한국항행학회 논문지 제 15 권 제 6 호 2011년 12월

전파위협원 위치결정을 위한 TDOA/AOA 기반의 DOA 추정 기법 연구

A Study of DOA estimation based on TDOA/AOA for jammer localization

최헌호*, 진미현*, 임덕원**, 남기욱**, 박찬식***, 이상정*1)

Heon-Ho Choi*, Mi-Hyun Jin*, Deok-Won Lim**, Gi-Wook Nam**, Chan-Sik Park*** and Sang-Jeong Lee*

요 약

본 논문에서는 GBAS 환경에서 전파위협원 위치 결정을 위한 TDOA/AOA 기반의 효과적인 DOA 추정 기법을 제안한다. TDOA 측정치만을 이용하여 추정한 1차 근사해와 DOP를 이용하여 DOA 추정 범위를 현저하게 감소시킴으로써 효과적으로 전파위협 신호의 DOA를 추정할 수 있다. 제안한 기법을 통하여 비슷한 연산량으로 더 높은 DOA 정밀도를 얻을 수 있으며, 동시에 전파위협원 위치 추정 정확도를 높일 수 있다. 또한 소프트웨어 기반의 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법의 성능을 검증하였다.

Abstract

This paper proposes the DOA estimation method based on TDOA/AOA for jammer localization method in GBAS environment. The proposed method can effectively estimate DOA of jamming signal as the range for DOA estimation is reduced remarkably by using DOP and 1st approximate solution using TDOA measurements only. Through the proposed method, more precise DOA can be obtained and the performance of jammer localization is increased simultaneously. Also, the effectiveness of proposed method will be confirmed through the simulated results.

Key words : Jammer Localization, TDOA, AOA, MUSIC, DOA estimation

I. 서 론

Ground-Based Augumentation System(GBAS)은 매우 높은 정확도, 가용성, 무결성을 만족시키는 안전 중심 시스템(Safety-Critical system)으로, 공항지역에서 항공기의 접근, 착륙, 이륙 등의 모든 과정을 지원하는 GPS SPS(Standard Positioning Services) 보강항법 시스템이다. 그러나 GBAS는 위성신호 기반으로 운영되어 신호 전력이 매우 약하며, 기준국이 개방된 위치에 고정되어 있어 전파위협에 쉽게 방해받을 수 있다. 따라서 전파위협에 대한 대응을 고려하지 않는다면 안전성을 최우선으로 하는 항공시스템에 적용하기 힘들다 [1].

* 충남대학교 전자공학과(Department of Electronics Engineering, Chungnam National University)
** 한국항공우주연구원 위성항법팀(Satellite Navigation Department, Korea Aerospace Research Institute)
*** 충북대학교 제어로봇공학과(Department of Control, Robot Engineering, Chungbuk National University)
· 제1저자 (First Author) : 최헌호
· 투고일자 : 2011년 11월 8일
· 심사(수정)일자 : 2011년 11월 10일 (수정일자 : 2011년 12월 19일)
· 게재일자 : 2011년 12월 30일

전파위협대응 방안은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 하나는 전파위협에 대한 영향을 경감시키는 항재밍(Anti-jamming) 기법으로 현재까지 많은 연구가 이루어졌으며 배열안테나를 이용한 방법이 가장 효과적이라고 알려져 있다 [2]. 그러나 항재밍 기법은 전파위협 영향을 경감시키는데 한계가 있으며 전파위협 신호 자체를 제거할 수 있는 근본적인 해결방법은 아니다. 다른 하나는 센서에 수신되는 전파위협 신호를 이용하여 전파위협원의 위치를 찾아내는 전파위협원 위치결정(Jammer Localization) 기법이 있다. 전파위협원 위치결정이 가능해지면, 물리적인 제재를 통하여 전파위협의 근본적인 원인을 제거할 수 있으므로 항재밍 기법에 비하여 조금 더 능동적인 대응 형태라고 할 수 있다.

