

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁵
G01S 5/04

(45) 공고일자 1993년03월04일
(11) 공고번호 특1993-0001548

(21) 출원번호	특1987-0001580	(65) 공개번호	특1987-0008170
(22) 출원일자	1987년02월25일	(43) 공개일자	1987년09월24일
(30) 우선권주장	833,730 1986년02월25일 미국(US)		
(71) 출원인	리톤 시스템즈 인코포레이티드 월터 알. 시엘 미합중국, 캘리포니아 90210, 버버리힐즈, 노오스 크레슨트 드라이브 360		
(72) 발명자	알버트 카프란 미합중국, 메릴랜드 20740, 칼리지 파크, 아파트 먼트 1501, 웨스트체스터 파크 드라이브 6200		
(74) 대리인	나영환		

심사관 : 김영진 (책자공보 제3157호)

(54) 수동식 거리 탐지방법 및 장치

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

수동식 거리 탐지방법 및 장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 수동식으로 거리를 탐지하는 두 지점에 수반된 기하학적 관계를 예시한 도면.

제2도는 간섭계 기술에 수반되는 기하학적 관계를 예시한 도면.

제3도는 본 발명이 더욱 일반적인 두 지정 거리 탐지 방법의 기하학적 관계를 예시한 도면.

제4도는 Cartesian거리 및 각도로 변환됨에 따른 본 발명의 경사 거리와 에미터 DOA 측정시간의 기하학적 관계를 예시한 도면.

제5도는 시험 비행된 SBI/LBI 시스템의 예에 대한 기능 블록도.

제6도는 SBI/LBI 시스템의 예에서 유도된 비행 시험의 결과를 알람표로 예시한 도면.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- | | |
|----------------------|---------------------|
| 1 : 단기선 간섭계(SBI) 배열기 | 2 : 장기선 간섭계(LBI)배열기 |
| 3 : SBI/RF/IF변환기 | 4 : LBI RF/IF변환기 |
| 6 : 국부 발진기 | 9 : 인터페이스 유니트 |
| 11 : 컴퓨터 | 14 : 오실로스코프 |

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 일반적으로 수동식 방향과 거리 탐지 방법 및 장치에 관한 것으로, 특히 이동식 플랫폼에서 고정식 비협동적 에미터까지의 수동식 거리 탐지 방법 및 장치에 관한 것이다.

저고도(low altitude)항공기 및 수상선의 생존가능성 및 군사적 효과는 적의 레이더 지향식 방어 무기로부터 도피 및 회피하고, 그것을 진압하고 파괴할 목적으로 그러한 방어무기의 위치를 신속하고 정확하게 찾아내는 능력(즉, 위치선정 능력)에 크게 좌우된다.

이동식 플랫폼으로부터 고정된 지상 기지식 에미터의 수동식 위치 선정 방법이 다양한데, 가장 통상의 기술에는 방위/고도(AZ/EL)방법, 종래의 삼각측량 방법과, 다중 항공기 도달 시간차(TDOA)방법이 있다. 이들 방법은 아울러 도달 방향(DOA)측정치만으로 제공된 기술과, DOA정보 및 거리 정보 양쪽이 제공된 기술로 구분된다.

DOS 측정을 위해 현재 사용되는 기술은 진폭 비교 기술이나 위상 간섭 기술을 포함한다. 전자의 기술은 통상 360°를 카바하고 광대역인 4개의 직교식 안테나로 구성되는데, 이 안테나에는 인접한 안테나들간의 인입 신호들의 진폭 비교로 인해 DOA 정보가 구성된다. 이들은 3° 내지 10°의 정확도를 제공한다(1982년 9월호의 Microwave Journal지에서 페이지 59-76에 기재된 A.R.Baron 등에 의한 "수동식방향탐지 및 신호 위치 선정" 참조).

위상 간섭 기술(기술중 가장 간단한 형태)은 이동식 플랫폼상에서 배치되고 공지된 거리만큼 이격된 한쌍의 안테나를 활용하여, 이 안테나쌍에 관련한 각도로 도달하는 평면파는 이 평면파가 통과한 경로 길이의 차이로 인해 안테나쌍중 더 일찍 도달된 한 안테나에 의한 수신된다. 만일 두 안테나로부터의 신호가 처리된다면, 그들의 위상차는 안테나쌍에 관련한 DOA의 간접 측정치를 제공한다. 간섭계의 DOA정확도는 안테나 간격과 방위 및 고도각의 함수이며, 시스템은 0.1 내지 1° RMS의 동작 정확도를 가지고 구성되었다. 2개 이상의 구성 요소를 구비한 간섭계가 또한 당 기술분야에 공지되어 있다.

에미터 위치 선정 기술에 관하여, TDOA 방법이 가장 정확하나, 이 방법은 단일 에미터에 대해 거리탐지를 하기 위해서는 다중 플랫폼(통상 3) 시스템이 요구되는데, 이들 각각의 플랫폼상의 수신기에서의 도달 시간차는 에미터의 위치를 선정할 플랫폼의 공지된 위치와 관련하여 측정되고 처리된다. 이 기술은 다중 플랫폼과 복잡한 거리측정 및 타이밍 장비를 수반하기 때문에, 단일 이동식 플랫폼 시스템을 위한 적당한 거리탐지 방법이라고 생각되지는 않는다.

AZ/EL기술은 신호의 도달 방위 및 고도각과 지상에 관련한 플랫폼의 고도를 측정함으로써 에미터의 위치를 선정한다. 이어서, 에미터가 또한 지상 레벨에 있다고 가정하여, 경사 거리가 삼각법 관계로부터 계산된다. 거리 에러가 표적 거리 및 고도의 큰 함수이며(다른 모든 것은 동일), 에미터위의 플랫폼의 큰 고도에서만 더 좋은 정확도를 제공한다. 또한, 중요한 측정 에러 값은 외부 정보가 지형으로 인한 에미터 고도에 관련하여 시스템에 유용하지 않을 경우 발생할 수 있다.

통상의 AZ/EL위치 선정 시스템은 한쌍의 직교식 위상 간섭계를 활용하여 방위 및 고도와 정보를 얻는다.

삼각 측량 기술은 플랫폼이 에미터에 관련한 이동 경로를 통과함에 따라서, 연속 시간에서 이루어진 2가지 이상의 DOA 측정치를 사용하고, 공지된 삼각법 관계를 사용하여 거리를 산정한다.

삼각 측량 방법은 진폭 비교방법 또는 간섭방법을 사용하여 DOA정보를 측정할 수 있다. 그러나, 간섭방법이 정확도면에서 10대 1정도의 많은 개선을 제공하기 때문에, 증가된 시스템의 복잡성에 따른 경비에도 불구하고 시스템 정확도 요구가 높은 바람직한 방법이 될 수 있다.

따라서, 간섭계를 기초로한 AZ/EL방법이나 간섭계를 기초로 한 삼각 측량방법을 사용하는 단일 이동식 플랫폼용의 극히 정밀한 수동식 거리 탐지 시스템을 단언할 수 있다. 그러나, 양 기술은 실제 응용을 제한하는 어떤 문제를 안고 있다. 우선, 그들은 극히 정확한 항행 정보, 특히 플랫폼의 비행방향을 필요로 한다. 앞에서 설명된 바와같이, AZ/EL시스템은 플랫폼 고도 및 에미터 거리에 많이 의존하며, 지형으로 인한 에러에 매우 민감하다. 삼각 측량 방법은 비교적 느리고, 실제 위치 이동폭, 즉 측정치들간의 이동식 플랫폼의 경로에 의해 에미터에 대(對)한 각도에 의존한다. 또한, 삼각 측량 방법은 작은 인터셉트 각도, 즉 간섭계의 가시내경에 관련한 큰 각도에서 비효율적이고 부정확하다. 끝으로, 삼각 측량 방법은 수초동안 시스템이 에미터 신호상의 데이터를 모을 수 있기를 요구하기 때문에, 그 수행력이 간헐 신호(에미터가 스캐닝하는 경우)에 의해 저하되거나, 또는 산악 지형의 저 플랫폼 고도에서 신호 인터셉트가 산발적으로 발생할수도 있기 때문에, 시스템의 효율이 감소된다.

