

차세대 고신뢰도/저지연 이동통신을 위한 프로토타입 기반 저밀도 패리티 검사 부호 설계

전기준, 이진녕, 김종현, 김광순
연세대학교 전기전자공학과

{puco201, jnlee, jhkim, ks.kim}dcl@yonsei.ac.kr

Protograph based LDPC Code Design for Ultra reliability/Low Latency Cellular System

Jeon Ki Jun, Jinnyeong Lee, Jong Hyun Kim, Kwang Soon Kim
Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei Univ.

요약

본 논문은 차세대 고신뢰도/저지연 이동통신을 위한 좋은 복호 임계값, 저복잡도 부호화/복호화가 가능하며 오류 마루 성능이 좋은 프로토타입 기반 저밀도 패리티 검사 부호를 설계하였고 모의 실험을 통해 성능을 확인하였다.

I. 서론

최근 들어, 인간의 명시적 개입 없이 사물 간 상호 협력 센싱, 네트워크, 정보처리 등 지능적 관계 형성을 기반으로 하는 사물인터넷 (Internet of things, IOT) 서비스의 등장으로 인하여 통신시스템의 변화가 필요해지고 있다 [1]. 4 세대 이동통신 시스템까지는 사람이 직접적으로 사용하는 장치에게 높은 품질의 서비스를 제공해주는 것이 목표였으나, 사물인터넷 서비스를 지원하는 5 세대 이동통신 서비스에서는 기존의 서비스에 자율적으로 형성된 사물 네트워크에도 사물인터넷 서비스를 제공해 주어야 한다. 촉감 통신, 스마트 카, 가상 현실, 공장 자동화 등의 Critical IoT 는 높은 데이터 용량, 고신뢰도, 저지연 등의 까다로운 통신 요구조건을 가진 사물들 간의 네트워크가 필요한 서비스이다 [2].

과거부터 고신뢰도, 저지연 통신을 위한 오류 정정 부호 성능 개선을 통한 문제 해결에 대한 연구들이 진행되어 왔으며, 특히 1) 우수한 비트오류확률 및 프레임 오류확률 성능, 2) 병렬 처리 기반 빠른 속도의 효율적인 부호화 및 복호화 가능, 3) 하드웨어 설계 용이와 같은 장점들 때문에 저밀도 패리티 검사 부호 (Low density parity check, LDPC)에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다 [3]. 현재 널리 알려진 LDPC 부호로는 축적 반복 축적 (Accumulate Repeat Accumulate, ARA) 부호 [4]와 축적 반복 제그 축적 (Accumulate Repeat Jagged Accumulate, ARJA) 부호 [5]가 있으며, ARA 부호는 매우 우수한 복호 임계값과 저복잡도 부호화가 가능하지만 오류 마루 특성이 떨어지는 한계가 있으며, ARJA 부호는 우수한 복호 임계값을 가지고 선형 최소 거리 증가 (Linear Minimum

Distance Growth, LMDG)을 만족하여 오류 마루 특성이 우수하지만 부호화 복잡도가 큰 단점을 가진다.

본 논문에서는 고신뢰도, 저지연 통신에 적합한 1) 낮은 복호 임계값을 가지며, 2) 저복잡도 부호화 및 복호화가 가능하며, 3) 오류 마루 특성이 좋은 프로토타입 (protograph) 기반 저밀도 패리티 검사 부호 (Low density parity check, LDPC) 설계 방법을 제안한다.

II. 제안하는 부호

제안하는 프로토타입 기반 LDPC 부호는 ARA 부호에서 내부호부분 (inner code part 2)의 축적기의 베리어블 노드와 다른 축적기의 체크 노드 사이에 외부 연결을 갖는 형태를 특징으로하며 이러한 외부 연결은 ARJA 부호의 내부 연결선과 마찬가지로 LMDG 특성을 만족시키는 동시에 내부 연결선과는 다르게 축적기의 특성을 그대로 유지하며 저복잡도로 부호화가 가능한 장점이 있다.

아래 그림 1 은 부호율 1/3 의 기존의 ARA 부호와 ARJA 부호 그리고 제안하는 프로토타입을 나타낸 그림으로 검정원은 베리어블 노드, 흰색원은 천공 베리어블 노드 그리고 +표시가 된 회색원은 체크 노드를 의미한다. 패리티 검사 행렬은 위 그림의 프로토타입을 두 단계 확장 (Lifting) 을 통해서 얻으며 1 차 확장을 통해서 각 베리어블 노드와 체크 노드를 4 개만큼 복사 및 순열을 통해서 0 또는 1 로 구성되는 파생 그래프를 얻으며 2 차 확장을 128 길이의 순환 행렬을 이용하여 확장을 하여 패리티 검사 행렬을 얻는다.