전파위협원 위치결정 기법은 주로 각 센서에 수신되는 신호의 입사 시간차를 이용하는 TDOA(Time Difference of Arrival)기법 [3] 혹은 입사각을 이용하는 AOA(Angle of Arrival)기법 [4] 을 기본으로 하며, 각 기법은 위치 결정 정확도의 성능에 있어서 다음과 같은 장점 및 한계성을 가진다. 일반적으로 TDOA 기법은 AOA 기법에 비하여 좀 더 정확한 위치 결정 성능을 제공하지만, 센서간의 동기화 및 전파 직진성이 최대한 정밀하게 보장되어야 한다는 단점이 있다. AOA 기법은 전파위협원과 센서그룹 사이의 거리에 상당히 의존적이다. 입사각의 작은 오차는 전파위협원이 센서에서 거리가 멀 경우 매우 큰 위치오차로 반영될 수 있다. 따라서 위치결정 성능을 향상시키기 위해서는 서로의 기법을 보완하기위한 TDOA/AOA 기법 [5] 을 고려할 수 있으며, 이때 TDOA/AOA 기법을 수행하더라도 DOA(Direction of Angle) 추정은 반드시 필요하다. 그러나 DOA 추정은 복잡한 계산과정으로 인한 시간지연, 정확도 감소 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 GBAS 환경에서 TDOA/AOA 기법을 이용하여 효과적으로 전파위협 신호의 DOA를 추정하는 방안을 제안하고, 이에 따라 전파위협원 위치결정 성능이 향상됨을 보인다. 또한 소프트웨어 기반의 시뮬레이션을 통하여 이를 검증한다.

Ⅱ. GBAS 환경에서의 전파위협 대응

GBAS는 공항 주변에 설치된 다수의 기준 센서에서 정확한 자신의 위치와 위성항법시스템의 측정치를 이용하여 의사거리 오차를 계산하고, 계산한 보정정보를 지상의 송신국을 이용하여 UHF(Ultra High Frequency) 또는 VHF(Very High Frequency) 채널를 통해 항공기로 전송함으로써, 터미널 공역에서 활주로까지 항공기를 유도하고 정밀위치정보를 제공하는 위성항법보강시스템이다. 이러한 시스템을 이용하여 안전한 항행을 위해 필요한 항공시스템의 항법 요구 성능은 만족할 수 있지만, 위성항법시스템의 최대 취약점인 전파위협에 대한 고려가 없다면 항공시스템에 적용하기 부적합하다. 특히 GBAS는 위성항법 신호를 수신하는 기준국이 고정되어 있고, 공항 주변이 지리적으로 개방되어 있는 특성 상 전파위협이 매우 용이하다. ICAO(International Civil Aviation Organization)에서는 사고의 위험이 높은 항공기의 이착륙을 관장하기 때문에 엄격한 정확성, 무결성, 연속성, 가용성의 조건을 요구하고 있지만, 전파위협에 대한 대응 기술이 없는 한 GBAS를 구축하여도 공항 주변에 전파위협 신호가 존재할 경우 이 성능요구조건을 만족하기 어렵다. 따라서 GBAS 환경에서의 전파위협 대응에 대한 고려는 필수적이다.

GBAS 환경에서 전파위협에 대응하기 위해서는 기존의 GBAS 구성 외에 추가 고려사항이 필요하며, 이는 그림 1과 같다. GBAS 환경의 각 센서에는 배열안테나가 적용되었으며, 총 4개의 센서가 설치되었다고 가정하였다. 이것은 대표적인 항재밍 기법인 시공간 신호처리뿐만 아니라 AOA 기법을 위한 전파위협원과 센서 사이의 각 추정, TDOA기법을 위한 센서들 사이의 수신 시각차 추정에도 사용할 수 있다. 공항에 전파위협신호가 감지되면 각각의 센서에서는 별도로 동작하는 항재밍 기법을 수행하여 전파위협신호의 영향을 경감시키며, 항재밍 기법 동작 범위를 벗어나는 경우 전파위협원 위치결정 기법을 수행한다.

