

# 채널 코드 추정 방법에 대한 비교 분석

김인선, 박진수, 송홍엽  
연세대학교

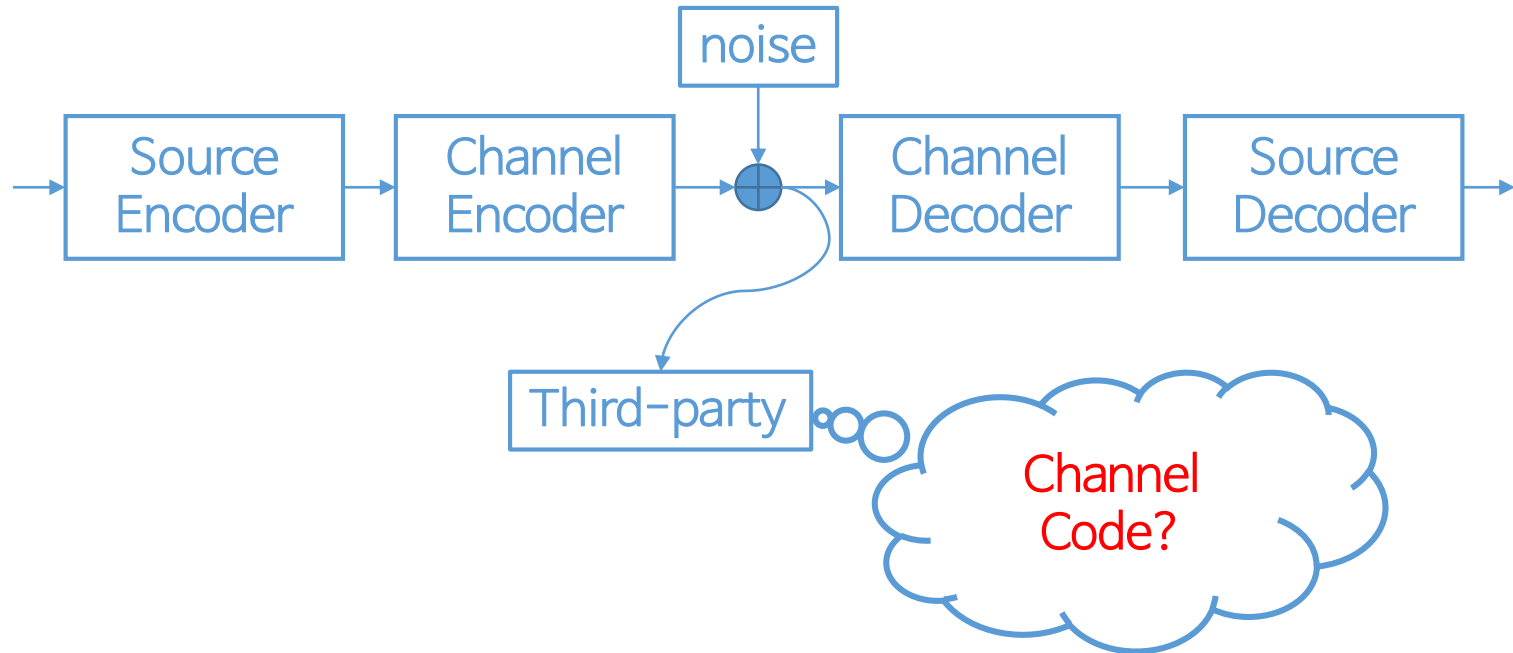
2014/11/22

2014 한국통신학회 추계종합학술발표회



# I. 서론

## 채널 추정 문제

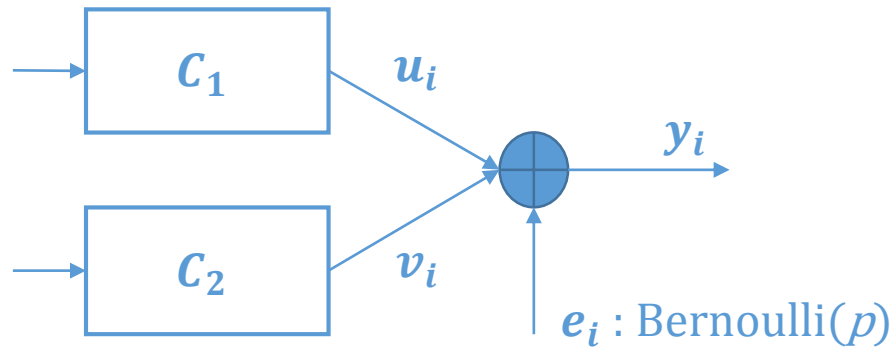


✓ Linear code: NP-Hard Problem [1]

[1] Antoine Valembois. "Detection and recognition of a binary linear code," Discrete Applied Mathematics Vol. 111, Issues 1 - 2, pp. 199 - 218, July 2001.

