

入学年度 平成 11 年度

学籍番号 11117914

氏名 川合 恭輔

論文題目 ハードウェア化可能な高次元パリティ符号における誤り訂正性能評価

中野研究室

1 はじめに

これまで、高次元パリティ符号の復号に関する研究は行われてきたが、実用化されている符号との直接的な比較検討はされてこなかった。そこで、高次元パリティ符号と実用化されている RS 符号、ハミング符号と比較を行い、高次元パリティ符号がどのような特徴を持っているか調べる。また、高次元パリティ符号のハードウェア化を目指すとき、最適な次元とサイズを検討する。

2 高次元パリティ符号

高次元パリティ符号は、単一パリティ符号を順次次元拡張することで構成されていて、次元の拡張は段階的に行うことができる。符号長 m^2 の 2 次元パリティ符号を正方形配列した時の一辺のビット数を「サイズ」と呼び、 m で、次元を n で表し、サイズ m の n 次元パリティ符号を nDm^m で表す。また、本研究では復号法として、適応閾値判定法を用いている。適応閾値判定法は誤りを検出したパリティ検査線が、符号内の各ビットを何本貫いているかを数値化し、その数値が最大のビットを反転して訂正を行うものである。

3 RS 符号とハミング符号

RS 符号は、巡回符号のひとつで性能とデバイスの作りやすさから、広く実用化されている符号であり、バースト誤りに強い。RS 符号はガロア体の元を基準にした多項式の加減乗除で符号化、復号化が行われる。ハミング符号は行列によって構成される単純な符号であり、良いランダム誤り訂正符号として知られている。

4 符号の次元とサイズ

一般に、実用化されている符号は符号長が数十から数千で、符号化率が 0.5 以上のものが多い。実用化されている符号としてあげた RS 符号は、256 ビットのもので、音楽 CD などに使用されている。表 1 において、3 種類の高次元パリティ符号の次元とサイズを比べる。高次元パリティ符号は、これまでに 4Dm5 符号がハードウェア化されており [1]、その LSI サイズから見て、3 次元パリティ符号と 4 次元パリティ符号は、実用化可能な範囲である。しかし、5 次元パリティ符号は符号化率が 0.4 で符号長が 7776 あり、符号化率を大きくするためにサイズを大きくすると符号長が数万になってしまう。そのため、現段階ではハードウェア化が現実的でない。したがって、実験では RS 符号と 3、4 次元パリティ符号を用いることにした。

表 1: 使用した符号の符号長、情報点数、符号化率

符号	符号長 (bit)	情報点数 (bit)	符号化率
RS 符号 ($GF(2^8)$)	32(256)	28(224)	0.87
RS 符号 ($GF(2^8)$)	32(256)	26(208)	0.81
3Dm6	$6^3(216)$	$5^3(125)$	0.58
4Dm6	$6^4(1296)$	$5^4(625)$	0.48
5Dm6	$6^5(7776)$	$5^5(3125)$	0.40

5 比較する訂正能力

符号語の訂正能力を測るために、ランダム誤りやバースト誤りを符号語に加え、訂正シミュレーションを行う。訂正結果を高次元パリティ符号、RS 符号において比較する。また、それぞれの符号語は符号化率が異なり、符号に含まれる情報量が異なるため、訂正能力の比較だけでな

く、AWGN 通信路を用い、符号化利得を求めた。符号化利得により、各符号が無符号状態に比べ、どれだけ伝送の効率上がるかを比較した。

6 比較結果

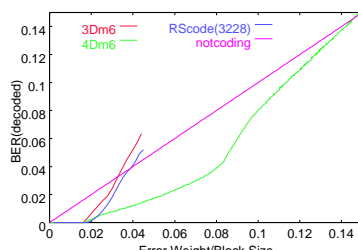


図 1: バースト誤り (バースト中誤り率 0.5) 訂正結果

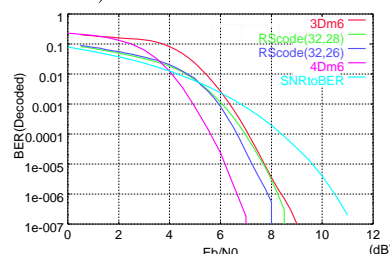


図 2: AWGN における性能曲線

AWGN 通信路の訂正能力の比較を図 2 に示す。図 2 における SNRtoBER のグラフが無符号状態を表し、無符号状態と各符号のグラフとの差が符号化利得である。符号化利得を比べたとき、ランダム誤り訂正において、RS 符号よりも優れた結果が得られていた 3Dm6 符号は、図 2 中の二つの RS 符号と同じもしくは低いとわかる。一方、4Dm6 符号の符号化利得を他の符号と比較すると、4Dm6 符号の符号化利得が最も大きい。これは、4Dm6 の符号のほうが、低い符号化率を考慮に入れて比較しても 3Dm6 符号や RS 符号より伝送効率が良いことを示している。

7 まとめ

本研究では、ランダム誤り、バースト誤り、符号化利得について、比較実験を行い、実用化されている符号の代わりに高次元パリティ符号を用いることができるか調べた。実験の結果、実際に使われている符号である RS 符号に訂正能力が劣らないことを示した。また、3 次元パリティ符号と 4 次元パリティ符号を比べることで、4 次元パリティ符号のほうが優れていることがわかった。結論として、高次元パリティ符号を実用化するのであれば、符号長を長くとり高い訂正能力を求められる通信系デバイスのほうに向いている。特に、4 次元パリティ符号は、5 次元パリティ符号に比べ、十分実用可能な符号長であり、3 次元パリティ符号より訂正能力が高い。したがって、実用化するのならば、4 次元パリティ符号を選ぶのが良い。

参考文献

- [1] "Hardware Implementation of the High-Dimensional Discrete Torus Knot Code", Y. Hamasuna et.al, IE-ICE Trans. Fundamentals, E84-A, 4(2001)