앞서 언급한대로 전파위협원의 위치를 결정하기 위해서 TDOA 혹은 AOA기법을 사용하며, TDOA와 AOA 기법은 각 기법의 단점을 보완하기 위해서 결합하여 사용할 수 있다. TDOA/AOA 기법 수행과정은 다음과 같다. 우선, 전파위협원 신호가 검출되면, 각 센서는 일정 간격동안 신호를 수집하는 동시에 배

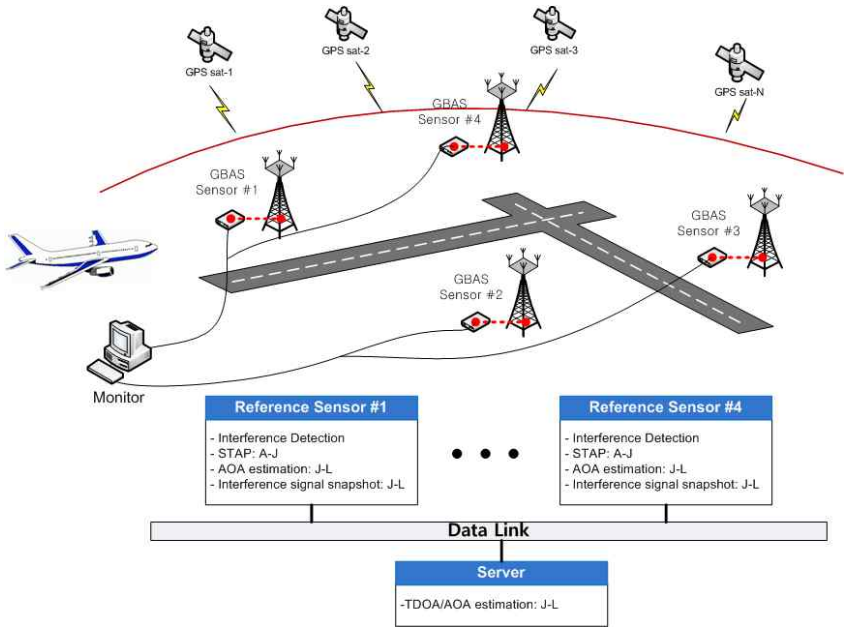


그림 1. GBAS 환경에서 전파위협 대응 기법 구성도
Fig. 1. Composition of jamming response technique in GBAS environment

열안테나를 통하여 신호의 입사 방향을 추정한다. 이 때 입사 방향을 추정하기 위해서 DOA 추정 알고리즘을 사용한다. 추정한 입사각과 수집한 데이터는 데이터 링크를 통하여 서버로 전달되며 서버에서는 수집한 데이터를 바탕으로 TDOA 측정치를 추정한다. 마지막으로 센서에서 추정한 DOA와 서버에서 추정한 TDOA 측정치를 바탕으로 위치추정 알고리즘을 수행하여 전파위협원의 위치를 추정한다.

Ⅲ. 제안 기법

위에서 언급한 전파위협원 위치결정 과정에서 DOA 추정 과정은 반드시 필요한 과정이다. DOA 추정을 위한 알고리즘은 오래 전부터 연구되어 왔으며, 1980년대 들어 고전적인 방향탐지 방식의 한계를 넘는 초분해능 알고리즘으로 MUSIC(Multiple SIgnal Classification) 알고리즘 [6],[7] 이 개발되었다. 그러나 MUSIC 알고리즘은 복잡한 계산과정을 거쳐야하며, 식 1과 같은 신호전력식을 이용하여 모든 후보각에 대한 검색을 수행하여야 한다.

