

재밍 효과의 실시간 측정 기술 및 응용

고재현* · 이만재** ·
조용상** · 이정훈**

*LG이노텍연구소,
**국방과학연구소

요 약

전자전 장비는 개발 과정에서 재밍 성능을 시험 평가하기 위하여 위협 레이더를 대상으로 그 재밍 효과를 측정하여야 한다. 종래에는 재밍 효과를 측정하는 방법으로 레이더 스크오프에 나타나는 표적의 이동 또는 상실을 육안으로 관측하거나, 레이더 자체에서 실시간으로 저장되는 추적 데이터를 후처리하여 해석하였으나, 본 고에서는 2개의 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 두 위치간의 상대 위치를 측정하고 이를 레이더의 표적 추적 위치 정보와 비교하여 그 차이를 분석함으로써 실시간으로 재밍 효과를 측정하는 방법을 소개하겠다.

I. 서 론

전자전 장비(이하 장비)의 성능은 적군의 레이더의 추적으로부터 아군의 안전을 지키기 위해 적 레이더 추적을 얼마나 효과적으로 방해할 수 있는지에 의해 좌우된다. 따라서 장비의 개발 단계에서 최종 재밍 성능 확인을 위하여 실제 위협레이더에 대하여 시험 평가를 수행하여야 한다. 즉, 장비를 탑재한 시험 이동체를 위협 레이더가 목표물로서 추적하고 있는 상황에서 장비가 재밍을 수행하면 레이더의 목표 추적 능력 상실 정도를 측정하여 재밍 효과를 판별한다. 종래에 재밍 효과를 측정하는 방법으로는 목표물 추적 중인 레이더의 스크오프에서 표적의 이동 또는 상실을 운용자의 육안으로 확인하

거나, 레이더에서 하드웨어적으로 저장한 추적 정보를 시험 종료 후에 처리 및 분석하는 방법을 사용하였다. 이러한 방법으로 재밍 성능 시험 결과를 추론하려면, 시험 수행 즉시 그 결과를 정확히 확인하기가 어렵고, 정확한 데이터를 얻어내고 분석하는 데 많은 수고가 따르게 된다. 또한, 시험 당시의 표적의 실제 위치를 측정할 수 있는 방법이 없으므로 실제 위치와 재밍에 의해 레이더가 추적하는 허위 표적 위치의 오차를 측정할 수가 없어 정확한 재밍 효과 정보를 수요군에 제공할 수가 없다.

본 논문에서 소개하는 기술은 GPS를 이용하여 항상 정확한 실제의 표적 위치를 수집하고, 이를 레이더에서 추적하는 표적 위치와 비교함으로써 그 오차를 정확히 측정할 수가 있어 신뢰성 있는 시험 결과 정보를 얻을 수 있다. 또한, 정보를 실시간으로 수집 및 전시함으로써 시험 진행과 동시에 재밍 효과를 정량적으로 확인할 수 있어 시험 평가 수행에 편의를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 해군의 무기 체계 개발의 일환인 함정용 전자전 장비의 재밍 효과 측정에 대하여 본 기술을 응용하는 방법을 고찰해보도록 하겠다.

II. GPS를 이용한 상대 위치 측정

2-1 GPS 개요

2-1-1 GPS의 구성

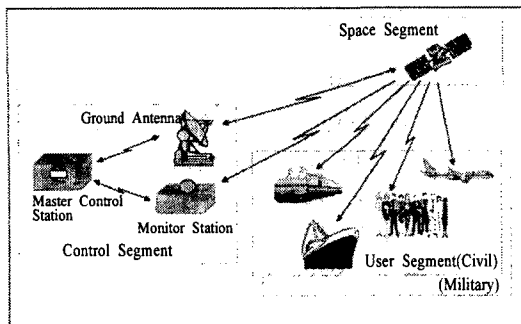
GPS는 Global Positioning System의 약자로서 미

국 국방성에서 자국의 군사 목적을 위하여 개발한 것으로 지구상 어디에서나 기후에 구애받지 않고 표준 좌표계에서의 위치, 속도, 시간 측정을 가능하게 해주는 인공 위성을 위용한 항법 체계이다.

