

수중 표적 반사신호의 새로운 합성방법

A Novel Synthesis Method of Underwater Target Reflected Signal

김 부 일** 김 우 현* 박 철 우* 박 명 호** 권 우 현***
Kim, Boo-Il, Kim, Woo-Hyun, Park, Chul-Woo, Park, Myung-Ho, Kwon, Woo-Hyen

ABSTRACT

In this paper, we have proposed a novel method which can compose a reflected signal of the underwater target. The synthesis of the reflected signal in the target, the synthesized signal being similar to the characteristics of the reflected signal in the real target, is used the highlight model at the specific points of the target. We suggest the synthesis method of the reflected signal of the target using the pulsewidth variation and each other doppler effect at the highlight point, and compare the composed signal by the proposed method with that by conventional one. Simulation results show that the composed signal using the proposed method and the reflected signal of the real target is similar to the spectral characteristics.

주요기술용어 : Highlight Point(하일라이트 포인트), Target Reflected Signal(표적 반사신호), Pulsewidth Variation(펄스폭 가변), Doppler Effect(도플러 효과), Spectral Characteristic(주파수 특징)

1. 머리말

수중에서의 표적 반사신호 합성은 입사신호에 대하여 실제 표적에서 반사되는 신호와 유사한 모의 음향 신호를 만드는 것이다. 근래에는 표적을 정교하게 묘사하는 반사신호 합성방법⁽¹⁻¹⁰⁾에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 송신시스템에서 나온 신호가 표적에 입사되면 반사 및 회절에 의해 입사신호와 다른 반사신호가 발생된다. 반사신호의 중요한 특징은 표적의 각도 및 반사계수 등에 의한 신호크기

의 변화, 표적의 길이와 입사각에 의한 펄스폭의 변화, 반사가 발생하는 지점의 불균일성과 반사신호의 산란 등에 의한 신호 포락선의 변화, 그리고 표적의 움직임에 의한 도플러 현상 등으로 구분할 수 있다⁽¹¹⁻¹³⁾.

표적의 반사신호를 합성할 때 표적의 크기와 모양을 정확하게 묘사하여 모든 반사요소를 이론적으로 산출하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 반사신호 합성방법으로 하이라이트 방법이 이용되는데, 이는 표적에 반사가 일어나는 지점을 하나의 단위표적인 하일라이트 포인트로 가정하고 각각의 하일라이트 포인트에서 입사신호에 따른 가중치를 변화시켜 각각의 반사신호를 합해서 신호를 만드는 방법이다. 기존에 제시된 표적 반사신호 합성방법은 하이라이트 모델에

* 경북대학교 전자공학과 대학원 박사과정

** 국방과학연구소 연구원

*** 경북대학교 전자공학과 교수

서 일정펄스폭의 입사신호에 가중치를 변화시켜 신호를 합성하는 것이었다^(4,15). 즉 이것은 등간격 하이라이트 포인트를 사용하여 동일 펄스폭의 신호에 도플러효과를 주어 시간지연을 고려해서 신호를 합성하는 것이다. 신호합성시 입사신호의 펄스폭에 따라서 합성신호에서 불연속이 나타나지 않도록 최소한의 하이라이트 개수 이상을 사용하여야 한다. 실제 표적반사 파형은 하이라이트 포인트가 무한대에 해당되므로 위상변화가 발생되어도 항상 최소한의 신호 진폭 변화를 가지게 되나, 하이라이트 포인트에 따른 반사신호 합성방법은 표적의 미세한 변화에서도 각 하이라이트에서 신호의 위상차가 크게 변하며, 이는 곧 합성신호에서의 급격한 신호진폭 변화를 유발하게 된다. 또한 합성되는 신호의 펄스폭이 각 하이라이트 포인트에서 동일하기 때문에 반사신호를 진폭 스펙트럼으로 나타내면 변조에 의한 주기성이 나타난다.

본 논문에서는 표적 반사신호의 새로운 합성방법으로 각 하이라이트 포인트에서 입사신호의 펄스폭 가변과 서로 다른 도플러 효과를 이용하는 표적 반사신호 합성방법과 합성신호의 급격한 진폭변화를 제거하는 방법을 제시하고 모의실험을 하였다. 그리고 제안한 방법으로 합성한 신호와 기존의 방식으로 합성한 신호를 스펙트럼 상에서 신호분석을 통하여 비교하였다.

