

# IEEE 802.15.3a 기반의 무선 위치인식을 위한 평균가중 신호 도착방향 매개변수 추정 기법

정회원 방성근\*, 종신회원 이용업\*

## An Average-Weighted Angle of Arrival Parameter Estimation Technique for Wireless Positioning based on IEEE 802.15.3a

Sungkeun Baang\* *Regular Member*, Yong Up Lee\*<sup>o</sup> *Lifelong Member*

### 요 약

UWB 표준인 IEEE 802.15.3a 채널의 무선 통신 시스템 환경에서 채널에 적합하고 추정 정확도가 우수한 신호 도착 방향(AOA) 매개변수 추정 기반의 실내 무선 위치인식 알고리즘을 위한 평균가중 AOA 추정기법을 제안한다. AOA 매개변수 추정을 위한 IEEE 802.15.3a 기반의 초광대역 신호 모형을 설정하고, 종래 추정 기법보다 추정 정확도가 우수한 평균가중 기반의 다중신호 분류 기법들을 제안한다. 컴퓨터 모의실험을 통해, IEEE 802.15.3a 채널이 포함된 실내 무선 위치인식 시스템 환경을 구축하고, 제안한 AOA 추정 방식을 통해 종래 방식보다 우수한 추정 결과를 보인다.

**Key Words** : Wireless Localization, Ultrawide band, IEEE 802.15.3a, Parameter Estimation, AOA, Clustered Multipath Signals, Average-Weighted MUSIC Technique

### ABSTRACT

In the environment of wireless communication system of IEEE 802.15.3a UWB standard, the angle of arrival(AOA) estimation technique for the indoor wireless positioning algorithms, based on the AOA parameter estimation which fits well for the wireless communication channel and shows high estimation accuracy, is proposed. After the UWB signal model, based on the IEEE 802.15.3a standard, is constructed, the average weighted MUSIC technique is proposed, which shows better estimation accuracy than those of conventional estimation technique. Through the simulation studies, the environment of the indoor wireless positioning system including the IEEE 802.15.3a channel is configured and we demonstrate better estimation results by the proposed AOA estimation technique than those from the conventional method.

### I. 서 론

무선 위치인식 기술은 실내외, 가지거리 또는 비 가지거리, 셀룰라 또는 초광대역 방식 등인 여러 가지 조건이 결합된 무선 통신 서비스 지역에서 원하는 목표의 위치를 찾는 것이다.<sup>[1]</sup>

무선 위치인식 기술은 일반적으로 두 가지 종류

의 알고리즘이 사용되어야 하는데, 첫 번째 기법은 목표의 위치 계산에 필요한 변수인 수신 신호세기(RSS), 신호 도착방향(AOA), 신호 도착시간(TOA), 신호 도착 시간차이(TDOA) 등의 매개변수 값들을 정하는 매개변수 추정 알고리즘이며, 두 번째 기법은 추정된 매개변수를 사용하여 목표 위치를 실제 계산하는 데이터 융합 알고리즘들로 기하학적인 방

\* 한림대학교 전자공학과(yulee@hallm.ac.kr)(<sup>o</sup>: 교신저자)

논문번호: KICS2010-01-017, 접수일자: 2010년 1월 7일, 최종논문접수일자: 2010년 3월 24일

법, 최소자승 기법 등의 알고리즘들이다. 여러 가지 매개변수 추정기법 중에 AOA 매개변수 추정 기반 무선 위치인식 기법은 다른 기법과 달리 다중 안테나와 배열 신호처리 기법이 추가로 필요하다.<sup>[2],[3]</sup>

그림 1은 협대역 무선 통신을 사용하는 종래의 셀룰라 기반의 무선 위치인식 시스템과 달리 이번 논문에서 다룰 IEEE 802.15.3a 방식인 초광대역 무선 통신 방식을 사용하는 실내 무선 위치인식 시스템 구성도이다.<sup>[4]</sup> 그림 1에서 목표노드인 초광대역 송수신기의 위치에 대한 무선 위치인식을 위해서, 위치를 미리 아는 두 대의 초광대역 송신기인 기준노드 1과 기준노드 2 들로부터 목표노드로 전송된 신호들의 AOA 매개변수 값들을 추정한 다음, 데이터 융합 알고리즘을 사용하여 목표노드의 위치를 결정하는 시스템이다.

