

# 다항식 보간기법을 이용한 채널별 누적처리 시간영역 빔형성기 구현

\*이정훈, 김의준, 권대용  
LIG넥스원(주) Maritime 연구센터  
e-mail : [jhleaa@lignex1.com](mailto:jhleaa@lignex1.com), [ejkim@lignex1.com](mailto:ejkim@lignex1.com), [dykwon@lignex1.com](mailto:dykwon@lignex1.com)

## Implementation of Time-Domain Beamformer with Cummulative Processing in decomposed channel using Polynomial Interpolation

\*Jung-Hoon Lee, Eui-Jun Kim, Dae-Yong Kwon  
Maritime R&D Lab, LIGNEX1 Co. Ltd

### Abstract

It is efficient to use the time-domain beamforming to operate the various pulse with the different pulse length, frequency, bandwidth in active sonar system. In this paper, we propose a time-domain beamformer with the cumulative processing in the decomposed channel using the polynomial interpolation to solve the problem of the computational cost, high transmission data rate, and the lack of internal memory.

### I. 서론

소나 시스템에서 표적의 방위각을 추정하기 위하여 빔형성 기법이 이용된다[1-2]. 소나시스템에 주로 이용되는 전통적인 빔형성 기법에는 시간영역 빔형성, 주파수영역 빔형성 기법이 있다.

주파수 영역 빔형성 기법은 연산량이 적고, 능/수동 신호처리시에 별도의 FFT 연산이 필요 없다. 그러나, 능동 소나 시스템에서는 FFT 길이에 의한 거리/도플러 해상도의 제한이 펄스 운용을 제한하며, 빔출력에서 FFT 길이만큼의 시간지연이 발생하며, 신호의 위상에 왜곡이 발생한다.

이에 반해 시간영역 빔형성 기법은 데이터의 손실과 왜곡이 적으며, 능동소나와 수동소나의 광대역, 협대역 처리 등 다양한 목적에 이용 가능하여 능동 소나 시스템에서 주로 이용된다. 그러나, 실시간 시스템에 적용할 경우, 채널의 음향신호 데이터에 대한 보간에 따른 많은 연산량이 요구되며, 보간 후 데이터 크기 증가로 인하여 프로세서간 높은 데이터 전송속도와 큰 내부 메모리량을 요구한다. 이를 해결하기 위하여 Lee 등은 3점 보간을 이용

한 빔형성기[3]와 채널별 누적처리를 이용한 빔형성기[4]를 제안하였다. 본 논문에서는 수신채널별로 모듈화시킨 후 누적처리하는 빔형성기에서 다항식 보간기법을 사용함으로써, 보간에 따른 연산량 증가 및 데이터 증가, 많은 채널 데이터에 의한 데이터량 증가와 내부메모리량 증가에 의한 문제점을 해결하였다.

### II. 제안한 기법

일반적인 시간영역 빔형성기는 모든 센서 데이터를 일정한 비율로 보간 후 방위별 시간지연에 다른 데이터를 보간된 데이터에 추출하는 방식으로, 보간에 따른 많은 연산량을 필요로 한다. 또한 보간된 데이터를 사용하여 지연합을 구하므로, 많은 메모리량을 필요로 하며, 모든 프로세서에서 보간된 채널 데이터를 필요로 하여 프로세서간 전송데이터량이 많다.

제안한 다항식 보간 기법을 이용한 채널별 누적처리 빔형성 기법은 모든 채널 데이터를 이용하여 1개의 빔을 형성하지 않고, 1개의 채널 데이터를 다항식 보간 기법을 이용하여 보간 후 해당하는 모든 빔에 필요한 데이터를 추출하여 누적시킨다. 제안한 기법은 그림 1에서 보여주고 있으며, 아래와 같이 요약할 수 있다.

- Step 0.** M개의 빔출력 결과가 저장될 수 빔메모리를 생성한다.
- Step 1.** 1번 채널의 데이터가 더해지는 빔에 대한 시간 지연을 계산한다.
- Step 2.** 1번 채널에 대해 빔을 형성할 수 있는 데이터블럭을 확보한다.
- Step 3.** 빔별 시간지연 주변의 데이터를 추출하여, 다항식 보간기법을 이용하여 빔별 시간지연에 해당하는 데이터를 계산한다.

