
천공 채널 부호화된 신호에 대한 인터리버 복원

김경준 · 장연수 · 윤동원

한양대학교

Reconstruction of Interleaver for Punctured Channel Coded Signals

Kyeongjun Kim · Yeonsoo Jang · Dongweon Yoon

Hanyang University

E-mail: dwyoon@hanyang.ac.kr

요 약

본 논문에서는 천공 채널 부호화된 신호에 대한 인터리버 복원 기법을 제시한다 이를 위해 우선, 판단 행렬을 구성하여 가우스 소거를 적용하고, 추정 행렬 내 '0' 비트의 개수에 대한 '1' 비트의 개수 비율을 계산한다. 그리고 임의의 인터리버 주기에 대해 최소 비율이 문턱값보다 작은 값을 확인하여 인터리버를 복원한다. 컴퓨터 모의실험을 통해 제안된 기법을 검증한다.

ABSTRACT

In this paper, we propose an interleaver reconstruction method for punctured channel coded signals. We calculate the ratio of the number of '1' bits to the number of '0' bits in the matrix which is generated by a Gaussian elimination process. Then, we can reconstruct an interleaver by checking the minimum values of the ratio that have a smaller ratio than a certain threshold. We validate the proposed method through computer simulations.

키워드

인터리버 복원, 천공 부호, 인터리빙 주기, 가우스 소거

I. 서 론

디지털 통신 시스템에서는 채널 상에서 발생하는 오류를 정정하기 위해 채널 부호(Channel code)가 필수적으로 사용된다. 그리고 일반적으로 채널 부호는 고르게 분포된 오류에 대해 높은 오류 정정 성능을 보이기 때문에 연접 오류(Burst error)가 발생했을 경우 이를 고른 분포를 갖는 오류로 변환시키기 위해 인터리버(Interleaver)의 적용이 함께 고려된다 [1]. 인터리버는 정해진 패턴으로 비트를 재배치하는 과정이기 때문에 송신단에 대한 정보가 없는 수신자가 정보를 획득하기 위해서는 인터리버 파라미터를 복원하고 디인터리빙하는 기법이 요구된다. 인터리버 파라미터를 복원하기 위해서는 인터리빙 전에 이루어지는 채널 부호화 과정에서 발생하는 채널 부호의 선형성을 이용할 수 있다 [2]. 이에 대해 기존에는

주로 해밍(Hamming) 부호 등의 선형 부호에 블록, 헬리컬 스캔 인터리버가 적용된 신호에 대해 인터리버 파라미터를 복원하는 연구가 이루어졌다 [3], [4].

그러나 기존 연구에서는 천공(Punctured) 채널 부호화된 신호에 대한 인터리빙 복원 연구 및 천공된 신호의 부호율 분석 등에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 논문에서는 천공 채널 부호화된 신호에 대한 인터리버 복원 알고리즘을 제안하고 컴퓨터 모의실험을 통해 검증한다.

II. 시스템 모델

통신 시스템에서는 하드웨어 복잡도 및 요구 성능에 따라 다양한 길이의 채널 부호가 적용된다. 그러나 채널 부호의 길이는 그 종류가 한정되

어 있기 때문에 요구되는 길이의 채널 부호를 적용하기 위해서 천공 기법이 고려되어진다. 천공이 고려된 통신 시스템 모델은 그림 1과 같다.

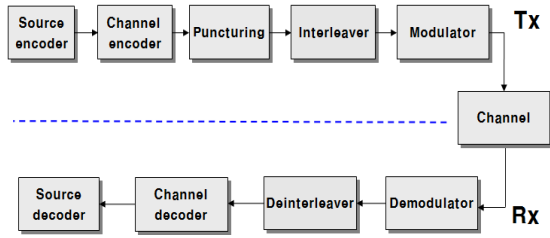


그림 1. 통신 시스템 모델

통신 시스템에 적용되는 채널 부호는 종류에 따라 $[n, k]$ 형태로 나타낸다. 여기서, n 은 채널 부호의 길이이고 k 는 정보 비트의 길이이다. 천공은 부호어의 잉여 비트 중 v 개만큼 선택된 동일한 위치의 비트를 모든 부호어에서 삭제하는 기법이다. 이때, 천공이 적용된 채널 부호의 정보 비트 길이는 k 로 동일하며, 잉여 비트의 길이 $n-k$ 와 부호어의 길이 n 은 각각 v 만큼 감소된다. 즉, $[n, k]$ 부호가 $[n-v, k]$ 부호로 나타내어진다.

일반적으로 인터리빙 주기는 채널 부호 길이의 정수배로 설정하며, 천공이 적용된 경우 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$N_p = s \cdot (n - v) \quad (1)$$

여기서 N_p 는 인터리빙 주기이고 s 는 자연수이다.

