

NEWPRED における受信側主体の参照画像変更方法

木全英明 富田靖浩 山口博幸 一之瀬進
NTT ヒューマンインタフェース研究所

モバイル網やLAN上において発生する顕著な伝送エラーは、動画をリアルタイムに通信する場合、画質の劣化を引き起こす。リアルタイムエラー耐性画像通信方式 NEWPRED は、フレーム間差分符号化を行う際の参照画像を変更することで伝送エラーの波及を防止する方法であり、現在標準化作業が進められている MPEG-4v2 において、エラー耐性強化ツールの1つとして検討されている。本検討では、NEWPRED 方式を拡張し、受信側が主体となり参照画像を変更することによって、適応的にエラーの波及防止を行う方式について述べる。

Study on the Method of Receiver-Oriented Reference Picture Selection on the NEWPRED

Hideaki Kimata, Yasuhiro Tomita, Hiroyuki Yamaguchi and Susumu Ichinose
NTT Human Interface Laboratories

Transmission errors, seen on mobile and LAN network, cause a significant picture degradation in a real-time visual communication. A real-time error resilient video transmission technique, the NEWPRED technique, prevents error propagation by selectively changing a reference picture used in inter-frame coding system. It is being proposed as an error resilient tool for MPEG-4version2 which is being discussed for the international standard. The present paper proposes a new control scheme of the NEWPRED technique which provides an effective error propagation recovery, in the way the receiver requests the reference picture applied to the decoder reference picture buffer.

§ 1. はじめに

近年、モバイル網やLAN上にてマルチメディアデータをリアルタイムに通信することが可能となりつつある。モバイル網やLANは、伝送エラーが高い比率で発生する伝送路であり、動画像品質の顕著な劣化が問題となる。これは、動画像データでは符号化効率の向上のため一般的にフレーム間差分符号化方式を用いているために、エラーが波及しやすいことに起因する。従来、エラーの波及を防止するために、イントラ符号化した画像を要求し、受信することによって防止する方法もあったが、符号量の増加などの符号化効率の面での問題があった。NEWPRED方式は、イントラ符号化を行う代わりに、フレーム間差分符号化を実行させながら受信側からの信号に基づいて参照画像を変更することによって、符号化効率を低下させずに、伝送エラーの波及を防止する方法である[1]。この方式は H.263+ AnnexN に採用され、さらに現在標準化作業が進められている MPEG-4v2 画像符号化方式において、エラー耐性強化ツールの1つとして検討されている。本検討では、NEWPRED方式の概略を示し、さらにNEWPRED方式を拡張し、デコーダが主体となって適応的にエラー波及防止を行う方式を提案する。

§ 2. NEWPRED方式

(1) NEWPRED基本方式

NEWPRED方式は、フレーム間差分符号化方式を用いて符号化した画像情報を通信する時に、伝送路にて発生するエラーが、フレーム間に波及するのを防ぐ方法である。NEWPRED方式の実行形態の例を図1に示す。NEWPRED方式を用いた画像通信では、受信側から送信側へ、エラーなく復号できたフレームの番号を通知し、送信側がそのフレームを参照画像にしてフレーム間差分符号化方式を用いて符号化することで、伝送エラーの波及を防いでいる。一方、MPEG-2等の高能率符号化方式では、フレーム間差分符号化方式を用いており、必ず直前の

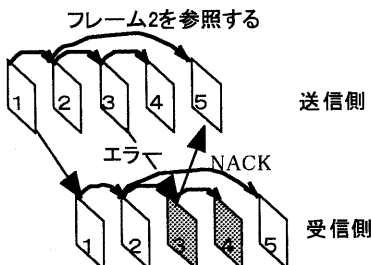


図1: NEWPRED方式における参照画像変更の例
受信側がフレーム3を受信した際にフレーム番号2を送信し、受信側はフレーム5ではフレーム2を参照画像にして符号化する。

フレームとのフレーム間差分情報を生成し伝送するので、伝送エラーが発生するとエラーがその後のフレームに波及していた。

NEWPRED方式では、受信側から送信側に対して、2種類の制御信号(ACK信号及びNACK信号)のいずれかを符号化データ受信ごとに送信する。ACK信号はエラーなく復号できた場合に送信し、NACK信号はエラーなく復号できない場合に送信する。また、送信側と受信側にて、想定した遅延時間分の画像を蓄積できる画像蓄積用バッファを保持し、そのバッファ内に蓄積されている画像から参照画像を選択し、入力画像を符号化または符号化データを復号することになる。