# I. 서론

## 간략한 채널 코드 추정 문제



- ✓ 두 가지 선형 블록 코드
- ✓ 같은 길이의 선형 블록 코드
- ✓ 두 선형 블록 코드를 같은 확률로 사용
- ✓ 제 3자가 선형 블록 코드의 길이를 알고 있음
- ✓ 제 3자가 수신 벡터의 시작점을 알고 있음

# I. 서론

---

채널 코드 추정을 위한 가설 검증 문제

$$\begin{aligned} H_1 : \mathbf{y}_i &= \mathbf{u}_i + \mathbf{e}_i \quad \text{if } \mathbf{u}_i \in \mathcal{C}_1 \\ H_2 : \mathbf{y}_i &= \mathbf{v}_i + \mathbf{e}_i \quad \text{if } \mathbf{v}_i \in \mathcal{C}_2 \end{aligned} \quad \text{for } 1 \leq i \leq N$$

- ✓ 추정을 위해서  $N$ 개의 수신 벡터  $\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_n$ 을 관찰하여  $H_1$  과  $H_2$  중 하나를 선택한다.
- ✓  $\mathbf{u}_i$  : 길이가  $n$ 인 code  $\mathcal{C}_1$ 의 codeword
- ✓  $\mathbf{v}_i$  : 길이가  $n$ 인 code  $\mathcal{C}_2$ 의 codeword
- ✓  $\mathbf{e}_i$  : i.i.d. Bernoulli( $p$ )인 길이  $n$ 인 잡음 벡터

## II. 본 론

### Hypothesis testing with inner product method [2]

- ✓ Code  $C_1$ 의 Parity check matrix  $H = (\mathbf{h}_i) \ 1 \leq i \leq n - k$

- ✓ 수신벡터  $\mathbf{y}_i = \mathbf{u}_i + \mathbf{e}_i$ 에 대해서

$$P[\langle \mathbf{h}, \mathbf{y}_i \rangle \geq 1] = \frac{1 - (1 - 2p)^{w(\mathbf{h})}}{2}$$

- ✓ 수신벡터  $\mathbf{y}_i' = \mathbf{v}_i + \mathbf{e}_i$ 에 대해서

$$P[\langle \mathbf{h}, \mathbf{y}_i' \rangle \geq 1] = \frac{1}{2}$$

$$\sum_{i=1}^N \langle \mathbf{h}, \mathbf{y}_i \rangle \approx \frac{N}{2} - \frac{N}{2} (1 - 2p)^{w(\mathbf{h})} \longrightarrow \boxed{C_1}$$

$$\sum_{i=1}^N \langle \mathbf{h}, \mathbf{y}_i \rangle \approx \frac{N}{2} \longrightarrow \boxed{C_2}$$

[2] C. Chabot, "Recognition of a code in a noisy environment," in Proceedings of IEEE ISIT, Nice, France, June 2007, pp. 2211 - 2215.

## II. 본 론

---

### Hypothesis testing with parity check [3]

- ✓ Code  $C_1$ 의  $i$ 번째 parity check equation

$$u_{i_1} \oplus u_{i_2} \oplus \cdots \oplus u_{i_P} = 0$$

- ✓ Syndrome posteriori probability

$$\gamma_i \triangleq \Lambda(u_{i_1}|y_{i_1}) \boxplus \cdots \boxplus \Lambda(u_{i_P}|y_{i_P})$$

$\boxplus$ : box-plus operation  
 $\Lambda(u_{i_j}|y_{i_j})$ : a posteriori log-likelihood ratio (LLR)

- ✓ Hypothesis test

$$\sum_{i=1}^N \underset{H_2}{\overset{H_1}{\gamma_i}} \underset{H_2}{\overset{H_1}{\geq}} \underset{H_2}{\overset{H_1}{\eta}}$$

[3] R. Moosavi and E. Larsson, "A fast scheme for blind identification of channel codes," in Proceedings of IEEE GLOBECOM, Houston, Texas, USA, December 2011, pp. 1 - 5.

