Generalized Barker Sequences를 이용한 OFDM 시스템의 Peak-to-Average Power Ratio 감소 방안

변 우 성, 홍 윤 표, 송 홍 엽

(ws.byun@coding.yonsei.ac.kr)

2003년 5월 2일

Coding & Information Theory Lab.

Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei Univ.

차 례

- 서론
- OFDM 송신단 블록도
- PAPR의 수식
- Generalized Barker Sequences
- GBS의 응용
- 제안된 OFDM 전송방식
- 성능분석
- 결론

서 론

OFDM 전송방식의 장점

- 다중경로 페이딩 채널에 강함
- 고속의 데이터 전송 및 대역폭 효율 좋음
- IFFT/FFT 알고리즘을 이용한 효율적 시스템 구축

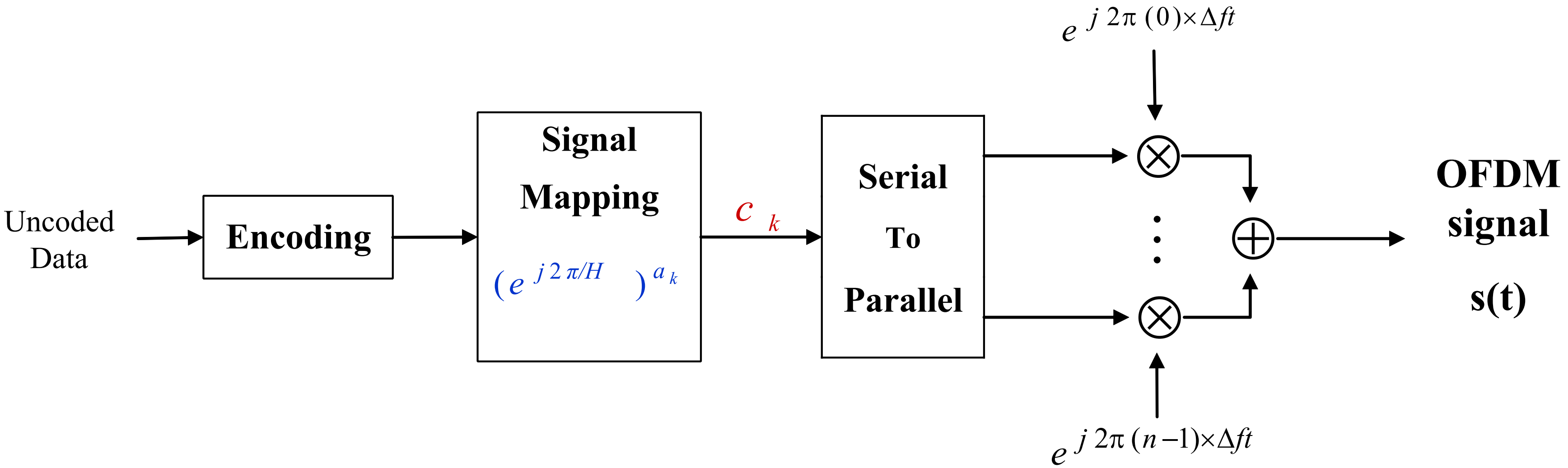
OFDM 전송방식의 단점

- 높은 Peak-to-Power Ratio(이하 PAPR)로 인한 OFDM 주파수 대역내 간섭 신호 및 인접 주파수 대역 간섭 신호 야기

서 론

- 높은 PAPR을 줄이기 위한 방법들
  - 사전왜곡과 클리핑
  - 부분 전송 부호열
  - 선택적 매핑
  - 블록 부호화
- 본 논문의 제안
  - 다중위상 부호열인 Generalized Barker sequences(이하 GBS)와 수정된 신호 성상도를 이용하여 대역폭 효율 감소 없는 PAPR 제한 방식

OFDM 송신단 블록도



$$c_k = (e^{j2\pi/H})^{a_k}, \quad 0 \le k \le n\text{-}1$$

$$s(t) = e^{j\omega_0 t}\left(\sum_{k=0}^{n-1} c_k e^{j2\pi(k\Delta f)t}\right), \quad 0 \le t \le T$$