$$P_{MUSIC} = \frac{1}{a(\theta)^H E_N E_N^H a(\theta)} \quad (1)$$

여기서 $a(\theta)$는 입사신호의 후보각에 따른 전파위협원에 대한 방향벡터, E_N은 잡음성분에 대한 고유벡터, H는 허미션(Hermitian) 의미한다. 이에 따라 이후에 MUSIC 알고리즘의 신호전력 식의 분모를 다항식으로 변형하고 해를 구하는 root-MUSIC 알고리즘이 소개되었으며, 이는 기존의 MUSIC 알고리즘에 비하여 계산시간이 월등히 감소한다는 장점을 가진다. 그러나 root-MUSIC의 경우 ULA(Uniform Linear Array)에만 적용이 가능하며, 다수의 전파위협원이 존재하는 경우 추정성능이 떨어진다는 단점이 있다. 따라서 임의의 안테나 배치에도 적용이 가능하며, 다수의 전파위협신호에 대해서도 안정적인 성능을 얻기 위해서는 기존의 MUSIC 알고리즘을 적용하여야 하며, 이를 위해서는 계산과정을 줄이는 일이 필요하다.

앞서 설명한 바와 같이 DOA 추정을 위한 MUSIC 알고리즘은 복잡한 계산 과정을 거치며, 입사 후보각에 대하여 정해진 분해능으로 검색을 수행하여야 한다. 이때 정해진 분해능에 따라 검색시간이 달라진다. 따라서 전파위협원 위치결정을 하는 과정에서 빠른 결과를 얻기 위해서는 DOA 추정 알고리즘의 분해능을 낮게 할 수밖에 없다. 그러나 검색 분해능이 낮을 경우, 정밀한 DOA 추정이 불가능해지며, 이에 따라 앞서 언급한바와 같이 전파위협원의 위치가 멀

어지면 위치추정 오차가 크게 증가한다. 따라서 본 논문에서는 GBAS 환경에서 TDOA/AOA 기법을 이용하여 효과적으로 전파위협 신호의 DOA를 추정하는 방안을 제안한다. 제안한 기법을 통하여 비슷한 연산량으로 더 높은 DOA 정밀도를 얻을 수 있으며, 동시에 전파위협원 위치 추정 정확도를 높일 수 있다. 본 논문에서 제안하는 전파위협원 결정기법의 수행과정은 그림 2와 같다.

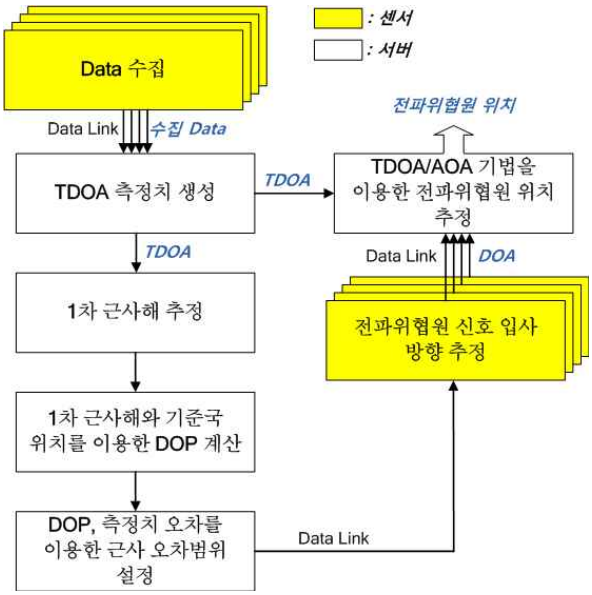


그림 2. 제안 기법 흐름도
Fig. 2. Flow of proposed method

우선, 각 센서에서 입사신호를 수집하면, 서버에서는 센서로부터 수집된 데이터를 바탕으로 TDOA 측정치를 생성하고, TDOA 측정치만을 이용하여 대략적인 전파위협원 위치를 추정한다. 이때 추정한 전파위협원 위치와 이미 알고 있는 센서의 위치를 이용하여 DOP(Dilution of Precision)를 구할 수 있다. TDOA의 측정치는 샘플링 주파수와 시각동기 정도에 따라 측정치의 오차가 결정된다고 가정하면, 측정치의 오차와 DOP를 이용하여 식 2와 같이 전파위협원 추정 위치의 오차범위를 결정할 수 있으며 [8], 이것은 그림 3과 같다.

$$\text{추정오차범위}(95\%) = 2\sigma \times DOP \qquad (2)$$

여기서, σ는 TDOA 측정치의 표준편차이다.

