

부분대역 재밍 채널에서 **Dual-K** 길쌘부호의 반복 복호 성능

*김 대선 **은유창 ***송홍엽

2002. 11. 23

Department of Electrical & Electronic
Engineering. Yonsei university





순서



- 서론
- 터보 부호기
 - ✓ Dual- K 길쌈 부호
 - ✓ Dual- K RSC 부호기
- 터보 복호기
 - ✓ Dual- K 터보 부호의 복호
- 시뮬레이션 결과
 - ✓ 채널 환경
 - ✓ Dual- K 터보 부호의 성능
- 결론



서론



□ FH 시스템

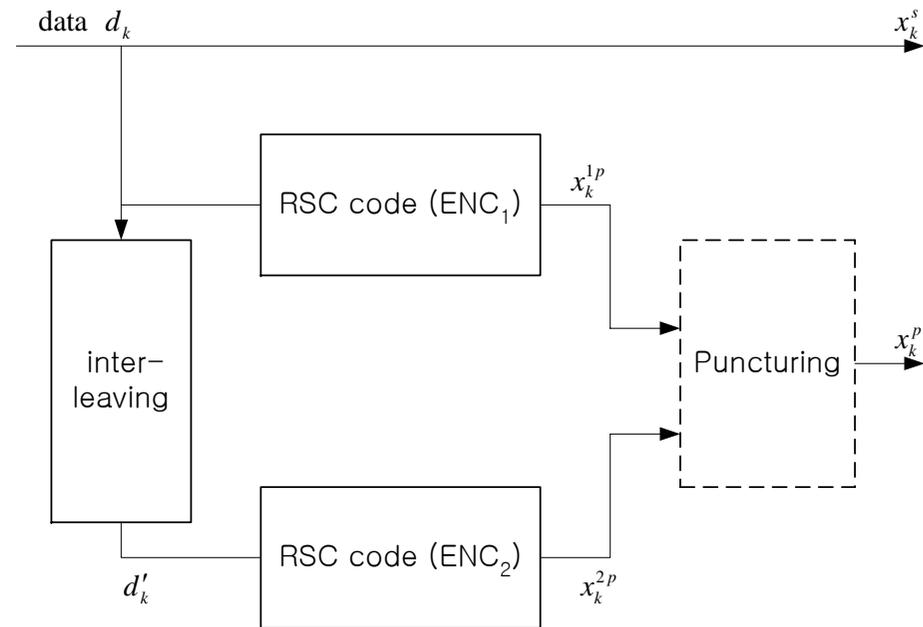
- ✓ 재밍과 같은 간섭신호가 존재하는 채널에서 효과적
- ✓ 채널 부호 사용 : 부호화 이득과 재밍에 대한 다이버시티 효과
- ✓ FFH에서는 빠른 주파수 도약으로 인해 위상 동기 유지가 어려워 MFSK 변복조 방식 선호

□ 연구 동기

- ✓ Soft 입출력 복호기를 이용한 반복 복호 방법에 관한 연구 증가
- ✓ 비동기 검출을 사용하는 MFSK 변조 방식에 적합한 터보 부호의 연구

□ 터보 부호기의 구조

- ✓ RSC 부호기의 병렬 연접
- ✓ 인터리버
- ✓ 펄처러 (Puncturer)



□ 터보 부호기의 길쌈 부호

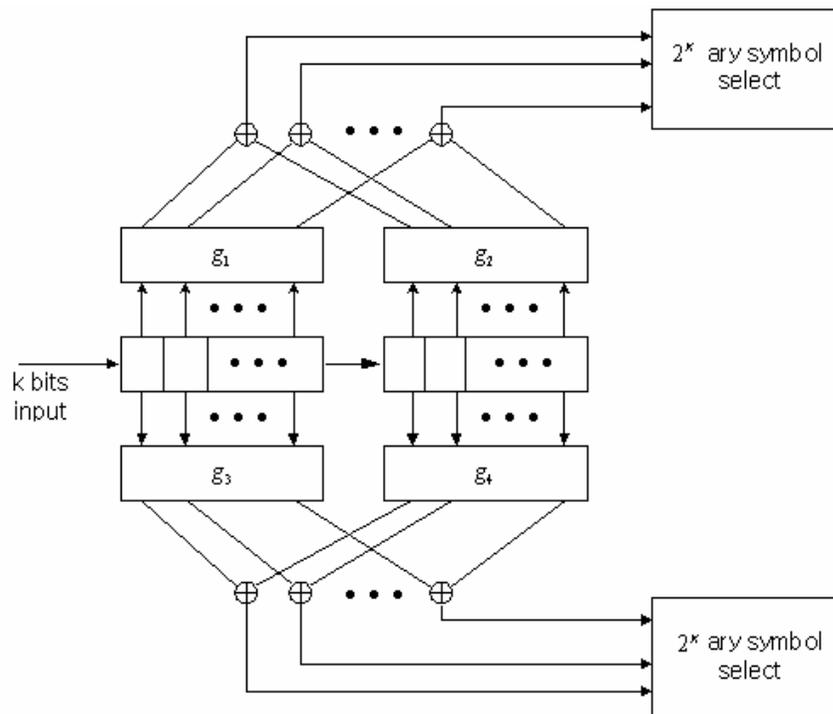
- ✓ 부호율이 1/2 인 NSC 부호기의 발생함수 : $g_0(D), g_1(D)$