2. 본 론

2.1 표적 반사신호 특징

수중에서 송신시스템에서 방사된 신호는 표적에 입사되어 표적의 모양 및 매질의 특성에 의해 표적강도 및 여러 가지 특성이 변화되어 반사된다. 이러한 표적 반사신호의 크기를 능동 소나 방정식으로 나타내면 식 (1)과 같다.

$$EL = SL - 2TL + TS \quad (1)$$

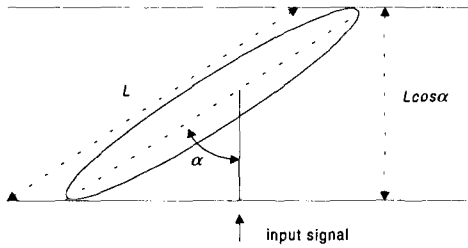
여기서 EL(Echo Level)은 반사된 신호의 수신음압 준위, SL(Source Level)은 송신음압준위, TL(Transmission Loss)은 전달손실, 그리고 TS(Target Strength)는 표적강도이다.

표적 반사신호는 입사된 신호가 표적에서 반사될 때 신호의 변화가 발생한다. 주요한 특징은 신호크기의 변화, 신호의 입사각도에 따른 반사신호의 펄스폭의 변화, 표적의 움직임에 의해 나타나는 도플러 현상에 의한 주파수 변화 등이 있다. 그리고 표적 표면의 불규칙한 형태에 의한 표적의 반사 포인트가 다양하게 존재하고 또한 여러 가지 수중환경 요소에 의한 시간지연 및 위상의 변화가 존재하여 반사신호의 포락선에 불규칙 특성 등이 나타난다. 이러한 변화요소에 의해 표적 반사신호는 파동방정식을 직접 풀어 이론적인 해를 구할 수 있으나, 실제 표적은 표적형태가 복잡하여 경계조건을 적용하기가 어렵다. 따라서 최근에는 하이라이트 포인트에 의해 반사신호를 합성하는 것으로 접근하고 있으며, 이 방법은 표적에서 반사가 강하게 일어나는 부분을 예측하여 이를 하이라이트 포인트로 지정하고 각 하이라이트 포인트에서 가중치를 주어 반사된 신호와 비슷한 모양을 가지도록 합성하는 방법이다.

2.2 반사신호 합성요소

수중 표적은 형상이 복잡하고 유한한 크기를 가지므로, 복잡한 표적의 여러 부분들이 송신시스템으로부터 각각 다른 거리에 위치하고 각각은 다른 신호를 반사한다. 이런 반사들의 합이 표적의 반사신호이고, 이것은 표적에 수신된 신호와는 다른 신호이다. 만일 표적의 서로 다른 두 지점에서 반사가 일어난다고 가정하면, 각 점에서 반사신호가 발생되어 이들의 합신

호가 수신단에서 수신된다. 수신된 신호는 입사신호와와는 상이하며, 입사각에 따라서도 다른 크기의 형태를 가진다. 또한 반사지점의 거리차에 의하여 반사신호는 시간축 상에서 신장되어 나타나며 이러한 현상을 펄스신장(elongation)이라 한다.

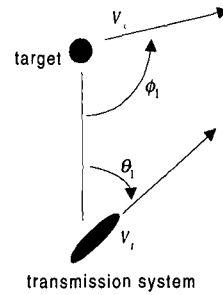


(그림 1) 펄스신장 효과

그림 1은 표적의 자세각과 입사신호의 각도를 나타낸 것이다. 여기서 L 은 표적의 길이, α 는 송신신호의 표적에 대한 입사각, c 는 수중에서 음파의 속도이다. 펄스신장 효과는 $2L \cos \alpha / c$ 의 양만큼 일어난다. 표적의 입사각이 작을수록 반사점 사이의 거리차가 커지므로 펄스신장의 효과는 커진다.

반사신호에서 나타나는 중요한 또 다른 특징은 표적의 움직임에 의해서 발생하는 주파수의 변화인 도플러 효과이다. 수중에서 송신시스템과 표적 사이에서 도플러 효과가 발생하는데 이는 송신시스템 뿐만 아니라 표적의 움직임에 의해서 발생하는 상대속도에 의해 야기되는 주파수의 변화이다. 표적을 공간상의 물체가 면적이 무한소인 점으로 표현되는 물리적인 포인트인 단위 표적이라고 하고, 표적과 송신시스템 사이의 위치가 그림 2와 같을 때 송신시스템에 수신되는 표적 반사신호 주파수 f_{tr} 은 식 (2)와 같고, 표적에 입사되는 신호 주파수 f_{sr} 은 식 (3)과 같다.

$$f_{tr} = \frac{(c + V_t \cos \theta_1)}{(c - V_s \cos \phi_1)} f_{st} \quad (2)$$



(그림 2) 송신시스템과 단위표적의 자세각

$$f_{sr} = \frac{(c + V_s \cos \phi_1)}{(c - V_t \cos \theta_1)} f_{tt} \quad (3)$$

여기서 f_{tt} 는 송신시스템의 송신주파수, f_{st} 는 표적 반사신호 주파수, V_s 는 표적의 기동속도, V_t 는 송신시스템의 속도, θ_1 은 진행방향으로 송신시스템의 자세각, ϕ_1 은 송신시스템에서 바라본 표적의 기동방위각을 나타낸다.

