

TETRA RM 부호의 복호 알고리즘 비교

박기윤*[§], 김대호*, 오왕록[§]
한국전자통신연구원 초고속모뎀연구팀*
충남대학교 전자전파정보통신공학부[§]

Decoding Performance and Complexity of Reed-Muller Codes in TETRA

Gi Yoon Park*[§], Daeho Kim* and Wangrok Oh[§]
High-speed MODEM research team, ETRI*
Division of Electrical and Computer Engineering, CNU[§]

요약

TETRA (Terrestrial trunked radio) 표준은 제어정보의 오류정정을 위해 RM (Reed-Muller) 부호를 채택하고 있다. 본 논문에서는 BP (belief propagation), MJ (majority logic decoding) 등과 같이 잘 알려진 복호 알고리즘들을 적용하였을 경우 기대되는 비트 및 블록 오류율을 평가하고 복호 복잡도를 분석하고자 한다.

ABSTRACT

Terrestrial trunked radio (TETRA) standard specifies shortened Reed-Muller (RM) codes as forward error correction means for control signals. In this paper, we compare decoding algorithms for RM codes in TETRA, in terms of performance and complexity trade-off. Belief propagation and majority logic decoding algorithms are selected for comparison.

키워드

Terrestrial trunked radio, Reed-Muller code, belief propagation, four-cycles, forward error correction

I. 서론

TETRA에서는 데이터의 오류정정과 검출을 위해 길쌈/터보부호와 순환부호를 각각 정의하고 있으며, 제어신호의 오류정정을 위해 Reed-Muller (RM) 부호를 채택하였다[1-2]. 특히 PM (phase modulation) 반송파에 대해서는 [30, 14, 8] 2차 RM 부호를, QAM (quadrature amplitude modulation) 반송파에 대해서는 [16, 5, 8] 1차 RM 부호를 정의하고 있다.

1차 RM 부호는 FHT (fast Hadamard transform)을 이용해 ML (maximum likelihood) 복호가 가능한 것으로 알려져 있으며[3], 2차 RM 부호는 준최적 (suboptimal) 복호방법이 연구되고 있다[4-6].

한편, TETRA에 정의된 2차 RM 부호에 majority logic 복호방법이 보이는 성능이 보고된 바 있다[7]. 본 논문에서는 상기 준최적 복호방법을 TETRA RM 부호에 적용하여 복잡도와 성능

측면에서 ML 복호방법을 이용한 경우와 비교하고자 한다.

2장에서는 두 복호방법에 대해 간략히 복습하고, 3장에서 전산실험 결과를 제시하고, 4장에서 결론을 내리고자 한다.

II. 복호방법 복습

A. Belief propagation (BP)

RM 부호를 Tanner 그래프로[8] 표현했을 때 짧은 사이클(cycle)이 존재하여, 부호어의 길이가 충분히 크지 못한 경우, BP 알고리즘이 성능을 제대로 내지 못하는 문제점이 있다.

이에 전처리 과정으로 보조변수를 도입하여 길이가 4인 사이클을 제거하는 단계를 두는 방법이 제안되었다[4, 6]. [9]에서 제시한 알고리즘을

TETRA 2차 RM 부호에 적용하면 PCM (parity check matrix)의 크기가 16x30에서 34x48로 증가하는 대신에 길이가 4인 사이클을 제거할 수 있다. 그림 1과 그림 2는 변환 전과 후의 PCM에 대한 윤곽선을 도시한 것으로 변환을 통해 밀도가 감소했음을 확인할 수 있다.

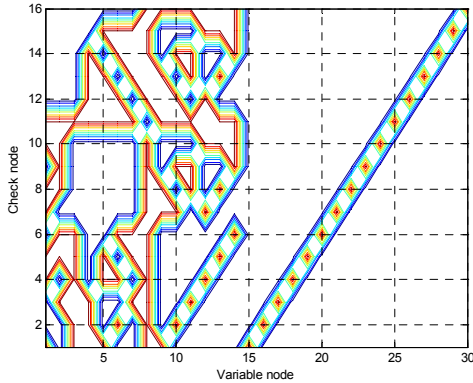


그림 1. Contour of original PCM

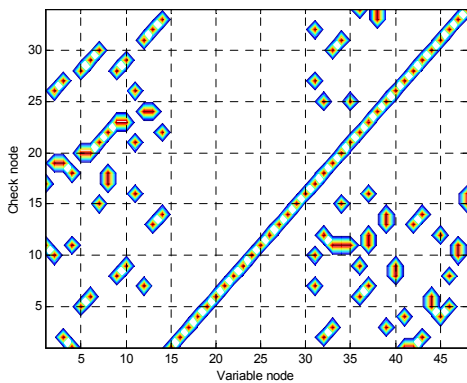


그림 2. Contour of transformed or generalized PCM (GPCM)

변환 후의 PCM에 대해 합곱 (sum-product) 알고리즘을 [8] 적용해 복호를 수행할 수 있다.

