

研究種目：若手研究(B)
研究期間：2007～2010
課題番号：19700078
研究課題名(和文) ネットワークシステムのリソース制約を考慮した
情報源/通信路符号化方式に関する研究
研究課題名(英文) Research on source/channel coding for
resource constrained network systems
研究代表者
金子 晴彦(KANEKO HARUHIKO)
東京工業大学・大学院情報理工学研究科・講師
研究者番号：70392868

研究代表者の専門分野：情報理論・ディペンダブルコンピューティング
科研費の分科・細目：情報学・ 計算機システム・ネットワーク
キーワード： 誤り制御符号, データ圧縮, 動画像符号化, フラッシュメモリ

1. 研究計画の概要

本研究では、ネットワークシステムにおける各種デバイスの電源容量や回路規模等のリソース制約を考慮した、データ圧縮、誤り制御符号化及び暗号化方式の研究を行う。具体的には、以下の3項目について研究を行う。

- (1) 小型携帯端末等のリソース制約が厳しい機器において動画像を効率的に圧縮するため、Distributed Video Coding (DVC)の高圧縮率化/高画質化に関する研究を行う。
- (2) 小型携帯端末等において、情報源符号化(圧縮)と通信路符号化(誤り制御符号化)を組み合わせることで低計算量で効率的に行うため、Joint Source-Channel Coding (JSCC)に関する研究を行う。
- (3) 高速なネットワークで接続された分散ストレージシステムにおいて、誤り制御符号化/復号化を分散処理とすることにより、各ノードにおける計算負荷を分散し、同時に高信頼化を実現するための Distributed Error Control Coding (DECC)に関する研究を行う。

2. 研究の進捗状況

(1) 誤り制御符号を用いて圧縮するフレーム(WZ フレーム)の画質を向上させるため、これらのフレームに少ないデータ量と計算量で補助的な情報を効率的に付加する手法を提案した。すなわち、従来のDVCにおいては、WZ フレームに関する情報として、誤り制御符号の検査ビットのみを送信していたのに対し、提案手法では、WZ フレームにお

ける各DCTブロックのエッジの向きを検出し、主要なエッジ成分のみを取り出し送信する手法を提案した。また、DVCに適用する誤り制御符号として、多元LDPC符号を用いることとし、これを遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて探索する手法を提案した。提案したDVCの画質(PSNR)を評価した結果、本手法のPSNRは、従来のDVCと比較して数dB程度高いことを明らかにした。

(2) 情報源符号化、通信路符号化及び暗号化機能を有する統合符号化法として、線形符号の組合せによる符号化法を提案した。提案手法における符号化処理は、行列演算を主体とした簡易な処理により実現できることから、本手法は回路規模や消費電力等に制約のある小型携帯端末等への適用に有効である。本研究では、データ圧縮効率を高めるため、拡張 Huffman 符号を用いた統合符号化を提案し、従来の手法よりも1～3%程度圧縮率を向上できることを示した。また、誤り制御能力の向上のため、3階層のTannerグラフを用いた復号アルゴリズムを提案し、これにより復号語の誤り率が従来の1/10程度となることを示した。

(3) 他の情報通信システムと同様に、分散ストレージシステムにおいても低消費電力化が要求されると考えられることから、本研究では消費電力の少ないソリッドステートドライブ(SSD)に対する誤り制御符号に重点をおいて研究を行った。具体的には、8レベル以上の多レベルセルフラッシュメモリにおける多ビット誤りを効率的に訂正するため、従来のBCH符号等のランダムビット誤り制

御符号に加えて、2階層及び3階層で符号化を行う多レベル誤り制御符号化法を提案し、復号後の誤り率が3桁程度低下することを示した。また、多レベルセルにおける非対称誤りを訂正するため、多元LDPC符号の設計と評価を行い、従来よりも低い誤り率を与えることを明らかにした。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している
研究計画の概要に挙げた3項目について、それぞれ従来の技術よりも優れた結果が得られ、国際会議等での発表を行っている。また、本研究に関連して、学会賞を1件、民間企業からの国際賞を1件受賞しており、本研究の進捗はおおむね順調であると判断する。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 本研究で提案しているDVCのレート歪特性をより向上するため、イントラ符号化フレームに対してH.264-intra符号化を適用することを検討する。また、符号化処理において多元LDPC符号の適切な符号化率を選択するため、レート予測法について検討を行う。評価として、各種標準評価画像に対するPSNRの評価を行う。

(2) 本研究で提案している符号化技術をメインメモリに適用するため、プロセッサシミュレータを用いてキャッシュラインサイズ等の検討を行う。また、プロセッサシミュレータに本研究で提案している符号化法を組み込み、圧縮率や動作速度等の評価を行う。

(3) 本研究で提案しているSSD等に対する階層化符号化法及び非対称誤り訂正LDPC符号を、分散環境に適用するため、符号化・復号アルゴリズムの構築と評価を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

①Haruhiko Kaneko, Eiji Fujiwara, “Joint source-cryptographic-channel coding for dependable systems,” International Journal of Computer Applications in Technology, Vol. 34, No. 4, pp. 249-256, 2009. (査読有り)

[学会発表] (計17件)

①Yuu maeda, Haruhiko Kaneko, “Error Control Coding for Multilevel Cell Flash Memories Using Nonbinary Low-Density

Parity-Check Codes,” Proc. 2009 IEEE Int. Symposium on Defect and Fault Tolerance in VLSI Systems, pp.367-375, 2009. (査読有り)

②Haruhiko Kaneko, Takuya Matsuzaka, Eiji Fujiwara, “Three-Level Error Control Coding for Dependable Solid-State Drives,” Proc. IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing, pp. 281-288, 2008. (査読有り)

③Haruhiko Kaneko, Eiji Fujiwara, “Joint Source-Cryptographic-Channel Coding for Dependable Systems,” Proc. 2008 Int. Conference on Information Technology and Applications, pp. 9-14, 2008. (査読有り)

Haruhiko Kaneko, Eiji Fujiwara, “Joint Source-Cryptographic-Channel Coding Based on Linear Block Codes,” Proc. 17th Int. Symposium on Applied Algebra, Algebraic Algorithms, and Error Correcting Codes, pp. 158-167. 2007. (査読有り)

⑤ Haruhiko Kaneko, Eiji Fujiwara, “Reconstruction of Erasure Correcting Codes for Dependable Distributed Storage System without Spare Disks,” Proc. 2007 IEEE Int. Symp. on Defect and Fault Tolerance in VLSI Systems, pp. 349-357. 2007. (査読有り)