IEEE 802.15.3a 방식에 따르면, 초광대역 방식의 실내 무선채널은 클러스터화된 수많은 다중경로 신호들, 겹쳐진 다중경로 신호들, 그리고 수신될 때 불규칙한 신호의 AOA값 등의 특성들이 있으므로, 일반적으로 정확한 AOA 추정치를 얻기 어렵다.<sup>[5]</sup> 클러스터화된 다중경로 성분들에 의한 문제 이외에도, 비가시거리 등의 채널 환경 등으로 부정확한 AOA 매개변수 추정치를 얻는 경우도 있다.

그림 2(a)는 실제 통신인 셀룰라 무선 환경에서 채널을 거쳐 수신기에서 얻은 다중 경로 신호의

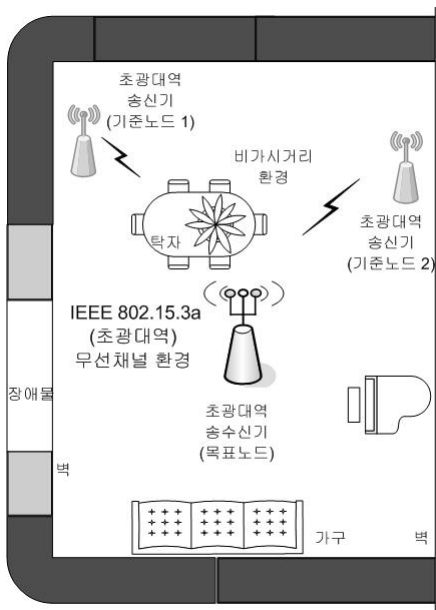


그림 1. 초광대역(IEEE 802.15.3a) 기반의 무선 위치인식 시스템구성도

AOA를 나타낸 경우로 실내 무선채널 환경과 달리 다중경로 성분에 의한 클러스터화 현상이 발생하지 않으므로 대체로 다중경로 신호들의 AOA값이 거의 일정하다.

하지만, IEEE 802.15.3a 방식의 초광대역 실내 무선채널 환경은 클러스터화된 수많은 다중경로 신호들 특성, 가시거리와 비 가시거리 환경들이 섞여 있는 환경이므로 실내 채널을 통해 수신된 다중경로 신호의 AOA들은 그림 2(b) 또는 그림 2(c)와 같이 한 개 값으로 결정하기 어렵고, 불규칙적인 AOA 매개변수 값을 가진다. 이런 경우, AOA 매개변수는 종래의 추정 기법으로는 정확하게 추정할 수 없다. 이 논문에서는 우수한 성능의 초광대역 실내 무선 위치인식 기법을 위해 이런 문제를 해결할 수 있는 AOA 매개변수 추정기술을 생각하여 제안한다.<sup>[6]</sup>

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, II절에서 IEEE 802.15.3a 기반의 무선 위치인식 시스템을 위한 초광대역 신호 모형을 제안하고, III절에서는 종래 추정 기법보다 추정 정확도가 우수한 평균가중 방식의 AOA 매개변수 추정 다중신호 분류 기법을 제안한다. IV절에서는 초광대역 신호 모형과 제안된

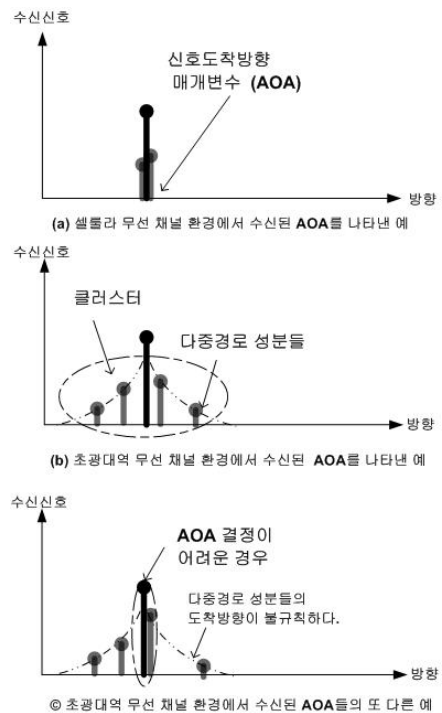


그림 2. 초광대역 방식의 실내 무선채널을 통해 수신되는 다중경로 신호들의 AOA 특성

추정 기법을 컴퓨터 모의실험으로 검증하고, 마지막으로 V절에서 결론이 언급된다.