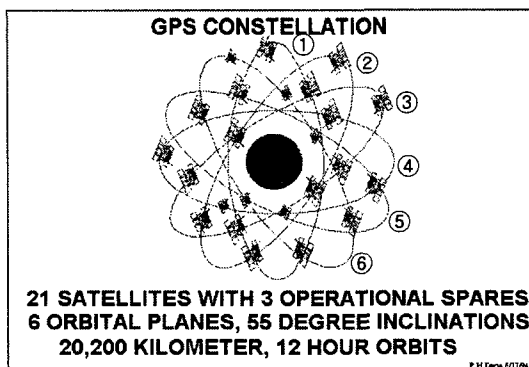
GPS는 [그림 1]과 같이 크게 우주 부문(Space Segment), 관제 부문(Control Segment), 사용자 부문(User Segment)의 3부분으로 구성이 된다.

GPS 우주 부문은 모두 24개의 위성으로 구성되는데, 이 중 21개가 항법에 사용되며 3개의 위성은 예비용으로 배치된다[그림 2 및 그림 3 참조].

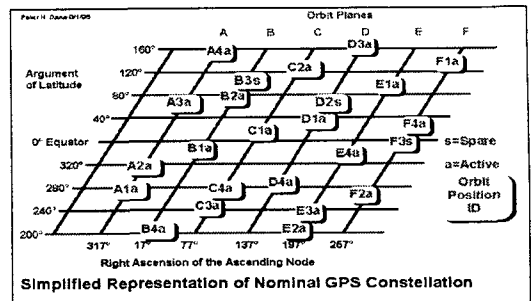
모든 위성은 고도 20,200 km 상공에서 12시간을 주기로 지구 주위를 돌고 있으며 궤도면은 지구의 적도면과 55도의 각도를 이루고 있다. 모두 6개의 궤도면은 60도씩 떨어져 있고 한 궤도면에는 4개의



[그림 1] GPS의 구성



[그림 2] GPS 위성 구성



[그림 3] GPS 위성 배치

위성이 위치한다.

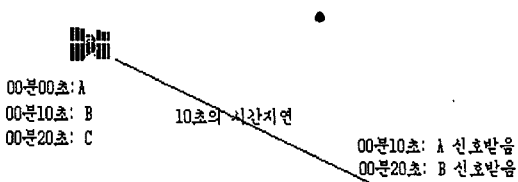
이와 같이 GPS 위성을 지구 궤도상에 배치하는 것은 지구상 어느 지점에서나 동시에 5개에서 최대 8개까지 위성을 볼 수 있게 하기 위함이다.

GPS의 관제 부문은 하나의 주 관제국과 무인으로 운영되는 다섯개의 부 관제국으로 구성된다. 무인으로 운영되는 부 관제국들은 주어진 시간에 관측할 수 있는 모든 GPS 위성의 신호를 추적하여 신호를 저장한 후 주 관제국으로 전송하고, 여러 부 관제국에서 보내온 자료를 주 관제국에서는 방송궤도력과 위성에 있는 원자시계 오차를 추정하는데 사용하며 그 결과를 주기적으로 GPS 위성으로 전송하게 된다.

GPS의 사용자 부문은 GPS 수신기와 사용자 단체로 이루어진다. GPS 수신기는 위성으로부터 수신 받은 신호를 처리하여 수신기의 위치와 속도, 시간을 계산하는데 4개 이상 위성의 동시관측을 필요로 한다. 이것은 3차원 좌표와 시간이 합쳐져 4개의 미지수를 결정해야 하기 때문이다. 이에 대한 자세한 설명은 다음 항에서 하도록 하겠다.