PAPR의 수식

- OFDM 신호의 순시 포락선 전력 및 비주기 자기상관 함수를 통한 PAPR의 수식 유도

$$
\begin{aligned}
P_c(t) &= |s(t)|^2 = s(t)\cdot s(t)^* \\
&= \sum_{\tau=1-n}^{n-1} A_c(\tau) e^{j2\pi(\tau\Delta f)t} \\
&= A_c(0) + 2\cdot \mathrm{Re}\left(\sum_{\tau=1}^{n-1} A_c(\tau) e^{j2\pi(\tau\Delta f)t}\right)
\end{aligned}
$$

$$
A_c(\tau) = \sum_{k=0}^{(n-1)-\tau} \left(e^{j2\pi/H}\right)^{a_k - a_{k+\tau}}, \quad 0 \le \tau \le n-1
$$

$$
\begin{aligned}
\therefore\ PAPR &= \frac{\max_t P_c(t)}{P_{av}} = \frac{\max_t P_c(t)}{\|c\|^2} \\
&= 1 + \frac{2}{n}\cdot \max_t \left\{ \mathrm{Re}\left(\sum_{\tau=1}^{n-1} A_c(\tau) e^{j2\pi(\tau\Delta f)t}\right)\right\}
\end{aligned}
$$

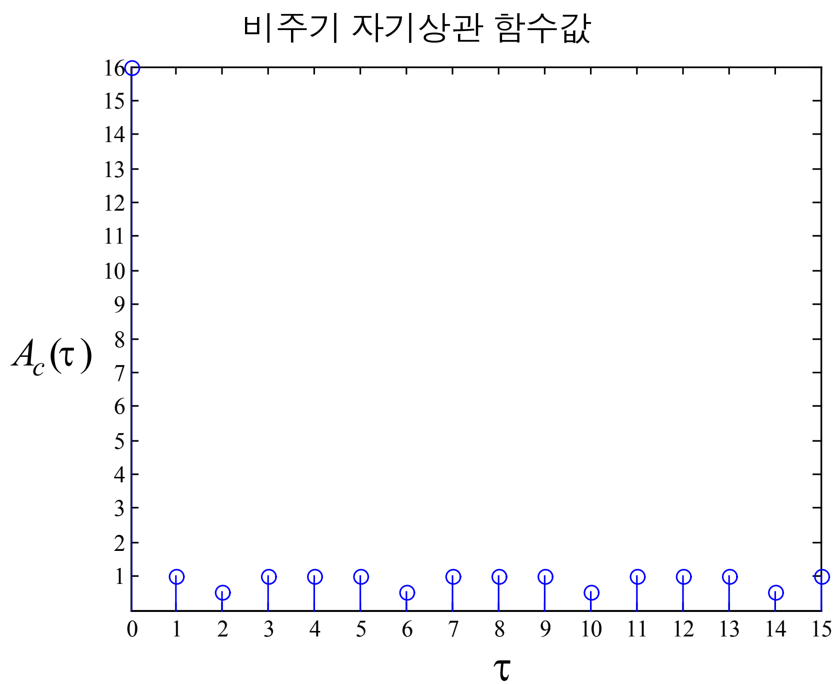
Generalized Barker Sequences

GBS의 정의

- 비주기 자기상관 함수값의 절대값이 1 이하인 복소 부호열 $\{u_k\}$
- 길이 16, sixty-phase GBS의 예

$$u_k = \exp\{j2\pi \cdot \frac{\alpha_k}{60}\}$$

길이	부호열 $\{u_k\}$의 위상, α_k
16	0 0 0 15 15 0 45 45 15 30 45 15 0 30 0 35



GBS의 응용

- GBS를 위상변환 한 임의의 복소 부호열 $\{v_k\}$가 GBS가 되기 위한 조건은 다음과 같다

$$v_k = (e^{j2\pi/H})^{a_k} u_k, \quad a_k \in Z_H$$

$$A_v(\tau) = \sum_{k=0}^{(n-1)-\tau} v_k v_{k+\tau}^* = \sum_{k=0}^{(n-1)-\tau} (e^{j2\pi/H})^{a_k - a_{k+\tau}} u_k u_{k+\tau}^*$$

$$\therefore \textit{Each } \tau, \quad a_k - a_{k+\tau} = c \text{ (constant)}, \quad k = 0, \cdots, n-1$$