- ✓ $G_{NSC}(D) = [g_0(D) \quad g_1(D)]$

$$G_{RSC}(D) = \begin{bmatrix} 1 & \frac{g_1(D)}{g_0(D)} \end{bmatrix}$$

□ Dual- K 길쌈 부호

- ✓ 부호율 $1/2$, 구속장 $2K$
- ✓ K 비트가 동시에 입력되고 두개의 2^K -ary 심볼 알파벳이 선택



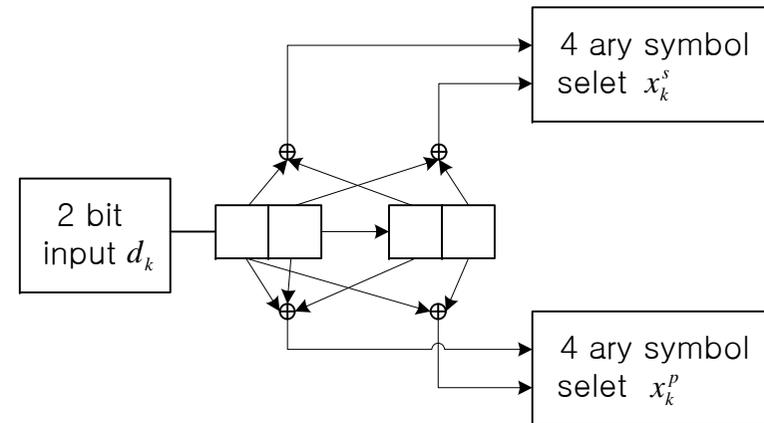
$$g_1 = g_2 = g_4 = \mathbf{I}_K$$

$$g_3 = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ 0 & & \mathbf{I}_{K-1} & \\ \vdots & & & \\ 0 & & & \\ 1 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

□ $K=2$ 인 경우 예

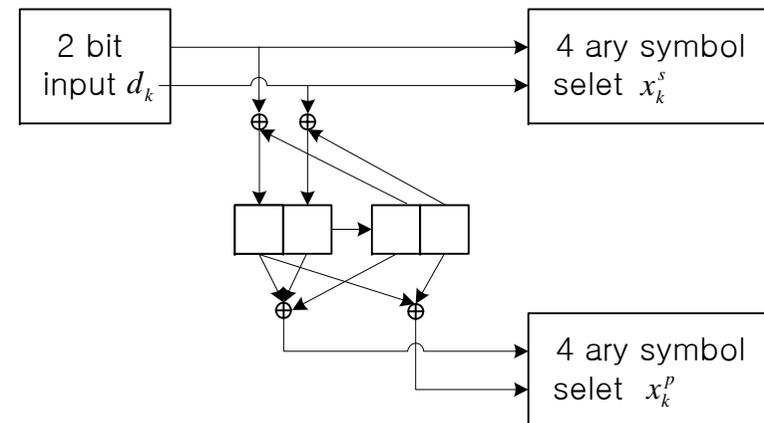
✓ Dual-2 NSC 부호기

$$\left[\begin{array}{cc|cc} 1+D & 0 & 1+D & 1 \\ 0 & 1+D & 1 & D \end{array} \right]$$



✓ Dual-2 RSC 부호기

$$\left[\begin{array}{cc|cc} 1 & 0 & 1 & \frac{1}{1+D} \\ 0 & 1 & \frac{1}{1+D} & \frac{D}{1+D} \end{array} \right]$$



□ 터보 복호기

- ✓ 두개의 복호기가 직렬로 연결
- ✓ 전 복호단의 잉여 정보를 사전 정보로 이용

□ 비이진 터보 부호의 복호된 심볼 판정

- ✓ $\hat{d}_k = i$ if $\log\left(\frac{P(d_k = i | \mathbf{y})}{P(d_k = j | \mathbf{y})}\right) > 0$ for all $j, j \neq i$