만약 표적 반사신호 주파수와 입사신호 주파수가 같다면 ($f_{st} = f_{sr}$) 식 (2), (3)은 식 (4)와 같다.

$$f_{tr} = \frac{(c + V_t \cos \theta_1)}{(c - V_s \cos \phi_1)} \frac{(c + V_s \cos \phi_1)}{(c - V_t \cos \theta_1)} f_{tt} \quad (4)$$

또한 $c \gg V_t, V_s$ 이므로 식 (4)는 식 (5)와 같이 간략화시킬 수 있다.

$$f_{tr} \approx \left[1 + 2 \frac{(V_t \cos \theta_1 + V_s \cos \phi_1)}{c} \right] f_{tt} \quad (5)$$

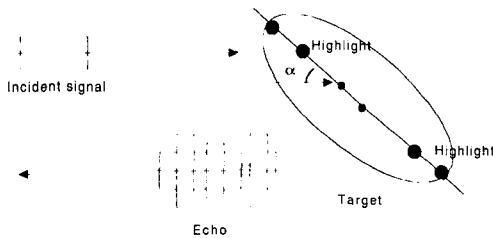
정지된 표적에 대해 송신시스템의 자체 기동 때문에 발생하는 주파수 편이는 식 (6)과 같고, 순수 단위 표적에 의해서 생기는 도플러 주파수 편이는 식 (7)과 같다.

$$f_{system} = \left[1 + 2 \frac{V_t \cos \theta_1}{c} \right] f_{tt} \quad (6)$$

$$\Delta f = 2 \frac{V_s \cos \phi_1}{c} f_{tt} \quad (7)$$

2.3 하일라이트 모델에 의한 반사신호 합성

하일라이트 모델에 의한 반사신호 합성방법은 그림 3과 같이 표적의 길이방향에 등간격 하일라이트 포인트를 선정하고, 각 하일라이트 포인트에서는 입사신호에 대하여 거울면 반사가 일어난다고 가정하고, 예측된 가중치를 입사신호에 적용시켜 하일라이트 포인트의 거리에 따른 시간지연을 고려하여 반사신호를 합성한다.



(그림 3) 하일라이트 모델에 의한 반사신호 합성

하일라이트 포인트를 모델링한 수식은 식 (8)과 같다.

$$\begin{aligned} x_r(t) &= \int_0^t x_s(\tau) h(t-\tau) d\tau \\ &= x_s(t) * h(t) \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 표적에 입사하는 신호를 $x_s(t)$, 반사신호를 $x_r(t)$ 그리고 표적강도를 의미하는 충격응답 $h(t)$ 는 거리에 따라 분포된 N 개의 하일라이트 포인트를 의미하며 식 (9)와 같다.

$$\begin{aligned} h(t) &= h_1(t) + h_2(t) + \dots + h_N(t) \quad (9) \\ &= W_1 h(t-\tau_1) + \dots + W_N h(t-\tau_N) \\ &= \sum_{i=1}^N W_i h(t-\tau_i) \end{aligned}$$

여기서 W_i 는 가중치이고 τ_i 는 하일라이트 포인트의 거리에 따른 시간지연 요소로 표적의 길이 L 과 입사각 α 에 의해서 결정된다. 하일라이트 포인트 모델에 있어서 가중치 파라메타 W_i , 시간지연 파라메타 τ_i , 그리고 하일라이트 포인트의 개수 N 을 결정하는 것은 반사신호 합성에 있어서 중요한 요소이며, 특히 하일라이트 포인트의 개수는 프로세서의 신호처리 능력과 비례한다.

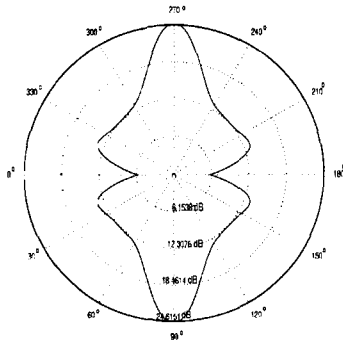
표적의 하일라이트 포인트를 단위표적으로 가정하는 것은 다음과 같은 의미를 지닌다. 단위표적은 공간상의 물체가 면적이 무한소인 점으로 표현되는 물리적인 포인트로 어떤 에너지도 반사시키지 못하며 반사체로 작용할 수 없으므로 인위적으로 표적강도를 주어 반사체로 간주한다. 이것은 소나시스템의 특성을 살펴보기 위한 가정이다. 따라서 표적의 물리적인 크기가 없으므로 입사된 신호는 왜곡 없이 그대로 반사되며, 크기만 다를 뿐 모양은 동일하다. 이렇게 가정한 표적은 문제 해석시 움직임에 대한 효과를 쉽게 고려할 수 있다. 수중표적이 움직이면 도플러 변이가 발생하게 되고 이로 인해 반사신호의 주파수가 입사신호와 다르게 된다. 또한 시간축상의 엘롱게이션에 대해서도 정확한 표현을 할 수 있다.