2-1-2 GPS를 이용한 위치 측정

GPS의 우주 부문을 구성하고 있는 위성으로부터 전송되는 전파를 사용자 부문은 GPS 수신기를 이용하여 수신하여 자신의 위치를 파악한다. [그림 4]와



[그림 4] 위성으로부터의 거리 측정

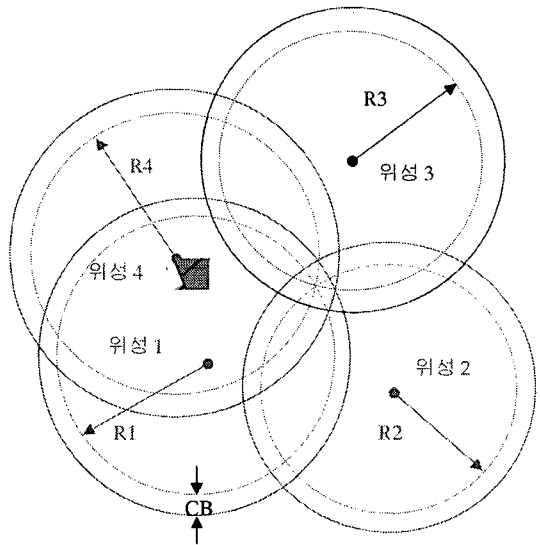
같이 전파가 위성으로부터 송신된 시점과 GPS 수신기가 수신한 시점을 측정하여 (1)식에 의해 위성으로부터의 거리를 계산할 수 있다.

$$R = \Delta t \times c \quad (1)$$

- R : 위성과 사용자 간의 거리
- Δt : 지연시간(= $tR - tT$)
- tR : GPS data 수신 시간
- tT : GPS data 송신 시간
- c : 빛의 속도(299,792,425 m/s)

GPS 사용자가 지구상에서 위성의 신호를 받을 때 사용자의 위치는 3차원적으로 (X, Y, Z)의 위치에 있게 된다. 변수가 3개이므로, 위치를 확인하기 위해서는 3개의 위성이 필요하게 된다. 또한, 위성의 시간 클럭과 수신기의 클럭의 불일치, 전리층 지연, 대류권 지연 등에 의하여 시간 편차(Clock Bias)가 생기므로 이를 보정하기 위하여 1개의 위성이 더 필요하다. 따라서, [그림 5]와 같이 총 4개의 위성으로부터 GPS신호를 수신함으로써 지구상의 정확한 위치를 확인할 수 있다.

[그림 5]에서 4개의 위성의 위치는 위성1(X1, Y1, Z1), 위성2(X2, Y2, Z2), 위성3(X3, Y3, Z3), 위성4(X4, Y4, Z4)의 알려진 위치이고, 사용자 위치는 U(Xu, Yu, Zu), 위성으로부터 사용자가 수신하는



[그림 5] GPS 위성 배치

전파의 시간 편차를 CB라고 할 때 다음의 수식이 성립된다.

$$\begin{aligned} (X_i - X_u)^2 + (Y_i - Y_u)^2 + (Z_i - Z_u)^2 \\ = (R_i - CB)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$R_i = c \times \Delta t_i$$

$$\Delta t_i : \text{지연시간}$$

위 수식에 의하여 사용자의 위치 U (Xu, Yu, Zu)와 시간 편차 CB가 구해지므로 사용자의 위치를 측정할 수가 있게 된다.

2-2 DGPS

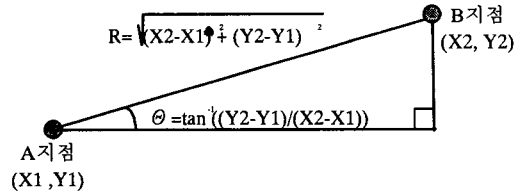
미 국방성에서 타국이 군사 목적으로 GPS를 이용하는 것을 방해할 목적으로 고의적으로 민간 GPS 신호에 위성 궤도 데이터 조작 및 위성 시계 데이터

조작을 부가하는 SA(Selective Availability)를 시행 중일 때는 위치 측정 정밀도가 떨어지게 되는데, 단독으로 작동되는 수신기가 자신이 계산하고 있는 위치 정보가 틀린지 맞는지를 판단할 수 있는 방법이 없다.

