

## 차세대 고신뢰도/저지연 통신을 위한 저부호율 축적 반복 축적 검사 축적 부호

전기준, 이광훈, 김종현, 이진녕, 김광순  
연세대학교

{puco201, ghl1016, jhkim, jnlee, ks.kim}@dcl.yonsei.ac.kr

## Low rate Accumulate Repeat Accumulate Check Accumulate Codes for Ultra Reliable and Low Latency Communication

Jeon Ki Jun, Lee Kwanghoon, Kim Jong Hyun, Lee Jinnyeong, Kim Kwang Soon\*  
Yonsei Univ.

### 요 약

본 논문은 고신뢰도/저지연 통신을 위한 새로운 프로토그래프 기반 저밀도 검사 행렬 부호인 저부호율 축적 반복 축적 검사 축적 (accumulate repeat accumulate check accumulate) 부호를 제안하고 모의 실험을 통하여 성능을 확인하였다.

### I. 서 론

5 세대 이동통신이 화두 되면서 그에 따른 고신뢰도/저지연 통신이 (Ultra reliable low latency communication, URLLC) 새로운 서비스로 등장하였으며 최근 표준화 회의에서 URLLC 서비스를 제공을 위해 근사최적 성능과 병렬 처리 용이함 때문에 저밀도 패리티 검사 행렬 (LDPC) 부호가 차세대 부호로 채택되었다[1][2]. 현재 널리 알려진 LDPC 부호들인 축적 반복 축적 (Accumulate Repeat Accumulate, ARA) 부호 [3]와 축적 반복 제그 축적 (Accumulate Repeat Jagged Accumulate, ARJA) 부호 [4]가 있으며, ARA 부호는 매우 우수한 복호 임계값과 저복잡도 부호화가 가능하지만 오류 마루 특성이 취약하며, ARJA 부호는 우수한 복호 임계값과 선형 최소 거리 증가 (Linear minimum distance growth, LMDG) 특성을 지니어 고신뢰도를 보장하지만 부호화 복잡도가 큰 단점을 가진다.

본 논문에서는 고신뢰도/저지연 통신에 적합한 새로운 프로토그래프 기반 저밀도 검사 행렬 부호인 저부호율 축적 반복 축적 검사 축적 (accumulate repeat accumulate check accumulate, ARACA) 부호를 제안한다.

### II. ARACA 부호

제안하는 ARACA 부호는 그림 1 과 같이 크게 2 개의 외부부호 부분 (outer connection parts 1, 2)과 2 개의 내부부호 부분 (inner connection parts 1, 2)으로 구분된다. ARACA 부호는 연결 상태로 그 부호의 특성을 규명할 수 있다. 1) 제 1 외부부호 부분은 정도-2 지그재그 단힌 루프 연결상태로 이는 복호임계값을 개선하는 프리코더로써 축적기로 구현되며, 2) 제 2 외부부호 부분은 다중 연결 단힌 루프 연결 상태를 가지며 정보 비트와 프리코딩된 비트의 반복 및 순환을

수행하여 내부부호 부분에서 부호 이득과 인터리버 이득을 얻을 수 있도록 해주며, 3) 제 1 내부부호 부분에서 정도-1 과 높은 정도를 가지는 베리어블 노드들은 저밀도 생성 행렬 (low density generator matrix, LDGM) 부호로 추가적인 부호 이득을 가져다주며, 4) 제 2 내부부호 부분의 연결상태-2 지그재그 단힌 루프는 단일 페리티 체크 연산 (single parity check, SPC) 과 축적기로 구현되며 이는 입출력 신호대 잡음비를 강화시켜주며, 5) 제 1 내부부호 부분의 외부 연결선과 연결된 정도-2 지그재그 단힌 루프는 축적기로 구현되며 LMDG 특성을 갖도록 해준다.