표적을 하일라이트 포인트 모델로 표현하는 경우 표적의 임의의 위치에 하일라이트를 분포시키게 된다. 일반적으로 실험에 의해 표적강도가 강하게 나타나는 부분에 하일라이트를 위치시키고 가중치를 조절하여 합성시키거나, 신호의 간섭을 표현하기 위하여 최소한 반사신호의 불연속성이 나타나지 않을 정도의 등간격으로 하일라이트를 위치시키고 가중치를 조절하여 합성한다.

입사각도와 입사신호의 펄스폭을 알면 표적의 길이에 대한 불연속이 생기지 않을 최소한의 하일라이트의 개수를 결정할 수가 있다. 반사신호 합성시에 표적

길이에 대해서 최소한의 하일라이트 개수는 사용을 해야 하며, 실제 표적에서의 반사신호는 표적전반에 걸쳐 반사가 일어나므로 아주 작아지는 부분은 존재 하지만 완전한 불연속은 나타나지 않는다. 하일라이트의 위치와 개수는 시간지연 파라메타를 결정하는 중요한 요소이고, 이는 반사신호의 위상변화를 일으켜 포락선 형태의 변화를 일으킨다.

본 논문에서는 반사신호 합성 모델링을 하기 위해서 표적은 잠수함 등을 나타내는 회전타원체로 가정을 하였다. 그리고 반사 위치를 나타내는 하일라이트 포인트는 동일간격으로 두었다. 또한 각 하일라이트 포인트에서 가중치는 회전타원체 표적에서 입사각도에 따른 표적강도인 그림 4와 같은 나비꼴모양을 이용하였다⁽¹⁵⁾. 표적강도에서 나비꼴모양은 표적의 좌우 입사각에서 최대의 표적강도를 나타내며, 앞쪽과 뒤쪽의 입사각에서는 표적의 혈과 항적에 가려 표적강도가 줄어드는 현상을 표현하고 있다. 앞쪽과 뒤쪽의 약 20° 위치에서 표적강도가 다소 크게 나타나는 현상은 입사신호가 내부로 투과되어 내부반사가 일어나는 것을 나타낸 것이다.



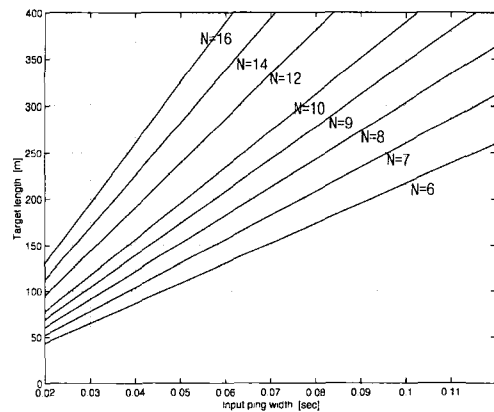
(그림 4) 입사각도에 따른 표적강도의 변화

2.3.1 일정 펄스폭 반사신호 합성법

본 논문에서는 등간격 하일라이트 포인트를 사용하여 반사신호를 합성하였다. 송신신호는 사각형모양으로

로 펄스폭 50msec, 주파수 30kHz인 정현파로 하였다. 입사각에 대한 각 하일라이트 포인트에서의 반사신호 가중치는 표적을 등간격으로 나누어 얻어진 표적의 표면적과 나비꼴모양의 표적강도를 곱하여 사용한다.

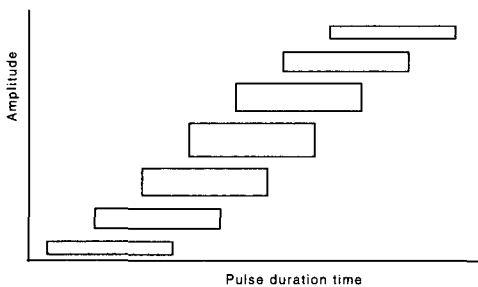
반사표적의 모델을 하일라이트 모델로 표현하는 경우에 표적의 임의의 위치에 하일라이트를 분포시킬 수 있다. 일반적으로 실험에 의해 표적강도가 강하게 나타나는 부분에 하일라이트를 위치시키고 가중치를 조절하여 합성할 수 있으나, 표적에 따라 위치가 변하므로 구현하기가 어렵다. 따라서 간략하게 등간격으로 하일라이트를 위치시키고 가중치를 조절하여 합성한다. 하일라이트 모델에서 중요한 고려사항은 무한반사표면을 유한반사점으로 모델링하는 것이므로 합성 반사신호에서 불연속이 나타나며, 또한 각 하일라이트 포인트 사이에서 신호의 간섭에 의한 영향이 크게 나타난다. 그림 5는 등간격 하일라이트 모델에서 입사각이 30° 일 때 합성 반사신호가 불연속이 되지 않기 위해서 반사되는 신호의 펄스폭이 각 하일라이트에서 1/2로 겹칠 경우의 펄스폭 및 표적의 길이 변화에 따른 최소 하일라이트 개수를 나타낸 것이다.