(2) NEWPRED動作mode

NEWPRED方式は、ACK信号とNACK信号から受信側でのエラーの状況を推定できる。この推定に従って、送信側が参照画像を変更する方法として、NACKmodeとACKmodeを規定している[2]。

NACKmodeでは、NACK信号に含まれる、受信側の参照画像バッファに蓄積されている画像のうち最も新しい画像のフレーム番号によって指定された画像を参照するように参照画像を変更して符号化を行う。このmodeでは、1つの画像にエラーが載ると、NACKを受信して参照画像を変更するまでは、通常のフレーム間差分符号化のようにエラーが波及する。しかし、参照画像を変更する時はNACK信号を受信した時のみであるので、下記のACKmodeよりも符号化効率は低下しない。図1に示した例はこのmodeでの動作を示している。

ACKmodeでは、ACK信号に含まれる受信側にて正しく復号できたフレーム番号の画像を参照するように参照画像を変更する。そこで、毎フレーム必ず、送信側が受信側で正しく復号できたフレームを参照するように参照画像を変更して符号化を行うことになる。このmodeでは、

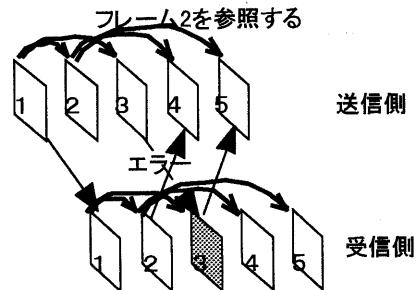


図2: ACKmodeの例
フレーム3にエラーが載った場合。フレーム5はフレーム2を参照画像にする。

1フレームごとに参照画像を変更するので、受信する画像がエラーなく復号できるかどうかは、1フレーム前に受信した画像がエラーなく復号できたかどうかによらず、エラーは波及しない。しかし、必ず1フレーム前以外の画像を参照画像にするため、毎フレーム、符号化効率が通常のフレーム間差分符号化よりも低下する。このmodeの例を図2に示した。

NEWPRED方式を用いた画像通信システムでは、それぞれのmodeの特徴を生かし、通信開始時、通信途中に、modeを変更することで、伝送エラーの発生に適した符号化制御が可能である。つまり、送信側が、受信側から受信するACK信号とNACK信号によって受信側でのエラーの発生状況を把握し、送信側が設定したmode変更のストラテジーに従ってmodeを変更する。例えば、送信側で、NACKmodeにてACK信号を連続して5回受信するとACKmodeに変更して参照画像変更と参照画像バッファの制御を行い、ACKmodeにてNACK信号を連続して3回受信するとNACKmodeに変更して参照画像変更と参照画像バッファの制御を行う等が可能である。受信側は、送信側でのmode変更に関係なく、符号化データの復号と参照画像バッファの制御を行う。このように、送信側がエラーの発生状況を見てmodeを変更することができる。本稿では、そのmode変更のパラメータとして、NACKmodeからACKmodeへ変更する際の連続して受信するNACK信号の数 N と、ACKmodeからNACKmodeへ変更する際の連続して受信するACK信号の数 M を用い、 (N,M) で表わすこととする。上記の例は $(N,M)=(5,3)$ である。

§ 3. 受信側主体の変更方法の提案

(1) 受信側主体のmode変更方法の提案

従来のNEWPRED方式では、送信側が主体でエラーの発生状況に対応して、modeを変更していた。そのため、エラーの波及の範囲や符号化効率に関して、受信側からの要求に対応する事ができなかった。そこで、このmode変更を受信側が主体となり、受信側がmodeを指定することによって、受信側がエラーの波及と符号化効率の低下の度合いを制御する方法を提案する。

本方式において、新たにmodeの指定情報を、受信側から送信側へ送信する信号に追加する。送信側では、受信したmode指定情報に基づきmodeを変更し、参照画像を変更して符号化を行う。

また、mode変更の指定する条件は次の通りとする。

-NACKmodeからACKmodeへの変更指定：
受信側がエラーのため復号できない符号化デ

ータを連続して N フレーム受信した時
-ACKmodeからNACKmodeへの変更指定：
受信側が正しく復号できる符号化データを連続して M フレーム受信した時