따라서, 본 발명의 목적은 에미터까지의 거리를 계산하기 위해 수초간격으로 분리된 두가지의 간단한 측정치만을 필요로 하고, 플랫폼 고도 및/또는 에미터 거리에 의존하지 않으며, 종래의 삼각 측량 방법보다 빠르며, 작은 인터셉트 각도에서 유효하며, 요구되는 플랫폼의 비행 방향 정확도를 현재의 동작 시스템으로 쉽게 달성되는 레벨까지 감소시키고, 간섭계를 기초로한 시스템의 향상된 정확도를 지닌, 단일 이동식 플랫폼으로부터 고정식 비협동 에미터까지의 수동식 거리탐지를 하기 위한 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

이들 이외의 다른 목적과 장점은 플랫폼의 경로를 따른 두 지점에서 DOA 각도를 측정하는 완전 분해식 단기선 간섭계(SBI; Short Baseline Interferometer)와, 정밀하지만 매우 불명확한 두지점간의 위상차 변화를 측정하는 차등분해식 장기선 간섭계(LBI; Long Baseline Interferometer)와, 위상 링크 과정에서 SBI측정치를 이용함으로써 LBI 측정치의 불명확성을 분해하기 위한 컴퓨터를 포함한 신호 처리 수단을 사용하는 기술로 바람직하게 달성된다. 협의의 관점에서 보면, 본 발명은 위상 코드화 신호, 주파수 코드화 또는 랜덤 주파수 호프화 신호에 대해서도 기능을 수행할 수 있는 방법 및 장치를 제공한다. 끝으로, 총측된다면, 시스템이 예측 가능하고 형성된 정확도로 수행할 것을 보장하는 에러 형식 및 최적화 기준이 개시된다.

본 발명은 간단히 설명한 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 이하의 상세한 기재로부터 당 기술분야에 숙련된 자들에 의해 더욱 완전하게 이해될 것이다.

제1도에는 모든 단일 플랫폼의 수동식 거리 탐지 기술에 공통인 이론적 형식의 기초가 되는 기본적인 기하학적 관계가 도시되어 있다. 이동식 플랫폼은 측변 R₁과 R₂ 사이의 꼭지점에 위치한 에미터를 갖는 삼각형의 밑변 L를 통과한다. 사인의 법칙을 사용하면, 에미터까지의 거리 R₂는

$$R_2 = \frac{L \sin \theta_1}{\sin(\theta_2 - \theta_1)}$$

로 유도된다.

각 θ_1, θ_2 의 측정상 에러에 대한 거리 에러 $E(R_2)$ 의 감도는 이방정식의 도함수를 취하여 얻어진다. 따라서,

$$\begin{aligned} E(R_2) - dR_2 &= \frac{\partial R_2}{\partial L} \cdot dL + \frac{\partial R_2}{\partial \theta_1} \cdot d\theta_1 + \frac{\partial R_2}{\partial \theta_2} \cdot d\theta_2 \\ &= \frac{\sin \theta_1}{\sin(\theta_2 - \theta_1)} \cdot dL + \frac{L \cos \theta_1}{\sin(\theta_2 - \theta_1)} \cdot d\theta_1 \\ &\quad - \frac{L \sin \theta_1 \cos(\theta_2 - \theta_1)}{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)} \cdot d(\theta_2 - \theta_1) \end{aligned}$$

거리 에러 $E(R_2)$ 는 각도차 $(\theta_2 - \theta_1)$ 가 증가함에 따라서 감소하고, 각도차 $(\theta_2 - \theta_1)$ 는 측정 지점간의 시간이 증가함에 따라서 증가한다는 것을 전술한 것으로부터 알 수 있다. 따라서, 거리 에러를 최소화하기 위해, 에미터까지의 각도 변화와 이에 따른 거리 탐지 시간의 최대화가 요구된다. 동시에, 거리 탐지 시간을 감소시키기 위한 유일한 방법은 측정치의 정확도를 개선하는 것이다. 앞서의 방정식에서, 첫번째 2개의 항이 분모로 $\sin(\theta_2 - \theta_1)$ 을 갖는 반면에, 세번째 항이 $\sin^2(\theta_2 - \theta_1)$ 을 갖는다는 것에 유의해야 한다. 이러한 이유때문에, 측정 각도 변화값의 에러 $E(\theta_2 - \theta_1)$ 가 다른 항보다는 거리 에러에 대해 큰 영향을 준다. 따라서, 측정 각도 변화값의 개선은 a) 주어진 거리 탐지 시간내에 개선된 정확도를 생성하거나, b) 더 짧은 거리 탐지 시간내에 요구된 거리 정확도를 생성하는데 사용될 수 있다.

제2도에는 길이 D를 갖고, 이동식 플랫폼의 이동 라인에 대해 각도 α 로 놓인 2개 구성 요소의 간섭계가 도시되어 있다. 수신 안테나들 사이의 거리 D가 에미터까지의 거리에 비하여 작아서 인입한 전자기파들이 평면파와 유사하다고 가정한다면, 플랫폼의 경로에 관련된 각도 θ 에서 안테나에 부딪히는 그러한 평면파는 이 파에 의해 카바된 경로 길이의 차이 δ 로 인해, 두 안테나중 빨리 도달되는 안테나에 의하여 수신될 것이다. 수신된 신호가 이어서 처리될 경우, 위상차가 발생하며 이것은 도달시간 즉 2π 라디안 계수에 비례하여 발생한다.

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{\phi}{2\pi}$$

따라서,

$$\delta = D \sin \beta,$$

여기서 $\beta = (\alpha - \theta) - \pi/2$

λ = 신호파장

삼각법으로부터,

$$\sin \beta = \cos(\theta - \alpha).$$

그러므로,

$$\phi = \frac{2\pi D \cos(\theta - \alpha)}{\lambda},$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\lambda \phi}{2\pi D}\right) + \alpha.$$

따라서,

상기 미분에 의해 신호 도달 각도의 변화 값 $d\theta$ 에 대하여 위상 변화값 $d\phi$ 를 얻는다. 따라서,

$$d\theta = -\frac{2\pi D}{\lambda} \sin(\theta - \alpha) d\theta,$$

$$d\theta = \frac{-\lambda}{2\pi D \sin(\theta - \alpha)} d\phi,$$

앞서 인용된 거리 방정식을 참조하면 2가지 간섭계 측정치가 플랫폼의 이동 경로를 따른 두 지점에서 이루어지고 함께 충분히 근접하게 취해져서, 에미터에 관련한 플랫폼의 각도 위치상의 변화값이 미분으로 표현될 수도 있고, $(\theta_2 - \theta_1)$ 대신 $\Delta\theta$ 로 대체하고, L 대신 $V \cdot \Delta t$ (V는 측정 지점들간의 플랫폼의 속도)로 대체한다고 가정하면, 거리 방정식은 더욱 일반적으로

$$R = \frac{V \Delta t \sin \theta_1}{\Delta \theta}$$

로 쓰여질 수 있다.

위상에 관해 도달각의 도함수가 미분에 의해 치환되어 거리에 대한 상기 방정식에서 대체될 경우, 시간에 따른 위상 변화율에 관하여 거리 R을 나타내는 식이 얻어진다. 위상 방정식에 대한 이 위상 속도의 변화 방법은

$$R = \frac{-2\pi D V \sin \theta_1 \sin(\theta_1 - \alpha)}{\lambda \frac{\Delta \phi}{\Delta t}}$$

로 주어진다.