- 기존의 OFDM 전송방식의 신호 성상도에 적용하면 a_k가 Z_H의 임의의 원소이므로 위 조건을 항상 만족시키지 못함

제안된 OFDM 전송방식

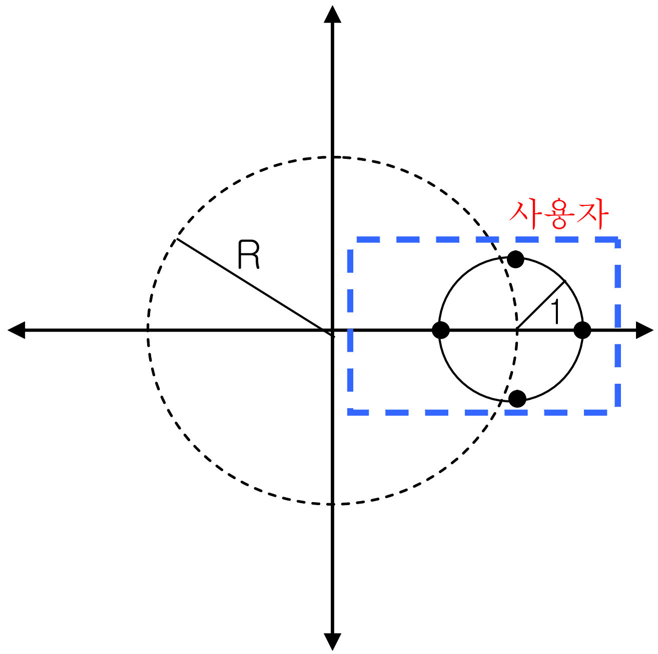
❑ 수정된 신호 성상도

- 신호 매핑 과정

$$R(e^{j2\pi/H'})^{b_i} + (e^{j2\pi/H})^{a_k}$$

$$a_k \in Z_H,\ b_i \in Z_{H'}$$

- 신호 성상도의 예



(사용자는 QPSK로 신호를 매핑)

제안된 OFDM 전송방식

제안된 OFDM 전송방식의 특성

- 수정된 신호 매핑에 의한 OFDM 전송신호

$$s(t) = \frac{1}{R}\sum_{k=0}^{n-1}\{R(e^{j2\pi/H'})^{b_i} + (e^{j2\pi/H})^{a_k}\}u_k e^{j2\pi(k\Delta f)t}$$

- 새롭게 생성된 복소 부호열

$$c_k = \{(e^{j2\pi/H'})^{b_i} + \frac{1}{R}(e^{j2\pi/H})^{a_k}\}u_k, \quad k = 0, \cdots, n-1$$

제안된 OFDM 전송방식

- 새롭게 생성된 복소 부호열의 비주기 자기상관 함수

$$A_c(\tau) = \sum_{k=0}^{(n-1)-\tau} c_k c_{k+\tau}^* = \sum_{k=0}^{(n-1)-\tau} \left[1 + \frac{B}{R} + \frac{D}{R^2}\right] u_k u_{k+\tau}^*$$

$$B = \frac{(e^{j2\pi/H})^{a_k}}{(e^{j2\pi/H'})^{b_i}} + \frac{(e^{j2\pi/H'})^{b_k}}{(e^{j2\pi/H})^{a_{k+\tau}}}, \quad D = (e^{j2\pi/H})^{a_k - a_{k+\tau}}$$

- 위 식에서 R 값이 커질수록 비주기 자기상관 함수값이 GBS의 비주기 자기상관 함수값에 근접하므로 복소 부호열 $\{c_k\}$는 GBS에 근사하게 됨