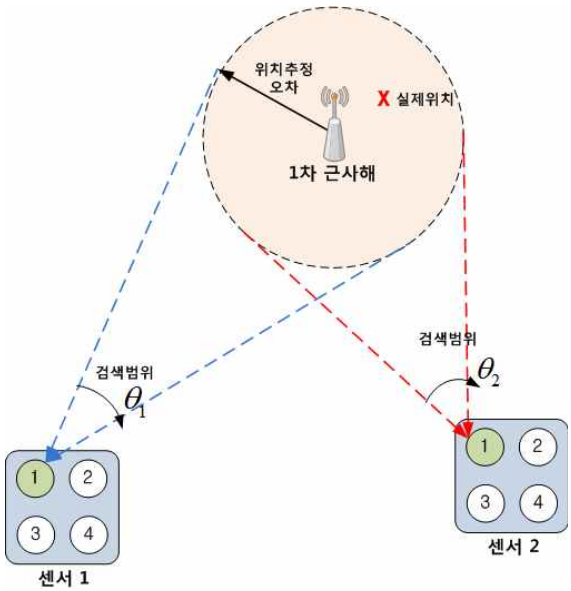


그림 3. 측정치 오차와 DOP에 따른 위치추정 오차 및 축소된 DOA 검색 범위
Fig. 3. Estimate error, location approximation error based on DOP, and DOA search range

그림 3에서 볼 수 있듯이 위치추정 오차 범위는 1차 근사해를 중점으로 추정오차 범위의 원으로 설정하였다. 이는 TDOA 측정치 오차와 DOP를 이용하여 계산한 위치추정 오차범위가 실제위치를 포함하기에 충분하도록 하기 위해서이다. 이에 따라 각각의 센서에서는 전체 방위각을 검색하는 대신, 각 센서와 오차범위 원의 접선 사이의 축소된 범위만을 검색하여 전파위협원 신호의 입사 방향을 찾을 수 있다. 따라서 각각의 센서에서는 $\theta/360$배만큼 검색시간을 감소시킬 수 있으며, 같은 신호처리 시간을 가정하면, 더 높은 분해능으로 신호의 방향을 검색할 수 있다. 예를 들어, 1°의 분해능으로 360°를 검색할 경우 360번의 검색이 필요하다. 하지만 제안한 기법을 적용하면, 90°의 축소된 검색범위에서 90번의 검색만이 필요하며, 동일하게 360번의 검색을 할 경우 0.25°의 분해능을 얻을 수 있다. 따라서 더 정밀한 추정 입사각을 얻을 수 있으며, 이를 통하여 더 정확한 위치 추정 성능을 얻을 수 있다.

Ⅳ. 성능 분석

4-1 실험 환경

제안한 방법에 대한 성능분석을 위해서 인천국제공항을 대상으로 소프트웨어 기반의 모의실험을 수행하였다. 활주로를 기준으로 배열안테나(2×2)를 가지는 4개의 서로 동기화된 센서를 배치하였으며, 센서 배치 중심으로부터 21.25° 방향으로 5km 떨어진 지점에 전파위협원이 있다고 설정하였다. 본 실험에서 고도는 고려하지 않았으며, 이것은 표 1~2와 그림 4에 나타내었다.

그림 4. 4개의 센서 및 전파위협원 배치
Fig. 4. The 4 sensors and position of jammer

표 2. 전파위협원의 절대위치와 상대위치
Table 2. The absolute position and relative position of jammer

위치		전파위협원
절대좌표[deg]	위도	37°29′56.38″N
	경도	126°28′01.98″E
상대좌표[m]	X	4660
	Y	-437.8

4-2 알고리즘 수행시간 및 DOA 추정 성능분석

각 센서에서 전파위협원 신호가 검출되면, 각 센서는 입사하는 신호를 수집한다. 이때 수집 샘플링 주파수를 30MHz로 두면, 각 센서에서 수집한 신호를 이용하여 생성한 TDOA 측정치는 약 10m의 오차를 갖는다. 이러한 TDOA 측정치만을 이용하여 전파위협원 신호의 1차 근사해를 구한 결과는 표 3과 같으며, 이때 위치추정 기법으로는 최소자승법(LSE)을 사용하였다 [9].