이 공식에서, 간섭계의 길이가 에미터에 관련한 플랫폼 움직임으로부터 발생한 위상 변화율을 최대 화하도록 임의로 길어질 수 있기 때문에, 개선된 정확도가 성취될 수 있다. 그러나, 위상 측정치의 고유의 2π 불명확성을 설명하는 것이 고려되지 않는다면, 엄청난 에러가 발생할 수 있다. 이 기술은 통상 장기선 간섭계로 일컬어진다.

따라서, 단일 장기선 간섭계(LBI)시스템만으로 요구된 정도의 정확도로 거리 탐지 측정을 달성하는 것이 가능하나, 이것은 중요한 시스템 억제 부과한다. 간섭계가 계수 2π 까지의 위상만을 측정할 수 있기 때문에, $+\pi$ 에서 $-\pi$ 까지의 전이를 관찰하고 설명하기 위해, 위상 측정이 빈번하게 이루어져야 한다. 이러한 빈번한 위상 측정에 대한 필요성이 시스템 성능을 저하시킬 수 있다. 즉 신호가 지형 방해로 인해 차단되거나, 전송이 간헐적이거나 짧은 경우 저하시킬 수 있다. 게다가, 동시에 많은 표적에 대한 거리 탐지를 하고, 새로운 활동 탐색을 할 수 있는 수신기의 능력은 그 수신기의 비활 용성으로 인하여 저하될 수 있다.

전술한 것으로부터, 다른 모든 것은 동일하고, 매우 큰 간섭계의 개구, 즉 안테나간의 간격 D를 필요로 하므로써, 주어진 위상 에러 $d\theta$ 에 대해 매우 정밀한 θ 측정치를 얻을 수 있음을 또한 알 수 있다. 또한 간섭계는 계수 2π 까지 위상차를 측정하기 때문에, 간섭계가 에미터까지의 각도를 측정

$$\theta_u = 2 \cos^{-1} \left(\frac{\lambda}{2D} \right)$$

할 수 있는 최대 시야는

로 명확하게 주어진다 것을 상기해야 한다.

따라서, 비교적 넓은 시야, 즉 π 라디안과 거의 같은 시야를 갖는 간섭계의 경우, 간섭계의 기선 D는 $1/2$ 또는 그 이하의 파장과 거의 같아야 한다. 그러나 전술된 바와 같이 거리 탐지의 정확도는 D 값이 큰 경우 최대화된다. 따라서, 간섭계는 정확한 거리 탐지 계산치를 얻을 수 있을 정도로 충분히 긴 기선(D)을 구비한 상태로, 에미터 측정의 필요성간의 단일 간섭계 거리 탐지 시스템내에 장력이 존재하는 반면에, 비교적 넓은 시야를 갖는 시스템에서 측정치간의 위상 링크를 허용하도록 충분히 이격된 간격에서 명확한 측정치가 이루어질만큼 충분히 짧은 기선을 구비한 간섭계를 갖는 시스템을 아직도 유지한다.

이러한 모순은 각 θ_1, θ_2 를 명확하게 측정하는 완전 분해식 SBI와, 에미터까지의 각도 변화($\theta_2 - \theta_1$)을 측정하는 차등분해식 LBI를 병합한 시스템에서 빈번한 LBI 위상 측정에 대한 요구없이 측정 지점간의 각도차($\theta_2 - \theta_1$)의 정밀한 측정치를 허용하는 동안 제거될 수 있다는 것을 발견했다. 장기선 간섭계는 극히 정밀하나, 또한 매우 불명확한 측정 기술이다. 그러나, 실제 각도는 아니고 각도 변화만을 측정하는 경우에 이 기술을 사용함으로써, 이 기술의 극도의 정밀도가 활용될 수 있다. 이어서, 위상 링크가 LBI 측정치로 달성되게끔, SBI 각도 측정치와 LBI 측정치를 상호 관련시킴으로써, 불명확도는 허용 가능한 레벨로 감소될 수 있다. SBI를 사용함으로써 지형 방해로 인한 신호의 손실을 수용할 수 있는 해결책을 얻고, 수신기가 시분할되어 다수의 에미터에 대해 동시에 거리 탐지하는데 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 수신호 포착 기능을 수행하게 된다. 본 발명의 방법은 위상 링크를 달성하기 위해 SBI기능과 LBI기능을 합성함으로써, LBI길이 대 SBI길이의 비율에 거의 비례하는 SBI 시스템의 기능에 걸쳐 수동식 거리 탐지의 정확도를 개선시키고, 주어진 시간에서 개선된 정확도 또는 감소된 시간에서 주어진 정확도를 얻도록 응용될 수 있다는 것을 알 수 있다.

제3도에서 수동식 거리 탐지에 대한 본 발명의 방법의 기본 방정식이 얻어질 수 있는 더욱 일반화된 거리 탐지 시나리오가 도시되어 있다. 이동식 플랫폼이 에미터에 관하여 임의의 경로를 따라가고, 공지된 관성 항행 시스템으로 얻는 바와 같이 고도, 비행방향, 롤, 피치, 요 및, 시간의 함수로서의 위치를 포함하는 항로 데이터(NAV)를 포착하기 위한 수단으로 갖춰진다고 가정한다. 플랫폼의 경로를 따라서 시간 T_0 와 T_1 의 두 지점에서 측정이 이루어진다고 가정하고, 이 두지점간의 직선 세그먼트 L의 중간 지점에서 거리 탐지 방정식이 유도되는데, 중간지점에서의 직선 세그먼트에 관련하여 거리는 R이고 에미터의 각도 위치는 θ 이다. 일단 이들 중간 지점값이 얻어진다면, 이어서 통상의 삼각법 관계가 그들에 응용되어, 공간내의 어느 다른 지점인 현재 플랫폼 위치로부터의 거리를 계산할 수 있거나, 경도 및 위도 또는 UTM좌표와 같은 지구 기준계로 에미터 위치를 계산할 수 있다.

따라서, 상기 유도된 거리에 대한 삼각법 관계 및 방정식을 사용하여, 완전한 거리 탐지 방법을 정의하는 2개의 방정식이 다음과 같이 표현된다.

$$\cot(\hat{\theta}) = \frac{\cot(\theta_0) + \cot(\theta_1)}{2},$$

$$\hat{R} = \frac{-L N_0 \sin(\hat{\theta} - \alpha \sin(\hat{\theta}))}{\Delta \phi}$$

여기서, $\hat{\theta}$ = 중간지점에서의 직선 세그먼트 L에 관련한 에미터의 각도 위치,

θ_0 = 시간 $t=T_0$ 에서의 직선 세그먼트에 관련한 에미터의 각도 위치,

θ_1 = 시간 $t=T_1$ 에서의 직선 세그먼트 L에 관련한 에미터의 각도 위치,

\hat{R} = 직선 세그먼트 L의 중간지점까지의 에미터의 경사거리,

α = 이동식 플랫폼의 선에 관련한 LBI의 각도 범위,

N_0 = 신호 사이클내의 플랫폼의 LBI길이

$$= 2\pi D / \lambda,$$

$\Delta \phi$ = 두 지점 T_0 와 T_1 에 선정된 명확한 LBI의 위상차 변화.

