

방사 임피던스 영향을 고려한 최적 빔 설계 통합 S/W 구현

편용국(Yong-Kug Pyeon)¹⁾임준석(Jun-Seok Lim)²⁾

요약문

빔 형성 기법은 수중 무기 체계의 탐지성능에 직결되기 때문에 최적의 빔을 설계하는 것은 시스템의 설계에 큰 부분을 차지한다. 이러한 목적으로 이론적으로 최적인 빔형성기의 가중치를 구하는 설계 S/W를 이미 발표한 바 있다. 이번 연구에서는 지난 발표에서 포함하지 않았던 자기방사 또는 상호방사 임피던스를 고려한 설계 S/W를 발표하고자 한다. 본 S/W는 센서배열 형상에 따른 상호 방사 임피던스의 영향을 수치화하고 이를 빔 설계 시에 입력 파라미터 중 하나로 설정하여 빔을 설계하도록 하였다.

Abstract

For beam forming method is equaled detection performance of water weapons system, the best beam plan is very important in it. This study showss that the plan software considered radiation, or mutual radiation impedance. This software calculated effect of mutual radiation impedance by sensor array form, it is planed that one of the press paramater in the beam plan.

1) 정회원 : 강원도립대학 정보통신과 겸임교수
2) 정회원 : 세종대학교 전자공학부 부교수

I. 서론

수중 음향 탐지 시스템에서 빔 형성기는 센서 배열로 입사하는 음향신호를 공간 필터링함으로써 특정방향으로부터 들어오는 원하는 신호를 수신하고 원하는 방향으로 빔을 조향하여 송신하는데 이용된다. 이러한 시스템에서 원하는 방향으로 빔을 집중시키면서 잘못된 탐지를 유발하는 부엽준위의 크기를 최대한 억제할 수 있다면 빔의 탐지성능은 최적일 수 있다. 일반적으로 여러 개의 소자를 선형 또는 평면적으로 배열하여 빔을 형성하는 시스템에서의 최적 빔 설계문제는 각 소자에 주어지는 가중치의 최적화 문제로 연결된다. 각 소자의 가중치를 조절하여 원하는 사양의 빔을 생성하는 문제는 많은 연구자들에 의해 다양한 방법으로 연구되었으며 각각의 장단점들을 가지고 있다[1][2][3].

본 논문에서는 자기방사 또는 상호방사 임피던스를 고려한 설계 S/W를 논하고자 한다. 본 S/W는 센서배열 형상에 따른 상호 방사 임피던스의 영향을 수치화하고 이를 빔 설계 시에 입력 파라미터 중 하나로 설정하여 빔을 설계하도록 하였다.

II. Beam CAD S/W의 주요 기능

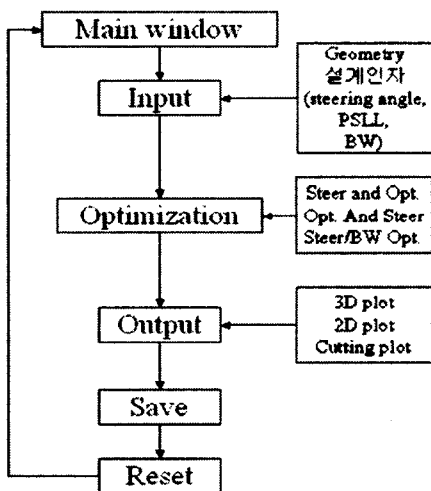


그림 1. 기존의 Beam CAD S/W 구조

S/W의 구조는 그림 1과 같다. 그림에서의 각각의 프로시저의 기능들을 설명하면 다음과 같다.

