

# 간섭 신호 환경에서 공간 윈도우 선택 기법을 이용한 광대역 빔형성 기술

\*서영광, 신종우, 김형남  
부산대학교 전자공학과  
E-mail : [hnkim@pusan.ac.kr](mailto:hnkim@pusan.ac.kr)

Wideband beamforming using a spatial window selection technique  
under interferences environment

\*Young-Kwang Seo, Jong-Woo Shin, Hyoung-Nam Kim  
Department of Electronics Engineering  
Pusan National University

## Abstract

Wideband beamforming techniques based on dynamically phased array approach are useful to reject co-channel interference. However, implementation of these beamforming techniques requires huge computational load since some of them include adaptive algorithms. To solve the problem, we propose a simple and useful wideband beamforming technique based on the direction of arrival (DOA) estimation and spatial window selection. Computer simulation shows that the proposed method can select the optimal spatial window which minimizes the effect of interference signal.

## I. 서론

현대의 무선통신 시스템에서는 대용량 데이터 전송이 요구됨에 따라 주파수, 시간, 그리고 코드 등의 다양한 자원이 사용되고 있다. 하지만 지속적으로 증가할 것으로 예측되는 트래픽을 충족하기에는 어려움이 있을 것으로 예상되고 있으며 공간자원을 이용한 빔형성 기술 (beamforming technique)은 이러한 문제를 해결할 수 있는 방안 중의 하나가 될 수 있을 것으로 기대된다. 빔형성 기술은 안테나 배열과 신호처리 알고리즘을 이용하여 원하는 방향으로의 신호에 대해 높은 신호품질 을 얻을 수 있는 기술이다 [1].

빔형성 기술은 크게 도래각 기반 빔형성 기술, 기준

신호 기반 빔형성 기술, 고정 빔형성 기술로 구분된다. 이 중에서 도래각 기반 빔형성 기술은 간섭 신호 제거에 효과적이며 Linearly Constrained Minimum Variance 와 Generalized Sidelobe Canceller 등이 대표적인 알고리즘이다 [2]. 하지만 이러한 알고리즘들은 복잡한 구조와 많은 연산량으로 인해 구현에 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 간단한 구조와 적은 연산량을 가지는 도래각 기반 빔형성 기법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 간섭 신호의 위치와 파워에 따라 각각의 안테나에 적합한 이득을 적용하여 공간 영역에서 빔의 주역 (main lobe) 의 넓이와 부역 (side lobe)의 크기를 변화시킬 수 있다. 제안된 기법은 적응 알고리즘을 사용하지 않으므로 복잡한 구조와 많은 연산량이 요구되지 않고 적절한 윈도우를 선택하여 빔형성기의 출력단에서 높은 SIR (signal to interference ratio) 을 얻을 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 II장에서는 공간 윈도우 선택을 통한 광대역 빔형성 기법을 제안하고 III 장에서는 다양한 위치에서 간섭 신호가 존재하는 경우에 대해서 공간 윈도우 모양에 따른 성능을 비교한다. 그리고 마지막 IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 공간 윈도우 선택을 이용한 광대역 빔형성

### 2.1. 공간 윈도우를 이용한 빔패턴 제어

도래각 기반의 빔형성 기술은 도래각 추정과 적응

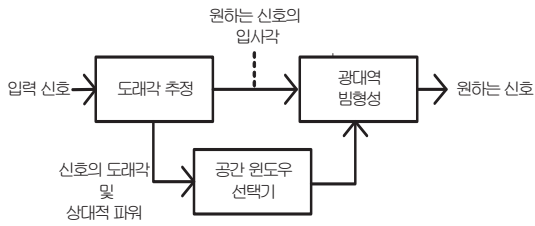


그림 1. 도래각 추정에 따른 공간 윈도우 선택을 통한 광대역 빔형성.

알고리즘을 이용하여 효과적으로 빔을 형성하고 간섭 신호를 제거할 수 있지만 연산량이 많은 단점을 가진다. 제안하는 공간 윈도우 선택 기법은 그림 1과 같이 적응 알고리즘을 사용하지 않고 신호들의 도래각과 파워를 이용하여 광대역 빔형성기 출력단에서 가장 높은 SIR값을 가지는 공간 윈도우를 선택한다. 선택된 공간 윈도우는 TDLs(Tapped Delay Lines)로 구현된 광대역 빔형성기에서 각 안테나의 이득으로 적용되며 여기서 사용되는 공간 윈도우는 Kaiser 윈도우이다. 광대역 빔형성기의 빔패턴 식과 Kaiser 윈도우 식은 다음과 같다 [2-3].