위상 링크는 두가지 불명확한 LBI 위상 측정치 사이에 발생하는 다수의 2π 회전치를 계산함으로써 달성된다. 이 방법은 두가지 SBI 각도를 사용하여 명확한 LBI 위상차를 포함한 거리를 예측한다. 시스템내의 에러 예상치를 처리함으로써, 이 거리의 폭이 0.999의 확률로 2π 보다 작거나 길게 구성될 수 있다. 이어서, 매우 정밀하나 불명확한 LBI 위상차가 적당한 2π 증분으로 참조된다. 예상된 명확한 위상차 $\Delta \phi_p$ (사이클내에서)는

$$\Delta \phi_p = \frac{N_0}{2} [\cos(\theta_1) - \cos(\theta_0)],$$

$$\Delta \phi_p - 1/2 < \frac{\Delta \hat{\phi}}{2\pi} < \Delta \phi_p + 1/2$$

로 주어지는데, 여기서 $\Delta \phi$ 는 측정된 불명확한 위상차이고, n 은 풀어야할 정수이다. 이어서, T_0 와

T_1 간의 명확한 위상차 변화값 $\Delta \phi$ 는 $\Delta \phi = \Delta \hat{\phi} + 2\pi n$ 으로부터 산정된다.

상기 공식에서, 에미터의 각도 위치 θ_0 와 θ_1 은 두지점 T_0 및 T_1 에서의 플랫폼 순간 이동 경로에

관련한 에미터의 산정된 각도 위치, 즉 $\theta_1 = \cos^{-1}(\frac{\lambda \phi_1}{2\pi d}) + \beta$ 으로부터 얻어지며,

여기서, β = 플랫폼의 이동 경로에 관련한 SBI의 각도 위치.

d = SBI의 길이.

이어서, 이들 값 및 LBI 위상 측정치가 통상의 Euler 각 변환법을 사용하여 두지점에서 플랫폼의 롤 및 피치에 대해 보정되어야 한다.

이와 마찬가지로, 두 측정 지점에서의 항공기 비행 방향성의 어떤 차이값은 명확한 위상 변화값으로부터 계산 및 감산되어야 하는 LBI 위상 변화값을 도입할 것이다. 두 지점을 연결하는 직선과, LBI 방위각 α 와, 제2측정 지점에서의 측정된 SBI 각 θ_1 에 관련한 두 측정 지점에서의 플랫폼 비행 방향 각도 H_0 와 H_1 의 경우, 차등 비행 방향이 유도된 위상 변화 $\Delta \phi_H$ 는 다음식으로부터 계산될 수 있다.

$$\Delta \phi_H = N_0 [\cos(\theta_1 + \alpha + H_1) - \cos(\theta_1 + \alpha + H_0)].$$

이 공식은 θ_0 와 θ_1 을 사용하는 것보다 더 나은 정확도를 얻는다.

직선 세그먼트 L의 중간 지점으로부터 에미터까지의 정밀거리 R_0 이 얻어졌다면, 제2지점 T_1 에서 플랫폼으로부터 에미터까지의 정밀거리 R_1 이 다음식으로부터 쉽게 얻어질 수 있다.

$$R_1 = \frac{\sin \hat{\theta}}{\sin \theta_1} \cdot \hat{R}$$

그러므로, 단일의 이동식 플랫폼으로부터 고정의 비협동식 레이다 신호인 에미터까지의 바람직한 수동식 거리 탐지방법은 플랫폼의 경로를 다른 2개의 연속 지점에서 신호의 파장을 측정하는 단계와, SBI로 2개의 지점에서 신호의 명확한 위상차를 측정하는 단계와, LBI로 2개의 지점에서 신호의 불명확한 위상차를 측정하는 단계와, 항행 시스템(NAV)으로 두 지점들에서 그리고 지점들사이에서 플랫폼의 위치 및 고도를 측정하는 단계와, NAV 측정치로부터 두 지점들간의 직선 거리 및 방향을 산정하는 단계와; SBI 측정치로부터 두 지점에서 플랫폼의 순간 이동선에 관련한 에미터의 명확한 각도 위치를 산정하는 단계와; 두 지점에서의 플랫폼의 롤, 피치 및 요 값에 대해 보정된, 플랫폼에 관련한 에미터의 산정된 명확한 각도 위치값으로부터 두지점에서 직선 세그먼트에 관련한 에미터의 명확한 각도 위치를 산정하는 단계와; LBI 측정치로부터 두 지점간의 신호의 불명확한 위상차의 변화값을 산정하는 단계와, 산정된 각도 위치 및 불명확한 변화값으로부터 두 지점간의 신호의 불명

확한 위상차 변화값을 산정하는 단계와; 두 지점에서의 플랫폼오의 를, 피치 및, 비행 방향값에 대해 보정된, 두 지점간의 신호의 명확한 위상차 변화값을 산정하는 단계와; 측정된 신호파장, 산정된 직선 길이, 두 지점에서 직선 세그먼트에 관련한 에미터의 산정된 각도 위치 및, 두 지점에 산정되고 보정된 명확한 위상차 변화값으로부터 직선 세그먼트의 중간 지점에서 에미터까지의 정밀 경사 거리 및 각도 위치를 산정하는 단계와; 제2지점에서 플랫폼오의 에미터까지의 정밀 경사거리 및 각도 위치를 사정하는 단계를 포함한다.

전술한 바람직한 방법의 상술된 방정식들이 선 세그먼트의 중간 지점으로부터 에미터까지의 경사 거리를 산정한다는 것에 주목해야 한다. 이들은 다음의 방정식으로부터 지상의 측정된 플랫폼오 고도 A에 산정된 값들을 보정함으로써 Cartesian거리 Rc 및 θ_c 로 변환될 수 있다.

$$R_c = \sqrt{\hat{R}^2 - A^2}$$

$$\theta_c = \tan^{-1} \sqrt{\frac{\hat{R}^2 \sin^2(\hat{\theta}) - A^2}{R \cos \theta}}$$

제4도에는 경사 거리 \hat{R} 및 각 $\hat{\theta}$ 와 Cartesian 거리 R_c 및 각 θ_c 간의 기하학적 관계가 도시되어 있다. 전술한 분석은 두 지점 T_0 와 T_1 에서 순간적으로 측정이 이루어진다고 가정한다. 그러나, 실제 시스템에서는 신호 반사 및 다른 다중 경로 에러에 의해 시스템 수행력이 저하될 수 있다는 것이 공지되어 있다. 따라서, 본 발명의 방법의 바람직한 실시예에서, 이러한 에러소스를 최소화하기 위해 두 지점에서 측정된 하나 또는 그 이상의 펄스의 짧은 개시 부분에 대해서만 관련 매개변수의 측정치가 유도될 것이 기대된다. 특히, 전형적인 바람직한 실시예에서 간섭계의 위상 및 주파수 측정에 사용되는 최신의 위상 쿼타이저내에서 양호하게, 펄스의 최초 100나노초에 대하여 신호 매개변수가 측정될 것이 기대된다.

또한, 잡음이 유도된 위상 에러를 다수의 펄스에 대한 관련 매개 변수의 측정치를 평균화함으로써 \sqrt{N} 의 인자로 감소될 수 있다는 것을 볼 수 있으며, 여기서 N은 각 지점에서 형성된 독립 펄스 측정치의 수이다. 따라서, 바람직한 실시예에서 관련 측정치가 두 지점 각각에서 복수의 연속 펄스에 대해 평균화될 것이 기대되고, 예상되는 전형적인 바람직한 실시예에서 관련 매개변수가 각 지점에서 최소 12개의 연속 펄스에 대해 평균화될 것이 기대된다.

따라서, 바람직한 방법의 다른 실시예에서 신호 파장, SBI위상차 및, LBI위상차의 관련 매개변수가 각지점에서 신호의 12개 연속 펄스의 최초 100나노초에 대해 측정되고 및 평균화될 것이다.