1. Input and Geo : *.mat형식의 파일형태로 geometry를 읽거나 rectangular array의 경우는 직접 만들 수도 있게 하였다. 특히 사용자가 임의의 rectangular type의 배열을 원도우 창에서 직접 만들 수 있고 필요에 따라 array를 뺄 수 있도록 하였다. 그러나 triangular type의 경우는 현재로서는 tri.mat형식의 파일을 만들어서 처리하도록 되어 있다.
2. Steer and Opt : steering을 한 상태에서 빔을 최적화 시키는 루틴. 개략적인 원리는 PSL을 초과하는 극점을 찾아서 그것들의 PSL을 눌러주면서 반복적으로 최적의 빔을 구한다. PSL에 허용범위 내에 접근하면 수렴이 끝나게 프로그램 되어있고 steering시 대체로 좋은 성능을 보인다. 그러나 steering을 극단적으로 하였을 때 grating lobe가 너무 크게 발생하는 경우는 수렴에 문제가 생기거나 수렴이 불가능한 경우가 있다.
3. Opt and Steer : 이 루틴은 steering을 안한 상태에서 최적빔을 위의 방식과 같은 방법으로 구한 후 steering을 하는 방식이다. 전반적으로 2번째 방식에 비해 grating lobe가 발생되고 PSL을 초과하는 경우가 많이 발생한다. 이 루틴은 극단적인 steering을 하였을 때 2번째 방식에서 발생하는 것을 보완하기 위해 첨부되었다.
4. Steer/BW and Opt. : 2번과 3번의 방식들은 주로 PSL을 중점으로 최적빔을 구하는 방법들이다. SLL은 BW와 trade off관계가 있기 때문에 둘을 동시에 맞추는 빔 설계방식은 거의 불가능 할 수도 있다. 본 tool에서 사용한 방식은 먼저 PSL을 맞춘 후 BW를 체크하고 허용 BW에서 벗어나면 PSL을 약간 올린다. 그러면 BW가 좁아지기 때문에 이와 같은 관계를 이용하여 반복적으로 타협점을 찾는 방식이다. 결국 BW를 위해 SLL의 적당한 희생을 하는 빔

가중치를 구하는 방법이다. 현재 function 으로는 구현되었으나 아직 Beam CAD GUI에 연결되지는 못했다. 앞으로 이 기능을 포함할 예정이다.

5. Output tools : 최종결과에 대한 display tool들을 모아두었다. 즉 최적빔을 설계한 뒤에 user가 빔이 제대로 형성되었는지를 살피는 기능을 한다. 특히 cutting plot기능은 최적 설계후 빔 꼭지점위치에서 180도를 5도씩 회전하면서 절단된 cutting 그림을 보여주어서 빔설계 후 PSLL이 알맞게 되었는지를 확인시켜주는 기능을 한다. 절단된 그림은 절단면이 연속이 아니기 때문에 내부적으로 interpolation되어 그려졌다. 최종 weight와 그 밖의 결과는 file로 저장되어 출력되도록 하였다.
6. Reset : 이것은 작업 후 다시 빔형성을 하기 위한 초기화 버튼이다.

III. 빔 설계과정[4]

이 장에서는 Beam CAD S/W를 가지고 Beam을 설계하는 과정에 대해서 설명해 보도록 한다[4].

5×5배열의 rectangular 구조의 평면 빔 배열에서 모서리 4군데를 뺀 형태의 빔 구조를 만든 후 PSLL을 -25dB를 만족시키고 오른쪽으로 20도 steering하는 빔 가중치를 구하는 문제로 가정하고 Beam Cad의 동작방법에 대해 설명하겠다. 설계된 빔은 적절하게 되었는지를 살피기 위해 main Beam의 peak 치에서 ϕ 방향으로 5도씩 이동해가면서 단면을 살펴본다.

그림 2. Beam CAD 입력과정

Matlab command상태에서 해당 디렉토리로 이동한 후 beamcad를 치면 beamcad main menu가 뜨게되고 Input&Geo push button을 누르면 sub window가 그림 2와 같이 나오게 된다.

적절한 값을 그림 2와 같이 입력하고 OK를 누르면 어레이 모양이 나오면서 빼고 싶은 센서를 마우스로 선택하도록 그림 3과 같이 나타난다. 그림에서 보듯이 rectangular type의 센서 배열에 대해서는 어떤 형태이든지 적당한 센서를 뺀으로써 본 Beam CAD로 array를 만들어 최적 빔을 구할 수 있다.

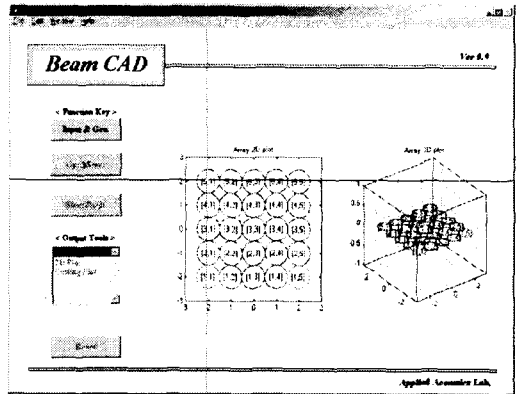
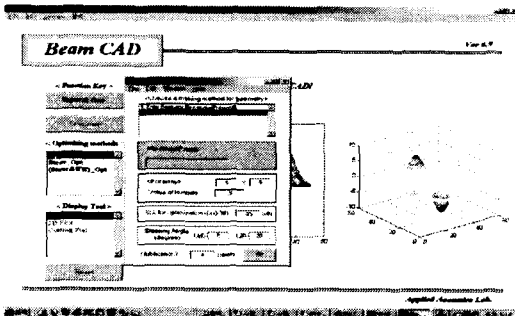