II. IEEE 802.15.3a 기반의 초광대역 신호 모형

그림 1에서 기준노드 1 또는 기준노드 2로부터 전송된 한 개의 신호는 초광대역 무선 채널을 통해 목표노드에 한 개의 클러스터 화 된 신호로 수신된다고 가정하자. 여러 개의 클러스터가 수신되는 경우도 있지만, 첫 번째 클러스터만이 AOA 결정에 사용된다. 그러면, 목표노드에 수신된 클러스터 화 된 신호수는 기준노드들의 수를 의미한다. 분석을 위해, 각 초광대역 수신기에 도달하는 N개의 클러스터에는 각각 K개의 다중경로 신호들이 있는 것으로 가정한다. 그러면, 목표노드에 수신된 초광대역 신호는 IEEE 802.15.3a 채널에 의하면 다음과 같이 표현된다.<sup>[4],[5]</sup>

$$y(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K a_{nk} x(t - T_n - \tau_{nk}) + n(t) \quad (1)$$

여기서  $a_{nk}$ 는 n번째 클러스터 내 k번째 다중경로로 신호의 크기,  $x(\cdot)$ 는 정규 펄스신호의 이차 미분함수,  $T_n$ 는 n번째 클러스터의 도착시간,  $\tau_{nk}$ 는 n번째 클러스터의 k번째 다중경로 신호의 도착시간,  $n(t)$ 는 목표노드에 유기된 가산성 백색 정규 잡음(AWGN)이다.

UWB 신호의 AOA를 추정하기 위하여 배열안테나 기술을 적용하기 위해, 수신된 l번째 안테나 성분의 UWB 신호를 송신 신호와 채널 임펄스 응답함수의 컨벌루션과 가산성 잡음의 합으로 표현하면 다음과 같다:

$$y^l(t) = x(t) * h^l(t) + n^l(t) \quad (2)$$

여기서  $h^l(t)$ 는 l번째 안테나 성분의 채널 임펄스 응답함수로 다음과 같다.<sup>[3]</sup>

$$h^l(t) = X \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \alpha_{nk} \delta(t - T_n - l\tau_{nk}) \quad (3)$$

참고문헌<sup>[6],[7]</sup>에서 UWB 채널 특성이 협대역 실내 무선 채널 특성과 매우 유사하게 평탄한 페이딩 특성을 갖는 것이 알려져 있다. 분석을 위해 평균

페이딩 채널 상수를  $\tilde{a} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K a_{nk}$  로 정의하자. 또

한, n번째 클러스터의 k번째 다중경로 성분이 갖는 기준 소자와의 상대적 시간 지연 성분인 다중경로 시간지연  $l\tau_{nk}$ 는  $l\tau_{nk} = ld \sin \phi_{nk} / c$ 로 할 수 있는데, 여기서 c는 빛의 속도, d는 배열 안테나 소자 사이의 거리,  $\phi_{nk}$ 는 다중경로 성분의 신호 도착 방향인 AOA 변수이다. 여기서, 편리를 위해  $\sin \phi_{nk} \equiv \phi_{nk}$ 로 가정하자. 다중경로 성분의 신호 도착 방향인 AOA 변수가 균일한 확률 특성을 가지면, AOA 변수는 클러스터의 중심인 평균과 분산으로 표현이 가능하다.

목표노드에서 수신된 신호는 주파수 영역에서 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Y^l(f) = X(f)H^l(f) + \Gamma^l(f) \quad (4)$$

여기서,

$$H^l(f) = \sum_{n=1}^N \tilde{a}_n e^{-j2\pi f T_n} \sum_{k=1}^K e^{-j2\pi f l d (\theta_n + \theta_{nk}) / c}$$

이며,  $\theta_n$ 은  $\phi_{nk}$ 의 평균,  $\theta_{nk}$ 는 분산이다.

그러면, 수신된 UWB 신호는 주파수 영역에서 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$Y^l(f) = \sum_{n=1}^N H_\gamma(f) \omega^l(\theta_n) + \Gamma^l(f) \quad (5)$$

여기서,  $H_\gamma(f) = \tilde{a}_n e^{-j2\pi f T_n}$ 이며

$$\omega^l(\theta_n) = \sum_{k=1}^K e^{-j2\pi f l d (\theta_n + \theta_{nk}) / c}$$
 이다.