이러한 이유로 좀더 향상된 정확도를 가지는 체계를 마련하기 위해서 Differential GPS 라는 방법이 고안되었다. DGPS 체계는 기본 GPS에 수반하는 여러 오차요인을 제거함으로써 움직이는 물체에 있어서는 수 m, 정지한 대상에 대해서는 1 m 이내의 위치 측정을 가능하게 만들어 준다. DGPS는 우선 여러 차례의 측지를 통하여 위치가 정확히 알려진 지점에 기준 수신기를 배치시킨다. 이 수신기는 움직이는 수신기와 동일한 위성신호를 받지만 일반 수신기와는 다른 방식의 계산-역으로 방정식을 거슬러 올라가는데를 수행한다. 즉 위성의 신호로부터 위치를 계산하는 대신에 이미 정확하게 알려진 그 지점의 위치를 이용하여 신호의 값을 추정하고 이것을 수신 받은 신호와 비교한다. 바로 이 차이가 보정값이 된다. 이러한 보정값을 기준계에서 움직이는 수신기에 전송하며 이동하는 수신기는 이 보정값을 이용하여 자신의 위치 측정값을 수정한다.

2-3 2개의 GPS를 이용한 상대 위치 측정

이제 2 지점에 각 각 GPS 수신기를 설치하여 총 2개의 GPS를 이용함으로써 2 지점의 상대 위치를 측정하는 방법에 대하여 알아본다. 먼저 2 지점을 A 지점, B 지점이라 칭하고 각 지점에서 GPS 수신기를 이용하여 자신의 위치를 측정한다. A 지점과 B 지점의 위치는 위도, 경도, 평균 해수면 고도의 값으로 측정된다. 2 지점의 위치가 측정되면 [그림 6]과 같이 삼각 측정법에 의하여 2 지점 사이의 거리 및 상대 방위를 산출해낼 수 있다.



R = A 지점과 B 지점 사이의 거리
 θ = A 지점을 기준으로 한 B 지점의 상대 방위

[그림 6] 상대 위치 산출

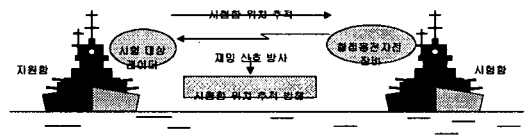
III. 재밍 효과 측정

3-1 재밍 효과 측정을 위한 구성

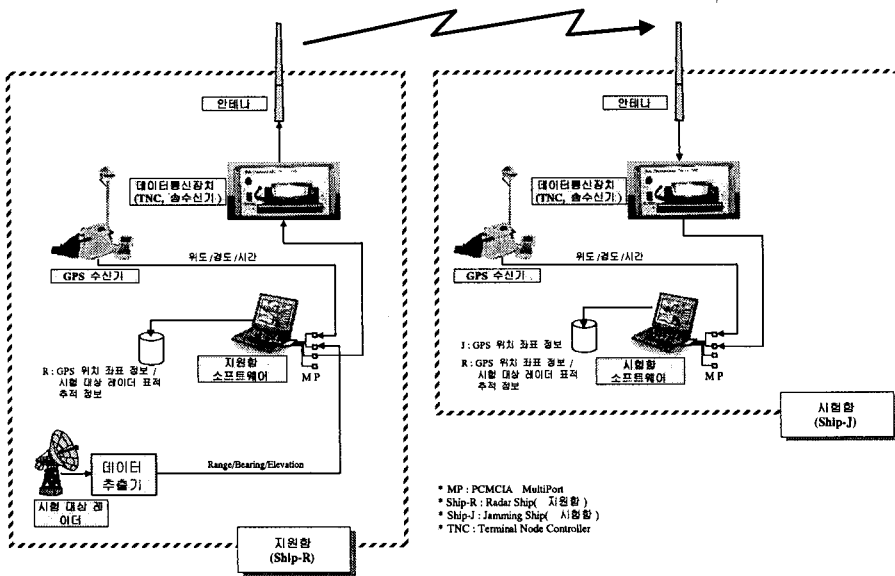
본 재밍 효과 측정 기술을 응용하기 위한 합정용 전자전 장비 시험 평가는 두 대의 합정을 해상에서 운용하면서 수행한다. 통칭 합정용 전자전 장비를 탑재한 합정을 시험함, 시험함을 표적으로 삼아 추적하는 레이더를 시험 대상 레이더, 시험 대상 레이더를 탑재한 합정을 지원함이라 칭하기로 한다.

