

ATW이용한 MUSIC알고리즘 추정 성능 향상 연구

임준석

세종 대학교 전자 공학과

An Improved MUSIC Algorithm using ATW (Automatic Tracking Window)

Jun-seok Lim

Dept. of Electronics, Sejong University

E-mail : jslim96@chollian.net

Abstract

본 논문에서는 ATW(Automatic Tracking Window)를 사용하여 입력신호를 전처리한 후에 MUSIC을 사용하여 주파수를 추정하도록 알고리즘을 수정함으로써 MUSIC알고리즘의 Threshold효과를 개선할 수 있음을 보인다[1]. ATW 전처리는 일종의 대역 여파기 효과를 가지나 일반 대역 여파기와 다른 점은 사용자가 입력신호의 중심 주파수를 알지 못해도 된다는 장점을 갖는다.

I. 서론

일반적으로 고분해능 주파수 추정에 많이 사용하는 MUSIC 추정법은 같은 거리를 떨어진 주파수라 할지라도 신호대 잡음비에 따라 추정하는 성능이 달라지고 일정 신호대 잡음비 이하에서는 전혀 추정하지 못하는 것으로 알려져 있다. 이를 MUSIC의 Threshold효과라고 한다[2].

본 논문에서는 이런 Threshold효과를 개선하기 위한 방법으로 ATW(Automatic Tracking Window)를 사용한 방법을 보인다. ATW는 공간 주파수가 있는 영역을 사정 정보 없이 찾아 내는 성질이 있다[1][3]. 따

라서 ATW를 전처리 과정으로 사용한다면 공간 주파수 영역에서 여파기를 통하는 효과를 내기 때문에 ATW를 사용하지 않는 경우에 비해서 상대적인 신호대 잡음비의 개선을 얻을 수 있다. 그러므로 MUSIC알고리즘에서 통상적으로 나타나는 Threshold현상이 더 낮은 수준의 신호대잡음비에서 나타날 것을 예상할 수 있다. 이에 본 논문에서는 ATW를 MUSIC의 전처리로 복합 처리하는 알고리즘을 제안하고 그 성능 개선 효과를 시뮬레이션을 통하여 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 알고리즘에 대해 살펴볼 것이고 3장에서 제안된 알고리즘의 성능을 기존의 발표된 방법과 비교하여 모의 실험을 통해 보일 것이다.

II. ATW-MUSIC 알고리즘

ATW는 입력신호의 톤 성분에만 창이 열리도록 하는 성질을 가지는 전처리 과정이다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다[4].

다음과 같은 톤 신호가 있다고 하면,

$$x[n] = \sum_{i=1}^P A_i \exp^{j\omega_i n} + M[n], \quad 0 \leq n \leq N_d - 1 \quad (1)$$

위 신호의 자기상관 함수와 전력 밀도 함수는 각각 다

음과 같다.

$$r[m] = \sum_{i=0}^p |A_i|^2 e^{j\omega_i m} + \rho_n \delta(m), \quad -(N_a-1) \leq m \leq N_a-1 \quad (2)$$

위 자기 상관 함수에 식(3)과 같이 변형된 창함수를 씌워서 전력 밀도 함수를 구하면 식(4)과 같은 변조된 전력 밀도 함수를 얻을 수 있다.

$$h[m] = \begin{cases} h[m], & 1 \leq m \leq N_a-1 \\ 0, & m \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} R(\omega) &= \sum_{m=0}^{N_a-1} r[m] h^*[m] e^{-j\omega m} \\ &= |A_i|^2 \sum_{m=0}^{N_a-1} h^*[m] e^{-j(\omega - \omega_i)m} \\ &= |A_i|^2 H^*[\omega - \omega_i] \end{aligned} \quad (4)$$

위의 결과에서 보인 백색잡음의 영향은 제거된 것을 알 수 있고 톤의 주파수 위치에 창함수가 변조되어 있는 것을 볼 수 있다. 식(4)에서 실수와 허수를 각각 분리하면 다음과 같이 된다.

$$Q_r(\omega) = \sum_{i=0}^p |A_i|^2 \text{Real}\{H^*(\omega - \omega_i)\} \quad (5)$$

$$Q_i(\omega) = \sum_{i=0}^p |A_i|^2 \text{Imag}\{H^*(\omega - \omega_i)\} \quad (6)$$

식(5)은 톤이 있는 위치를 중심으로 '0'보다 큰 피크가 형성되는 성질이 있고, 식(6)은 톤이 있는 위치에서 '0'을 교차하는 성질이 있다. 따라서 이 두 성질을 이용하면 톤이 있는 위치를 중심으로 창을 설정할 수 있다. 이런 창을 ATW라고 하며, ATW를 설정하기 위한 조건은 다음과 같다.