식 (5)를 행렬과 벡터 표현식으로 다시 쓰면

$$Y(f) = WS(f) + \Gamma(f) \quad (6)$$

이며, 여기서 각 항목은 다음과 같다.

$$Y(f) = [Y^1(f), \dots, Y^L(f)],$$

$$W = [\omega(\theta_1), \dots, \omega(\theta_N)],$$

$$\omega(\theta_n) = [\omega^1(\theta_n), \dots, \omega^L(\theta_n)],$$

$$S(f) = [X_1(f)H_{\gamma_1}(f), \dots, X_N(f)H_{\gamma_N}(f)],$$

$$\Gamma(f) = [\Gamma^1(f), \dots, \Gamma^L(f)].$$

식(6)으로 부터 수신된 스펙트럼 벡터의 공분산 행렬은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$R_Y = E\{Y(f)Y^H(f)\} = WR_S W^H + R_I \quad (7)$$

여기서 입력신호의 공분산 행렬  $R_S$ 와 잡음의 공분산 행렬  $R_I$ 는 각각  $R_S = \{S(f)S^H(f)\}$ ,  $R_I = \{\Gamma(f)\Gamma^H(f)\}$ 이다.

### III. 평균가중 다중신호 분류 AOA 추정 기법

대부분의 AOA 매개변수 추정 기법은 스펙트럼 해석에 기초하는 데, 여러 가지 추정 방법 중, 다중신호 분류(Multiple Signal Classification, MUSIC) 기법은 부공간(subspace) 해석을 바탕으로 하는 기법이다. 대개 알고리즘의 복잡도가 낮고 계산 량이 적은 경우, 다중신호 분류 기법을 매개변수 추정으로 사용한다. 다중신호분류 추정 기법과정은 대개 다음과 같이 수행된다. 먼저, 수신신호의 공분산 행렬을 가지고, 고유분해를 통해 고유벡터와 고유치를 구한 다음, 고유치가 잡음의 분산보다 큰 값들로 구성된 신호 부공간과 잡음분산과 거의 같은 값으로 된 잡음 부공간 중에서, 잡음 부공간과 수신 안테나의 구조적 특성인 조정 또는 주사 벡터와의 내적으로 얻은 비용함수의 최대 또는 최소값을 구하여 매개변수의 추정치를 구하는 과정이다.<sup>[8]</sup>

한편, 그림 1의 초광대역 기반의 무선 위치인식 시스템 구성에서 초광대역 방식의 실내 무선 채널을 통해 수신되는 다중경로 신호들의 AOA 특성은 그림 2(b) 또는 2(c)와 같은 클러스터 화 현상들이 발생되어서 종래의 AOA 다중신호 분류 기반 매개변수 추정 기법을 적용할 경우 그림 2(c)와 같이 AOA 결정이 어려운 경우가 발생이 되어 AOA 추정에 실패를 하게 된다. 이 논문에서는 초광대역 실내채널의 클러스터 화 현상을 고려하여 수정된 평균가중 기반의 AOA 다중신호 분류 기반 매개변수 추정 기법을 제안한다.

제안된 다중신호 분류 기법은, 그림 1의 IEEE 802.15.3a 기반의 무선 위치인식 시스템 구성에서 적용할 AOA 매개변수 추정기법으로, 기준노드 1인

초광대역 송신기에서 전송된 한 개 신호가 IEEE 802.15.3a 기반의 초광대역 실내 무선 채널을 거쳐 목표노드인 초광대역 수신기에 도달할 경우, 한 개의 클러스터만이 생성된다고 가정한다. 실제 이전결과<sup>[5]</sup>에서는 세 개 또는 네 개의 클러스터가 수신되는 경우도 있지만, 첫 번째 클러스터의 방향만이 중요하고 AOA가 되므로 합리적인 가정이다. 그 경우 클러스터 중심이 AOA 매개변수가 된다. 또한 다중경로 신호들의 도착 방향 값들은 AOA 변수를 중심으로 균일 확률분포 특성으로 퍼진다고 가정한다. 균일 분포는 AOA 확률특성의 사전 정보가 없으므로 무난한 가정이다. 이때 퍼짐 매개변수를  $\rho$ 라고 하자.