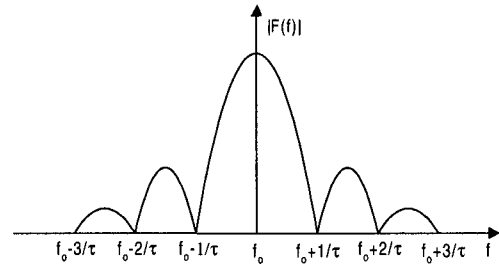
(그림 5) 펄스폭 변화와 하일라이트 개수로 표현 가능한 표적의 길이(N=하일라이트 개수)

그림 5에서 입사되는 신호가 20msec일 때는 43.3m 길이의 표적을 하일라이트 포인트 6개로 표현할 수 있으며, 입사신호 펄스폭이 120msec인 경우는 길이가 260m인 표적도 표현 가능하다. 즉 하일라이트 개수가 고정되면 입사신호의 펄스폭이 길면 표적을 표현할 수 있으나, 입사신호의 펄스폭이 짧아지면 반사신호를 합성할 수가 없다. 따라서 입사되는 신호의 펄스폭과 표적길이를 고려하여 적절한 개수의 하일라이트를 선택해야 한다. 본 논문에서는 표적길이 100m와 입사신호 펄스폭이 50msec인 경우로 모델링하여 15개의 하일라이트 포인트를 사용하였다. 길이 100m인 표적에 30°의 각도로 입사신호가 들어올 때 일어나는 펄스폭 신장은 115.47msec이다. 따라서 전체 합성신호는 입사된 신호에다 115.47msec만큼 더한 165.47msec로 만들어야 된다. 포락선의 모양은 하일라이트 포인트에서 위상이 같으면 신호가 커지고 위상이 다르면 신호가 작아지는 부분이 생긴다. 송신시스템의 속도를 30knot로 두고 표적의 속도가 10knot이면, 692.82Hz의 도플러 변이가 일어나므로 모든 하일라이트 위치에서 동일하게 주었다. 그림 6은 일정 펄스폭의 신호가 각 하일라이트 포인트에 입사될 경우 반사신호를 합성하는 모양을 나타낸 것이다.

합성되는 기본 신호는 주파수 f_0 를 가지는 정현파 신호를 펄스폭 τ 의 사각형 창으로 잘라내는 것과 같다.



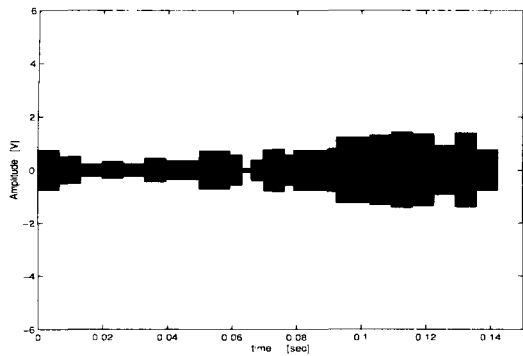
[그림 6] 하일라이트에서 동일펄스폭



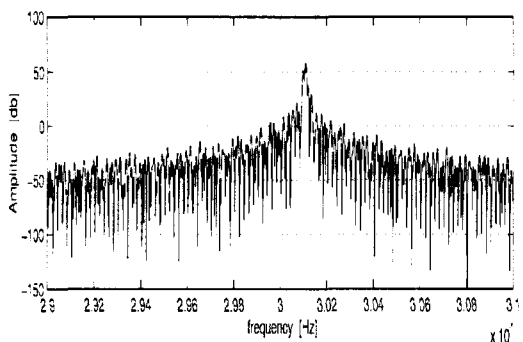
[그림 7] 입사되는 신호의 크기 스펙트럼

이러한 신호를 주파수영역에서 살펴보면 sinc함수와 임펄스함수의 컨벌루션에 해당하고 펄스폭 τ 에 해당하는 동일한 $1/\tau$ 주파수 간격을 가진다. 이것을 그림 7에 나타내었다. 합성된 신호는 일정 펄스폭의 신호를 사용하여 여러 하일라이트 포인트로 합성하기 때문에 주파수축에서는 펄스폭 τ 에 해당하는 $1/\tau$ 의 주파수에서 반복적 스펙트럼이 나타난다.