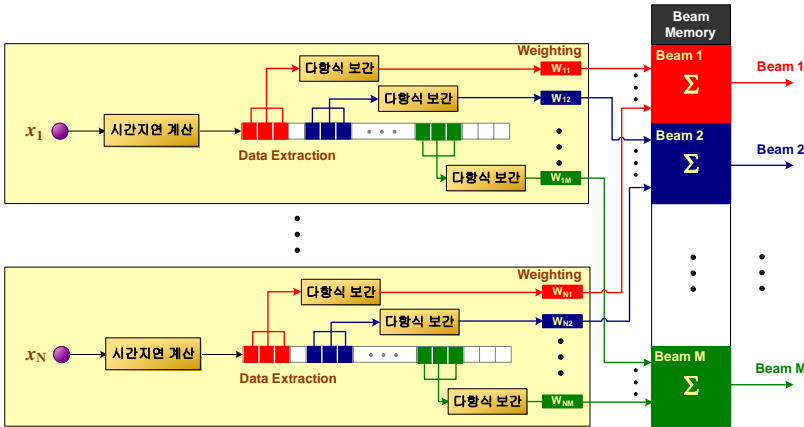


그림 1. 제안한 빔형성 기법

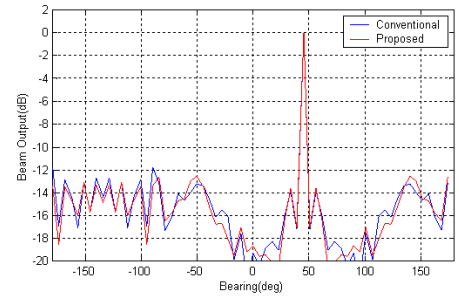


그림 2. 빔형성 기법의 성능 비교

- Step 4.** 추출한 데이터에 1번 채널에 대한 빔별 가중치( $W_{11}, \dots, W_{1M}$ )를 곱한다.
- Step 5.** 각 빔메모리에 4번의 결과를 더하여 누적한다.
- Step 6.** N 개의 채널에 대하여 Step 1~5의 과정을 반복한다.

제안한 기법은 모든 채널의 데이터를 필요로 하지 않고 1개의 채널의 데이터를 이용하여 빔 메모리를 갱신시킨 후 이용한 데이터는 제거하므로, 기존의 기법이 모든 채널에 대한 보간된 데이터만큼의 메모리를 요구하는데 반해 빔 개수만큼의 메모리만을 필요로 한다. 또한 모든 센서에 대하여 보간 비율만큼의 보간을 수행하지 않고 빔 개수만큼의 보간만 수행하므로, 보간에 따른 연산량을 감소시킬 수 있으며, 보간된 데이터블럭이 필요치 않으므로 메모리량과 전송데이터량을 감소시킬 수 있다.

표 1에서는 기존의 빔형성기와 제안한 빔형성기와의 보간에 따른 연산량, 요구메모리량, 전송데이터량을 비교하였으며, 제안한 기법의 연산량, 메모리량, 전송데이터량이 적음을 확인할 수 있다. 기존의 빔형성기에서는 보간기법으로 다상(polyphase) 필터를 사용하였으며, 제안한 빔형성기에서는 [3]에서와 같이 2차 다항식 보간기법을 사용하였다. 표 1에서  $D$ 는 보간율,  $f_s$ 는 샘플링 주파수,  $N$ 은 채널개수,  $M$ 은 빔개수,  $\tau_{\theta_0, n}$ 은 조향각  $\theta_0$ 에 해당하는  $n$ 번째 채널신호의 시간지연량을 나타낸다.

기존의 기법과 제안한 기법과의 빔형성 결과를 그림

2에서 비교하였으며, 유사한 성능을 보임을 확인할 수 있다. 64개의 센서로 구성된 환형배열을 사용하여 64개의 빔을 생성하였으며, 송신신호에는 7, 8, 9 kHz의 3개의 CW 펄스가 포함되었다.

### III. 결론

본 논문에서는 각각의 채널 데이터에서 빔별 시간지연 위치 주변의 데이터를 추출하여 다항식 보간을 통하여 시간지연 위치에서의 데이터를 계산 후, 해당하는 모든 빔에 누적시키는 빔형성기를 제안하여, 보간에 따른 연산량 증가 및 데이터 증가, 많은 채널 데이터에 의한 데이터량 증가와 내부 메모리량 증가에 의한 문제점을 해결하였다.

### 참고문헌

- [1] R. O. Nielsen, *Sonar Signal Processing*, Artech House, 1991.
- [2] S. U. Pillai, *Array Signal Processing*, Springer-Verlag New York Inc., 1989.
- [3] 이정훈, 박규태, 김의준, “3점 보간 기법을 이용한 실시간 시간영역 빔형성기 구현”, 한국음향학회 2007년도 추계학술발표대회, 2007
- [4] 이정훈, 박규태, 김의준, 권대용, “채널별 누적처리를 통한 실시간 시간영역 빔형성기의 DSP 구현”, 2006년도 한국군사과학기술학회 종합학술대회, 2006

표 1. 연산량, 메모리량, 전송데이터량 비교

항목	기존의 빔형성기	제안한 빔형성기
보간 연산량(1초)	$N \times f_s \times (21 \text{ mul} + 20 \text{ add}) \times D$	$M \times f_s \times 22 \times (5 \text{ mul} + 5 \text{ add})$
요구 메모리량	$\text{Max}(\tau_{\theta_0, n}) \times D \times f_s \times N + f_s \times M$	$\text{Max}(\tau_{\theta_0, n}) \times f_s + f_s \times M$
전송 데이터량(1초)	$D \times f_s \times N$	$f_s \times M$