먼저, 다중신호 분류기법에 필요한 배열 안테나의 구조적 특성인 주사벡터를 구해보자. 이를 위해 식(5)의  $\omega^l(\theta_n)$ 로부터, 실내 환경에서 다중경로 수의 신호도착방향들이 무수히 많고 신호 도착 방향이 균일 확률 분포 특성을 고려하여 새로운 평균 주사벡터  $M(\phi)$ 를 다음과 같이 정의하자.

$$M(\phi) \equiv E\{e^{-j2\pi f l d \phi / c}\} \quad (8)$$

만일, 식(8)에서 신호 도착방향 값을 의미하는 매개변수  $\phi$ 의 평균이  $\theta_n$ 이고 분산이  $\rho$ 인 균일 확률변수로 최대최소값들이 각각  $\pm \rho_n$ 에서 분포되는 경우, 주사벡터는 다음과 같다.

$$M(\theta_n; \rho_n) = E\{e^{-j2\pi f l d \phi / c}\} = \int_{\theta_n - \rho_n}^{\theta_n + \rho_n} e^{-j2\pi f l d \phi / c} \frac{1}{2\rho_n} d\phi \quad (9)$$

여기서  $n = 1, 2, \dots, N$ . 그러면, 식(9)로부터 수월한 계산과정을 통하여, IEEE 802.15.3a 기반의 실내 채널 환경이 고려된 새로운 평균(Mean) 주사벡터를 다음과 같이 얻는다.

$$M(\theta_n; \rho_n) = \frac{\sin(2\pi f l d \rho_n / c)}{2\pi f l d \rho_n / c} e^{-j2\pi f l d \theta_n / c} = \text{sinc}(2\pi f l d \rho_n / c) e^{-j2\pi f l d \theta_n / c} \quad (10)$$

그림 1의 초광대역 기반의 무선 위치인식 시스템에 적합한 평균 방식 기반의 다중신호 분류 기법은 식(10)의 평균 주사벡터와 수신신호의 공분산 행렬에서 구한 잡음 부공간의 구성 고유벡터를 사용해

얻은 비용함수의 최대값으로 AOA 매개변수 값을 정하면 된다.

그림 1의 기준노드 1과 기준노드 2에서 전송된 신호들이 매우 근접해 목표노드에 수신이 될 경우, 각각의 클러스터 내의 다중경로 성분들은 서로 혼합되는 경우가 발생된다. 그럴 경우 식(10)의 평균 주사 벡터를 기반으로 하는 다중신호 분류 방법의 성능 저하가 발생된다. 이를 극복하기 위해, 이 논문에서는 다음과 같은 평균가중(Average-weighted) 방식의 주사벡터  $M_A(\Theta_n, \rho_n)$ 를 생각한다.

$$M_A(\Theta_n, \rho_n) \equiv \frac{1}{2} [1 + \text{sinc}(2\pi f l d \rho_n / c)] \cdot e^{-j2\pi f l d \Theta_n / c} \quad (11)$$

그리고, 그림 1의 목표노드에 수신된 신호의 공분산 행렬의 고유분해 수행을 통해, 신호 부공간과 잡음 부공간을 구성하는 고유벡터들을 얻은 후, 다음과 같이 평균가중 방식의 다중신호 분류 기법의 스펙트럼 또는 비용함수를 구할 수 있다.

$$P(\Theta, \rho) = \frac{1}{M_A^H(\Theta, \rho) G G^H M_A(\Theta, \rho)} \quad (12)$$

여기서,  $G$ 는 잡음 부공간을 구성하는 고유벡터들의 집합이다.

이제 그림 1과 같은 IEEE 802.15.3a 기반의 무선 위치인식 시스템 구성에서 AOA 매개변수 추정치를 식(12)의 평균가중 기반 다중신호 분류 비용함수의 최소치로 정하면, 종래 다중신호 분류 기법보다 더 정확한 추정치를 구할 수 있음을 다음 절에서 볼 수 있다.

#### IV. 모의실험

2장과 3장에서 제안된 IEEE 802.15.3a 기반의 초광대역 신호 모형과 평균가중 기반의 다중신호 분류 AOA 매개변수 추정 기법의 타당성을 증명하기 위해서, 제안한 기법의 컴퓨터 모의실험과 분석을 수행 하였다.