[그림 7]에서 살펴보면 해상에 시험함과 지원함을 운용하는 상태에서 지원함의 시험 대상 레이더가 시험함의 위치를 추적한다. 시험함에서는 합정용 전자전 장비가 재밍 신호를 방사하고, 지원함의 시험 대상 레이더가 재밍 신호에 영향을 받게 되면 시험함이 아닌 허위 표적을 추적하게 되거나, 추적 자체를 할 수 없게 된다.

위와 같은 전자전 장비의 시험 평가에서 재밍 효과 측정을 위해서는 [그림 8]과 같이 측정 시스템을 시험함과 지원함에 각 각 구성하여야 한다. 측정 시



[그림 7] 전자전 장비 시험 평가



[그림 8] 재밍 효과 측정 시스템 구성

시스템은 GPS, 시험 대상 레이더 표적 추적 정보 추출, 무선 데이터 통신망, 추적 오차 산출 소프트웨어, 그리고 정보 수집 및 처리에 필요한 측정 컴퓨터 등으로 구성된다.

이제 재밍 효과 측정 시스템을 구성별로 살펴보고자 하겠다.

3-1-1 GPS

먼저 지원함과 시험함에 각각 GPS 수신기를 설치하도록 한다. 이는 시험 진행에 상관없이 지원함과 시험함의 정확한 위치를 측정하여 지원함에 대한 시험함의 정확한 상대 위치를 계산해내기 위함이다.

3-1-2 시험 대상 레이더의 표적 추적 정보 추출

레이더는 전자파를 송신하고 표적에 반사되어오는 전자파를 수신하는 안테나부분, 수신된 표적의 정보를 분석 및 처리하는 부분, 표적 정보를 운용자

에게 제공하고 운용자로부터 명령을 받는 제어 부분, 그리고 타 무기 체계와의 연동 부분 등으로 이루어진다. 본 기술에서는 지원함에 탑재된 시험 대상 레이더가 시험함을 표적으로 삼아 추적하고 있는 상황에서 각 부분간의 디지털 통신을 통해 공유되어지는 표적 정보를 실시간으로 추출한다. 실제 시험 대상 레이더 시스템에서 통신되는 정보는 표적의 정보 외에 레이더 시스템 상태 정보, 함수 정보, 함속 정보, 타 무기 체계 연동 정보 등의 여러 가지 정보가 함께 공유된다. 이러한 정보 중에서 지원함을 중심으로 한 시험함의 위치 정보, 즉 표적의 추적 정보인 거리, 방위, 고도 정보만을 추출하여 GPS를 이용한 실제 위치와 비교하게 된다. 본 응용에서는 현재 한국 해군에서 운용 중인 WSA-423(영국 제작)과 WM-28(네덜란드 제작) 레이더 시스템에 대하여 시험을 실시한다. 레이더 시스템으로부터 추적 정보를 추출하기 위해서는 각 시스템에서 통신에 사용되는 프로토콜 및 데이터 형식, 그리고 연동이 가능한 하드웨어적인 부분을 찾아야 한다.

WSA-423에서는 레이더의 표적 추적을 감시하고 제어할 수 있는 CMC(Command and Monitoring Console)로부터 정보를 추출한다. 여기에서는 데이터의 시작과 끝을 표시하는 부분이 없이 일정 시간 간격으로 데이터가 갱신되므로, 시간 간격에 맞추어 데이터를 추출하여야 한다.