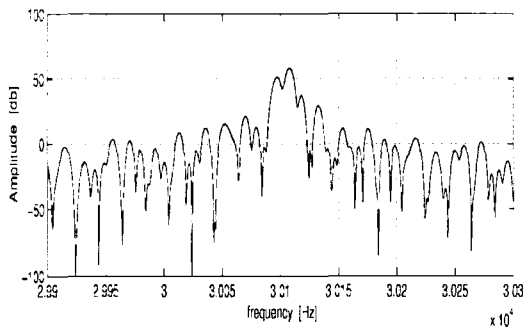
각 하일라이트 포인트에서 입사되는 신호의 위상을 고정시키는 경우와 랜덤하게 해서 합성할 때 합성된 신호는 만약 각 하일라이트에서 위상이 일치하면 신호의 크기가 커지고 일치하지 않으면 신호의 크기가 작아지는 부분이 생기게 된다. 따라서 위상변화에 따른 합성반사신호의 포락선에서의 급격한 변화를 억제하려면 하일라이트의 개수를 증가시켜서 구현해야 한다. 그림 8은 동일간격 하일라이트에서 합성한 신호와 그의 크기 스펙트럼(magnitude spectrum)을 나타낸 것이다. 합성된 신호의 푸리에 변환은 각각의 위상을 고려하여 푸리에 변환해서 더한 것과 같다. 이 신호를 주파수 분해하면 주파수축에서 등간격적인 주기성이 나타난다. 이렇게 만든 합성신호는 만약 추적시스템의 주파수 분해능이 우수하다면 고의로 합성된 신호로 판단을 내릴수 있다. 따라서 새로운 방식의 반사신호 합성방법이 요구된다.



(a) 합성신호



(b) 크기 스펙트럼

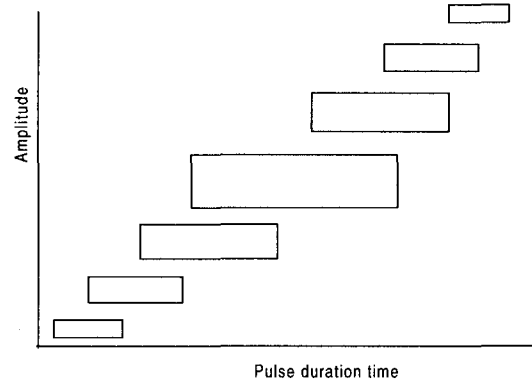


(c) (b)의 중심부 확대

(그림 8) 동일간격 하일라이트에서 합성신호

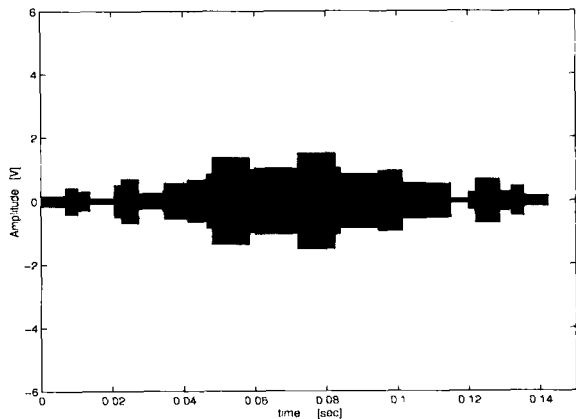
2.3.2 제안한 새로운 가변 펄스폭 반사신호 합성법
수동표적 반사신호의 합성은 제한된 조건에서 실시간으로 처리되어야 하므로 구현이 용이하면서도 실제 표적 반사신호와 유사한 특성을 가지게 해야만 한다.

기존의 일정펄스폭에 의한 반사신호의 합성은 위상에 따른 급격한 진폭변화와 합성신호의 스펙트럼상에 나타나는 주파수의 등간격적인 주기성을 가진다. 그림 9는 하일라이트 포인트에서 펄스폭을 가변시킨 신호를 나타낸 것이다. 각각의 하일라이트 포인트에서의 신호는 가중치를 곱해서 나타내었다. 표적 반사신호를 정확히 묘사하기 위해서는 표적의 각 하일라이트에서 표적강도를 표적의 형상에 따라서 다르게 설정하고 있다. 따라서 이를 해결하기 위하여 각 하일라이트에서 반사신호의 펄스폭을 가변시키는 합성방법을 모의 실험 하였다.