표 3. 전파위협원의 실제위치와 1차 근사해
Table 3. The true position and 1st approximate solution of jammer

위치		실제위치	1차 근사해(LSE)
상대좌표 [m]	X	4660	4957.7
	Y	-437.8	-327.3

TDOA 측정치만을 이용한 1차 근사해와 각 센서간의 HDOP(Horizontal DOP)는 17.3734이다. 따라서 TDOA 측정치 오차와 HDOP를 이용하여 계산한 위치 추정 정확도는 347.468 [m]이며, 이를 반지름으로 하는 원이 실제 전파위협원이 위치할 수 있는 범위가 된다. 따라서 각 센서와 원의 두 접선 사이의 각이 MUSIC 알고리즘 수행 시 검색할 검색범위가 된다. 본 실험에서는 전 범위를 검색해야하는 MUSIC 알고리즘의 분해능을 2°로 설정하였으며, 이는 360°를 검색하기 위해서는 180번의 검색을 수행하여야 한다. 따라서 동일한 알고리즘 수행시간을 가정하였을 때 각각 센서에서의 검색범위를 180으로 나눈 값이 각 센서에서의 검색 분해능이 되며, 이는 표 4와 같다. 또한 분해능을 동일하게 2°로 설정하였을 때 각 센서

표 1. 4개 센서의 절대위치와 상대위치
Table 1. The absolute position and relative position of the 4 sensors

위치		센서 A	센서 B	센서 C	센서 D
절대좌표[deg]	위도	37°28′41.45″N	37°26′42.02″N	37°26′59.98″N	37°28′23.47″N
	경도	126°25′15.88″E	126°27′01.21″E	126°24′53.45″E	126°27′23.67″E
상대좌표 [m]	X	0	0	−2250	2250
	Y	0	−4500	−2250	−2250
신호 입사각 [deg]		−5.37	41.08	14.70	36.94

에서의 알고리즘 수행시간 차이를 검색횟수로 나타내면 표 5와 같다.

표 4. 각 센서에서의 검색범위 및 분해능
Table 4. The search range and resolution of each sensor

센서	검색 최대각 [deg]	검색 최소각 [deg]	검색범위 [deg]	분해능 [deg]
센서 A	0.23	-7.79	8.02	0.045
센서 B	43.16	37.01	6.15	0.034
센서 C	17.61	12.27	5.34	0.030
센서 D	41.38	29.37	12.01	0.067

표 5. 각 센서에서의 검색범위에 따른 검색 횟수 (분해능 2°)
Table 5. Search runs depending on the respective search range (resolution 2°)

센서	전 범위 검색		축소범위 검색	
	검색범위 [deg]	검색횟수 [회]	검색범위 [deg]	검색횟수 [회]
센서 A	360	180	8.02	4
센서 B	360	180	6.15	3
센서 C	360	180	5.34	2
센서 D	360	180	12.01	6

표 5를 통하여 제안한 방법을 이용할 경우 축소된 검색범위로 인하여 검색횟수가 확연히 줄어드는 것을 알 수 있으며, 이에 따라 동일한 분해능을 이용할 경우 알고리즘 수행 시간을 줄일 수 있다고 판단할 수 있다. 또한 동일한 검색시간을 가정할 경우, 표 4에서 보는 바와 같이 분해능이 높아지는 것을 확인할 수 있으며, 높아진 분해능으로 인한 전파위협원 위치추정 오차가 개선될 것으로 판단된다. 이를 검증하기 위한 실험은 아래와 같다.