B. Majority logkc decoding (MJ)

MJ 알고리즘은 부호어를 구성하는 여러 비트 집합 각각에 대해 직교하는 PCM을 구해내고, 이들로부터 송신된 정보비트를 추정해 내는 방법이다.

RM 부호를 위해 연관성 부호어 비트에 적용할 수 있는 알고리즘이 제안되었는데 [7, 10], BP 알고리즘의 특수한 경우로 해석할 수 있다. 즉 짧은 사이클을 제거하는 대신에 체크노드의 개수를 늘려 수렴속도를 빠르게 했다고 볼 수 있다.

III. 전신실험

AWGN 채널에서 시뮬레이션을 수행한 결과 그림 3, 4와 같이 BER과 WER 성능을 추정하였다. 반복복호 회수는 10회로 동일하다.

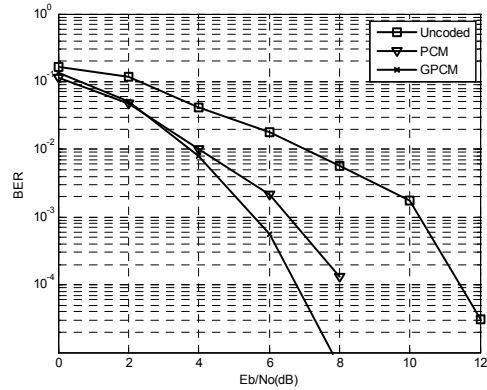


그림 3. BER performance over AWGN channel

별도의 복호과정 없이 systematic part를 경관정한 경우에 비해 GPCM을 이용해 복호함으로써 10^{-4} BER에서 4.6dB 정도의 Eb/No 이득이 있음을 알 수 있다.

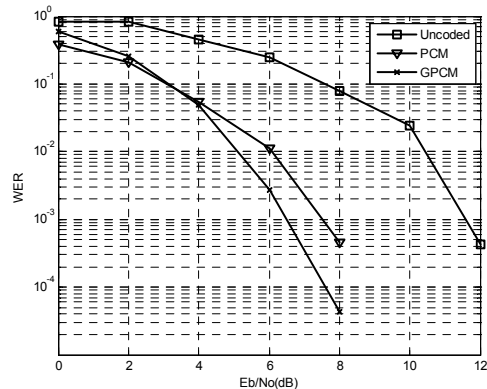


그림 4. WER performance over AWGN channel

IV. 결론

RM 부호에 대해 알려진 복호 알고리즘을 합곱 알고리즘 관점에서 정리하고, AWGN 채널에서 성능을 추정하였다.

참고문헌

- [1] ETSI EN 300 392 part 2, "TETRA; Voice plus data; Air interface v3.4.1", 2010.
- [2] ETSI EN 300 396 part 2 "TETRA; Technical requirements for direct mode operation; Radio aspects v.1.3.1," 2006.
- [3] F. J. MacWilliams and N. J. A. Sloane, "The theory of error correcting codes," North-Holland, 1977.
- [4] S. Ding, "Iterative decoding of L-step majority-logic decodable codes based on belief propagation," in WiCOM, Shanghai, 2007, pp. 819-821.
- [5] I. Dumer and K. Shabunov, "Soft-decision decoding of reed-muller codes: Recursive lists," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 52, pp. 1260-1266, 2006.
- [6] F. Yang, "Soft-decision decoding of Reed-Muller codes based on simple multi-step SISO module," in IEE Proc. Commun., 2005, pp. 144-150.
- [7] P. Zhang, et al., "Design of majority-logic decoders for the shortened Reed-Muller code in TETRA," in Proc. WCNC, Kowloon, 2007, pp. 705-708.
- [8] F. R. Kschischang, et al., "Factor graphs and the sum-product algorithm," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 47, pp. 498-519, 2001.
- [9] S. Sankaranarayanan and B. Vasi "Iterative decoding of linear block codes: A parity-check orthogonalization approach," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 51, pp. 3347-3353, 2005.
- [10] I. Dumer and R. Richevskiy, "Soft-decision majority decoding of Reed-Muller codes," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 46, pp. 258-264, 2000.