひとつであり、これまでにいろいろと検討されてきているQoS問題に帰着するので、ここでは取り上げない。また、末端受信機と直接接続している回線も効率をそれほど気にする必要もないだろう。(プロバイダと常時接続の契約をしていたとしても、普通のユーザは回線の使用率はごくわずかである。)しかし、無線TV放送やケーブルTVのような場合、一定の帯域を

直接エンドユーザに向けて確保しており、余剰帯域を普通のシングルキャスト通信に使うことは難しい。また、直接エンドユーザに対する通信路であるとは言え、放送であるから帯域の効率的利用は放送する側から見れば切実な課題である。そのため、メインとなる映像情報とは異なる情報を余剰帯域に放送するという利用法を検討する。

放送局側はメインとなる映像コンテンツ(これをメインコンテンツと呼ぶこととする。)とは別に、サブとなる情報コンテンツ(これをサブコンテンツと呼ぶことにする。)を用意しておく。メインコンテンツを出力するとき、出力データ量を計算し、帯域の余裕が発生すれば、その余裕帯域分だけ、サブコンテンツを追加して放送する。放送されるデータがメインコンテンツかサブコンテンツかは区別できる ID を付加しておく。受信者は放送を受信すると、必要に応じてメインコンテンツまたはサブコンテンツを選択受信し、再生または表示する。サブのコンテンツは帯域が不安定のため、連続して出力される保証はない。従って、コンテンツとしては狭義のデータか、映像や音声としてもバッファリングして再生する方式でなければならない。

4. サブコンテンツの利用方式

余剰帯域を利用してサブコンテンツを流す場合にどのような放送形態が考えられ、どのような課題があるか考察する。

4.1 メインコンテンツと切り離して考える場合

メインコンテンツの視聴者と切り離して余剰帯域のみを別の視聴者に提供する放送形態について検討する。連続的なストリーミング情報を放送することは上述のように不可能である。従って考えられる放送形態は、データ放送である。文字情報のみであれば、メインコンテンツの帯域に比べて、サブコンテンツの帯域がかなり小さくても、十分な情報量を提供できるかもしれない。映像であっ

ても、視聴し続けるというのではなく、短時間に目的とする情報を視聴すれば、そのチャンネルを切り上げるという場合を想定している。そのような利用方法として、コンテンツを繰り返し放送し、視聴者が目的とするコンテンツが放送されたとき、そのコンテンツを視聴者の端末に取り込み表示出力する放送型データベースとなる。このような放送型データベースの課題としては、ユーザがあるコンテンツを要求してからそれを入手するまでの待ち時間を最小にすることがある。これについては、既にいろいろと研究がなされている。例えば、データ放送の帯域が一定、コンテンツの大きさが一定、コンテンツの視聴率が判明しているとき、コンテンツを得るまでの時間を最短にするために、どういう順番で放送すれば良いかというスケジューリング問題においては、コンテンツの視聴率の平方根の割合で、なるべく放送タイミングが等間隔になるように放送すれば良いことが説明されている[2]。すなわち、コンテンツの視聴率を P_i とする。($i=1\cdot2\cdot3\cdots m$ i はコンテンツ番号 m はコンテンツ総数) コンテンツ i の放送比率を W_i とすると

$$W_i = \frac{P_i^\alpha}{\sum_{j=1}^m P_j^\alpha} \cdots \cdots \cdots (1)$$

$$= 0.5$$

とするのが良い。その他コンテンツの大きさが異なる場合や、コンテンツの数が多いとき、簡易的に計算する方法[3][4]などである。

余剰帯域を利用する場合、その帯域は一定ではない。特に、メインコンテンツの帯域の効率化を図るため、バッファリングを行っても残る余剰の帯域を利用する場合、サブコンテンツのために利用できる帯域は間欠的となり、不安定な形となる。これはメインコンテンツ帯域効率化のため、バッファリングサイズ(遅延時間)を大きくすればするほど、不安定さは増す。放送できる帯域がない時間帯が長く続くこともある。このような場合に、従来の帯域一定の場合に、最適解または実用的最

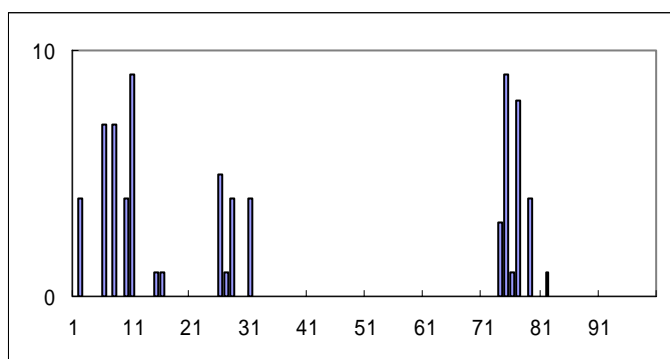


図5 バッファリング後の余剰帯域発生例

適解のスケジュールを決めるアルゴリズムがそのまま適用できるとは限らない。予備的な実験では、帯域がフラットな場合と大きく変わらないという結果がでたが、メインコンテンツの種類(その裏返しとして、サブコンテンツのための帯域変動)によっても内容が変わってくると予測している。これらの課題について検証を行う必要がある。

4.2 メインコンテンツの付加コンテンツとして捉える場合

TVの情報端末機器化や、逆に据え置き型PC及び携帯電話を含む携帯情報端末のTV化が進むと、視聴者にとって、あるTVチャンネルを選択しても、一律の画像・音声のみだけでは満足できなくなる。個々のニーズに沿うような情報選択ができる付加サービスが望まれるようになると考えられる。