각 센서에서의 MUSIC 알고리즘을 이용한 DOA 추정 오차를 구하기 위해서 500번의 실험을 수행하였으며, 수행 시 MUSIC 알고리즘 성능에 영향을 미치는 파라미터는 표 6과 같이 설정하였다. 이때 추정오차는 RMSE(Root Mean Square Error)로 나타내었으며, 결과는 표 7과 같다.

표 7에서 보는 바와 같이 2°의 분해능으로 DOA를 추정한 결과에 비하여 각 센서의 분해능을 기준으로 추정한 DOA 값이 더 정확하다.

표 6. 각 센서 환경
Table 6. Environment of each sensor

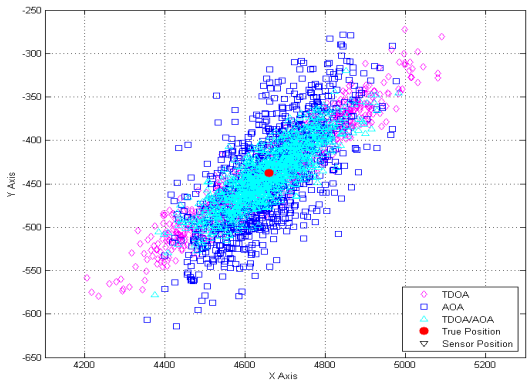
파라미터	설정 값
전파위협원 수	1
수행 알고리즘	conventional MUSIC
JNR [dB]	0
Snapshot 크기	11,428
잡음	White Gaussian Noise

표 7. 각 센서에서의 DOA 추정 오차
Table 7. DOA estimation error for each sensor

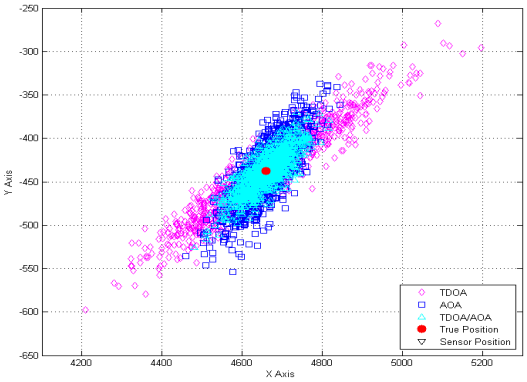
센서	2° 분해능	제안 기법
	RMSE	RMSE
센서 A	0.880	0.525
센서 B	0.995	0.495
센서 C	0.916	0.489
센서 D	0.993	0.472

4-3 DOA 추정오차에 따른 위치추정 성능분석

본 절에서는 위에서 추정한 TDOA와 DOA 추정오차에 따른 TDOA, AOA, TDOA/AOA 기법의 위치추정 성능을 보인다. 성능분석을 위하여 1000번의 모의실험을 수행하였으며, 각 결과는 RMSE로 나타내었다. 그림 5와 표 8은 분해능 2°로 전 범위를 검색한 위치추정 결과와 제안한 방법의 위치추정 결과이다.



(a) 저분해능 검색방법



(b) 제안 방법

그림 5. 위치추정 결과

Fig. 5. Results of estimating position

표 8. 위치추정 결과

Table 8. Results of estimating position

사용기법	저분해능 검색방법	제안한 방법
	RMSE	RMSE
TDOA	157.51	152.502
AOA	118.99	67.567
TDOA/AOA	96.78	55.567

