

Rate Compatible 符号のブラインド推定法に関する研究

辻 岡 哲 夫 大阪市立大学大学院工学研究科講師

1 はじめに

Rate Compatible 符号のブラインド推定は、送信者による自由なレート（符号化率）選択を可能とし、適応符号化、不均一誤り保護などの柔軟な対応が求められる方式との親和性が高い。本研究では、Rate Compatible Punctured LDPC 符号（RCP-LDPC 符号）と RCP-Turbo 符号のレート推定において、推定性能の改善、推定誤り伝搬の問題解決、映像符号化への適用に関する検討を行った。

2 レート推定誤り率の公平性の改善

RC-LDPC 符号の Sum Product 復号時におけるレート推定性能を詳細に調べると、例えば、C1 送信時に他の符号語に推定を誤る確率と、C2 送信時に推定を誤る確率が大きく異なることがわかった。この公平性の問題を改善するため、重み付け評価値を導入した。最適重みの導出については、システム全体のレート推定誤り率を最小とすることを目的関数と定めて探索を行った。具体的には、評価値の分布をガウス分布と見なした上でのレート推定誤り率の理論解析を行い、山登り法と二分探索によって最適重みを導出した。計算機シミュレーションの結果、公平性が十分に改善され（図 1）、レート推定誤り率特性において約 1dB の性能改善が得られた。

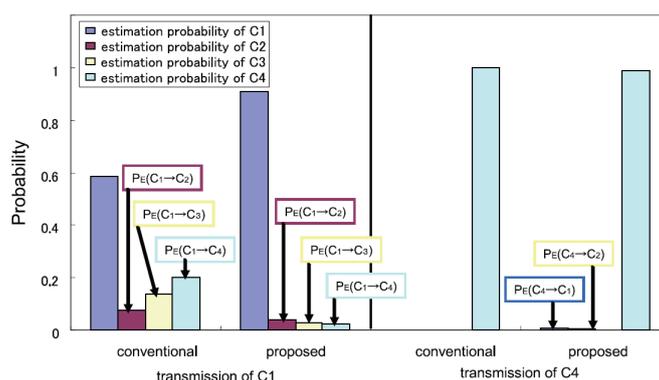


図 1 レート推定誤り率の公平性の改善（符号 C1 及び C4 送信時）

3 レート推定に適した符号構成法の検討

Rate Compatible Punctured LDPC 符号（RCP-LDPC 符号）をベースとしたレート推定に適した符号構成について検討した。パンクチャ型の RCP-LDPC 符号は、パンクチャパターンによっては符号間の類似性が大きく、レート推定評価値に差が付きにくいといった問題がある。計算機シミュレーションによる性能比較から、パリティ部の末尾をパンクチャするのではなく、情報部と接合している中央部分からパリティをパンクチャすることで、レート推定に適した符号構成が可能であることがわかった（図 2）。さらに、信頼性の低いパンクチャビットを除外して各レートの評価値の計算することで、1.5~2dB のレート推定誤り率特性の改善が得られた（図 3）。レート推定に適した復号器ごとの反復回数分布も導出した。

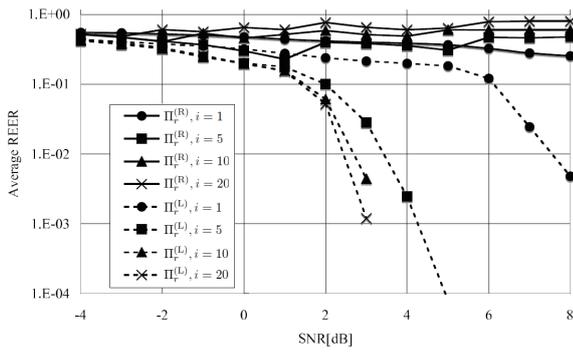


図2 パンクチャパターンの違いによる平均レート推定誤り率の比較

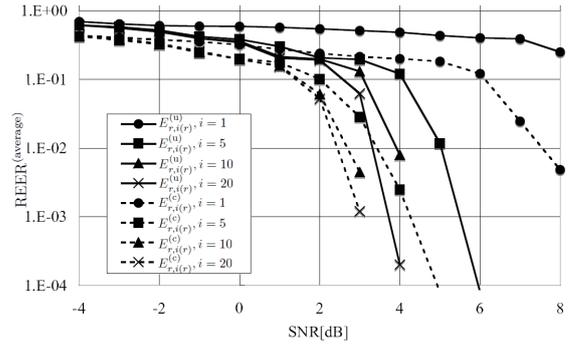


図3 信頼性の低いパンクチャビットを除外した評価値による性能改善

4 レート推定誤り検出法の提案

評価値の最大値選択によってレート推定を行う場合、選ばれた評価値の信頼度を計算し、推定誤りを検出することを試みた。評価値を正規近似し、その平均と分散をSN比ごとに求めておき、条件付き結合確率を評価値の信頼度値とした。RCP-Turbo 符号について計算機シミュレーションを行った結果、計算量削減のために各レートの評価値は独立であると仮定したものの、推定誤り検出が有効に行えることが示された(図4)。また、信頼度値の判定スレシヨールドとレート推定誤り誤検出率・検出見逃し率とのトレードオフの関係も明らかにした(図5)。