WM-28에서는 레이더 제어 콘솔인 WCC (Weapon Control Console)에 있는 DDU (Display Drive Unit)의 모체판으로부터 데이터를 추출한다. 이 부분은 운용자 및 상황실의 요원들에게 현 상황을 전시하는 7" 전시 화면에 표적 및 상태 정보를 아스키 코드로 전송하는 부분으로서 통신에 사용되는 프로토콜과 맞추어 데이터를 추출해내도록 한다.

추출해낸 표적 정보는 3-1-4항에서 설명하는 추적 오차 산출 소프트웨어에 전송하여 현재 시험 대상 레이더가 시험함을 추적하고 있는 상황을 제공하여준다.

3-1-3 무선 데이터 통신망

지원함과 시험함은 실제로 수 km 이상의 거리를 두고 시험 평가를 수행하게 된다. 시험 평가의 진행과 동시에 실시간으로 재밍 효과를 측정하기 위해서는 지원함에 설치된 GPS의 위치 좌표 정보 및 시험 대상 레이더의 표적 추적 정보와 시험함에 설치된 GPS의 위치 좌표 정보를 동시에 수집할 수 있어야 한다. 이를 위해서 지원함과 시험함 간에 무선으로 데이터를 통신할 수 있는 구성이 필요하다. 무선 데이터 통신망은 모든 정보를 무선으로 전송할 수 있는 형태로 변환하는 무선 모뎀인 TNC (Terminal Node Controller)와 정보를 전파 상태로 송수신할 수 있는 송수신기, 그리고 안테나로 구성이 된다.

3-1-4 추적 오차 산출 소프트웨어

추적 오차 산출 소프트웨어는 지원함의 GPS 위

치 좌표 정보 및 시험 대상 레이더의 표적 추적 정보, 그리고 시험함의 GPS 위치 좌표 정보를 수집 및 처리하여, 시험 대상 레이더에서 추적하고 있는 표적의 위치와 GPS를 이용하여 얻은 실제 상대 위치와의 오차를 산출함으로써 재밍 효과를 측정할 수 있도록 한다. 또한, 수집된 데이터를 실시간으로 저장함으로써 신뢰성 있는 시험 결과 데이터를 얻어낼 수가 있다. 추적 오차 산출 소프트웨어는 지원함에서 GPS정보와 레이더 정보를 수집 및 시험함으로 전송하는 지원함 소프트웨어와 시험함에서 모든 정보를 수신하여 실제 추적 오차를 산출하는 시험함 소프트웨어로 구성된다.

3-1-5 측정 컴퓨터

추적 오차 산출 소프트웨어를 설치하여 구동 및 운용자에게 전시할 수 있는 컴퓨터로서 지원함과 시험함에 각각 설치하여 측정을 수행하도록 한다. 본 응용에서는 이동이 편리한 상용 노트북 컴퓨터를 사용하도록 한다.

3-2 재밍 효과 측정

3-2-1 지원함 정보 수집 및 전송

지원함에 설치된 컴퓨터를 이용하여 GPS 위치 좌표 정보와 시험 대상 레이더의 표적 추적 정보를 동시에 수집한다. 컴퓨터에서 구동되는 지원함 소프트웨어에서는 GPS 위치 좌표 정보에서 사용되는 UTC(Universal Time Coordinated)를 가장 근접한 시간에 수집되는 레이더 표적 추적 정보에 부여함으로써 모든 정보의 동시성을 확보하게 된다. 수집되는 모든 정보는 컴퓨터의 하드디스크 상에 일정한 형식의 파일로 저장됨과 동시에 무선 데이터 통신망을 통하여 시험함으로 전송된다.

3-2-2 시험함 정보 수집 및 재밍 효과 측정

시험함에 설치된 컴퓨터에서 구동되는 시험함 소프트웨어는 GPS 위치 좌표 정보를 수집함과 동시에 지원함으로부터 전송되어온 정보를 수집한다.