그림 3. 센서 배열 설정 화면

최적빔을 만드는 방법은 3가지가 있으나 BW를 고려하는 방법은 현재 m-file로는 구현되어 있으나 GUI로는 합쳐지지 않았다. 방식중 steering and optimization이 권장하는 방법이나 이 방법에서 극단적인 steering을 하는 경우 원하는 PSLL을 만족시킬 수 없는 경우가 발생하게 되어 수렴이 불가능한 경우가 존재한다. 이를 위해 steering하기 전에 최적화를 한 후 steering을 하는 방법을 첨부하여 그러한 경우를 대비하였다. Optimization tools에 steer&Opt. 버튼을 누르면 반복적으로 PSLL을 맞추기 위하여 PSLL을 초과하는 극점들을 가지고 자승오



차가 최소가 되도록 update해 나간다. 최종 수렴된 결과는 그림 4 와 같다. 설계요소인 -25dB를 거의 만족시킴을 그림을 통해 알 수 있고 약간의 초과된 부분은 어느 정도 범위 내에 포함되면 수렴을 멈추게 프로그래밍 한 것에 기인한다. 오른쪽은 contour그림이고 그림에서 원으로 표현된 부분은 PSSL을 초과한 것의 극점위치이다.

최종 빔 설계가 끝난 후 설계된 빔의 성능을 살펴보기 위하여 output tools를 만들었다. 최종 빔 설계 후 체크해야 될 중요한 사항은 main beam의 꼭지점에서 각 ϕ 방향으로 cutting하여 원하는 설계인자인 PSSL을 만족시키는지 여부를 확인하여야 한다. 그래서 각 ϕ 방향으로 5도씩 cutting해서 이것을 확인할 수 있는 cutting plot이라는 기능을 첨부하였다. 그림 5는 $\phi = 15$ 도에서의 cutting plot을 나타내었다. 오른쪽 contour plot과 비교해서 참조하여 형성된 빔과 빔 성능에 대해 확인할 수 있게 하였다.

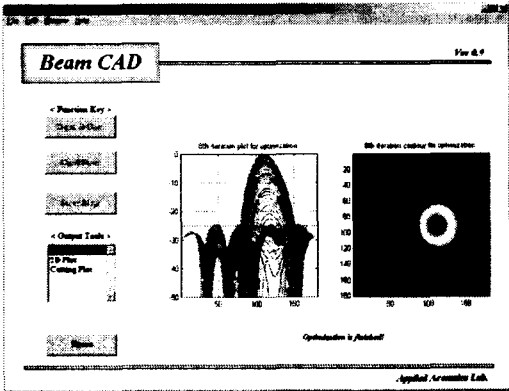


그림 4. Beam CAD 최적화 최종 결과화면

reset버튼을 누르면 다시 초기화면으로 돌아가게 된다. rectangular type에서 센서의 감도로 형성할 수 없는 특수한 2D센서 배열에 대해서는 input geometry file을 만들어서 처리해야 한다. geometry file 형식은 센서 좌표정보를 만들어 넣어 주면 된다. Beam CAD에서는 triangular type에 대해서는 file로 읽을 수 있게 되어 있다. Input&Geo.을

누른후 sub window상에서 file이름을 쳐주면 되고 이미 만들어진 file의 이름은 tri.mat이다.

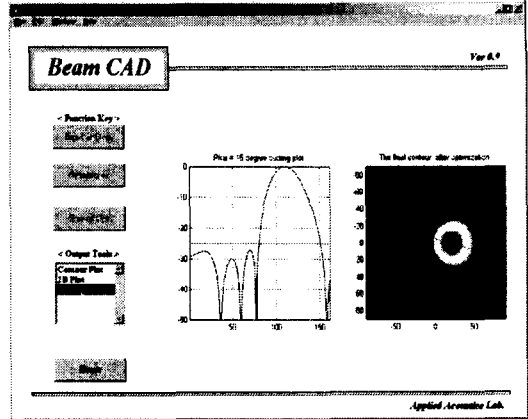


그림 5. Beam CAD cutting plot

그림 6은 이 과정에서 나타나는 그림이다.

그 후에는 위의 과정처럼 최적빔 형성을 수행시키면 된다.