그림 1의 IEEE 802.15.3a 기반 무선 위치인식 시스템 환경에서 초광대역 송신기들인 기준노드 1과 기준노드 2로부터 전송된 신호들은 목표노드인 초광대역 송수신기의 배열 안테나로 수신된다. 이때, 배열 안테나 구성은 센서 수  $L$ 은 5이며, 안테나 사

이거리  $d$ 는 10 cm이다.

먼저, 실내 환경이 IEEE 802.15.3a 채널의 가지거리(LOS) 환경일 경우, 초광대역 무선 채널의 임펄스 응답을 Matlab 7.2 소프트웨어를 사용한 모의실험을 통해 그림 3과 같은 결과를 얻었다. IEEE 802.15.3a 기반의 LOS 채널을 구현할 때 모의실험 조건은 다음과 같다: 클러스터 감쇠비율  $\Lambda=0.4$ , 다중경로 감쇠비율  $\lambda=0.5$ , 클러스터의 크기 감쇠율  $\Gamma=5.5$ , 다중경로의 크기 감쇠율  $\gamma=6.7$ . 또한, 다중경로 신호의 도착방향 매개변수  $\phi$ 는 클러스터 중심인 AOA 매개변수  $\Theta$ 를 평균으로 가지며 균일 확률 분포 특성을 가진다. 이외에 IEEE 802.15.3a 방식[4]에 따라 모의실험이 진행되었다. 그림 3에서 LOS 환경인 경우, 다중경로 신호들이 영점 시간 근처에 많이 모여 있고, 빠르게 크기가 감쇠됨을 볼 수 있는데, 비가지거리(NLOS) 환경인 경우에는 상대적으로 다중경로 신호들이 퍼져있다.

다음은 그림 3의 LOS 환경의 채널 임펄스 응답 조건에서, 그림 1의 기준노드 1과 기준노드 2에서 전송된 신호들이 서로 충분히 멀리 있어서 클러스터들이 혼합되지 않게 목표노드에 수신되는 ‘클러스터 분리’ 경우와, 이와 반대로 서로 근접된 기준노드들로부터 전송된 신호들로 인해 목표노드에서 클러스터가 혼합이 되어 수신되는 ‘클러스터 혼합’의 경우를 가정하고, 각각 3장의 다중신호 분류 AOA 매개변수 추정기법들을 적용해 종래 방식과 제안 방법의 스펙트럼들을 비교하였다. 그림 4와 그림 5는 각 경우의 결과로 얻은 스펙트럼들이다. 모의실험 조건은 클러스터 분리된 경우 신호도착 방향의 분산이  $\rho=10^\circ$ 이며, 클러스터 중심인 AOA 변수는  $(\Theta_1, \Theta_2) = (20^\circ, 50^\circ)$ 이다. 클러스터 혼합의 경

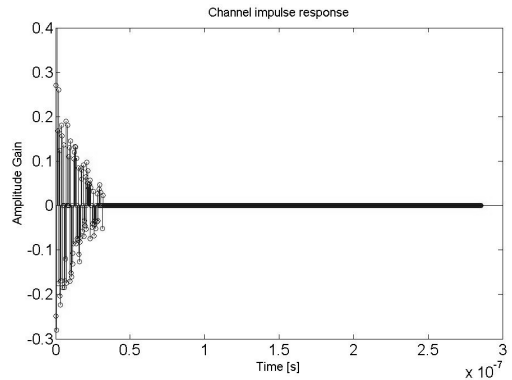


그림 3. IEEE 802.15.3a 방식의 가지거리(LOS) 환경에서의 초광대역 채널 임펄스 응답 특성

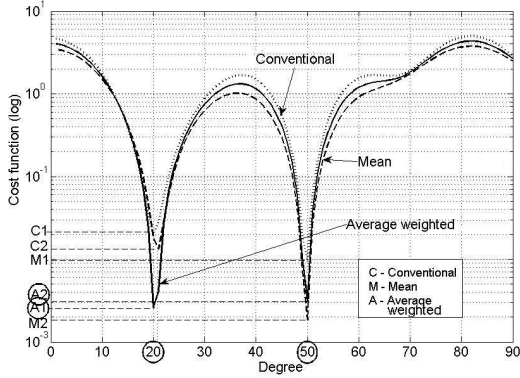


그림 4. 그림 1의 무선 위치인식 시스템 환경에서 클러스터들이 분리되어 목표노드에 수신된 경우의 다중신호 분류 기법을 통해 얻은 추정 스펙트럼들: 종래(Conventional) 주사 벡터를 사용한 경우(...), 식(10)의 평균(Mean) 주사벡터를 사용한 경우(--), 그리고 식(11)의 평균가중(Average-weighted) 주사벡터를 사용한 경우(-)

우, 신호도착 방향의 분산은  $\rho = 13^\circ$ 이며, AOA 매개변수는  $(\theta_1, \theta_2) = (20^\circ, 30^\circ)$ 로 하였다.