$$ATW(\omega) = \begin{cases} 1, & \text{if } Q_r(\omega) \geq \alpha \text{ and } |Q_i(\omega)/Q_r(\omega)| < \gamma \\ 0, & \text{if } Q_r(\omega) < \alpha \text{ and } |Q_i(\omega)/Q_r(\omega)| \geq \gamma \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{단 } \begin{aligned} \underline{Q}_r(\omega) &= Q_r(\omega) / \max\{Q_r(\omega)\}, \\ \underline{Q}_i(\omega) &= Q_i(\omega) / \max\{Q_i(\omega)\} \end{aligned}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \gamma \leq 0.5$$

위에서 언급한 ATW의 주파수 추적 특성은 그림1에서 알 수 있다.

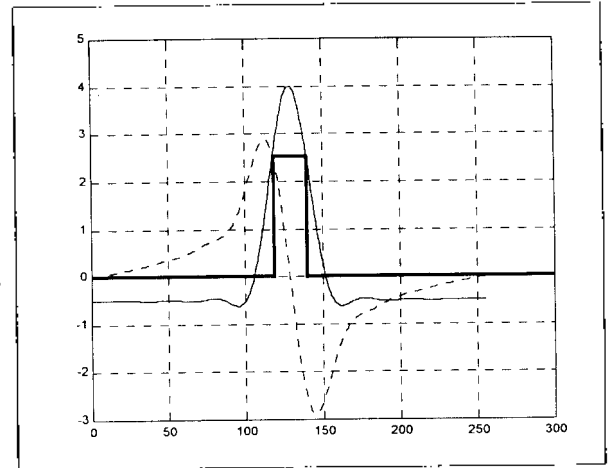
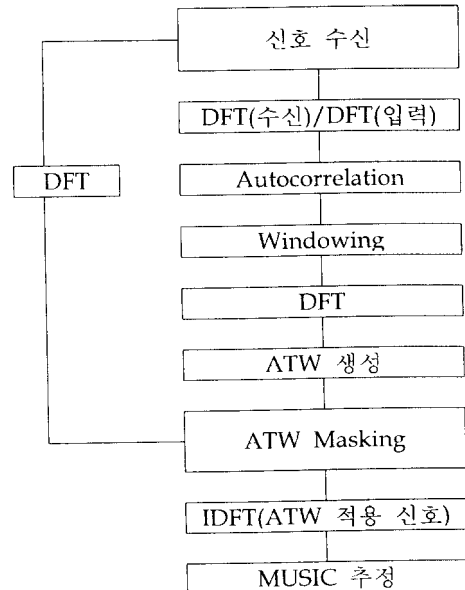


그림 1. ATW의 성질 (실선 box는 ATW에 의해 추정된 신호구역)

위에서 보인 ATW의 특성을 이용하면 톤 성분이 정확히 어느 위치에 있는지는 알 수 없어도 어느 부단에 있는지는 알 수 있다. 그러므로 그 구간 신호 성분만을 얻어낸다면 개선된 신호대 잡음비를 갖는 신호를 얻을 수 있게 된다. 이같이 재구성된 신호를 익히 톤 주파수 추정에 안정된 성능을 인정받고 있는 MUSIC 알고리즘의 입력신호로 사용함으로써 원래 신호보다 신호대 잡음비가 개선된 입력신호를 MUSIC 주파수 추정기에 줄 수 있게 된다. 따라서 MUSIC 알고리즘의 추정 결과도 개선된 신호대 잡음비의 결과를 얻게 될 것이다. 이같은 ATW-MUSIC의 알고리즘의 흐름을 표 1로 나타내었다.

표 1 ATW MUSIC 흐름도



III. 모의 실험

ATW-MUSIC의 성능 개선을 보이기 위해서 신호대 잡음비가 0dB, 5dB, 10dB, 15dB, 20dB의 경우에 대해서 50회씩 독립 시행한 결과를 그림 2부터 그림 6에 걸쳐서 보인다.

결과 그림을 보면 일반 MUSIC의 경우는 신호대 잡음비가 5dB와 10dB사이에서 Threshold가 넘어남을 알 수 있다. 반면에 ATW-MUSIC의 경우에는 Threshold가 0dB까지 연장됨을 볼 수 있다.