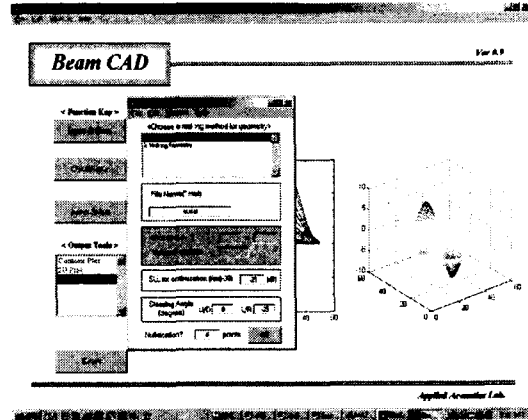


그림 6. triangular type을 위한 입력과정

IV. 소자간 간섭을 고려한 설계 방법

소자간 간섭 즉 자기방사 또는 상호방사 임피던스를 고려한 설계 S/W의 구조는 그림 7과

같다. 본 S/W에서는 최적빔의 가중치를 구한 다음, 센서의 배열에 의한 상호방사 임피던스 영향을 이미 구한 가중치에 곱함으로써 상호방사 임피던스의 영향을 제거하였다.

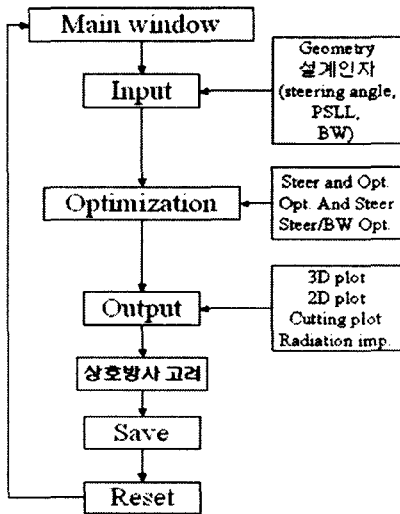


그림 7. 개선된 Beam CAD S/W 구조

그림 8은 상호방사 임피던스의 영향을 고려한 빔패턴이다. 이 창에서 왼쪽에 위치한 그림은 상호방사 임피던스의 영향을 받아서 빔이 왜곡된 그림을 의미하고 오른쪽의 그림은 그 영향을 고려하면서 최적의 가중치를 구한 다음, 그 가중치를 이용하여 그린 빔의 모습이다.

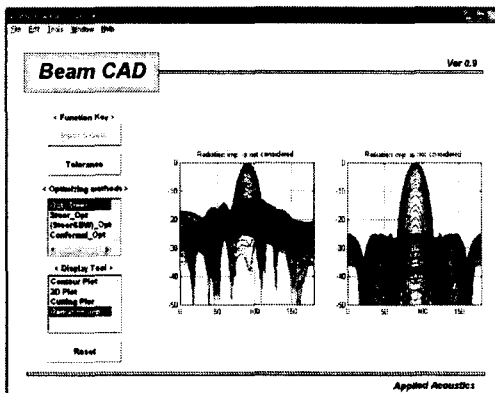


그림 8. 방사 임피던스 영향을 고려한 빔패턴

V. 결론

본 논문에서는 자기방사 또는 상호방사 임피던스를 고려한 최적 빔 설계 통합 S/W를 구현하였다. 본 S/W는 센서배열 형상에 따른 상호방사 임피던스의 영향을 수치화하고 이를 빔 설계 시에 입력 파라미터 중 하나로 설정하여 빔을 설계하도록 하였다.

앞으로도 실제 사용자로부터 의견을 수렴하여 계속 성능을 보완할 예정이며 교육용이나 실제 산업용으로 사용이 가능할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] 허성욱, "수중음향탐지시스템의 조향빔 인가신호 최적화와 효율적 합성기법", 서울대 공학박사 학위논문, 1998.
- [2] Dolph, C. L. "A current distribution for brodeside arrays which optimizes the relationships between beam width and sidelobe level", Proceedings of IRE, 1946, vol.34, pp.315-338.
- [3] T. T. Taylor. "Design of line source antennas for narrow beam width and low side", IRE Trans, Antenna Propag. pp.973-978, 1965.
- [4] 송준일, 김한수, 전병두, 임준석, 성광모, "Beam-Cad S/W package를 이용한 최적 빔 설계 simulation ", 해상무기체계 발전 세미나, October 2000, pp. 184-187

편 용 국



1993년 삼척대 전자공학 학사
1996년 관동대 전자공학 석사
2003년 세종대 전자공학 박사수료
1999년 SK건설(주) 사원
2001년~현재 강원도립대학

정보통신과 겸임교수

관심분야 : 신호처리, 디지털통신

임준석



1986년 서울대 학사
1988년 서울대 석사
1996년 서울대 박사
1988년 2월-1993년 3월 국방과학
연구소 연구원

1996년 7월-1997년 10월 LG 종합기술원

1998년 3월-현재 세종대학교 전자공학부 부교수