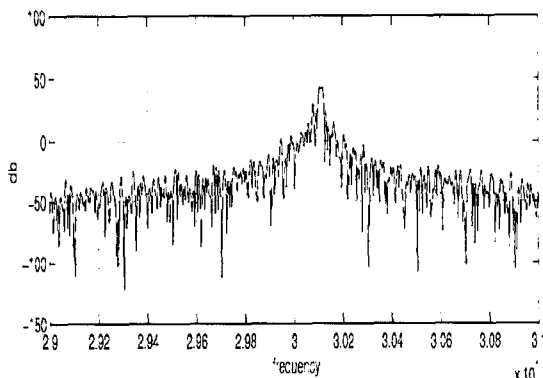


(그림 9) 하일라이트 포인트에서 펄스폭 가변

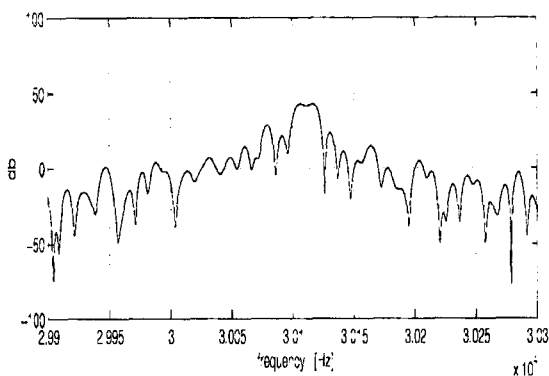
그림 10은 등간격 하일라이트 포인트에서 펄스폭 가변과 도플러 변이를 바꾸어 합성한 신호이다. 펄스폭은 점점 커지는 쪽으로 했다가 다시 작아지는 방향으로 펄스폭을 가변시켰다. 10msec의 신호에 각각의 하일라이트 포인트에서 5msec씩 더한 신호들을 합성하는 방법을 취했다. 중간으로 갈수록 신호의 폭이 길어지고 양쪽으로 갈수록 신호의 폭이 좁아지는 방식으로 신호를 합성했다. 이렇게 합성한 신호는 신호의 불연속성은 줄어들고 실제 반사신호와 유사한 포락선의 모양을 가지게 된다. 또한 펄스폭이 가변되기 때문에



(a) 합성신호



(b) 크기 스펙트럼



(c) (b)의 중심부 확대

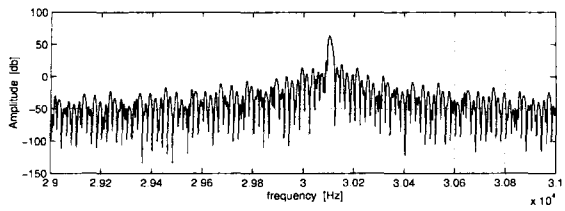
(그림 10) 펄스폭 가변을 사용한 합성신호

크기 스펙트럼 상에서는 등간격적인 주기성이 많이 사라지고, 하일라이트에서 도플러 변이가 각각 다르기 때문에 스펙트럼상의 규칙성이 많이 없어짐을 알 수 있다.

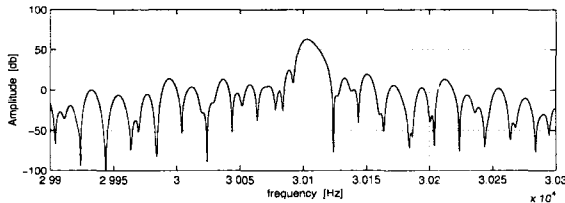
그림 11(a)는 동일한 펄스폭의 신호에 동일한 도플러 변이를 주어서 합성한 신호의 크기 스펙트럼이고, 그림 11(b)는 동일한 펄스폭에 도플러 변이 근처에서 선형적으로 도플러 변이를 주어서 합성한 신호의 크기 스펙트럼이다. 그림 11(c)는 펄스폭을 가변시킨 신호에 동일한 도플러 변이를 주어서 합성한 신호의 하일라이트 포인트에서의 가중치는 나비꼴 모양의 표적강도에서 입사각에 대한 값을 등간격으로 나눈 표적의 표면적을 계산해서 비례로 분할했다. 면 거의 비슷하게 된다. 그러나 이런 신호들을 각각 주파수축에서 스펙트럼 분석을 하면 서로 다른 효과를 얻는다

신호합성시 펄스폭이 일정한 신호로 반사신호를 합성해서 주파수 해석을 하면 주파수축에서 일정한 주기성이 나타나고, 펄스폭을 가변시켜 합성한 신호로 주파수 해석을 하면 주파수축에서 주기성이 많이 사라짐을 알 수 있다. 또한 동일한 도플러 변이의 경우와 다른 도플러 변이의 경우 주파수 해석시 주기성에서 많은 차이가 발생했다. 즉 각 하일라이트에서 동일한 도플러 변이를 주면 주파수축에서 많은 주기성이 발생하고, 다른 도플러효과를 주면 주기성이 많이 사라진다.

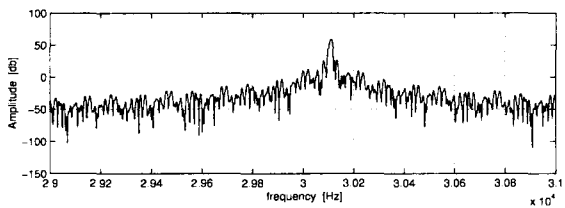
따라서 등간격 하일라이트에서 동일한 펄스폭으로 합성한 반사신호에서는 신호의 펄스폭이 같기 때문에 합성신호의 주파수 분석을 통해서 크기 스펙트럼 상에서 보면 일정한 주기의 변조효과를 확인할 수 있었다. 그러나 각 하일라이트 포인트에서 신호의 펄스폭을 가변해서 신호를 합성하면 이러한 변조에 의한 크기 스펙트럼 상에서 주기효과를 제거할 수 있다. 또한 각 하일라이트에서 펄스폭 가변과 동시에 도플러 변이도 가변시키면 크기 스펙트럼 상에서 주기효과를 더욱 제거 할 수 있다.