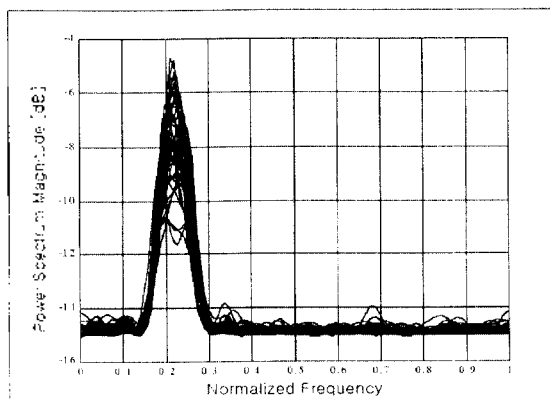
IV. 결론

본 논문을 통하여 본 성분을 자동으로 추적할 수 있는 능력을 가진 ATW와 본성분을 고분해능으로 추정해낼 수 있는 MUSIC알고리즘을 결합한 ATW-MUSIC 알고리즘을 제안했다.

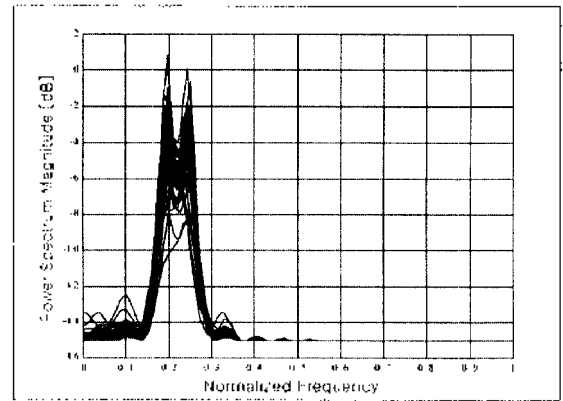
제안한 알고리즘은 MUSIC이 보이는 Threshold현상을 더 낮은 신호대 잡음비에서 일어나게 하는 성능을 나타내었다. 따라서 신호대 잡음비가 좋지 않은 상황에서도 MUSIC의 고분해능 주파수 추정 능력을 이용할 수 있는 가능성을 보였다.

참고문헌

- [1]윤병우, 신윤기, "자동 추적 윈도우를 이용한 방위 추정 알고리즘의 개선에 관한 연구", 전자공학회논문지, vol.27, no. 12, pp. 1800-1809, 1990.
- [2]Haykin ed, *Advances in Spectrum Analysis and Array Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1991.
- [3]임준석, "ATW(Automatic Tracking Window)를 이용한 radar 산란점 추정 성능 개선", 하계 음향학회 논문집, vol.17 no. 1(s), pp. 209~212, 1998.

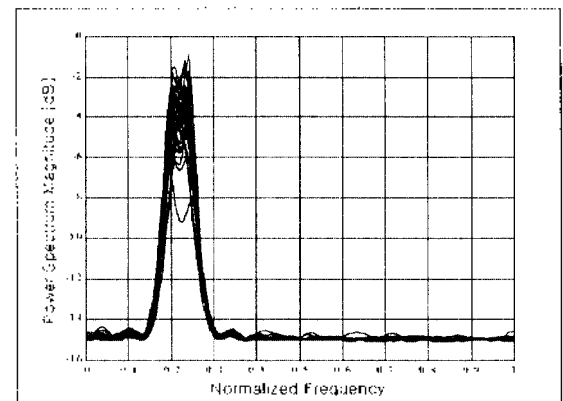


(a)

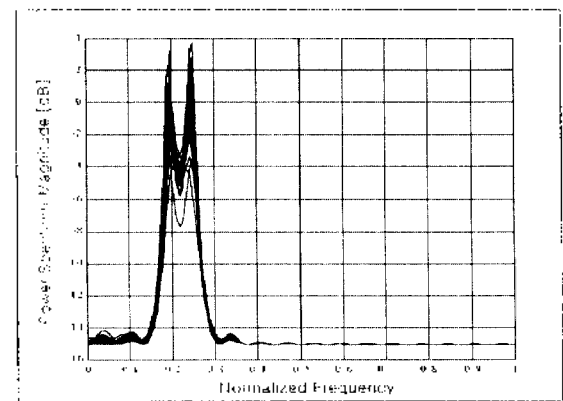


(b)

그림 2. 0dB의 경우의 주파수 추정 결과 (a) MUSIC (b) ATW-MUSIC

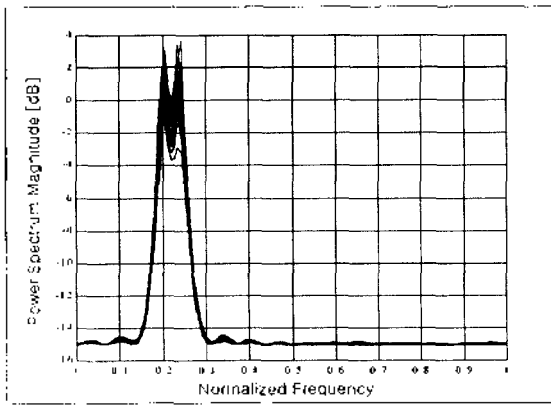


(a)