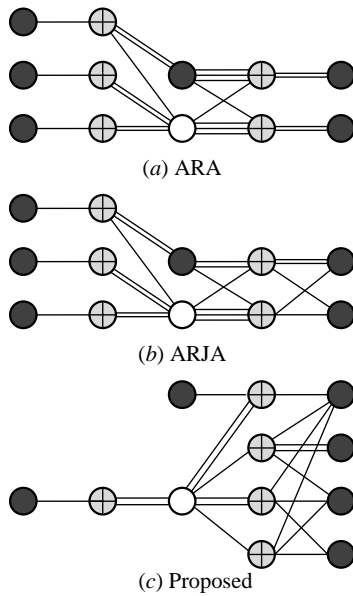


그림 1. 부호율 1/3 의 제안하는 부호와 ARA 부호 및 ARJA 부호 프로토타입 비교

	ARA	ARJA	Proposed
복호 임계값	-0.1777dB	0.0371dB	0.0271dB
부호 복잡도	13312	1353024	9728
MDR	0	0.0173	0.0055

표 1. 제안하는 부호와 ARA 부호 및 ARJA 부호의 복호 임계값, 부호 복잡도, MDR 비교

표 1 은 기존 ARA 및 ARJA 부호와의 복호임계값과 부호 복잡도 그리고 최소거리비율 (Minimum Distance Ratio, MDR) [6]을 비교한 표이다. 여기서 부호 복잡도는 비트 연산의 수를 의미한다. 표 1 에서 볼 수 있듯이, 제안하는 부호는 ARA 부호와 ARJA 부호 사이의 복호 임계값을 갖는 것을 볼 수 있으며, 부호화 복잡도 측면에서는 ARJA 부호의 경우 고밀도 생성 행렬을 이용하기 때문에 고복잡도가 요구되는 반면 ARA 부호와 제안하는 부호는 상대적으로 평장한 저복잡도를 갖는 것을 볼 수 있다.

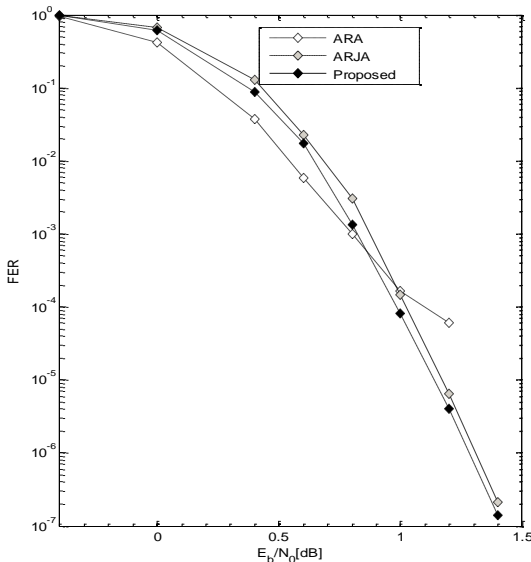


그림 2. 제안하는 부호와 ARA 부호 및 ARJA 부호의 프레임오류확률 비교

그림 2 는 제안하는 부호와 ARA 부호 및 ARJA 부호와의 프레임오류확률 성능 그래프이다. 제안하는 부호와 ARJA 부호는 ARA 부호보다 복호 임계값이 떨어져서 waterfall 시작점이 나쁜 단점이 있지만 LMDG 특성을 만족하여 높은 신호대잡음비 영역에서 탁월한 오류 마루 성능을 갖는 것을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 고신뢰도 저지연 통신에 적합한 좋은 복호 임계값을 가지며 저복잡도 부호화 및 복호화가 가능하고 오류 마루 특성이 좋은 프로토타입 기반 LDPC 부호 설계 방법을 제안하고 모의 실험을 통해 그 성능을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송개발사업 [B0126-15-1012, IoT 환경에서 촉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선 접속 기술 연구]과 [B0126-15-1017, 주파수 센싱 기반의 스펙트럼 관리 및 미래전파통신 플랫폼 연구] 사업의 일환으로 수행하였음.

참고 문헌

- [1] 사물인터넷 동향과 전망, 인터넷정보학회지 제 14 권 제 2 호, 2013.6, pp. 32-46.
- [2] 최경준, 이진녕, 김종현, 김광순, "차세대 초저지연/고효율 이동통신 기술 연구 동향", pp. 1-2. June, 2015.
- [3] 전기준, 고병훈, 명세창, 이성로, 김광순, "해양 위성 통신을 위한 프로토타입 기반 블록 저밀도 패리티 검사 부호 설계," 통신학회논문지, vol. 39C, no. 7, pp. 515-520, July, 2014.
- [4] A. Abbasfar, D. Divsalar, and K. Yao, "Accumulate repeat accumulate codes," in *IEEE Trans. Commun.*, vol. 55, no. 4, pp. 692-702, Apr. 2007.
- [5] D. Divsalar, C. Jones and J. Thorpe, "Protograph based LDPC codes with minimum distance linearly growing with block size," in *Proc.,IEEE GLOBECOM (GLOBECOMM 2005)*, pp. 1152-1156, Nov. 2005.
- [6] D. Divsalar, S. Dolinar, C. R. Jones and K. Andrews, "Capacity approaching protograph codes," in *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 27, no. 6, pp. 876-888, Aug. 2009.