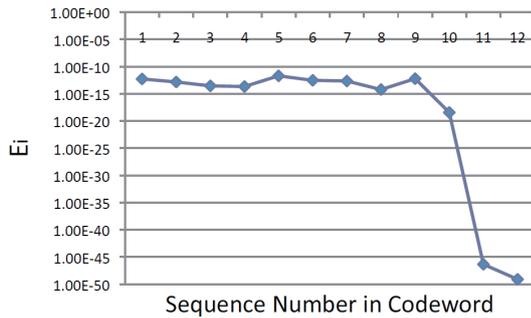


図4 レート推定誤りと信頼度値の変化(時刻10で推定誤りが発生)

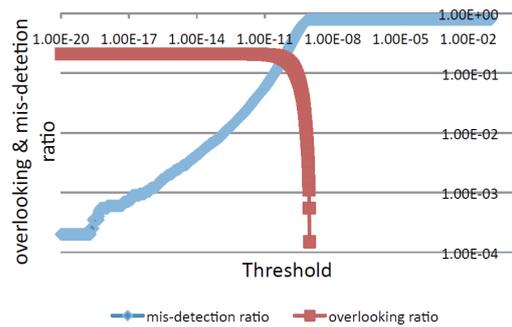


図5 信頼度値の判定スレシヨールドと誤検出率・検出見逃し率との関係の例

5 再送制御を必要としない Distributed Video Coding の提案

RCP-LDPC 符号を用いた適応符号化/ブラインドレート推定の適用分野として、映像符号化方式の一つである Distributed Video Coding(DVC)を検討した。動き補償予測誤差に基づいて適応符号化すれば、再送制御を必要としない新しいDVCが可能であることを見出し、その性能評価を行った。まず、トレーニング用の動画データをRCP-LDPCを用いたDVCに入力し、復号誤りが生じない最大レートと動き補償予測誤差との関係を求める。これを参照しながら送信側でレート選択すれば、再送を必要としない適応DVCが可能となる。計算機シミュレーションの結果、適応レート選択DVCによるPSNRの劣化がなく(図6)、総符号量(映像符号化後のデータサイズ)を65%~75%に低減できることを示した(図7)。

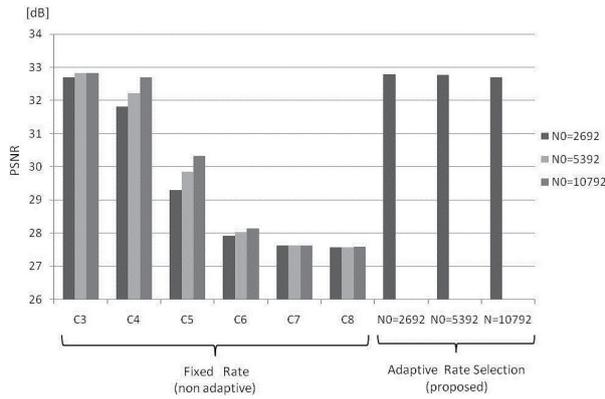


図6 適応レート選択 DVC の PSNR 性能

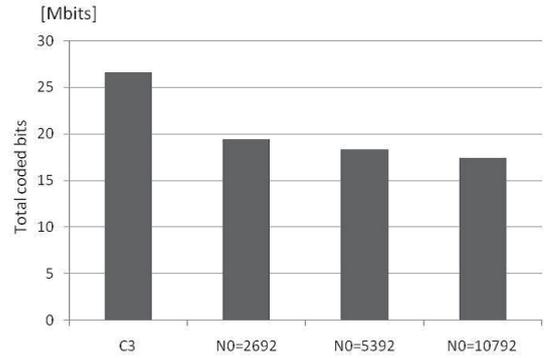


図7 適応レート選択 DVC の総符号量の削減効果

6 むすび

本研究では、RC 符号におけるレート推定法の性能改善、推定誤り伝搬の解決、DVC への適用などについて検討した。今後の課題としては、符号化方式や情報源に柔軟に対応できる方式の検討などが挙げられる。

【参考文献】

- [1] 吉川智康, 辻岡哲夫, 杉山久佳, 村田正, 原晋介, “Rate-Compatible LDPC 符号のレート推定法,” 信学論(A), vol. J89-A, no. 12, pp. 1175-1184, 2006年12月.
- [2] 後藤渉, 辻岡哲夫, “Rate Compatible Punctured Turbo 符号におけるゆ一度情報を用いたブラインド推定法の性能評価,” 信学技報, vol. 107, no. 379, CS2007-40, pp. 63-70, 2007年12月.

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
Rate Compatible LDPC 符号のレート推定法の改善に関する一検討	信学技報, vol. 109, no. 4, CS2009-11, pp. 61-68	2009.4
レート推定に適した Rate-Compatible Punctured LDPC 符号	信学技報, vol. 109, no. 266, CS2009-49, pp. 39-45	2009.11
Rate Compatible LDPC 符号のレート推定性能を改善する評価値の検討	情報理論とその応用シンポジウム 予稿集, W43-3, pp. 285-290	2009.12
Rate Estimation Scheme for Rate-Compatible Punctured LDPC Codes	IEICE Tech. Rep., vol. 109, no. 357, IT2009-51, pp. 1-6	2010.1
Rate Compatible Punctured Turbo 符号のレート推定誤り検出法の検討	信学技報, vol. 110, no. 117, CS2010-24, pp. 91-96	2010.7
動き補償予測誤差に基づいて適応レート選択とレート推定を行う Distributed Video Coding	信学技報, vol. 110, no. 117, CS2010-25, pp. 97-102	2010.7