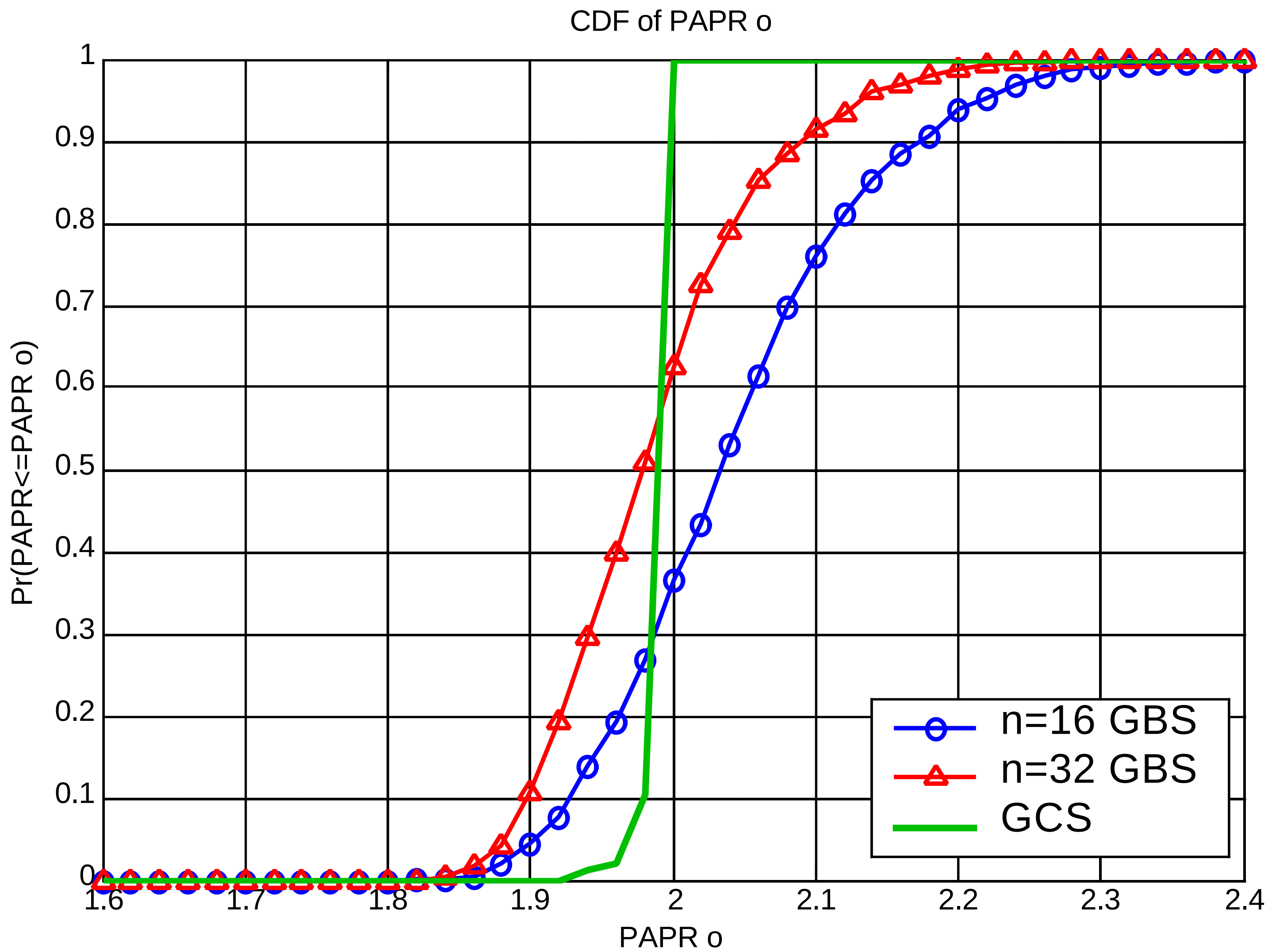
❑ 제안된 방식의 PAPR 값의 예

- 임의로 생성된 길이 16의 QPSK 부호열이 입력 데이터(b_i=0)

R	비주기 자기상관 함수값	**PAPR**
GBS	16.000 1.000 0.518 1.000 1.000 1.000 0.518 1.000 1.000 1.000 0.518 1.000 1.000 1.000 0.518 1.000	1.876
2	17.000 0.599 0.443 2.280 1.200 2.202 3.591 3.105 1.491 0.911 1.255 1.368 0.436 1.090 1.532 1.250	2.708
3	18.444 2.269 2.688 1.875 0.742 2.246 0.444 0.808 1.331 0.808 0.774 1.214 0.257 0.829 0.446 0.703	2.478
4	16.000 1.993 0.550 0.950 1.301 1.741 0.828 1.493 1.735 1.646 1.618 1.427 0.805 0.938 0.967 0.938	2.221
5	18.240 1.338 0.524 1.760 2.400 0.763 1.286 0.650 1.908 1.004 0.527 1.087 0.931 1.285 0.987 1.224	1.949

