



선형 부분접속 복구 부호의 효율적인 복호 알고리즘에 관한 연구

남미영, Zhi Jing, 송홍엽

연세대학교

2017년도 한국통신학회 하계종합학술발표회



■ 부분접속수 (locality)

- 부호어 $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ 내의 i 번째 심볼 c_i 가 다음을 만족하면 이 심볼 c_i 의 부분접속수는 r :

- i) c_i 가 어떤 r 개의 다른 심볼들의 함수로 표현 가능
- ii) c_i 가 어떤 $r - 1$ 개의 다른 심볼들의 함수로도 표현 불가능

■ (n, k, r) 부분접속 복구 부호

- 모든 심볼의 부분접속수 r 이 $r \ll k$ 를 만족하는 (n, k) 부호
- 빠른 복구 가능

■ 일반적인 최대우도 복호

- 최소거리가 d 인 (n, k) 부호는 최대 $d - 1$ 개의 임의의 소실이 존재해도 최대우도 복호를 통해 항상 k 개의 메시지 복호 가능

■ 제안하는 알고리즘

- (n, k, r) 부분접속 복구 부호의 모든 심볼은 최소 한 개의 크기 $r + 1$ 의 로컬 복구 집합에 속함
- 각 로컬 복구 집합에 속하는 노드 중 한 개의 소실만 발생한 경우 로컬 복구 집합을 이용한 로컬 복구 가능

■ 복호 복잡도 비교

- $\mathcal{D}_{GE}$: 일반적인 가우스 소거법
- $\mathcal{D}_{proposed}$: 제안하는 복호 알고리즘
- 임의의 e 개의 소실이 발생한 RS 부호에 대한 가우스 소거법을 통한 복호과정에서

$$\frac{1}{3}e^3 + \frac{1}{2}e^2 - \frac{5}{6}e \text{ 회 덧셈, } \frac{1}{3}e^3 + e^2 + \frac{1}{3}e \text{ 회 곱셈 필요}$$

- 부분접속 복구 부호의 경우, $\mathcal{D}_{GE}$ 와 $\mathcal{D}_{proposed}$ 를 적용한 각각의 경우에 대해 10000회의 실험을 통해 필요한 연산량을 구함

- 패리티 검사 행렬 H 를 갖는 부호는 모든 부호어 c 에 대해 다음을 만족

$$Hc^T = 0^T, \quad \dots (1)$$

- 임의의 $d - 1$ 개의 소실 심볼의 인덱스 집합을 K 라 하고 그 여집합을 $\bar{K}$ 라 하면 식 (1)로부터 다음의 식을 얻을 수 있음

$$Hc^T = H_K c_K^T + H_{\bar{K}} c_{\bar{K}}^T = 0^T$$

$$\Rightarrow H_{\bar{K}} c_{\bar{K}}^T = H_K c_K^T \triangleq z^T, \quad \dots (2)$$

$H_K(H_{\bar{K}})$ 는 $K(\bar{K})$ 에 속하는 인덱스를 갖는 열벡터들로 이루어진 H 의 부행렬, $c_K(c_{\bar{K}})$ 는 $K(\bar{K})$ 에 속하는 인덱스의 원소만을 포함하는 벡터

- 이 부호의 최대우도 복호는 식 (2)를 푸는 것
- 식 (2)는 $(n - k) \times (d - 1)$ 크기의 행렬 $H_{\bar{K}}$ 에 대해 가우스 소거법을 적용하여 풀 수 있음

■ 부분접속 복구 부호의 복호 알고리즘 제안

- 다음의 두 스텝을 순차적으로 수행:

i) 로컬 복구

ii) 나머지 소실에 대해 가우스 소거 적용

	(18,13) RS	이진 (27,13,2) LRC ^[4]	
		$\mathcal{D}_{GE}$	$\mathcal{D}_{proposed}$
Field size	32	2	2
Additions	58.3	28	7.18
Multiplications	68.3	-	-

■ 결론

- 부분접속 복구 부호의 로컬 복구 특성을 이용한 효율적인 복호 알고리즘을 제안
- 복호 과정에 필요한 연산량 감소를 확인

■ 참고 문헌

- [1] P. Gopalan, H. Cheng, H. Simitci, and S. Yekhanin, "On the locality of codeword symbols," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 58, no. 11, pp. 6925-6934, Nov. 2012.
- [2] M. Sathiamoorthy, "Xoring elephants: Novel erasure codes for big data," in *Proc. Very Large Data Bases Endowment*, vol. 6, no. 5, pp. 325-336, 2013.
- [3] C. Huang, S. Simitci, Y. Xu, A. Ogus, B. Calder, P. Gopalan, J. Li, and S. Yekhanin, "Erasure coding in Windows Azure storage," in *Proc. USENIX Annu. Tech. Conf.*, 2012, pp. 15-26.
- [4] M.-Y. Nam and H.-Y. Song, "Binary locally repairable codes with minimum distance at least 6 based on partial t-spreads," *IEEE Communications Letters*, available under the "Early Access" area on IEEEXplore.