거리 방정식을 미분하고 거리로 나눔으로써, 루트-성 스퀘어(root-sum square)가 거리 에러 백분율을 얻는 이론적 에러 방식이 3개의 주된 에러항을 가지고 유도될 수 있다. 3개의 주된 에러항은 다음과 같다.

$$\frac{E(S) \lambda \sin(2\hat{\theta} + \alpha)}{2\pi D_s \sin(\hat{\theta} + \alpha) \sin(\hat{\theta}) \sin(\hat{\theta} + \beta)},$$

$$\frac{E(H) \sin(2\hat{\theta} + \alpha)}{\sin(\hat{\theta} + \alpha) \sin(\hat{\theta})},$$

$$\frac{E(L) R \lambda}{L 2\pi D_L \sin(\hat{\theta} + \alpha) \sin(\hat{\theta})}$$

여기서, E(S)=SBI RMS 위상 에러, E(L)= LBI RMS위상 에러(진동포함), E(H)=비행방향 에러,

λ =파장, $\hat{\theta}$ =두 측정 지점을 연결하는 직선의 중간 지점으로부터 에미터의 각도, α =플랫폼오의 노우즈를 벗어난 LBI각도, β =플랫폼오의 노우즈를 벗어난 SBI각도, D_s =SBI길이, D_L =LBI길이, L =측정 지점간의 플랫폼오이 통과하는 직선 세그먼트의 길이, 상기 이론적 에러 방식으로부터, Monte Carlo 모의 실험 기술을 사용하여 본 발명의 SBI/LBI시스템의 수행을 예측하고 최적화 시키도록 모의 실험 모델이 창출될 수 있다. 특히, SBI 와 LBI디멘션간 및, 위상 링킹을 성공적으로 달성하기 위해 만족되어야 하는 장착각도, 측정에러 및, LBI진동 진폭간에 임계관계가 존재한다는 것을 볼 수 있다.

이 관계는 다음과 같다.

$$KE(\phi) = \left[\frac{D_L \sin(\hat{\theta} + \alpha + \bar{E}(\hat{\theta}))}{D_s \sin(\hat{\theta} + \beta)} + 1 \right] + \frac{4\pi A v}{\lambda} \sin(\hat{\theta} + \alpha) \leq 2\pi,$$

여기서, $E(\phi)$ =RMS위상 측정 에러(랜덤 성분), $\bar{E}(\hat{\theta})$ =SBI바이어스 에러, A_v =LBI진동진폭, K =위상 링킹 에러의 확률 결정 상수(8의 값은 0.1%의 에러 확률을 얻게됨) $E(\phi)$ 의 값은 평균된 측정수를 변화시킴으로써 조정될 수 있다.

이 관계가 만족되지 않은 경우, 시스템은 종래의 단일 간섭계 시스템에 잠재적으로 존재하는 총에러와 비슷한 총에러를 생성할 것이며, 따라서 본 발명의 공지된 가장 좋은 형태에 따라 실행되는 수동

식 거리 탐지 방법이 상기 관계를 만족시킬 것으로 여겨진다.

본 발명의 주제와 일치하여 시스템의 정확도 및 수행력을 평가하기 위해, 실제의 비행시험 방식이 구성되어 비행 및 시험되었다. 제5도는 9.024인치 길이의 4개의 요소를 갖는 단기선 간섭계 배열기(1)와 제2요소로서 SBI배열기(1)내의 기준 안테나를 사용한 142.44인치 길이의 단일 안테나 LBI배열기(2)를 포함하여 시험 비행된 SBI/LBI시스템의 블록도이다. 이들 각각의 배열기와 함께 SBI RF/IF 변환기(3)와 LBI RF/IF변환기(4)가 위치하며, 이들 변환기로부터 하향-변환된 SBI 및 LBI IF신호가 IF처리기(5)에 공급된다.

Hewlett Packard 8645B 8-12 GHz 합성기가 수동식 동조형 국부발진기(6)로서 사용되며, 분할회로(6a)를 통하여 LO신호를 2개의 RF/IF변환기(3, 4)에 송출한다.

조종실 디스플레이 유니트(8)를 갖는 상업적 등급의 관성 항향 시스템(NAV)은 초당 8회 측정 비율로 위도, 경도, 롤, 피치 및, 비행방향 정보를 제공하였다. 인터페이스 유니트(9)는 IF처리기(5)에 의해 제공된 펄스 측정치와 NAV(7)로부터의 항로 및 고도 데이터를 완충시키고, 입/출력(I/O)확장 유니트(10)를 통하여 칼라 그래픽 디스플레이(12)를 갖는 디지털 프로세서(11)뿐만 아니라 디지털 자기 테이프 카세트 레코더(13)에 데이터를 전송한다. 오실로스코프(14)는 동조기로서 신호 신호를 모니터링하는데 사용된다.

인버터 및 전원(15, 16, 17)은 RF/IF변환기(3, 4), NAV(7) 및, 비디오 처리 및/또는 모니터링 장비 각각의 사용에 적당한 전원 형태로 28VDC항공기 전원을 변환시키는데 제공되었다.

본 시스템은 Merlin IV항공기에 설치되었다. 따라서, 설치 세부 품목들은 시스템 최적화보다는 유용한 공간 및 편리성을 위한 제품들이었다. SBI안테나 배열기(1)는 통상 기상 레이더를 덮는 보호용 노즈 레이돔(nose radome)에 설치한다. LBI안테나(2)는 부조종사의 윈도우에 설치된다. SBI(1)는 0° 피치에서의 항공기의 중심선에 관하여 28.124°의 각도에서 설치되고, LBI(2)가 6.0°의 피치에서의 항공기 중심선에 관하여 11.2°의 각도에서 설치된다.

컴퓨터(11)는 두가지의 작동방식을 제공하도록 프로그래밍 되었다. 한가지 방식은 실시간 거리 분해를 제공하여, 그 결과를 칼라 디스플레이(12)상에 디스플레이하고, 다른 방식에서는 IF처리기(5) 및 NAV(7)로부터 나온 로오(raw)데이터가 컴퓨터(11)에 의해 얻어지고 내부 자기 디스크 매체상에 기록되었다. 각 시험의 종료시, 데이터가 디스크로부터 자기 테이프 카세트(13)에 카피되고, 디스크 파일이 다음번 시험용 공간을 제공하도록 소거된다. 각 비행의 종료시, 테이프에 기록된 데이터가 지상에서 처리된다.

SBI/LBI비행시험이 뉴욕, 롱 아일랜드의 비행이 용이한 곳에서 시험거리로 실시되었다. 지상의 진리치는 또한 에미터로서 역할을 하는 나이키 추적 레이더에 의해 제공되었다. 에미터의 특성은 다음과 같다.

주파수 : 8.6GHz

PRF : 500PPS

펄스폭 : 0.25마이크로초

거리정확도 : 12미터

각도 정확도 : 1.0°

항공 시스템과 추적 레이더 클럭간의 시간 동기화는 항공기상의 컴퓨터 클럭을 세팅하는데 사용되었던 휴대용 배터리 전원의 시간 표준기를 가지고 달성되었다. 시간, 경사거리, 방위 및 고도각으로 구성된 지상 진리치 데이터는 자기 테이프상에 기록되며, 다음의 값들로 분해가능하였다.

시간 : 0.2초

거리 : 10야드

각도 : 0.001°

6가지 비행 시험은 10 내지 50해리(MM)의 거리, 15 내지 90°의 노우즈를 벗어난 각도 및, 2°/초까지의 전환속도 및 +20° 또는 -20°롤의 항공기 동력을 포함한 세가지 다른 궤적을 사용하여 실시되었다.

사용된 이 세가지 궤적은 "스네이크(snake)", "클로우징(closing)" 및, "크레슨트(crescent)"로 불리워진다. 이 "스네이크"는 사인곡선식으로 변하는 비행방향을 갖는 비행 추적이다. 두가지 스네이크 비행이 2°/초와 1°/초의 전환 속도에서 실시되었다.