- ✓ $\mathbf{M}(d_k = i) = \log(\Pr(d_k = i | \mathbf{y}))$

- $\hat{d}_k = i$ if $\mathbf{M}(d_k = i) > \mathbf{M}(d_k = j)$ for all $j, j \neq i$

□ APP

$$P(d_k = i / \mathbf{y}) = \sum_{s^i} p(s_{k-1} = s', s_k = s, \mathbf{y}) / p(\mathbf{y})$$

□ Modified BCJR 알고리즘

$$\begin{aligned} p(s_{k-1} = s', s_k = s, \mathbf{y}) &= p(s_{k-1} = s', \mathbf{y}_1^{k-1}) \cdot p(s_k = s, y_k | s_{k-1} = s') \cdot p(\mathbf{y}_{k+1}^N | s_k = s) \\ &= \tilde{\alpha}_{k-1}(s') \cdot \gamma_k(s', s) \cdot \tilde{\beta}_k(s) \end{aligned}$$

$$\tilde{\alpha}_k(s) = \frac{\sum_{s'} \tilde{\alpha}_{k-1}(s') \gamma_k(s', s)}{\sum_s \sum_{s'} \tilde{\alpha}_{k-1}(s') \gamma_k(s', s)} \quad \tilde{\beta}_{k-1}(s') = \frac{\sum_s \tilde{\beta}_k(s) \gamma_k(s', s)}{\sum_s \sum_{s'} \tilde{\alpha}_{k-1}(s') \gamma_k(s', s)}$$

$$\gamma_k(s', s) = P(d_k) p(y_k | d_k) = P(d_k) p(y_k^p | d_k) p(y_k^s | d_k)$$

□ 각 심볼에 대한 메트릭

$$\begin{aligned} \mathbf{M}(d_k = i) &= \log \left(\sum_{s^i} \tilde{\alpha}_{k-1}(s') \cdot \gamma'_k(s', s) \cdot \tilde{\beta}_k(s) \right) \\ &= \log \left(\sum_{s^i} \tilde{\alpha}_{k-1}(s') \cdot \gamma'_k(s', s) \cdot \tilde{\beta}_k(s) \right) + \log(p(y_k^s | d_k = i)) + \log(P(d_k = i)) \end{aligned}$$

□ MFSK 변조 방식의 채널 정보

✓ $d_k = i$ 를 가정, MFSK 검출기의 메트릭

$$|r_m| = \sqrt{r_{mc}^2 + r_{ms}^2}, \quad m = 1, 2, \dots, M$$

$$r_{mc} = n_{mc}, \quad r_{ms} = n_{ms}, \quad m = 1, 2, \dots, M \quad m \neq i$$

$$r_{ic} = \sqrt{E_s} \cos \phi_i + n_{ic}, \quad r_{is} = \sqrt{E_s} \sin \phi_i + n_{is}$$

✓ 조건부 확률

$$p(r_{ic}, r_{is} | d_k = i) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{|r_i|^2 + E_s}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{|r_i|\sqrt{E_s}}{\sigma^2}\right)$$

$$p(r_{mc}, r_{ms}) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{|r_m|^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{for all } m, \quad m \neq j$$

✓ 채널 정보

$$p(y_k | d_k = i) = A \cdot I_0\left(\frac{|r_i|\sqrt{E_s}}{\sigma^2}\right) \quad I_0(x) \approx \frac{1}{6}x^3 + 1$$



시뮬레이션 결과



- 채널 모델
 - ✓ 비동기 검출을 사용하는 MFSK 변복조 방식
 - ✓ Discrete memoryless AWGN 채널
 - ✓ 부분 대역 재밍