TVを視聴する場合を考えてみる。TVの映像画面に、注釈的なデジタルデータ情報を適宜表示することがある。例えば、野球中継において、バッターが打席に立つと、その選手のこれまでの成績をデータとして画面の一部に表示するというような表示手法はよくとられるようになってきた。しかし、現時点では一律的に表示されるため、ある視聴者にとっては余計な情報であり表示などして欲しくないと思っている者もいるし、別の視聴者にとってはもっと詳細なデータを見たいと思う者もあろう。さらには別のことに気をとられていて情報を見逃した。もう一度見たいということもあろう。別の例として、総選挙の開票状況の中

継を例に挙げる。各選挙区の開票状況を順次放送していくが、現時点でも一次元的な報道の仕方では不十分と感じられているようで、アナウンサーが開票状況を読み上げたり、解説員と状況の分析を行っているときに、テロップで別の開票速報を流したり、当選者が決まれば、臨時に割り込んで表示をしたりして、二重・三重に情報を提供している。視聴者にとってもニーズはさまざまである。ある視聴者にとっては、開票速報を見続けていてほしいの情勢はつかんでいる。これがどういう意味を持つか解説を聞きたいと思っているかも知れない。別の視聴者にとっては、帰宅してTVのスイッチを入れたばかりかもしれない。とりあえずは、全体の情勢を知りたいと思うかもしれない。また、別の視聴者にとっては、特定の選挙区の状況を知りたいと思うかもしれない。ニーズはさまざまである。これらのニーズを受動的に選択するため、余剰帯域を利用した付加コンテンツの放送により、目的を満たすことができる。

映像・音声と有機的・あるいは並列的に情報が提供できれば、デジタルTVの活用範囲が広がる。利用可能な帯域が相対的に小さいモバイル機器対象であっても、教育現場、空港・駅などの公共施設、美術館・博物館などの施設において、映像や音声と同時に関連するデータ情報もなるべく任意の時点で取り出せるようにしたいというニーズが広がることが考えられる。

TVのスイッチをつけた途端に最新の情報を見たいという場合には、メインコンテンツとサブコンテンツを切り離した場合と同様に、待ち時間を小さくするスケジューリングが必要となる。

しかし、据え置き型のTVの場合、大容量記憶装置を具備することが、今後常識となるかもしれない。TVを見続けているならば、付加コンテンツの情報もキャッシュしておくこともできる。キャッシュされていれば、見たいと考えた瞬間に必要な操作をすれば瞬時に付加コンテンツを見ることができ、TVの主電源は消えていても「種火」となる最小限の電力のみ投入しておき、付加コン

テンツのキャッシュをあらかじめ行っておくという手法もある。ただし、それなりの電力は必要となろうが。

むしろ、課題となるのは、付加コンテンツを用いて最新の情報をどのように遅延を最小にして送信するかということである。例えば、開票速報においてA選挙区の結果とB選挙区の最新情報を入力したが未放送であるとき、どちらから付加コンテンツを放送すべきか、視聴者の関心率が高いところからか、放送が遅れている情報からか。出力帯域一定の場合については筆者らが検討したことがあるが、帯域が不安定な余剰帯域を利用して放送した場合についても検討の余地がある。また、情報の価値によっても放送の優先順位が変わってくる。開票の例で言えば、当確の情報は単なる開票の最新情報よりも重要度が大きい。

余剰帯域の発生パターンを別にしても、メインコンテンツの内容により、サブコンテンツの放送が変わってくる。例えば、民間放送の場合CMタイムにはCMを見て欲しいのでサブコンテンツは視聴できないようにするという考え方もできる。(そうでない考え方もあろうが) その場合、CMタイム前と後では時間差が大きいので、大事な情報はなるべく早く放送するという考え方ができる。逆にチャンネルを切り替えさせないためには、サブコンテンツに関してもCMタイム直後に放送するようスケジュールを設定するほうが理に適っていると考える場合もある。

CMタイムとは、全く逆の場合もある。野球中継におけるイニングの間、サッカー中継におけるハーフタイムの間など、視聴する価値が下がる時間帯がある。現在の放送では、その時間帯には、放送側の判断により、それまでのハイライトシーンを出力したりしているが、放送側の判断ではなく、視聴者の判断でハイライトシーンを選択する方法も考えられる。ハイライトのコンテンツは余剰帯域を利用しなくても、メインのコンテンツそのもので良い。ただし、視聴者が選択しやすいよう、リアルタイムでハイライトシーンかどうか判

断し、シーンの名称と範囲を決め、視聴者が選択しやすいようにするサービスが必要であろう。どのようにしてハイライトシーンを決めるかが課題となる。

5. 今後の予定

現在、システムのイメージを理解できるようなモデルシステムの開発を進めている。並行して、課題として挙げたスケジューリング問題などについては、実際の映像から余剰帯域を算出し、オフラインでシミュレーションを行うことにより、各種アルゴリズムの検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 山田宰監修・映像メディア学会編 「デジタル放送ハンドブック」オーム社 2003年6月
- [2] T.F.Bowen, G.Gopal, G.Herman, T.Hickey, K.C. Lee, W. H. Mansfield, J.Railz, A. Weinrib, "The Datacycle Architecture", Communications of ACM, Vol.35, No12, pp71-81, December 1992
- [3] N. H. Vaidya, S. Hameed, "Improved Algorithms for Scheduling Data Broadcast", Texas A&M University Technical Report 96-029 December 1996
- [4] 青野正宏, 田窪昭夫, 渡辺尚, 水野忠則, "データ放送におけるスケジュール決定法「二重循環法」の提案と評価", 情報処理学会論文誌 March (1999)