"클로우징"궤적은 에미터까지의 단조롭게 변화하는 거리 및 각도를 갖는 거의 직선식 레벨 추적이었다. 하나의 클로우징 궤적이 비행되었다.

"크레슨트"궤적은 0.5°/초의 일정한 전환속도를 유지함으로써 에미터까지의 거의 일정한 거리에서의 단계적 각도 변화를 제공하도록 구성되었다. 세가지 경우의 크레슨트 궤적이 17 NM, 40NM 및 48.5NM의, 공칭 거리에서 비행되었다.

각 비행 시험 세그먼트는 컴퓨터(11)디스크 용량에 의해 3분동안으로 제한되었다. 각각의 시험 세그먼트는 세가지 SBI(1)위상, LBI(2)위상 및, 네가지 신호 진폭의 측정치에 항공기의 위도, 경도, 롤, 피치 및 비행방향의 1440개의 측정치를 합한 86,800개의 단펄스를 수집했다. 각 시험의 종료시, 데이터는 자기 테이프에 카피되고, 디스크 공간은 다음 시험을 위해 소거되었다.

지상 처리방법은 2단계로 수행되었다. 제1단계에서, 단 펄스 데이터가 자기 테이프로부터 다시 판독되었고, 펄스 측정 평균치가 계산되었다. 그 다음으로, 위도, 경도, 롤, 피치 및, 비행방향 데이터

가 테이프로부터 판독되었고, 펄스 데이터의 도달 시간에 보간(補間)되며, 만일 파일안으로 평균 펄스 데이터와 합쳐진다. 제2처리 단계는 거리 탐지 방정식을 파일내의 데이터에 적용하여 수행 통계를 계산하였다. 끝으로, 측정된 RMS거리 탐지에는 이론적 에러 방식에 비교되어, 예상 에러의 이론 방식의 정확도를 평가한다.

LBI/SBL비행 시험의 일람이 제6도의 표로 예시되어 있다. LBI(2)측정 에러를 평가하는데 사용된 런 3을 포함한 두가지 경우를 제외하고는, 13,656거리 측정치에 대한 전체 RMS에러는 실제치가 8.9%였고, 이론치가 8.6%였다. 주파수 스위프(sweep)화, 위상 코드화 및 주파수 호프화 신호들은 그들의 방법상 효과가 이해되고 보상되지 않을 경우 SBI/LBI거리 탐지 정확도를 저하시키리라고 예상된다.

이들 효과에 대한 분석은 항공기 중심선으로부터 30° 방향인 20.99인치 단기선 간섭계와 항공기 중심선으로부터 15° 방향인 204인치 장기선 간섭계를 활용한 또다른 전형적인 시스템에 의하여 실행되었다.

쌍위상 코드화 처프(chirp)신호의 경우에 있어서, SBL와 LBI측정값은 위상 측정값에 유입되는 ±180° 위상 "글리치(glitch)"에 의하여 교란된다. 수행효과는 신호에 대한 각도, 비디오 대역폭 및, 위상 측정값의 통합 주기에 의존한다.

그러나, 전형적인 시스템의 최악-경우의 분석은 SBI배열기의 경우 0°, LBI배열기의 경우 15° 일때가 최악-경우의 각도임을 나타낸다. 0° 에서의 신호에 있어서, 위상 글리치의 폭은 1.5나노초인데, 그 이유는 SBI에 대한 경로 길이차가 약 18인치이고 광속은 약 $1\text{ft}/10^{-9}$ 초이기 때문이다. 35나노초의 상승시간을 갖는 10MHz 비디오 필터에 의해 180° 글리치가 약 7.7° 로 감소된다. 바람직한 실시예의 100×10^{-9} 초에 대하여 글리치가 평균화될 경우, 그 값은 약 0.12° 로 감소될 것이며, 따라서 무시해도 좋다.

LBI의 경우, 15° 의 상대각에 대해, 경로 길이의 차이는 약 15피트이고, 10MHz비디오 필터를 통과하여 100×10^{-9} 초에 걸쳐 평균화 후의 그리치는 약 11.14° 의 에러를 만들어낸다. 플랫폼을 약 450NM/hr의 속도로 이동시키고, 두번째 SBI/LBI측정이 10초 뒤에 행하여졌다면, 글리치에 의해 유도된 두번째 측정의 에러는 14.09° 가 될 것이다. 위상차의 결과적 에러는 2.95° 무시할 수 있다.

따라서, 방식화된 시스템에 대한 최악인 경우의 시나리오에 있어서, 위상 코드화 신호는 본 발명의 시스템이 무시할 정도의 영향을 줌을 나타낸다. 또한, 유사-랜덤 위상 코드화 신호가 가정될 경우, 바람직한 실시예인 12-펄스 평균 방법이 에러를 더욱 줄인다는 사실을 유의해야 한다. +180° 또는 -180° 위상 변화가 똑같다고 가정할 때, 상기 언급된 에러는 인자 6으로 또한 감소되는 것을 알 수 있다.

주파수 스위프화 신호의 경우, 이들은 SBI/LBI 거리 탐지 수행력에 최소한의 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 선형 스위프화 FM의 영향은 두가지 형태의 변칙을 유발시킨다. 그중 하나는 각각의 안테나에서의 위상 측정값의 다양한 주파수에서 산출된다는 것이다. 이것은 바이어스 에러에 영향을 줄 수 있다. 두번째는 매우 긴 기선의 간섭계에서만 나타나는데, 이때 안테나들간의 시간 분리가 주파수 오프셋(offset)을 산출하며, 이로인해 부가된 위상 에러가 발생된다.

첫번째 에러의 경우, 본 발명의 전형적인 바람직한 실시예는 상술된 바와같이, 위상 및 주파수 측정값이 펄스의 초기 100×10^{-9} 초에 걸쳐 평균된 값을 예견한다. 측정 경로들이 매칭되므로 평균 위상 측정값을 평균 주파수와 일치하여 거리 탐지 정확도가 감소하지는 않는다.

두번째 방식의 에러에 있어서, 수행력은 펄스내의 선형 FM의 기울기에 정비례하여 저하될 것이다. 최악인 경우의 신호가 100MHz의 선형 FM과 1×10^{-6} 초의 펄스폭을 갖는다고 가정하면, 신호의 기울기는 $100\text{MHz}/1 \times 10^{-6}$ 초가 된다. 안테나 사이의 간격으로 인해, 간섭계는 한 안테나에서 다른 안테나보다 먼저 신호를 수신하는데, 안테나 간격에 따라 시간 지연이 증가된다. 위상 검출기에서 처리된 두개의 채널이 시간(및 주파수)에서 오프셋 되므로, 수행력을 저하시킬 수 있는 위상 오프셋이 발생할 것이다. 주파수 처프 위상 오프셋 θ_c 는 다음으로 주어지는데,

$$\theta_c = 2\pi DC \cos(\theta + \alpha) \cdot C \cdot \text{처프속도} \cdot t_s$$

상기식에서 C=광속,

t_s =측정 기간.

상기 예견된 최악인 경우의 기하학에 있어서, 위상 오프셋은 SBI의 경우는 0.09°, LBI의 경우는 1° 로서 무시할만 하다. 따라서, 본 발명의 SBI/LBI시스템은 상술된 최악인 경우의 시나리오에 해당하고, 현재 공지된 그 어떤 위협신호의 상황을 능가하는 모든 악 조건하에서 정확하게 기능을 수행하는 것이 예상된다.

