

도래방향 추정을 위한 MUSIC 알고리즘의 구현

박병우, 오동준, 조희균, 정봉식

동아대학교

bwpark@donga.ac.kr, bsjeong@dau.ac.kr

Implementation of MUSIC Algorithm for DOA estimation

Park Byung Woo, Oh Dong Jun, Cho Hee Kyu, Jeong Bong Sik

Dong-A Univ.

요 약

본 논문에서는 도래방향 추정기법인 MUSIC(Multiple Signal Classification) 알고리즘을 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현하는 방법에 대해 연구하였다. MUSIC 알고리즘은 고유벡터와 방향행렬의 요소성분이 복소수이기 때문에 하드웨어 구현을 위해서는 입력상관행렬을 확장하거나 Unitary 개념을 적용한다. 여기서는 MUSIC 알고리즘에서 방향벡터와 잡음 고유벡터가 서로 직교한다는 성질을 이용하고, 소자의 간격과 도래방향을 고려하여 방향행렬을 미리 구하여 잡음고유벡터와 방향행렬의 실수 인산을 통해 도래각을 구한다. 인테나 소자 2개, 소자간 간격 0.5λ인 경우에 대해서, 방향행렬의 각도 간격에 따른 시뮬레이션을 통해 도래방향 추정의 유용성을 확인하였다.

1. 서 론

차세대 이동통신 시스템은 좁은 대역폭을 사용하여 고속의 대용량 데이터를 신뢰성 있게 전송 할 수 있는 시스템으로, 핵심기술은 스마트 안테나 기술이다. 특히, 도래 방향 추정(DOA: Direction Of Arrival)은 스마트 안테나 기술의 한 부분으로서 전파 환경에 대응하여 능동적으로 최적의 빔 패턴을 사용자 방향으로 제공하게 한다. 즉, 필요한 신호만 수신하고 그 외의 원하지 않는 방향의 간섭파의 신호레벨을 크게 줄여 시스템의 성능을 향상 시키고 기지국의 채널 용량을 증가시키는 기술이다[1].

DOA 추정기법으로는 배열 입력의 상관행렬의 고유 전개에 기초한 Min-Norm, MUSIC, ESPRIT(Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques) 등이 있다. 이들 추정기법은 초분해능 특성을 가지고 있으며 배열 안테나의 수신신호에서 얻을 수 있는 신호정보를 기초로 상관행렬을 구하고 고유치 분해하는 방식이다[2-4]. Min-Norm법과 MUSIC법은 적교공진(신호와 잡음)의 개념을 이용하여 DOA를 추정하고 ESPRIT법은 등 간격으로 배열된 소자가 받아 들이는 신호의 위상차를 이용하여 DOA를 추정한다. ESPRIT법은 3 번의 고유치분해가 필요하므로 한 번의 고유치 분해를 수행하는 MUSIC법에 비해 계산량이 많다. MUSIC법은 Min-Norm법이 배열의 자유도에 여유가 있을 때 도래방향추정 문제가 발생하는데, 이를 개선한 기법이다[5]. MUSIC법은 상관행렬을 고유치 분해하여 고유벡터를 구하고, 잡음 고유벡터와 이에 직교하는 방향벡터(steering vector)를 탐색하는 것으로 신호의 도래방향을 추정한다.

본 논문에서는 안테나가 2개이고 도래파가 1개인 경우에 대해서 도래방향 추정 알고리즘인 MUSIC 법을 전개하고 FPGA 구현이 가능하도록 하였다.

2. DOA 추정알고리즘

(1) MUSIC 알고리즘

MUSIC법은 상관행렬의 고유치와 고유벡터를 이용한다. 소자수가 k 인 배열안테나에 l 개의 평면파가 도래하는 경우, 입력벡터 X 는 다음과 같이 표현된다.

$$X(t) = AF(t) + N(t) \quad (1)$$

$$F(t) = [F_1(t), F_2(t), \dots, F_l(t)]^T \quad (2)$$

$$A = [a(\theta_1), \dots, a(\theta_l)] \quad (3)$$

$$a(\theta_l) = [\exp(-j2\pi d_l \sin\theta_l), \dots, \exp(-j2\pi d_k \sin\theta_l)]^T \quad (4)$$

$$N(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_k(t)]^T \quad (5)$$

여기서 $F_l(t)$ 는 l 번째 입사파의 파형, θ_l 는 l 번째 입사파의 도래방향, $N(t)$ 는 내부 잡음벡터, $a(\theta_l)$ 는 방향벡터를 나타낸다.

입력벡터 $X(t)$ 로부터 상관행렬을 구하고 고유치 분해한다.

$$R_{xx} \cong E[X(t)X^H(t)] \quad (6)$$