그림과 표에서 볼 수 있듯이 두 방법 모두 TDOA 기법의 경우 비슷한 성능을 보이나, AOA 기법 및 TDOA/AOA 기법에서 위치추정 성능이 개선되었음을 확인할 수 있다. 이는 제안한 방법에 따라 분해능을 높임에 따라 DOA 추정성능이 향상되었기 때문이다. 즉, 동일한 연산량을 가정하였을 때, 1차 근사해를 이용하여 MUSIC 알고리즘의 DOA 검색범위를 줄일 경우 분해능 향상으로 인하여 위치추정 성능을 개선할 수 있으며, 동일한 분해능을 가정하였을 경우에는 위치추정 시간이 감소하는 효과를 얻을 수 있다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 GBAS 환경에서 전파위협 신호가 인가되었을 때, 전파위협원의 위치를 찾아내는 전파위협원 위치결정 기법의 성능개선 방안을 제안하고, 소프트웨어 기반의 모의실험을 통하여 이를 검증하였다. 제안한 방법은 TDOA 측정치를 이용한 1차 근사해를 통하여 DOA 검색범위를 줄임으로써 동일한 연산량 하에서 높은 분해능을 얻을 수 있으며, 이를 통하여 위치추정 성능을 개선할 수 있었다. 또한 동일한 분해능을 가정하면 위치추정 시간이 감소하는 효과도 얻을 수 있다. 따라서 축소한 검색범위 내에서 위치추정 성능 및 시간에 따라 분해능을 조절하여 환경에 따라 적절한 성능을 얻을 수 있으며 전파위협원 위치결정 기법뿐 아니라 위치를 추정하는 분야에 적용이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 기초기술연구회의 “재난예방 및 국민안전제고를 위한 위성기반 위치추적기술 연구” 과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] S. W. Hwang et al, “A Study of Jammer Localization System in GBAS Environments", *ENC GNSS 2011,* Braunschweig, Germany, Oct. 2010.

[2] Y. Hou, W. Guo and X. Jin, "Design of an anti-jamming GPS receiver based on orthogonal project method", *Journal of Systems Engineering and Electronics,* vol. 21, no. 1, pp. 16-19, Feb. 2010.

[3] Y. T. Chan and K. C. Ho, "A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Location", *IEEE Transactions On Signal Processing*, vol. 42, no. 8. Aug. 1994.

[4] D. Niculescu and B. Nath, "Ad Hoc Positioning System (APS) Using AOA", INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications. *IEEE Societies,* vol. 3, pp. 1734-1743, April 2003.

[5] L. Cong and W. Zhuang, "Hybrid TDOA/AOA mobile user location for wideband CDMA cellular systems", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 1, no. 3, pp. 439, Jul 2002.

[6] R. O. Schmidt, “Multiple emitter location and signal

parameter estimation", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation,* vol. 34, no.3, pp. 276-280, March. 1986

[7] G. Bienvenu and L. Kopp. "Adaptivity to background noise spatial coherence for high resolution passive methods," In lnt. Conf. on Acoust., *Speech and Signal Processing,* pages 307-310, 1980.

[8] Kaplan, E. D., *Understanding GPS Principles and Applications*, ARTECHHOUSE, 1996.

최 헌 호 (崔憲好)

2008년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학사)
2010년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학석사)
2010년 3월~현재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 박사과정 재학중
관심분야 : Anti-jamming, GNSS applications.

진 미 현 (陳美賢)

2010년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과(공학사)
2010년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정
관심분야 : CDGPS, Anti-Jamming.

임 덕 원 (林德元)

2004년 2월 : 충남대학교 전자공학과(공학사)
2011년 2월 : 충남대학교 전자공학과(공학박사)
2011년 3월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 선임연구원
관심분야 : GNSS 수신기 설계, Anti-jamming.

남 기 욱 (南基旭)

1983년 2월 : 한국항공대학교 항공운항학과(공학사)
1988년 2월 : 한국항공대학교 항공운항학과(공학석사)
1996년 6월 : Cranfield Univ. 항공공학과(공학박사)
1988년 7월 ~ 1989년 7월 : 한국과학기술연구원 연구원
1989년 8월 ~ 1992년 7월 : 한국항공우주연구원 선임연구원
1996년 12월 ~ 현재 : 항공우주연구원 책임연구원
관심분야 : GNSS, 위성항법, 항행시스템 등

박 찬 식 (朴贊植)

1984년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과(공학사)
1986년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과(공학석사)
1984년~1997년 : 삼성전자 연구원
1997년 3월~현재: 충북대학교 제어로봇공학과 교수
관심분야 : CDGPS, SDR, Anti-jamming.

이 상 정 (李相禎)

1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)
1987년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과(공학박사)
1988년 3월 ~ 현재 : 충남대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 강인제어, GNSS.