この条件を以下簡単のため (N,M) と表わす。

(2) 提案方法と従来方法の比較

MPEG-4v2のようにエラーの載った画像に対してコンシールによって画質の劣化を軽減する処理を行う場合には、エラーの載った画像を参照してもエラーの波及による影響が少ないことがある[3]。このような場合、受信側の参照画像バッファについて、エラーの有無に関わりなく出力した画像を参照画像にするために、1フレーム前の画像を蓄積するための1フレーム分の参照画像バッファと、NEWPRED方式特有の1フレーム前以外のフレームを参照するための、エラーが載っていない画像を蓄積するための複数フレーム分の参照画像バッファとを所有する構成が考えられる。例えば、受信側が合計で5フレーム分の参照画像バッファを確保できる場合には、4フレーム分のエラーの載っていない画像を蓄積するためのバッファを持つことができる。

一方、エラーの載っている画像は全く表示せず、その画像も参照画像に用いない場合には、NEWPRED方式特有の1フレーム前以外の画像を参照するための、エラーが載っていない画像を蓄積するための複数フレーム分の参照画像バッファのみを持つ構成を考えることができる。この場合、先ほどの例と同じく、受信側が合計で5フレーム分の参照画像バッファを確保できる場合には、5フレーム分のエラーの載っていない画像を蓄積するためのバッファを持つことができる。

2つの方法のうち、どちらの方法を用いるかは、受信側が受信側のストラテジーに従って、送信側とは独立に決定できる。エラーの載っている画像は、せいぜい1フレーム前のものを蓄積すると考えられるので、それを参照するNACKmodeではエラーが載っている画像を蓄積することは有効である。しかし、ACKmodeでは、1フレーム前を参照することはないので、エラーの載った画像を蓄積するのは有効ではない。

提案方法では、受信側がmodeを認知して動作しているので、エラーの載った画像を蓄積するかどうかを変更しながら通信することができる。しかし、従来方法では、受信側はmodeを認知して動作していないので、通信開始時の設定に従い常にエラーの載った画像を蓄積するかも知しくは蓄積しない処理を行う。

図3と図4を用いて例を示す。図3は提案方法であり、図4は従来方法である。mode変更

のパラメータは(N,M)=(1,2)であり、フレーム 3 とフレーム 8 にエラーが載った場合である。

図 3 から、提案方法では、受信側は NACKmode のみエラーの載った画像を蓄積するので、エラーの載ったフレーム 8 の画像を蓄積しない。そのため、フレーム 9 の参照画像であるフレーム 6 の画像が蓄積されていて復号することができる。一方、図 4 から、従来方法では受信側は常にエラーの載った画像を蓄積するため、エラーの載ったフレーム 8 の画像を蓄積する。そのため、フレーム 9 とフレーム 10 では参照画像がなく復号できない。

すなわち、提案方法では、受信側がエラーの載った画像を蓄積するかどうかを選択できるため、参照画像バッファに蓄積できる、エラーの載っていない画像の数を適応的に増加することができる。

また、図 5 と図 6 を用いて従来の方と提案方法とでは信号の処理が違うが、同様な参照画像変更と参照画像蓄積を行えることを例示する。図 5 に提案方法での参照画像変更に関する動作フローの例を、図 6 に従来方法の NEWPRED での参照画像変更に関する動作フローの例を示す。ともに送信側に 4 フレーム分、受信側に 3 フレーム分の画像を蓄積をすることができる参照画像バッファを持つ構成であって、送信側が符号化したデータに対する ACK 信号または NACK 信号を受信するまでに 3 フレームの遅延が存在する通信路の状況にて、フレーム 3 にエラーが載った場合の例である。mode 変更のパラメータは(N,M)=(1,1)である。

提案方法では図 5 に示すように、受信側にてエラーが載った(波及した)場合が 1 フレーム続いた場合に ACKmode を要求し、エラーの載っていない、波及もしていない場合が 1 フレーム続いた場合に NACKmode を要求する。受信側では、フレーム 3 にエラーが載っているため ACKmode を要求し、続くフレーム 4 とフレーム 5 ではエラーの波及があるため ACKmode を要求する。フレーム 6 にてエラーなく復号できるので NACKmode を要求し、続くフレームではすべてエラーなく復号できるので、常に NACKmode を要求し、符号化効率を向上させる。

従来方法では図 6 に示すように、送信側が NACKmode の時、NACK を 1 回受信すると ACKmode に変更し、ACKmode の場合、ACK を 1 回受信すると NACKmode に変更する。送信側では、フレーム 6 にフレーム 3 に対する NACK を受信し、ACKmode に変更することによってエラーの波及を防止している。その後、フレーム 2 を参照画像にして符号化するために符号化効率が低下するが、フレーム 9 にてフレーム 6 の ACK を受信することによって、