주파수 민첩 신호의 경우, 넓은 RF의 민첩 범위와 랜덤 펄스 주파수 패턴을 갖는 신호에 대하여 SBL/LBI거리 탐지 능력을 성취하기 위하여서는 두가지 요구 조건이 충족되어야 한다. 첫번째는 상이한 주파수에서 발생하는 펄스들을 정확하게 위상 연결시키는 것이다. 두번째는 연결된 주파수 차이에 의해 야기된 위상 에러를 보정하는 것이다.

이러한 과정을 수용하기 위하여, 하기에서와 같은 바람직한 실시예에 의하여 SBI/LBI데이터 수집 방법에서 변화되어야 한다. 주파수 어자일 레이다가 검출될때, 다수의 펄스 N에 대한 파장과 LBI위상차는 주파수 안정 에미터의 경우에 행하여진 바와같이 일련의 측정값을 평균하는 대신 프로세서내에서 측정되어 기억된다. 두번째 측정이 행하여 졌을때, 이 두가지 방법은 소정의 주파수 범위 ΔF 내에서 펄스쌍을 찾아내는데 사용된다. 특정된 주파수 범위 ΔF 내에서 충분히 큰 일련의 펄스쌍을 찾을 경우, 주파수 오프셋 위상 보정은 일단 불명확하게 측정된 LBI위상차에 대하여 행해지고, 그 결

과를 평균한 뒤 위상이 연결된다.

기억되고 처리된 펄스들의 수 N과 ΔF의 값을 최적화하도록 트레이드오프(trade off)가 이루어져야 한다. 최적화 방법은 LBI에서의 주파수 오프셋 위상 보정에 의한 위상 에러가 에러의 위상 링킹 확률 또는 거리 탐지 정확도를 떨어뜨리지 않을 정도로 충분히 작고, 바람직한 실시예의 평균 범위를 만족시킬 최소한 12개의 펄스 쌍을 찾아낼 확률이 높도록 충분히 큰 ΔF값을 찾는 것이다. 이러한 방법을 성취하기 위하여, 우선 주파수 오프셋 위상 보정에 대한 알고리즘(algorithm)이 유도되어야 하는데, 이러한 유도치는 대처해야 하는 정확도 구속력과 고려중인 특별한 시스템에 관한 에러 특징을 평가하기 위해 취해지고, 이러한 범주내에서 위상 링킹의 높은 확률을 제공하는데 필요한 ΔF의 값과 측정 수 N이 예견된다.

따라서, F₂에서 측정된 불명확한 위상값 φ₂, 주파수 F₁에서 측정된 불명확한 위상값 φ₁, SBI각도 측정치 θ 및, LBI방향 α에 대하여 위상 보정이 다음식으로 주어진다 :

$$\phi_{F_2} - \phi_{F_1} = \frac{2\pi D_L \cos(\hat{\theta} + \alpha) (\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_1 \lambda_2} + \int,$$

상기식에서, ∫ 은 참조 안테나와 LBI안테나로부터 위상 검출기까지 케이블 길이의 차이가 있을 때 발생할 수도 있는 위상 바이어스를 나타낸다. 케이블 길이의 차이가 알려졌으므로, ∫ 항의 계산이 가능하다. 동일주파수를 갖는 펄스에 대하여는 영향을 주지 않는다.

상기 식이 유도되고 SBI각도 측정 에러항이 치환된다면 다음의 에러 공식이 된다 :

$$E(\phi_{F_2} - \phi_{F_1}) = \frac{D_L (\lambda_2 - \lambda_1) \sin(\hat{\theta} + \alpha) \cdot E(\phi)}{D_s \lambda_1 \sin(\hat{\theta} + \beta)}$$

방식화되어 시험된 전형적 시스템에 있어서, 주파수 오프셋 보정 에러는 2GHz와, 플랫폼의 노우즈에서 120° 벗어나 곳에서 최대이다. 그러나 이러한 각도에서, SBI각도 측정 에러가 거리 탐지 정확도를 좌우한다. LBI위상 측정 에러에 대하여 거리 탐지 에러가 가장 민감한 작은 82.5° 이다. 따라서, 2GHz에서 82.5° 이다.

$$E(\phi_{F_2} - \phi_{F_1}) = 0.005 \Delta F \cdot E(\phi).$$

상기 방정식은 단펄스 에러를 나타낸다. 그러나, 과정 처리전에 12개의 펄스가 바람직한 실시예에서 평균화된다. 따라서, 주파수의 예측된 랜덤 분배에 따라서, ΔF는 -ΔF에서 +ΔF의 균일한 분배에 따른 랜덤 변수로서 취급될 수 있다. 12개의 펄스를 평균한후 RMS 값은 0.167 ΔF이다. 따라서, 다음과 같이 된다 :

$$E(\phi_{F_2} - \phi_{F_1}) = 0.000837 \Delta F E(\phi).$$

만일 상기 에러가 랜덤한 LBI위상 측정 에러의 1/4보다 작다면, 위상 링킹 수행력과 거리 탐지 정확도에 무시할만한 영향을 끼친다. 따라서, 바이어스 에러가 10° 인 기술된 예시적 시스템에 있어서, ΔF는 약 96MHz보다 작다. 이로인해 바이어스 에러를 0.8로 감소시키는데, 이는 다른 에러에 비하여 무시할만하다.

트레이드오프내의 잔류 요소는 처리시 최소한 12개의 펄스쌍을 찾아낼 수 있는 높은 확률을 제공하는데 필요한 측정값의 수를 산출할 수 있게 한다. 250MHz대역폭내의 ΔF에 부합되는 단 펄스쌍의 확률은 다음과 같다 :

$$P_p = \frac{\Delta F (500 - \Delta F)}{(250)^2}$$

NXN검사에서 최소한 12개의 쌍이 발견될 확률은 다음과 같다 :

$$P_{12} = \prod_{i=0}^{11} [1 - (1 - P_p)]^{(N-1)^2}$$

다음의 표는 ΔF=96MHz의 경우 P₁₂를 열거한 것이다.

P	
N	12
12	0.607
13	0.979
14	0.998

따라서, 예시적 시스템에 있어서, 확률이 0.998인 12쌍의 매칭인 펄스를 위치설정하기 위하여서는

단지 2개의 부가적 측정값만이 필요하다. 단지 11개의 쌍이 발견될 수 있는 0.2%경우에 있어서, 거리 에러는 1.05인 매우 작은 인자로 증가한다. 2GHZ에서의 충분한 마진이 존재하기 때문에, 위상 링크에 대한 영향은 없다.

본 기술의 숙련자에게 이제 명백해지는 바와같이, 본 발명의 방법의 SBI, LBI거리 탐지 기술은 진동, 다중경로, 랜덤 효과, 항공기 방향조정 및 측정에러등이 존재하는데 상황하에서, 그리고 실질적인 응용분야에서 활용된다. 측정된 비행 시험 결과와 상기 제시된 이론적 에러 방식간에서는 우수한 상관 관계가 있다. 이러한 상관 관계는 에러 방식이 다양한 시스템의 주어진 성능을 예견하기 위한, 또한 모든 공지된 신호 코드화 표적 에미터에 대하여 효과적인 도구임을 확인시킨다. 따라서, 비행 시험에에서 및 상술된 특수 시스템은 본질상 일례로서 고려되어야 하며, 본 발명의 사상과 범위는 첨부된 특허청구의 범위에 의해서만 한정되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