III. 천공 채널 부호화된 신호에 대한 인터리버 복원

천공 블록 채널 부호화된 신호는 부호어 단위로 선형적인 관계를 갖는다. 이러한 블록 부호의 특성은 채널 부호화된 비트 스트림을 분산시키는 역할을 수행하는 인터리빙이 된 후에도 변화되지 않는다. 즉, 한 부호어 내에서 비트 스트림 배열의 일관성은 사라지게 되지만 정확히 인터리빙 주기 내에서 해당 비트들이 동일한 패턴으로 분산되므로 인터리빙 주기를 단위로 선형성이 나타나게 된다. 따라서 천공 블록 채널 부호화되고 인터리빙된 신호에 대한 분석은 채널 부호화 과정에서 발생한 선형 조합의 특성을 이용한다.

우선 수신된 신호를 이용하여 $N_e \times 2N_e$ 인 행렬 U 를 구성한다. 수신된 신호의 선형성을 판단하기 위해서 행렬 U 에 가우스 소거(Gaussian elimination)를 적용하여 행렬 U_G 를 얻는다. 수신된 신호를 인터리빙 주기와 다른 크기의 행렬로 구성할 경우, 가우스 소거를 적용하면 삼삼각 행

렬의 형태로 나타나게 되지만, 인터리빙 주기와 일치하는 크기로 행렬을 구성할 경우, 0으로 나타나는 행이 존재하게 된다.

그러므로 행렬 U_G 내 '0' 비트의 개수에 대한 '1' 비트의 개수 비율을 계산하고 비율이 문턱값보다 작은 값을 확인하여 인터리빙 주기를 결정한다.

N_e 값이 인터리빙 주기와 일치할 경우, 0으로 나타나는 행의 개수 M 은 다음과 같다.

$$M = s \cdot n - s \cdot v - \text{rank}(U_G) \quad (2)$$

이를 통해 수신된 신호의 부호율을 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{k}{n} = \frac{\text{rank}(U_G)}{N_e} = \frac{N_e - M}{N_e} \quad (3)$$

위와 같은 과정을 통해, 인터리빙 주기와 부호율을 구할 수 있으며, 최종적으로 인터리빙 주기가 가질 수 있는 인수를 이용하여 행렬을 구성하고 선형성을 판별함으로써 디인터리버를 복원할 수 있다.

IV. 모의실험 결과

본 장에서는 앞서 제안한 인터리버 복원에 대한 검증용 위해 모의실험을 수행한 결과를 제시한다. 그림 2에는 행렬 U_G 예를 나타내었다.

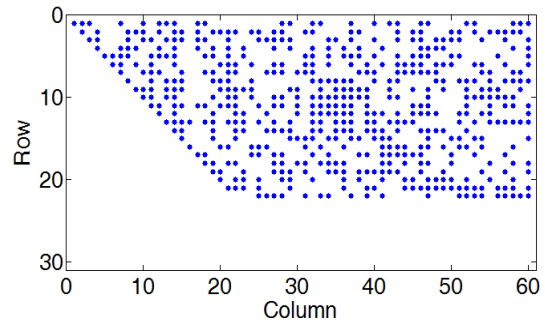


그림 2. 행렬 U_G 의 1 분포도 ($N_e = N_p$)

채널 부호는 [16, 11] 해밍 부호 및 1비트 천공을 적용하였으며, 15×2 크기의 매트릭스 인터리버를 이용하여 신호를 생성하였다. 수신단에서 $N_e = 30$ 인 행렬을 구성하였을 경우 그림 2와 같이 0으로 나타나는 행을 확인할 수 있으며, 이때, $M=8$ 이 된다. 따라서 인터리빙 주기는 30, 부호율은 $4/15$ 인 것을 확인할 수 있다. 그리고 인터리빙 주기 30에서 가질 수 있는 행과 열에 대한 경우의 수는 $2 \times 15, 3 \times 10, 5 \times 6, 6 \times 5, 10 \times 3, 15 \times 2$

이므로 각각의 경우에 선형성을 확인하면 15x2에서 그 선형성이 명확하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 천공 채널 부호화된 신호에 대한 인터리버 복원 알고리즘을 제안하고 컴퓨터 모의실험을 통해 결과를 검증하였다. 본 논문에서 제시된 기법을 바탕으로 추후 잡음 환경에서의 복원 신뢰도 확보 방안 등에 대한 추가적인 연구가 진행될 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 인터리버 복원 기법은 송신단에 대한 정보가 부족한 상황에서 송신 정보의 획득이 필요한 다양한 분야에 활용이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, Prentice-Hall, 2001.
- [2] G. Burel and G. Canellieri, "Blind Estimation of Encoder and Interleaver Characteristics in a Non Cooperative Context," *IASTED Int. Conf. Communications, Internet and Information Technology*, pp. 275-280, Nov. 2003.
- [3] G. Sicot and S. Houcke, "Blind Detection of Interleaver Parameters," *IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp. 829-832, Mar. 2005.
- [4] 이주병, 정정훈, 김상구, 김탁규, 윤동원, "채널 부호의 선형성을 이용한 길쌈 인터리버의 파라미터 추정," *전자공학회 논문지* 제 48권 TC편 제 4호, pp. 15-23, 2011년.