먼저, 지원함으로부터 전송받은 지원함 GPS 위치 좌표 정보와 시험함의 GPS 위치 좌표 정보를 이용하여 지원함을 기준으로 한 시험함의 실제 상대 위치(상대거리, 상대방위, 상대고도)를 얻어낸다.

위에서 얻은 시험함의 실제 상대 위치와 지원함으로부터 전송 받은 시험 대상 레이더의 시험함 추적 정보(표적거리, 표적방위, 표적고도)를 동시에 화면상에 수치 및 그래프로 표시한다.

일반적인 상황하에서는 시험함의 실제 상대 위치와 레이더의 추적 위치가 동일하게 나타난다.

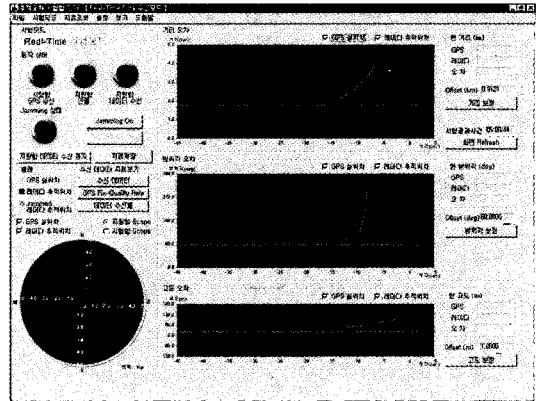
시험 평가 진행 중에 함정용 전자전 장비가 시험 대상 레이더에 대하여 재밍을 수행하게 되어 레이더가 허위 표적을 추적하거나 추적을 중지하게 된다면 시험함의 실제 상대 위치와 레이더의 추적 위치 사이에 차이가 나타나게 되어 재밍의 효과를 판별할 수가 있게 된다.

위에서 수집된 모든 정보는 컴퓨터의 하드디스크 상에 파일로 저장되어 시험 종료 후에 시험 진행 상태를 재현할 수 있고, 시험 결과 정보로서 편리하게 보관할 수 있다.

3-3 시험 결과

[그림 9]는 시험함 소프트웨어의 주요 창의 모습이다. 거리, 방위, 고도의 3가지 그래프를 보여 주고 있다. 시험 대상 레이더에서 정상적으로 시험함을 추적하고 있을 때 각 그래프에서는 GPS에 의한 실제 위치와 레이더 표적 추적 위치가 동일한 그래프를 그려나간다.

전자전 장비에서 재밍을 수행 시 GPS의 실제 위



[그림 9] 재밍 효과 측정

치는 변함이 없는 반면 레이더의 표적 추적 위치는 크게 변화하는 것을 볼 수 있다. 이러한 측정을 시험 평가와 동시에 실시간으로 수행하여 운용자에게 전시하므로써 시험 결과의 판단을 빠르게 할 수 있고, 그래프 위에 그려지는 정보의 값들은 파일로 동시에 저장이 되므로 시험 종료 후에 시험 결과에 대한 자료로서 활용할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 2개의 GPS를 이용하여 항상 정확한 상대 위치를 측정하여, 재밍에 의해 방해되는 레이더의 표적 추적 위치와 비교함으로써 전자전 장비의 재밍 성능이 얼마나 효과적인가를 판별할 수 있는 근거를 제시하였다. 종래 사용되어 오던 시험 평가 방식에 비하여 매우 편리하게 객관성 있는 시험 결과 자료를 확보할 수 있는 것으로 보며, 차후 전자전 장비의 개발 시험에 넓게 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

≡ 필자소개 ≡

고 재 현

1997년: 인하대학교 전자공학과 졸업

1997년: LG정밀 연구소 입사

함정용 전자전 장비(SONATA) 개발 프로젝트 수행

항공용 전자전 장비(ALQ-X) 개발 프로젝트 참여중

조 용 상

국방과학연구소

이 만 재

국방과학연구소

이 정 훈

국방과학연구소