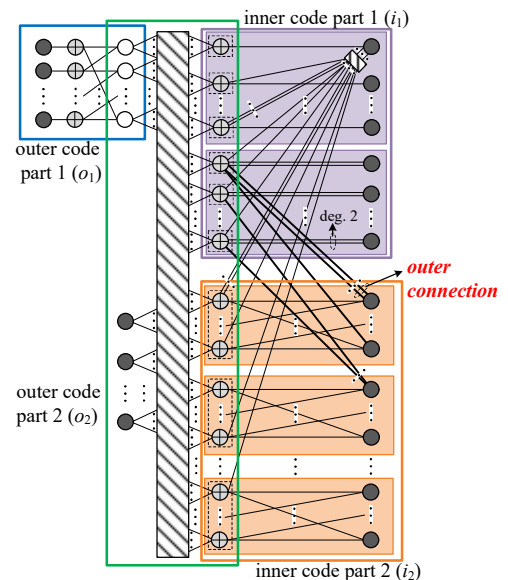


그림 1. ARACA 부호

그림 2 는 부호율 1/6 인 ARACA 부호와 기존의 ARA 부호 [3] 및 ARJA 부호 [4]를 나타낸 그림으로

검정원은 베리어블 노드, 흰색원은 천공 베리어블 노드 그리고 +표시가 된 회색원은 체크 노드를 의미한다. 패리티 검사 행렬은 위 그림의 프로토타그램을 2 번 확장하여 얻으며 2 번째 확장 시에는 순환 행렬을 이용한다. 표 1 은 길이 1024 인 정보비트에 대해서 기존 ARA 및 ARJA 부호와의 복호 임계값과 부호 복잡도 그리고 최소 거리 비율 (Minimum Distance Ratio, MDR) 을 비교한 표이다. 여기서 부호 복잡도는 비트 연산의 수를 의미한다. 표 1 을 통해서 ARACA 부호가 ARA 부호와 ARJA 부호 사이의 복호 임계값을 가지면서 ARA 부호와 비교 가능한 복잡도를 가지는 것을 볼 수 있다. 또한 그림 3 을 통해서 제안하는 ARACA 부호가 ARA 부호와 ARJA 부호보다 고신뢰도를 보장하는 것을 확인할 수 있다.

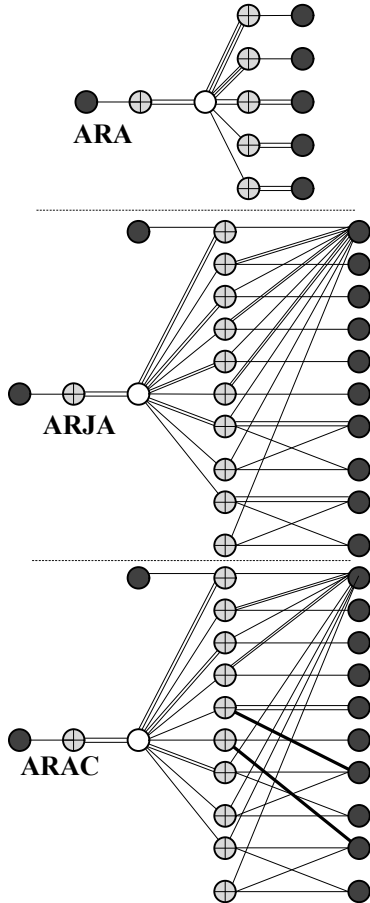


그림 2. 부호율 1/6 ARA, ARJA, ARACA 부호의 프로토타그램

	ARA	ARJA	ARACA
복호임계값	-0.816dB	-0.448dB	-0.591dB
부호 복잡도	25600	3293184	24576
MDR	0	0.0482	0.0125

표 1. ARA 부호, ARJA 부호 및 ARACA 부호의 복호 임계값, 부호복잡도, MDR 비교

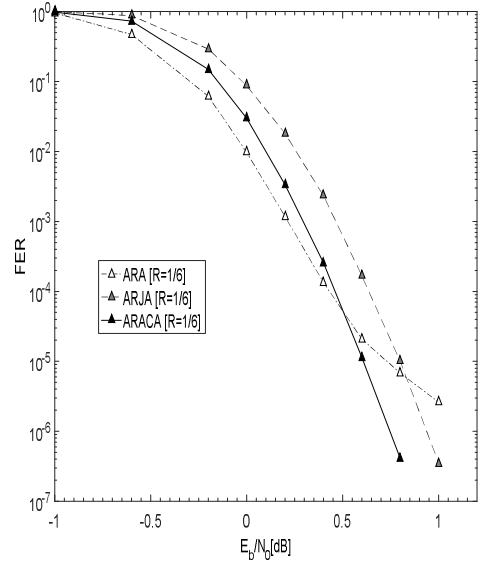


그림 3. 프레임오류확률 비교

### III. 결론

본 논문에서는 고신뢰도/저지연 통신에 적합한 저부호율 ARACA 부호를 제안하고 모의 실험을 통해 그 성능을 확인하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송연구개발 사업 [B0126-16-1017, 주파수 센싱 기반의 스펙트럼 관리 및 미래전파통신 플랫폼 연구]과 2014 년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (NRF-2014R1A2A2A01007254)의 일환으로 수행하였음.

### 참고 문헌

- [1] Samsung Electronics, 5G VISION, Aug. 2015.
- [2] Ericsson, Ultra-reliable and low-latency 5G communication, Jun. 2016.
- [3] A. Abbasfar, D. Dissalar and K. Yao, "Accumulate-Repeat-Accumulate Codes," IEEE Trans. Commun., vol. 55, no. 4, pp. 692-702, Apr. 2007.
- [4] D. Divsalar, S. Dolinar, C. R. Jones and K. Andrews, "Capacity approaching protograph codes," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 27, no. 6, pp. 876-888, Aug. 2009.