$$P(\theta_d, \omega) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{J-1} e^{-j\Omega(m\mu\sin\theta_d + i)} \times w_{m,i}^* \quad (1)$$

$$= \sum_{m=0}^{M-1} e^{-j\Omega m\mu\sin\theta_d} \times W_m(e^{j\Omega})$$

$$w[m] = \begin{cases} I_0[\beta(1 - [(n-\alpha)/\alpha]^2)^{1/2}], & 0 \leq m \leq M \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

여기서  $\alpha = M/2$ ,  $M$ 은 안테나 수,  $I_0$ 는 영차 베셀 함수이며, 식 (1)에서  $W_m(e^{j\Omega})$ 는 각 안테나의 주파수 응답으로  $\Omega\mu\sin\theta_d$  각도 (공간)에 대하여 푸리에 변환이 되는데  $W_m(e^{j\Omega})$ 의 크기가 각도 (공간) 영역에서 주역의 넓이와 부역의 크기를 결정한다. 그리고 그 크기는 식 (2)의 선택된 Kaiser 윈도우  $w[m]$ 이고  $\beta$ 는 Kaiser 윈도우의 모양을 변화시키는 변수로서  $\beta$ 가 증가하면 주역의 범위는 늘어나지만 부역의 크기는 작아진다.

### 2.2 최적화된 Kaiser 공간 윈도우 선택

공간 윈도우 선택기는 도래각 추정기로부터 받은 간섭 신호의 위치와 상대적인 파워의 정보를 이용하여 Kaiser 윈도우의  $\beta$ 의 변화에 따른 광대역 빔형성기 출력단에서 SIR값을 계산한다. 그리고 가장 높은 SIR을 가지는  $\beta$ 의 Kaiser 윈도우를 선택하여 광대역 빔형성기에 보낸다.

표 1. 간섭 신호 환경에서 입력 신호들의 SIR 및 공간 윈도우 선택기에서 선택되는  $\beta$ 의 값

간섭 신호 위치	20°	45°	70°	선택된 $\beta$
실험 환경				
Case 1	-5 dB	3 dB	7 dB	1.5
Case 2	2 dB	-9 dB	0 dB	2.4
Case 3	7 dB	0 dB	-20 dB	3.6

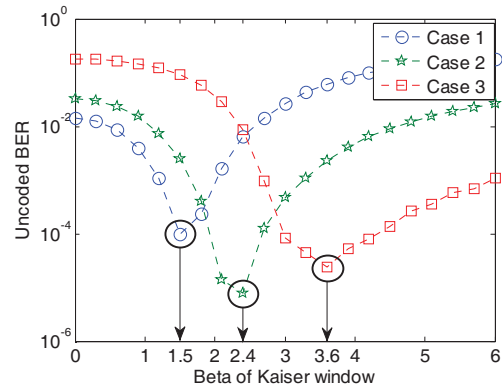


그림 2. 간섭 신호 환경에서 Kaiser 공간 윈도우의  $\beta$ 의 변화에 따른 BER 비교.

## III. 모의전산실험 결과

다양한 각도의 간섭 신호가 존재하는 환경에서 Kaiser 공간 윈도우  $\beta$ 의 변화에 따른 BER (bit error rate)을 모의전산실험을 통해 확인하였다. 표 1은 실험에 사용된 간섭신호의 위치와 입력단에서의 SIR을 나타내며 각 환경에서 선택되는  $\beta$ 를 표시하였다. 이를 바탕으로 각 실험 환경 (Case 1-3)에서  $\beta$ 에 따른 Kaiser 공간 윈도우 BER 성능 실험 결과를 그림 2에 도시하였다. 공간 윈도우 선택기가 선택한  $\beta$ 가 다른  $\beta$ 들에 비해 가장 낮은 BER 값을 보이는 것을 확인할 수 있다.

## IV. 결론

본 논문에서 제안하는 도래각 기반의 공간 윈도우 선택을 이용한 광대역 빔형성 기법은 간섭 신호의 위치와 파워에 따라 적합한 Kaiser 공간 윈도우를 선택하여 광대역 빔형성기 출력단에서 가장 높은 SIR을 얻을 수 있었다. 그리고 적응 알고리즘에 비하여 적은 연산량과 구조가 간단하여 구현에 용이한 장점을 가진다.

참고문헌

- [1] Tuan Do-Hong, Peter Russer, "Signal Processing for Wideband Smart Antenna Array Applications," *IEEE microwave magazine*, No. ,Vol , pp. ,March 2004.
- [2] Wei Liu and Stephan Weiss, "*Wideband Beamforming Concepes and Technique*", First Edition , WILEY, 2010.
- [3] Alan V. Oppenheim Ronald W. Schafer "*Discrete-Time Signal Processing*", Third Edition, PEARSON, 2007.