NACKmode に変更し符号化効率を向上させる。

図 5 と図 6 に示したように、提案方法は、受信側の設定に従って mode を変更することができるので、従来方法と同様な動作も可能である。

以上のように提案方法では、受信側が mode を指定できるので、エラーの波及と符号化効率の制御を行うことができる。さらにエラーの載った画像を蓄積するかどうかにも自由に選べるので、参照画像バッファの容量の制御が可能であり、従来方法では実行できなくなるような参照画像バッファの容量が少ない場合にも、NEWPRED 処理を続けてエラーの波及を防止することができる。

§ 4. まとめ

伝送エラーが顕著なモバイル網、LAN におけるリアルタイム動画像通信を目的として、画質へのエラー波及を防止できる、新しい符号化制御方法を提案した。提案方法では、受信側が主体となって参照画像の変更を制御するので、エラーの波及ならびに符号化制御の調節が可能であることを示した。今後は提案方法の性能評価を行い、受信側が主体となり、エラーの変動に対して適応的に動作する参照画像変更方法の検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 富田,木村,茨木,市川, "上り信号を利用するリアルタイムエラー耐性画像通信方式," 信学技報, MVE96-57, Dec. 1996.
- [2] "Description of Error Resilient Core Experiments", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N1808 MPEG97/Stockholm, July 1997.
- [3] Hideaki Kimata, Yasuhiro Tomita, "Results of Core Experiment on Back Channel Signaling (E4)", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/M2750 MPEG97/Fribourg, October 1997.

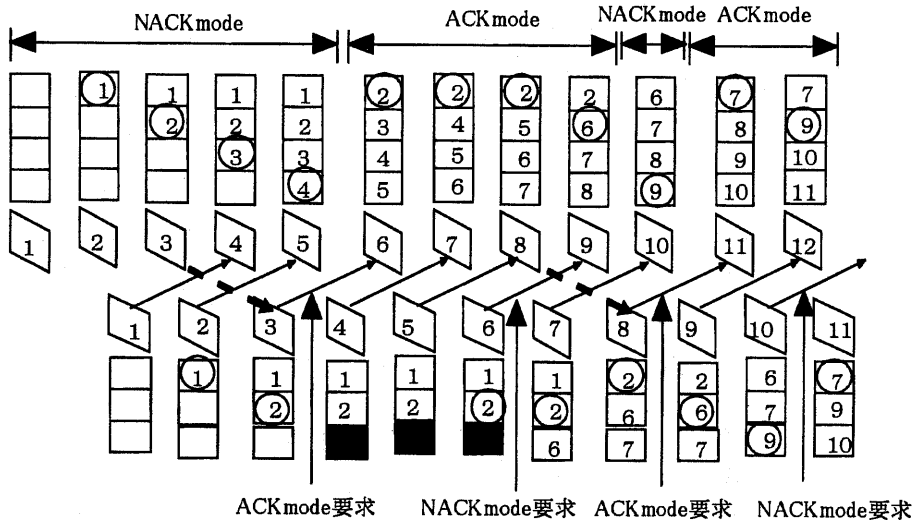


図3：提案方式におけるACKmode/NACKmodeの変更例

フレーム3とフレーム8にエラーが載った場合の、エンコーダとデコーダの参照画像バッファと参照画像番号を示す。mode変更パラメータは(N,M)=(1,2)である。○がついたものは参照画像である。ACKmodeの場合、受信側がエラーの載った画像を参照画像バッファに蓄積しないので、符号化データを復号するときの参照画像バッファが存在し、復号できる例である。