그림 1의 IEEE 802.15.3a 기반 무선 위치인식 시스템 환경에서 클러스터들이 분리되어 목표노드에 수신되는 경우에 모의실험을 통해 얻은 그림 4의 결과를 가지고 다음 사항을 관측할 수 있다. 종래 다중신호 분류 기법을 사용해 얻은 스펙트럼과 식(10)의 평균 주사벡터 개념을 적용하여 얻은 다중신호 분류 기법의 스펙트럼들에 비해 식(11)의 평균가중 주사벡터 개념을 사용해 얻은 평균가중 기반의 다중신호 분류 기법의 스펙트럼이 더 정확한 AOA 추정치 또는 분해 능력을 가짐을 볼 수 있지만, 세 가지 다중신호 분류 기법 모두가 비교적 정확한 AOA 추정치를 가짐을 알 수 있다.

그림 5는 그림 1의 무선 위치인식 시스템 환경에서 클러스터들이 서로 혼합되어 목표노드에 수신된 경우의 다중신호 분류 기법을 통해 얻은 추정 스펙트럼들이다. 그림 4의 결과와 다르게 종래 주사 벡터와 식(10)의 평균 주사벡터를 사용한 다중신호 분류 기법의 스펙트럼에서는 정확한 AOA 매개변수 추정치를 얻을 수 없지만, 이 논문에서 제안한 방식인 식(11)의 평균가중 주사벡터를 사용한 평균가중 기반의 다중신호 분류 기법의 스펙트럼 결과에서는 정확하게 AOA 매개변수 추정치를 구할 수 있음을 알 수 있다. 비가시거리 환경인 경우에도 상대적으로 다중경로 신호들이 많이 퍼져있지만, 평균가중 주사벡터를 사용한 평균가중 기반의 다중신호 분류 기법이 정확하게 AOA 매개변수 추정치를 얻었다.

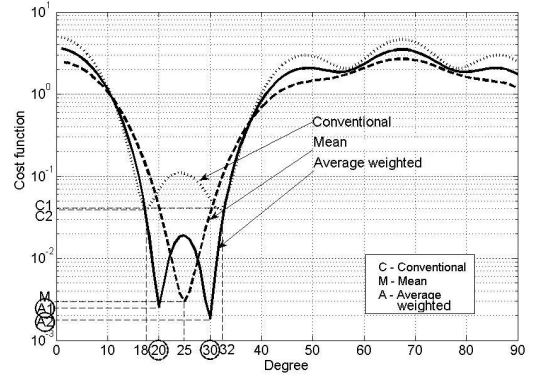


그림 5. 그림 1의 무선 위치인식 시스템 환경에서 클러스터들이 서로 혼합되어 목표노드에 수신된 경우의 다중신호 분류 기법을 통해 얻은 추정 스펙트럼들: 종래(Conventional) 주사 벡터를 사용한 경우(...), 식(10)의 평균(Mean) 주사벡터를 사용한 경우(--), 그리고 식(11)의 평균가중(Average-weighted) 주사벡터를 사용한 경우(-).

그림 1의 IEEE 802.15.3a 기반 무선 위치인식 시스템 환경에서 클러스터들이 분리되어 목표노드에 수신되는 경우, 제한한 평균가중 기반의 다중신호 분류 기법을 통해 추정된 3차원 스펙트럼이 그림 6에 있는데, 신호도착방향의 분산추정치  $\hat{\rho} = 10^\circ$ 인 지점에서 각각  $(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2) = (20^\circ, 50^\circ)$ 의 AOA 추정치가 국소 최대값을 가짐을 볼 수 있다.

