



소나 코드의 다양한 성질과 최적화

채상원, 김현진, 김소상, 송홍엽

연세대학교

2023년도 한국통신학회 동계종합학술발표회



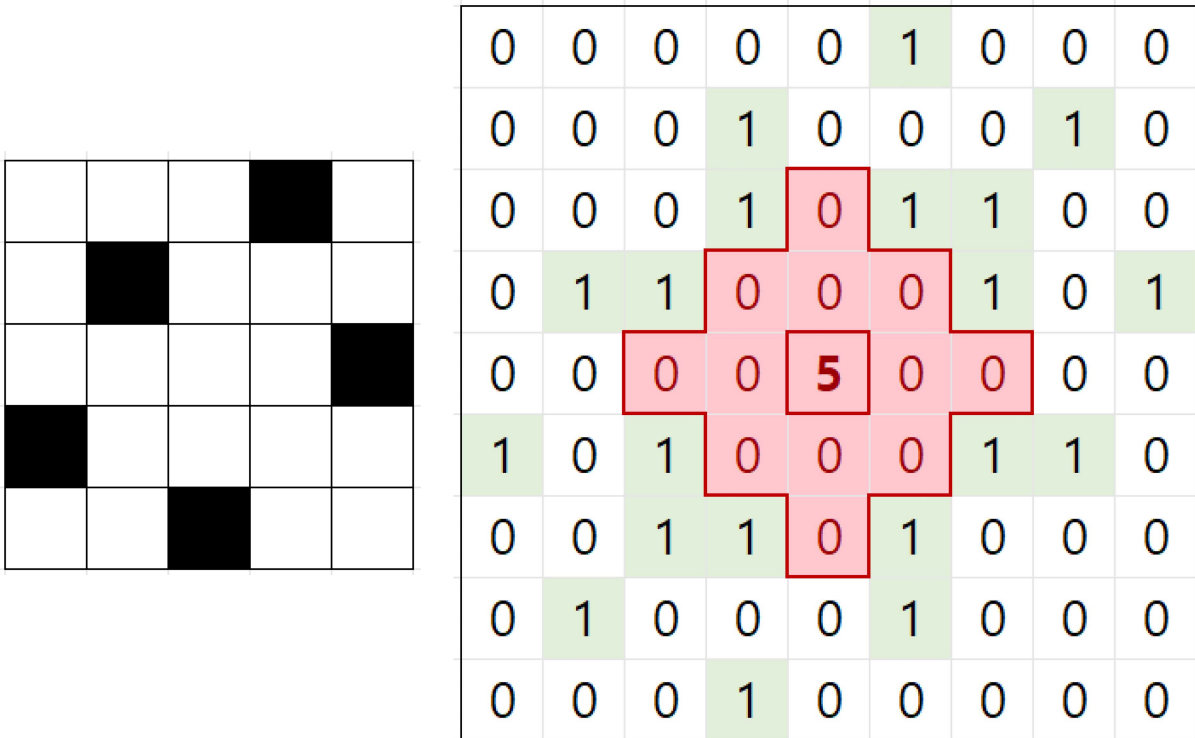
본 논문은 extended sonar sequence에 대해 논문 [1]에 이어 $m \leq 13$ 까지의 best-known case를 제시함. 또한 논문 [2]의 Non-Attacking Kings의 정의를 이용하여, sonar sequence의 Zero Correlation Zone (ZCZ)의 range를 정의하고 sonar sequence와 blank가 한 개인 extended sonar sequence에 대해 크기별로 range의 최댓값에 대해 정리함.

I. 서론

- Sonar sequence와 extended sonar sequence는 Distinct Difference Property (DD 속성)을 만족하는 수열로, Active SONAR system에 사용됨.
- 본 논문에서 extended sonar sequence의 $m \leq 13$ 까지의 best-known case를 제시함.
- 추가로, sonar sequence와 공백이 한 개인 extended sonar sequence에 대해 크기별로 peak를 찾기 쉽게 하기 위한 range의 최댓값을 찾는 연구 및 전수조사를 진행함.

II. 본론

- Sonar Sequence:** 0에서 $m - 1$ 까지 n 개의 정수로 구성된 수열 $a_1, a_2, \dots, a_n$ 이 DD 속성을 갖는 경우, 이는 (m, n) sonar sequence라고 함 [1].
- DD 속성:** 정수 수열 $a_1, a_2, \dots, a_n$ 이 $1 \leq i < i + h \leq n$, $1 \leq j < j + h \leq n$ 에서, $a_{i+h} - a_i = a_{j+h} - a_j$ 이면 $i = j$ 를 만족할 때 DD 속성이라고 함 [1].
- Extended Sonar Sequence:** 0부터 $m - 1$ 까지 n 개의 정수와 k 개의 공백 (*)으로 구성된 수열 $a_1, a_2, \dots, a_{n+k}$ 가 DD 속성 $(* - i = *)$ 을 가진다면 이는 (m, n, k) extended sonar sequence라고 함 [1].
- Zero Correlation Zone:** Sonar sequence를 $m \times n$ binary matrix로 보면, 자기 상관함수 $K(x, y)$ 는 자기 자신과 (x, y) 만큼 이동된 복사본과의 일치하는 점의 개수임. 자기상관 함숫값 중 $K(0, 0)$ 을 peak라고 하며, peak 주변에 오직 0만이 나타나는 범위를 ZCZ라고 함. $ZCZ = R$ 을 peak를 제외한 중심으로부터 R 이내의 값이 모두 0인 값으로 정의함.
- Example:** 아래는 $(5, 5)$ sonar sequence $[2, 4, 1, 5, 3]$ 을 binary matrix로 표현한 것과 그것의 자기상관 함숫값을 나타낸 것으로, $ZCZ = 2$ 임. 가독성 및 편의를 위해 sonar sequence의 범위를 1부터 m 까지로 나타냄.