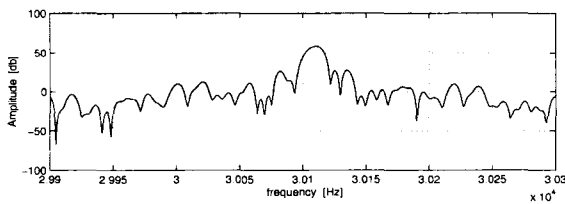
(a) 동일 펄스폭과 동일한 도플러 변이



(b) 동일 펄스폭과 도플러 변이의 선형적 증가



(c) 펄스폭 가변과 동일한 도플러 변이



(d) 펄스폭 가변과 도플러 변이의 선형적 증가

(그림 11) 펄스폭 가변에 의한 크기 스펙트럼에서의 반복성의 효과

3. 맺음말

본 논문에서의 표적 반사신호 합성방법은 각 하일라이트 포인트에서 펄스폭을 가변시켜 반사신호를 만드는 것이다. 이렇게 만들어진 반사신호는 신호해석을 했을시 크기 스펙트럼상에서 주기성이 감소되며, 따라서 펄스폭을 가변시켜서 합성한 반사신호가 실제 표적 반사신호에 더욱 가깝다. 그리고 펄스폭 가변시 표적강도가 큰 하일라이트에서 긴 합성신호를 만들어 줌으로써 적은 개수의 하일라이트 모델만으로도 신호 합성시 위상변화에 따른 진폭변화의 영향도 최소화시킬 수 있다. 또한 각 하일라이트에서 도플러 변이가 가변시켜주면 크기 스펙트럼 상에서는 주기적인 반복 효과를 더욱 제거할 수 있다.

참고 문헌

1. Louis C. Gerken, "Chapter 7. Torpedo Countermeasure", Torpedo Technology, pp. 249-257, American Scientific Corp., 1989.
2. B. M. Brown and G. Maltin, Extension of the Target

- Strength Studies, TRACOR Document, T72-AU-9507-U, Oct. 1972.
3. B. M. Brown, J. J. Lobdill and W. McKenie, Target Strength Prediction, TRACOR Document, T72-AU-9508-U, 6500 Tracer Lane, Austin, Texas, USA, Feb. 1972.
 4. Tang Weilin, "Highlight model of echoes from sonar targets", *Acoustica* 19, pp. 92-100, 1994.
 5. N. Giovannetti and M. Signorini, "Impact with angular constraint for a modern LWT : validations by means of numeric simulations", *UDT Conference Proceedings*, pp. 365-369, Cannes France, July 1995.
 6. Andre Rondini and Eric Ruchaud, "Highlights model for submarines", *UDT Conference Proceedings*, pp. 339-343, London UK, July 1994.
 7. S. G. Chamberlain and A. M. Berlinsky, "Coherent Target and Environmental Modelling for Torpedo Terminal Homing Simulation", *Electronic Process*, Vol. XXIV, No. 1, pp. 19-22, 1982.
 8. Robert J. Urick, "Chapter 9. Reflection and scattering by sonar targets : Target strength", *Principles of Underwater Sound*, pp. 291-327, 3rd edition, McGraw-Hill Book Company, 1983.
 9. A. Freedman, "A Mechanism of Acoustic Echo Formation", *Acoustica* 12, pp. 12-21, 1962.
 10. A. Freedman, "The High Frequency Echo Structure of Some Simple Body Shapes", *Acoustica* 12, pp. 61-70, 1962.
 11. D. E. Nelson, A Statistical Scattering Model for Time-Spread SONAR Targets, Ph.D. Dissertation, Dept. of Electrical Eng., Univ. of Rochester, 1975.
 12. A. D. Waite, "Chapter 11. Active SONAR", *SONAR for Practicing Engineers*, pp. 105-126, 1st edition, Ferranti-Thomson Sonar System Limited, 1996.
 13. P. G. Bergmann and A. Yaspan, *Physics of Sound in the Sea, part 1 Transmission*. pp. 333-362.
 14. 성낙진의 3명, "능동 표적신호 합성", *한국음향학회지*, 제 13 권, 제 2 호, pp. 30-37, 1994년.
 15. 박명호의 2명, "에코확장처리에 의한 함정반사평 모사기법 연구", 제 1 회 해상무기체계 발전 세미나 논문집, pp. 123-130, 국방과학연구소(진해), 1996년 6월.
 16. J. M. Major, "Part III. Reflection of Sound from Submarines and Surface Vessels", *Physics of Sound in the Sea*, edited by E. Montroll, et al., pp. 99-193 Gordon and Breach Science Publishers, 1968.