## II. 본 론

---

### Hypothesis testing with likelihood ratio test [4]

- ✓  $N$ 개의 수신 벡터 sequence  $\mathbf{Y}^N = [\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_N]$
- ✓ Likelihood ratio test

$$l(\mathbf{Y}^N) = \prod_{i=1}^N \frac{P(\mathbf{y}_i|H_1)}{P(\mathbf{y}_i|H_2)} \underset{H_2}{\overset{H_1}{\geq}} 1$$

- ✓ Fast likelihood calculation

$$\begin{aligned} P(u_i = 1|\mathbf{y}; H_1) &= \sum_{u_i=1, \mathbf{u} \in C_1} P(\mathbf{u}|\mathbf{y}; H_1) \\ &= \sum_{u_i=1, \mathbf{u} \in C_1} \frac{P(\mathbf{u})}{P(\mathbf{y}|H_1)} P(\mathbf{y}|\mathbf{u}; H_1) \\ &= \frac{1}{2^k} \frac{1}{P(\mathbf{y}|H_1)} \sum_{u_i=1, \mathbf{u} \in C_1} P(\mathbf{y}|\mathbf{u}; H_1) \end{aligned}$$

## II. 본 론

---

Hypothesis testing with likelihood ratio test [4]

$$L_{H_1}(1) \triangleq \sum_{u_i=1, \mathbf{u} \in C_1} P(\mathbf{y}|\mathbf{u}; H_1)$$

✓  $P(u_i = 1|\mathbf{y}; H_1) + P(u_i = 0|\mathbf{y}; H_1) = 1$ 이므로 likelihood는

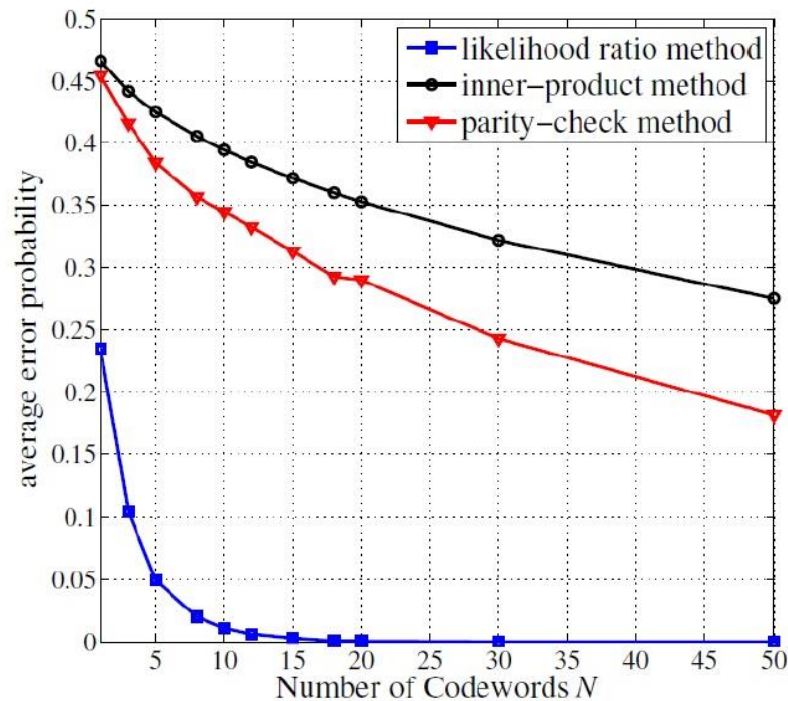
$$P(\mathbf{y}|H_1) = \frac{2^k}{L_{H_1}(1) + L_{H_1}(0)}$$

[4] Arti D. Yardi, Animesh Kumar, and Saravanan Vijayakumaran, "Channel-Code Detection by a Third-Party Receiver via the Likelihood Ratio Test," in Proceedings of IEEE ISIT, Honolulu, HI, USA, July, 2014, pp. 1051 - 1055.



# III. 결론

- 시뮬레이션 파라미터
  - ✓  $H_1$ : Hamming (31,26),  $H_2$ : BCH(31,16)
  - ✓ 채널 오류 확률  $p = 0.1$



- ✓ 평균 오류 확률 측면에서 likelihood ratio method가 가장 좋은 성능을 보임

# III. 결 론

---

- 간략한 채널 코드 추정 문제를 해결하기 위한 방안 및 성능
  - ✓ Inner-product method
  - ✓ Parity-check method
  - ✓ Likelihood ratio method
  
- 추후 연구
  - ✓ 두 가지 이상의 선형 블록 코드에 대한 채널 코드 추정
  - ✓ 다른 길이의 선형 블록 코드에 대한 채널 코드 추정
  - ✓ 선형 블록 코드가 아닌 다른 코드에 대한 채널 코드 추정
  - ✓ 제 3자가 수신 벡터의 시작점을 알고 있지 못할 때 채널 코드 추정

