

길이 64를 갖는 almost polyphase sequence의 다양한 설계 방법

이민형, 송홍엽

연세대학교 전기전자공학과

{mhlee95, hysong}@yonsei.ac.kr

Constructions of the almost-polyphase sequences of length 64

Min Hyung Lee, Hong-Yeop Song

Yonsei Univ.

요약

본 논문은 4G의 PSS로 사용되고 있는 길이가 64인 유사 다상 수열의 주요 특성들을 동일하게 갖는 유사 다상 수열들의 생성법을 소개한 후 이들의 PSLR을 이용해 자기상관 특성을 비교한다. 비교 결과, 기존의 4G의 PSS로 쓰이는 유사 다상 수열 보다 자기상관 특성이 더 우수한 유사 다상 수열들을 찾을 수 있었다.

I. 서론

유사 다상수열(Applied polyphase sequence)은 모든 원소가 복소평면상의 단위근(root-of-unity)이거나 0인 수열이다. 자기상관 특성이 좋은 유사 다상 수열은 통신 시스템에서 시간/주파수 동기를 맞추기 위해 사용되며 대표적인 예시는 4G의 Primary Synchronization Signal(PSS)이다.

4G의 PSS는 10ms마다 Base Station에서 User Equipment로 전송되어 시간/주파수 동기를 맞추기 위해 사용된다 [1]. 현재 4G의 PSS로 사용되는 수열은 길이가 63인 Zadoff-Chu 수열을 이용해 만든 유사 다상 수열이다. Zadoff-Chu 수열은 비주기 자기상관이 모두 0으로 자기상관 특성이 매우 우수하나, 4G의 PSS로 사용되기 위해 변형 후 사용되기 때문에 자기상관 특성의 열화가 일어난다 [2-3]. 동기를 맞추기 위한 신호는 자기상관의 특성이 좋을수록 성능이 좋기 때문에, 자기상관 특성의 열화는 성능의 열화를 야기한다.

본 논문은 길이가 다른 Zadoff-Chu 수열들을 이용하여 현재 사용되고 있는 4G의 PSS의 특성들이 유지되는 여러 유사 다상 수열의 설계 방법을 제안한 후, 이들의 Peak Sidelobe Ratio(PSLR)를 이용해 자기상관 특성을 비교한다.

II. 본론

현재 4G의 PSS에 사용되는 길이가 63인 Zadoff-Chu 수열을 이용하여 만든 길이 64인 유사 다상 수열 z_1 의 생성방법은 방법1과 같다.

방법1.

$u = 29$ 일 때,

$$z_1(n) = \begin{cases} \exp\left(-j \frac{un(n+1)}{63}\right) & \text{if } 0 \leq n \leq 30 \\ 0 & \text{if } n = 31 \\ \exp\left(-j \frac{u(n+1)(n+2)}{63}\right) & \text{if } 32 \leq n \leq 62 \\ 0 & \text{if } n = 63 \end{cases}$$

4G의 PSS로서 z_1 이 갖는 주요한 3가지 특성은 다음과 같다 [1-3].

I. 그림1. 과 같이 4G에서 DC subcarrier는 송신되지 않기 때문에 수열의 32번째에는 0이 들어간다.

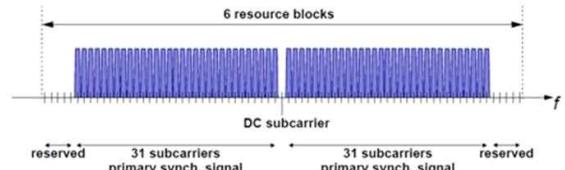


그림 1. DC subcarrier가 포함된 4G의 PSS의 subcarriers

II. 64-FFT를 사용하기 때문에 수열의 길이는 64이다.

III. 빠른 Decoding을 위해 symmetric하다.

저자는 길이가 다른 Zadoff-Chu 수열들을 이용하여 z_1 의 주요한 3가지 특성들을 동일하게 갖고 있는 유사 다상 수열 z_2, z_3, z_4 를 설계하였다.

z_2 는 길이 64인 Zadoff-Chu 수열에서 32번째와 64번째를 0으로 대체하여 생성하였으며 그 방법은 방법2와 같다.

방법2.

$u = 29$ 일 때,

$$z_2(n) = \begin{cases} \exp\left(-j\frac{un(n+2)}{64}\right) & \text{if } 0 \leq n \leq 30 \\ 0 & \text{if } n = 31 \\ \exp\left(-j\frac{un(n+2)}{64}\right) & \text{if } 32 \leq n \leq 62 \\ 0 & \text{if } n = 63 \end{cases}$$

z_3 은 길이 62인 Zadoff-Chu 수열에서 32번째와 64번째를 0을 추가하여 생성하였으며 그 방법은 방법3과 같다.

방법3..

$u = 29$ 일 때,

$$z_3(n) = \begin{cases} \exp\left(-j\frac{un(n+2)}{62}\right) & \text{if } 0 \leq n \leq 30 \\ 0 & \text{if } n = 31 \\ \exp\left(-j\frac{u(n+1)(n+3)}{62}\right) & \text{if } 32 \leq n \leq 62 \\ 0 & \text{if } n = 63 \end{cases}$$

z_4 는 길이 31인 2개의 Zadoff-Chu 수열과 2개의 0을 연접하여 생성하였으며 그 방법은 방법4와 같다.

방법4.

$u = 29$ 일 때,

$$z_4(n) = \begin{cases} \exp\left(-j\frac{un(n+1)}{31}\right) & \text{if } 0 \leq n \leq 30 \\ 0 & \text{if } n = 31 \\ \exp\left(-j\frac{un(n+1)}{31}\right) & \text{if } 32 \leq n \leq 62 \\ 0 & \text{if } n = 63 \end{cases}$$

z_1, z_2, z_3, z_4 의 PSLR을 비교한 결과는 아래의 표1. 과 같다.

유사 다상 수열	PSLR(dB)
z_1 (4G PSS)	-14.784
z_2	-23.806
z_3	-21.390
z_4	-11.423

표 1. 유사 다상 수열의 PSLR 비교

z_4 의 경우 기존에 4G의 PSS로 사용되는 z_1 에 비해 자기상관 특성이 좋지 않지만, z_2 와 z_3 의 경우 z_1 보다 자기 상관 특성이 더 좋음을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문은 기존의 4G의 PSS로 사용되는 z_1 의 3가지 특성을 유지하면서 길이가 각각 62, 64, 31인 Zadoff-Chu 수열을 이용해 생성한 길이가 64인 유사 다상 수열의 생성방법을 소개한 후 이들의 PSLR을 이용해 자기 상관 특성을 비교하였다.

비교 결과, z_2 와 z_3 는 32번째에 0이 위치하며 길이가 64이고, symmetric 하여 z_1 의 3가지 특성을 모두 갖고 있으며 z_1 보다 자기 상관 특성이 더 좋은 유사 다상 수열로 기존의 4G의 PSS를 z_2 나 z_3 로 대체할 경우 성능

향상이 기대됨을 알 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

이 (성과)는 정부(과학기술정보통신부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1A2C201196911).

참 고 문 헌

- [1] E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Skold, 4G: LTE/LTE-advanced for mobile broadband. Academic press, 2013.
- [2] M. Hua, M. Wang, K. W. Yang, K. J. Zou, "Analysis of the frequency offset effect on Zadoff - Chu sequence timing performance", IEEE Trans. Commun., vol. 62, no. 11, pp. 4024-4039, Nov. 2014.
- [3] Reddy, DS Sridhar. LTE Synchronization Algorithms. Diss. Indian Institute of Technology Hyderabad, 2013.