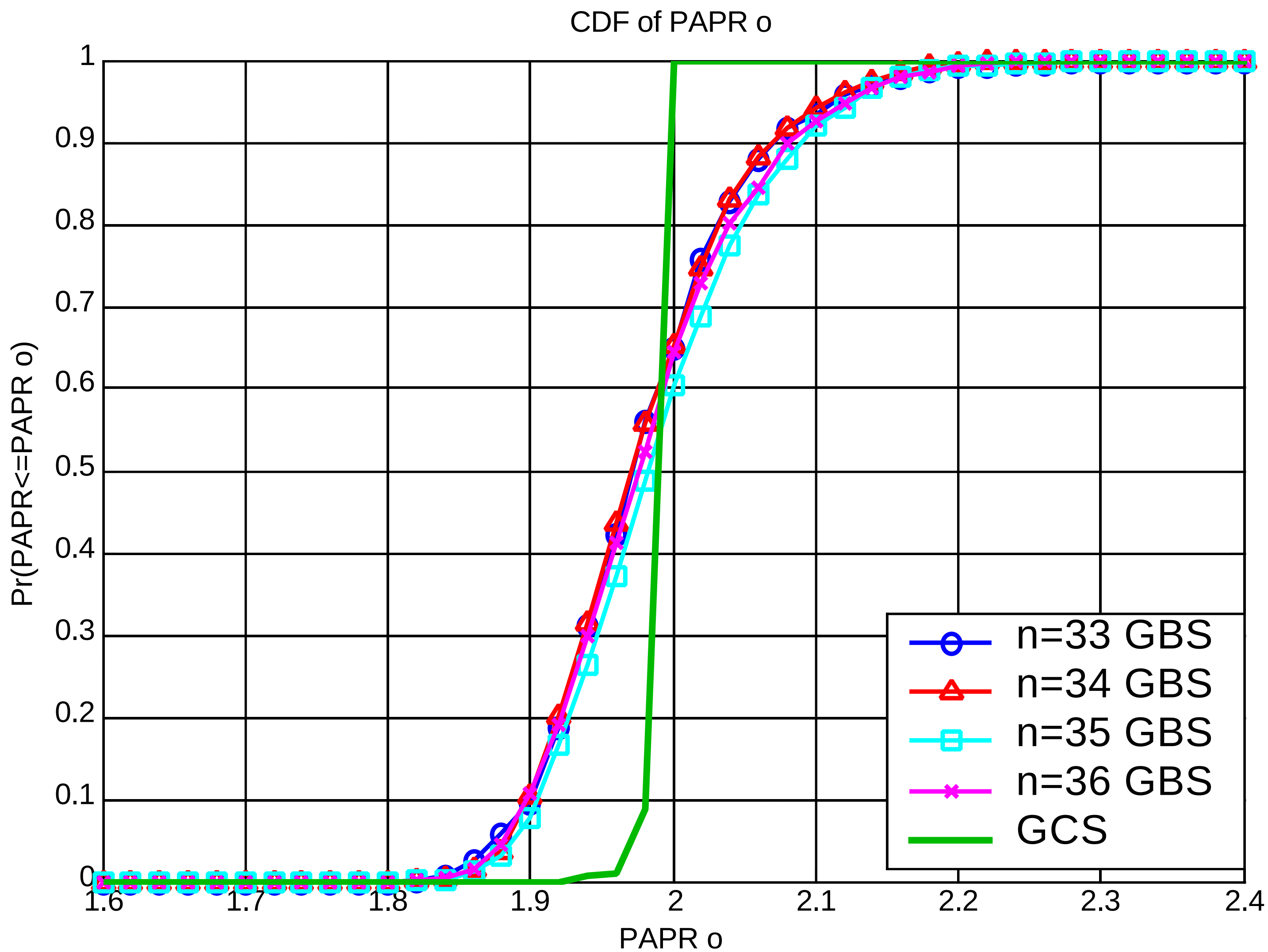
성능분석

- 부호열의 길이가 16, 32일 때 PAPR누적 분포 비교 (*R*=5)



성능분석

- 부호열의 길이가 33~36일 때 PAPR누적 분포 비교 (*R*=5)



결 론

- GBS와 수정된 신호 성상도를 통해 전력효율을 유지하며 PAPR 값을 줄이는 방법을 제안
- R 값이 증가할수록 PAPR 값은 현저히 줄어드나 수신단의 BER 성능 또한 현저한 저하가 발생
- 제안된 OFDM 전송방식은 PAPR과 BER 사이에 Trade-off를 갖게 됨