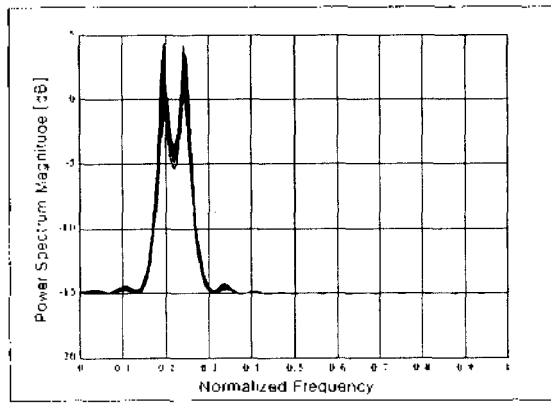


(b)

그림 3. 5dB의 경우의 주파수 추정 결과 (a) MUSIC (b) ATW-MUSIC

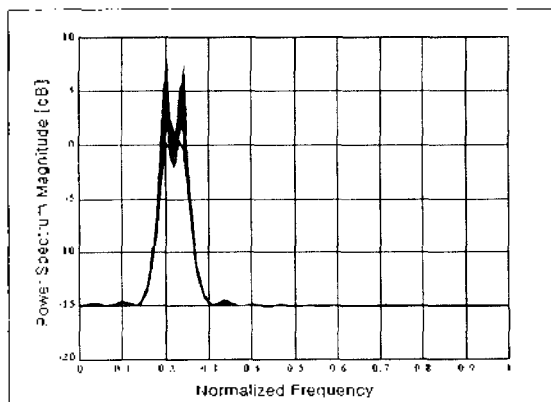


(a)

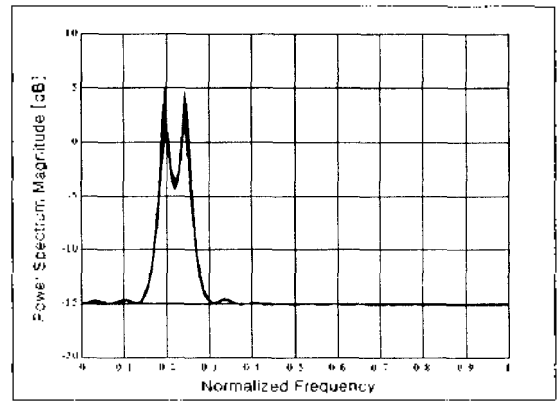


(b)

그림 4. 10dB의 경우의 주파수 추정 결과 (a) MUSIC (b) ATW-MUSIC

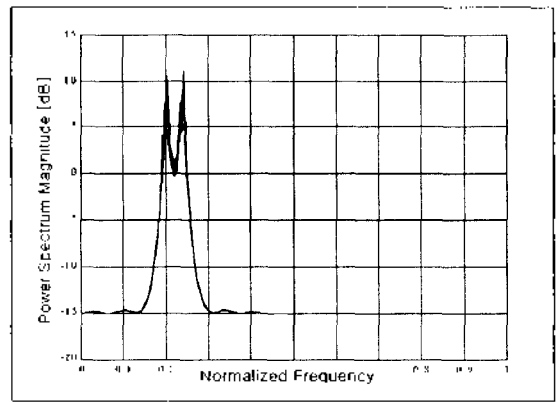


(a)

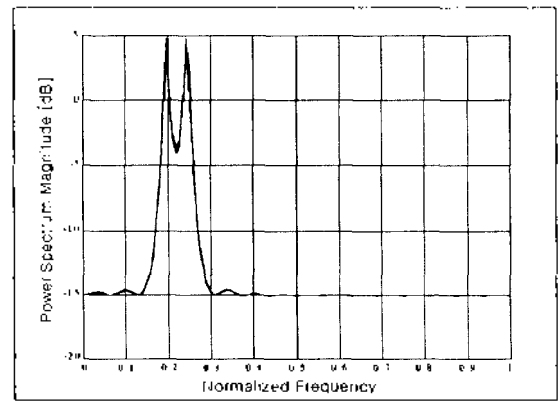


(b)

그림 5. 15dB의 경우의 주파수 추정 결과 (a) MUSIC (b) ATW-MUSIC



(a)



(b)

그림 6. 20dB의 경우의 주파수 추정 결과 (a) MUSIC (b) ATW-MUSIC