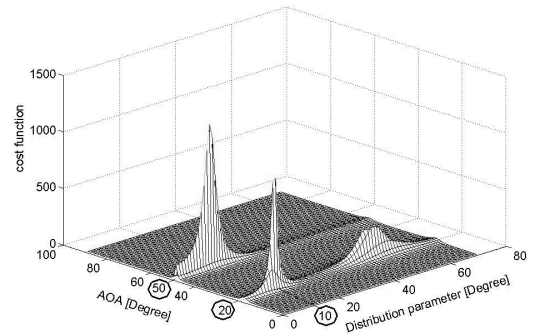


그림 6. 그림 4의 3차원 스펙트럼

## V. 결론

IEEE 802.15.3a 기반의 초광대역 무선 통신 시스템 환경에서 채널에 적합하고 추정 정확도가 우수한 평균가중 방식의 신호 도착 방향(AOA) 매개변수 추정 기반의 실내 무선 위치인식 알고리즘을 위한 평균가중 AOA 추정기법을 제안하였다. 무선 위치인식에 필요한 AOA 매개변수 추정을 위한

IEEE 802.15.3a 기반의 초광대역 신호 모형을 설정하고, 종래 다중신호 분류 추정 기법보다 추정 정확도가 우수한 평균과 평균가중 기반의 다중신호 분류 기법들을 제안하였고, 컴퓨터 모의실험을 통해, 제안한 AOA 매개변수 추정 방식이 종래 방식보다 우수한 성능 결과를 가짐을 보였다.

컴퓨터 모의실험을 통해, 무선 위치인식 시스템 환경에서 클러스터들이 분리되어 목표노드에 수신되는 경우에는 종래 다중신호 분류 기법과 제안된 다중신호 분류 기법 모두가 비교적 정확한 AOA 추정치를 갖지만, 클러스터들이 서로 혼합되어 목표노드에 수신된 경우는 종래 주사 벡터와 평균 주사벡터를 사용한 다중신호 분류 기법의 스펙트럼에서는 정확한 AOA 매개변수 추정치를 얻을 수 없지만, 평균가중 주사벡터를 사용한 평균가중 기반의 다중신호 분류 기법의 스펙트럼 결과에서는 정확하게 AOA 매개변수 추정치를 구할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Caffery, Jr, Wireless Location in CDMA Cellular Radio Systems. Boston, MA; Kluwer, 2000.
- [2] A.H. Sayed, A. Tarighat, and N. Khajehnouri, "Network-based Wireless Location," *IEEE Sig. Proc. Mag.*, Vol.22, pp.24-40, Jul., 2005.
- [3] S. Gezici, Z. Tian, G.B. Giannakis, H. Kobayashi, A.F. Molish, H.V. Poor, and Z. Sahinoglu, "Localization via Ultra-wide band Radios," *IEEE Sig. Proc. Mag.*, Vol.22, pp.70-84, Jul., 2005.
- [4] M.G. Benedetto and G. Giancola, Understanding Ultra Wide Band Radio Fundamentals, Prentice Hall PTR, 2004.
- [5] A. F. Molisch, J. R. Foerster, and M. Pendergrass, "Channel models for ultrawideband personal area networks," *IEEE Personal Comm. Mag.*, Vol.10, pp.14-21, Dec., 2003.
- [6] S. Ghassemzadeh, R. Jana, C. Rice, W. Turin, and V. Tarokh, "Measurement and modeling of an ultra-wide bandwidth indoor channel," *IEEE Tr. Comm.*, pp.1786-1796, 2004.
- [7] A. Saleh and R. A. Valenzuela, "A statistical model for indoor multipath propagation," *IEEE J. Sel. Areas Comm.*, Vol.5, pp.138-137, Feb.,

1987.

- [8] R.O. Schmidt, "Multiple emitter location and signal parameter estimation," *IEEE Tr. Ant. Prop.* Vol.AP-34, pp.276-280, Mar., 1986.

방 성 근(Sungkeun Baang)

정회원



1985년 서울대학교 원자핵공학과 학사  
 1987년 서울대학교 원자핵공학과 석사  
 1996년 UCLA 전기공학 박사  
 2002년~현재 한림대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 전자파전파, RF안테나 설계, VES시스템

이 용 업(Yong Up Lee)

중신회원



1985년 서울대학교 전자공학과 공학사  
 1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사  
 1996년 한국과학기술원 전기 및 전자과 공학 박사  
 2004년 호주 UNSW 방문교수

1998년~현재 한림대학교 전자공학과 교수

<관심분야> 무선통신, 무선위치인식 시스템, 가시광 통신