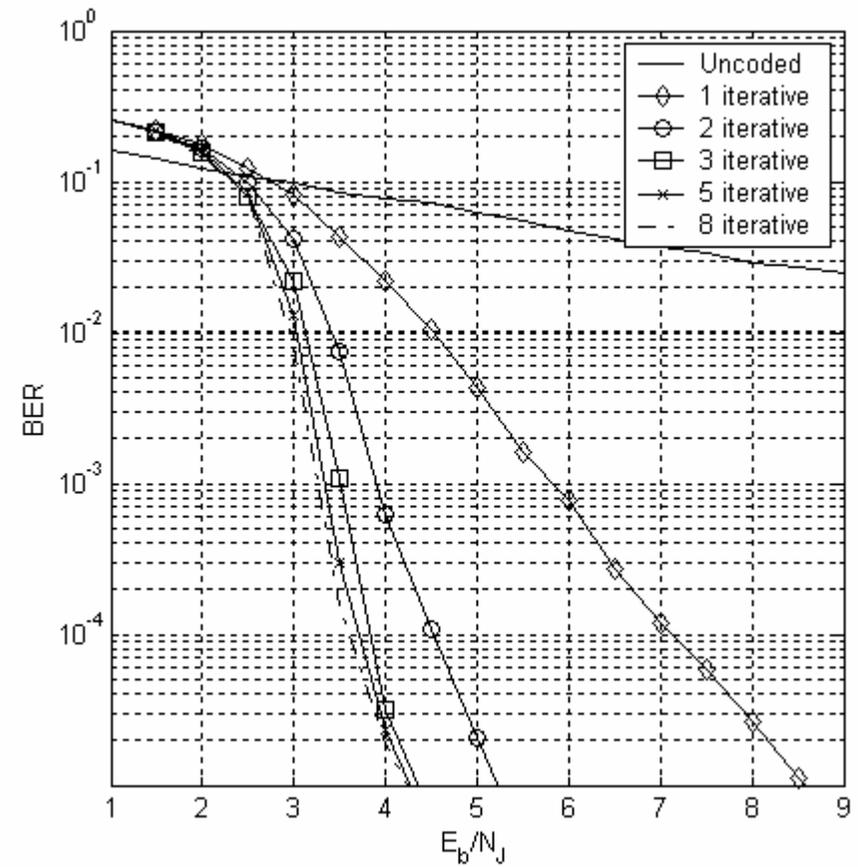
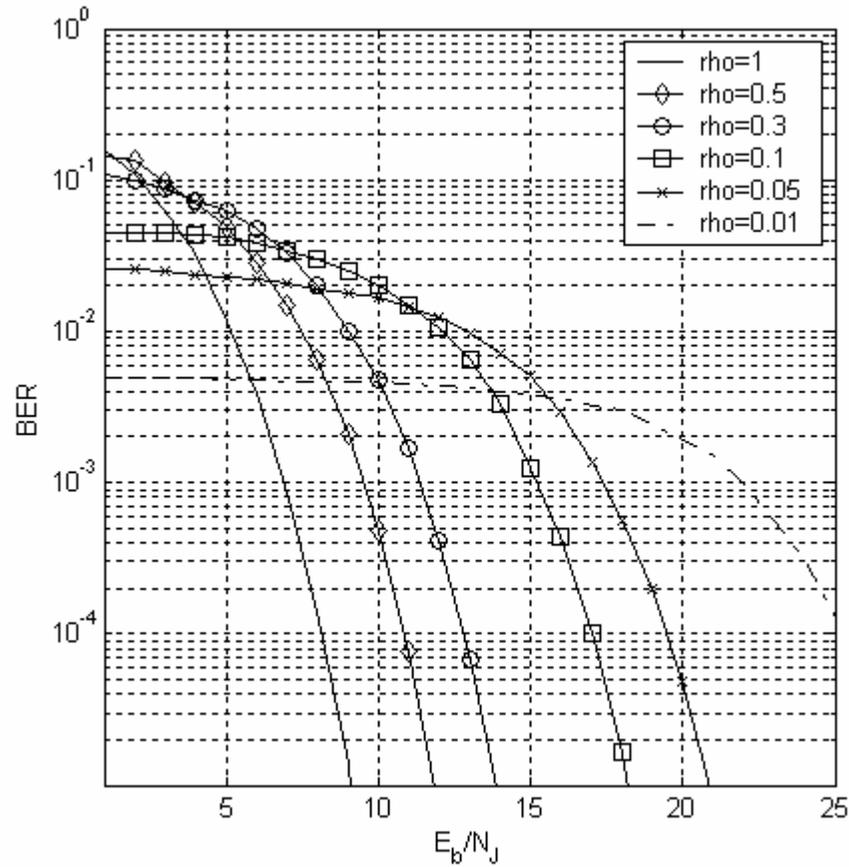
- 인터리버
 - ✓ 비균일 인터리버
 - ✓ 128*128 심볼 크기
 - ✓ 심볼 단위 인터리빙

- 펄처링 적용 (전체 부호율=1/2)

✓ FH/MFSK 부분대역 재밍

✓ 최악의 부분 대역 재밍일 경우

Dual-3 터보 부호의 성능





결론



- FH/MFSK 시스템에 적합한 Dual- K 터보 부호 제안
- 부분 대역 재밍 환경에서의 제안된 Dual- K 터보 부호는 우수한 성능을 가짐
- 비이진 부호로서의 장점
 - ✓ 펄처링에 민감하지 않음
 - ✓ 적은 반복 복호 횟수에도 수렴된 성능을 냄