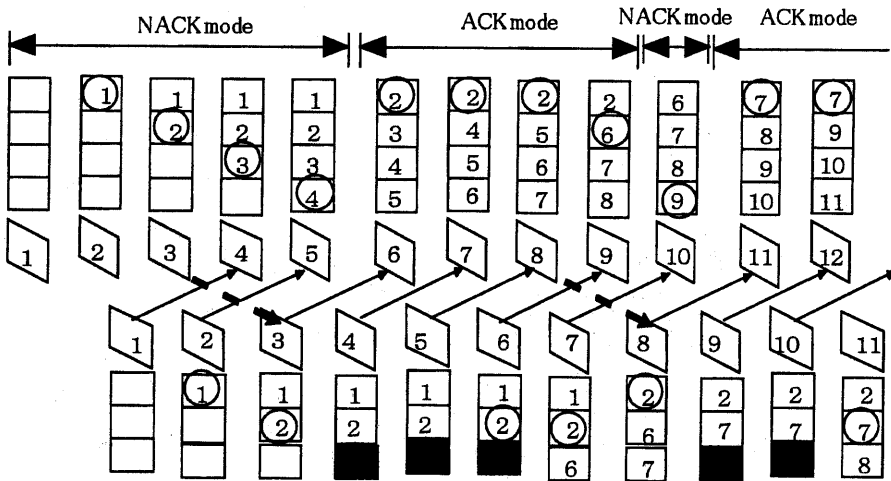


図4：従来方式におけるACKmode/NACKmodeの変更例

フレーム3とフレーム8にエラーが載った場合の、エンコーダとデコーダの参照画像バッファと参照画像番号を示す。mode変更パラメータは(N,M)=(1,2)である。○がついたものは参照画像である。受信側がエラーの載った画像を参照画像バッファに蓄積するため、符号化データを復号するときの参照画像バッファが存在しなくなる例である。

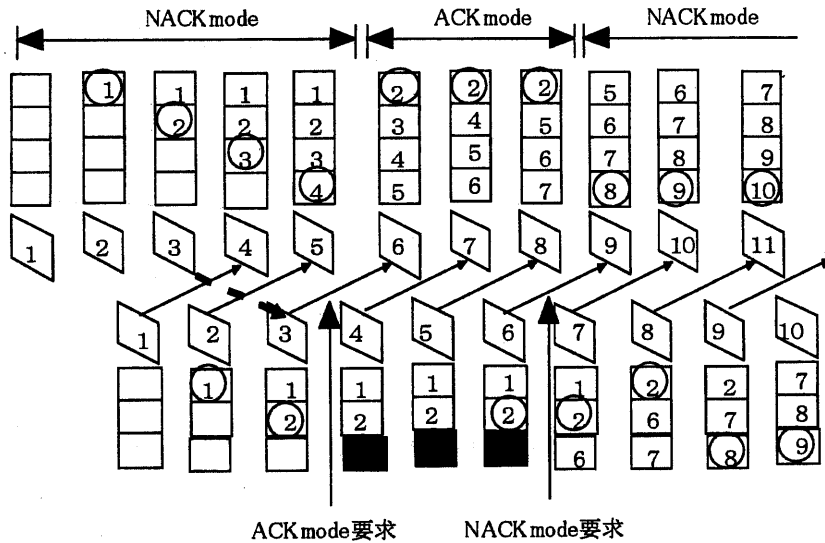


図5：提案方式におけるACKmode/NACKmodeの変更例
 フレーム3にエラーが載った場合の、エンコーダとデコーダの参照画像バッファと参照画像番号を示す。mode変更パラメータは(N,M)=(1,1)である。○がついたものは参照画像である。受信側はフレーム3にてエラーの載った符号化データを受信するとACKmodeを要求し、フレーム6にてエラーの載っていない画像を復号できると、NACKmodeを要求する例である。

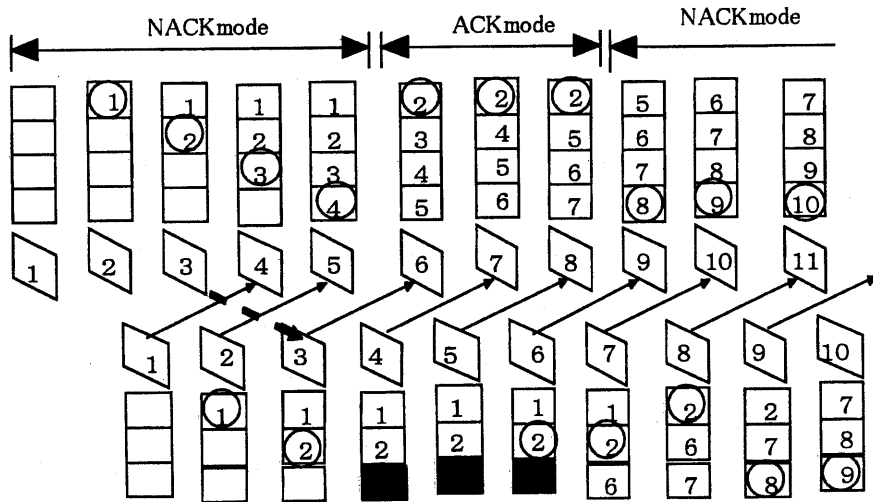


図6：従来方式におけるACKmode/NACKmodeの変更例
 フレーム3にエラーが載った場合の、エンコーダとデコーダの参照画像バッファと参照画像番号を示す。mode変更パラメータは(N,M)=(1,1)である。○がついたものは参照画像である。送信側はフレーム6を符号化する前にNACKを受けるとACKmodeに変更し、フレーム9を符号化する前にACKを受けるとNACKmodeに変更する例である。