III. 결론

아래는 extended sonar sequence의 $m \leq 13$ 까지의 best-known case임.

m	n	Best-known case of $(m, n, 1)$ extended sonar
1	3	[1, *, 1, 1]
2	5	[1, *, 1, 2, 2, 1]
3	7	[1, 2, *, 3, 1, 3, 3, 2]
4	9	[1, 3, 3, 4, 2, 1, *, 4, 1, 4]
5	10	[1, 1, 4, 5, 1, 5, *, 3, 2, 4, 1]
6	12	[1, 2, 5, 3, 5, 1, *, 6, 6, 1, 5, 4, 1]
7	13	[1, 1, 4, 6, *, 2, 7, 6, 1, 7, 1, 5, 3, 4]
8	14	[1, *, 3, 7, 3, 6, 8, 1, 1, 7, 8, 5, 4, 2, 7]
9	16	[1, 9, 7, 9, 4, 1, *, 8, 1, 2, 9, 3, 7, 6, 9, 5, 5]
10	18	[1, 2, 7, 1, 9, 8, 10, 6, 4, *, 1, 8, 1, 4, 10, 7, 2, 2, 6]
11	19	[1, 11, 7, 7, 5, 8, 10, 2, 1, 6, 10, 3, 10, 5, 2, 8, *, 7, 8, 2]
12	19	[4, 7, 12, 10, 2, 1, 8, 5, 1, 10, 1, 12, *, 11, 4, 12, 2, 8, 9, 3]
13	21	[6, 4, 12, 7, 8, 4, 13, *, 2, 2, 9, 13, 10, 12, 1, 6, 9, 1, 13, 3, 13, 12]

아래는 (m, n) sonar sequence와 $(m, n, 1)$ extended sonar sequence에 대해 가장 큰 $ZCZ = R$ 을 전수조사한 결과임. 빈 공간은 해당 크기에서 확인되지 않음을 의미함. "x"는 해당 크기에서 sonar sequence가 존재하지 않음을 의미함.

R (k = 0)	n - m								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0	x	x	x	x	x	x	x
2	1	1	0	x	x	x	x	x	x
3	1	1	1	0	x	x	x	x	x
4	1	1	1	1	0	x	x	x	x
5	2	1	1	1	1	x	x	x	x
6	2	2	1	1	1	0	x	x	x
7	2	2	2	1	1	0	x	x	x
8	2	2	2	1	1	1	x	x	x
9	2	2	2	2	1	1	x	x	x
10	2	2	2	2	2	1	0	x	x
11	2	2	2	2	2	1	1	x	x
12	3	3	2	2	2	1	1	x	x
13	3	3	2	2	2	2	1	x	x
14	3	3	3	2	2	2	1	0	x
15	3	3	3	3	2	2	1	0	x
16	3	3	3	3	2	2			
17	3	3	3	3	2				
18	3								
19	3								
20	3								
21	3								
22	4	3							
23	4								
24	4								
25	4								
26	4								
27									

R (k = 1)	n - m									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	1	0	x	x	x	x	x	x	x
2	2	1	1	0	x	x	x	x	x	x
3	2	1	1	1	0	x	x	x	x	x
4	2	2	2	1	1	0	x	x	x	x
5	2	2	2	1	1	1	x	x	x	x
6	2	2	2	2	1	1	x	x	x	x
7	2	2	2	2	2	1	0	x	x	x
8	3	2	2	2	2	1	1	x	x	x
9	3	2	2	2	2	2	1	0	x	x
10	3	3	2	2	2	2	1	1	0	x
11	3	3	3	2	2	2	1	1	0	x
12	3	3	3	3	2	2	2	1	x	x
13	3	3	3	3	2	2	2	2	0	x
14	3	3	3	3	2	2	2	2	1	
15	3	3	3	3	3	2				
16	3	3	3	3	3					
17	3	3	3	3	3					
18	4	3	3	3						
19										
20										

[1] O. Moreno, S. W. Golomb and C. J. Corrada, "Extended sonar sequences," Proceedings of 1995 IEEE International Symposium on Information Theory, pp. 464-, 1995.

[2] S. W. Golomb and H. Taylor, "Constructions and properties of Costas arrays," Proceedings of the IEEE, vol. 72, no. 9, pp. 1143-1163, 1984.

