

ISAC을 위한 ZAZ 수열 분석

김강산

연세대학교

gs.kim@yonsei.ac.kr

Analysis of ZAZ sequences for ISAC

Gangsan Kim

Yonsei University

요약

본 논문은 ZAZ 수열의 대표 설계 방식들을 비교하여 핵심 상충관계와 설계 기준을 제시한다.

I. 서론

본 논문은 ISAC의 waveform으로 응용할 수 있는 기존 무모호 영역 (ZAZ, zero-ambiguity-zone) 수열들을 간결하게 비교, 해석한다. ZAZ는 지연-도플러 평면에서 자기 또는 교차 모호 함수값이 0으로 제한되는 직사각형 영역을 의미하며, 그 반폭(지연/도플러 축 크기), 면적, 수열 길이, 그리고 동시에 운용 가능한 수열 개수 사이에는 본질적인 상충 관계가 존재한다. 본 논문은 대표적으로 네 가지 설계 방식 [1, Construction 2], [2, Corollary 1], [2, Theorem 3], [3, Theorem 1]을 분석하여 주어진 자원 (수열 길이, 대역)과 운용모드에 맞춰 적절한 설계 방식과 매개변수를 선택할 수 있는 실용적 기준을 제시한다.

II. 본론

[1, Construction 2]는 수열 길이가 $L = XY$ 이고 ($XY \equiv Y \pmod{2}$) 패밀리 크기가 K 인 구조로, 동일 길이 예산에서 여러 수열을 확보하는 대신 auto-ZAZ의 한 축 반폭이 대략 $1/K$ 로 분할된다. 결과적으로 이 설계는 짧은 길이를 유지하면서도 중간 규모의 패밀리를 확보할 때 유용하지만, 선택적 축의 무모호 폭 감소(분해능 손실)을 감수하는 상충관계가 있다.

[2, Corollary 1]은 길이는 $L = MN^2$ 이고 패밀리 크기는 MN 을 제공한다. $\gcd(N, Y) = 1$ 을 만족하는 Y 에 대하여 ZAZ의 반폭이 대략 $N: Y^2$ 이 된다.

[2, Theorem 3]은 길이 $L = X(XY + P)$ 에 패밀리 크기 X 를 가진다. 자유 매개변수 P 는 상호 상관 특성 조정의 레버로 작동하지만, $\gcd(P, XY) = 1$ 의 제약이 뒤따라 선택 공간을 제한한다. 반폭 스케

일은 기본적으로 X, Y 에 의해 정해지고 P 가 세부 조정을 담당한다. [3, Theorem 1]은 길이 $L = XY$ 로 유지하면서 패밀리 크기 K 를 제공하고, 눈에 띄는 점은 추가적인 파라미터 제약이 없다는 것이다. 패밀리 확장에 비례해 특정 축의 ZAZ 반폭이 선형적으로 $1/K$ 로 분할되는 구조를 보인다. 제약 없는 빠른 설계 적용이 중요하거나 길이를 엄격히 유지해야 할 때 선택지로 삼기 조으며, 반쪽 분배 설정으로 모드를 유연하게 구분할 수 있다.

III. 결론

본 논문은 ZAZ 수열들의 분석을 어느 축의 무모호 폭을 우선 보존할지, 허용 가능한 길이, 충족 가능한 제약의 범위에 의해 비교하였다. 이러한 비교 해석은 주어진 환경에서 요구되는 지연-도플러 성능과 다중 수열 운용 요건을 정합시키는 간결한 의사결정 틀을 제공할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Z. Ye, Z. Zhou, P. Fan, Z. Liu, X. Lei, and X. Tang, "Low Ambiguity Zone: Theoretical Bounds and Doppler-Resilient Sequence Design in Integrated Sensing and Communication Systems," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 40, no. 6, pp. 1809 - 1822, 2022.
- [2] L. Tian, X. Song, Z. Liu, and Y. Li, "Asymptotically Optimal Sequence Sets with Low/Zero Ambiguity Zone Properties," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 71, no. 6, 2025.
- [3] Gangsan Kim, Hong-Yeop Song, and Guang Gong, "Polyphase Sequences with Flexible Zero-Ambiguity-Zone Configurations for Integrated Sensing and Communications," *TechRxiv*, June 19, 2025.

설계방식	길이	패밀리 크기	ZAZ	제약
[1, Construction 2]	XY	K	$(-\left\lfloor \frac{X}{K} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{X}{K} \right\rfloor) \times (-Y, Y)$	$Y \equiv XY \pmod{2}$
[2, Corollary 1]	MN^2	MN	$(-\left\lfloor \frac{N}{Y} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{N}{Y} \right\rfloor) \times (-Y, Y)$	$\gcd(N, Y) = 1$
[2, Theorem 3]	$X(XY + P)$	X	$(-X, X) \times (-Y, Y)$	$\gcd(P, XY) = 1$
[3, Theorem 1]	XY	K	$(-X, X) \times (-\left\lfloor \frac{Y}{K} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{Y}{K} \right\rfloor)$	No constraints