임의의 시간 주기 및 거리로 분리된 경로를 따른 복수의 지점들간에 발생한 에미터 신호의 불명확한 위상 변화를, 상기 지점들 사이에서 이동하는 플랫폼상에 장착된 장기선 간섭계(LBI)(2)로 측정하는 단계를 포함하는 수동식 거리 탐지 방법에 있어서, 상기 플랫폼상에 장착된 단기선 간섭계(SBI)(1)로 상기 지점들에서 상기 위상을 명확하게 측정하는 단계와, 상기 LBI 위상 변화 측정치의 불명확성을 분해하도록 상기 SBI의 명확한 위상 측정치를 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1 및 제2지점(T₀, T₁)에서 상기 신호의 파장 및 명확한 위상차를 상기 단기선 간섭계(SBI)(1)로 측정하는 단계와; 상기 지점들에서 상기 경로에 관련한 상기 에미터의 명확한 각도 위치를 상기 SBI 측정치로부터 산정하는 단계와; 명확한 LBI 위상차가 위치해야 하는 거리를 상기 산정된 각도 위치로부터 예측하는 단계와; 상기 지점들간의 상기 신호에서 발생하는 2π 회전 정수를 상기 예측된 거리 및 불명확한 측정치로부터 산정하는 단계; 상기 지점들간의 명확한 LBI 위상 변화값을 상기 불명확한 변화값 및 상기 산정된 2π회전수로부터 산정하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 디멘전, 장착각도, 측정 에러 및, 진동 진폭을 포함하는 상기 SBI와 LBI 간의 관계는 다음의 기준식 :

$$KE\phi = \left[\frac{D_L \sin(\hat{\theta} + \alpha + E(\hat{\theta}))}{D_S \sin(\hat{\theta} + \beta)} + 1 \right] + \frac{4\pi A_v}{\lambda} \sin(\hat{\theta} + \alpha) < 2\pi$$

여기서 :

E(θ)=RMS 위상 측정 에러(랜덤 성분),

D_L=LBI 길이,

D_S=SBI 길이,

θ=두 측정 지점을 연결하는 직선의 중간 지점으로부터의 에미터 각,

α=플랫폼 중심선으로부터의 LBI 각,

β=플랫폼 중심선으로부터의 SBI 각,

$\bar{E}(\theta) = SBI$ 바이어스 에러,

A_v=LBI 진동 진폭,

λ=신호 파장,

K= 상수.

를 만족하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 4

이동식 플랫폼으로부터 펄스 신호의 고정식 비협동적 에미터까지의 수동식 거리 탐지 방법에 있어서, 상기 플랫폼의 경로를 따른 제1 및 제2지점에서 상기 신호의 최소 하나의 펄스의 최소 일부분의 파장을 측정하는 단계와; 상기 제1 및 제2지점에서 상기 신호의 최소 하나의 펄스의 최소 일부분의 명확한 위상차를 단기선 간섭계(SBI)로 측정하는 단계와; 상기 지점들에서 상기 신호의 최소 하나의 펄스의 최소 일부분의 불명확한 위상차를 장기선 간섭계(LBI)로 측정하는 단계와; 상기 지점들에서, 그리고 그 지점들 사이에서 상기 플랫폼의 위치 및 고도를 항행 시스템(NAV)으로 측정하는 단계와; 상기 지점들간의 직선의 길이 및 방향을 상기 NAV 측정치로부터 산정하는 단계와; 상기 제1 및 제2지점에서, 상기 플랫폼의 롤, 피치 및, 비행방향에 대해 보정된, 상기 직선에 관련한 상기 에미터의 명확한 각도 위치를 상기 SBI 및 NAV 측정치로부터 산정하는 단계와; 상기 지점들간의 상기 신호의 불명확한 위상차 변화를 상기 LBI 측정치로부터 산정하는 단계와; 상기 지점들에서 상기

플랫폼의 롤, 피치 및, 비행방향에 대해 보정된 상기 지점들간의 상기 신호의 명확한 위상차 변화를 상기 산정된 각도위치, NAV 측정치 및, 상기 산정된 변화값으로부터 산정하는 단계와; 상기 신호의 상기 측정된 파장과, 상기 직선의 산정된 길이와, 상기 지점들에서의 상기 직선에 관련한 상기 에미터의 산정된 각도 위치와, 상기 지점들간의 명확한 위상차 변화값으로부터 상기 직선의 중간 지점에 관련한 상기 에미터의 경사 거리 및 각도 위치를 산정함으로써 인해 공간내의 어느 다른 지점과 관련한 상기 에미터의 존재하는 각도 위치 및 거리가 산정될 수도 있는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제1 및 제2지점에서 상기 신호의 파장, 명확한 위상차 및, 불명확한 위상차를 측정하는 상기 단계들은 상기 지점들에서 상기 신호의 최소 하나의 펄스의 개시 부분에 대하여 상기 값들을 측정하는 단계와, 상기 개시 부분에 대하여 상기 값들을 평균하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 값들은 상기 하나의 펄스의 최소한 최소 100나노초에 걸쳐서 평균되는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제1 및 제2지점에서 상기 신호의 파장, 명확한 위상차 및, 불명확한 위상차를 측정하는 상기 단계들은 상기 지점들에서 상기 신호의 복수의 연속 펄스에 대하여 상기 값들을 측정하는 단계와; 상기 복수의 펄스에 대하여 상기 값들을 평균하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 값들은 각각의 상기 지점에서 상기 신호의 최소 12개의 연속 펄스들에 대하여 평균되는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 9

제4항에 있어서, 상기 제2지점(T_2)에서 상기 플랫폼에 관련한 상기 에미터의 경사 거리 및 각도 위치를 산정하는 단계와; 상기 제2지점에서 지상의 상기 플랫폼의 고도를 측정하는 단계와; 상기 제2지점에서 상기 플랫폼에 관련한 상기 에미터의 Cartesian 거리 및 각도 위치를, 상기 제2지점에서의 상기 측정된 고도와 상기 에미터의 산정된 경사 거리 및 각도 위치로부터 산정하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 10

이동식 플랫폼으로부터 에미터 신호의 위상을 측정하는 단계를 포함하는 수동식 거리 탐지 방법에 있어서, 경로를 따른 복수의 지점들로부터 상기 에미터를 향한 각도차를 설정하기 위해 상기 이동식 플랫폼상에 장착된 장기선 간섭계(LBI)를 사용하여 상기 지점들간에 발생하는 상기 에미터 신호의 정밀하나 불명확한 위상 변화를 측정하는 단계와; 상기 지점들로부터 상기 에미터를 향한 각도를 설정하기 위해 상기 이동식 플랫폼상에 장착된 단기선 간섭계(SBI)를 사용하여 상기 경로를 따른 상기 지점들간에 발생하는 상기 에미터 신호의 명확한 위상을 측정하는 단계와; 상기 에미터까지의 거리를 설정하기 위해 상기 LBI 각도 변화 측정치의 불명확성을 분해하기 위해 상기 SBI 각 측정치를 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 방법.

청구항 11

임의의 시간 주기 및 거리로 분리된 경로를 따르는 둘 또는 그 이상의 지점들간에 발생하는 에미터 신호의 정밀하나 불명확한 위상 변화를 측정하기 위해 이동식 플랫폼상에 장착된 장기선 간섭계(LBI)를 구비한 수동식 거리 탐지 장치에 있어서, 상기 지점들에서 명확하게 상기 위상을 측정하기 위한 상기 플랫폼상에 장착된 단기선 간섭계(SBI)(1)와, 상기 LBI 위상 변화 측정치의 불명확성을 분해하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 지점들에서 상기 경로에 관련한 상기 에미터의 명확한 각도 위치를 상기 SBI 측정치로부터 산정하기 위한 수단과; 명확한 LBI 위상차가 위치해야 하는 거리를 상기 산정된 각도 위치로부터 예측하기 위한 수단과; 상기 지점들간의 상기 신호에서 발생하는 2π 회전 정수를 상기 예측된 거리 및 상기 불명확한 측정치로부터 산정하기 위한 수단과; 상기 지점들간의 명확한 LBI 위상 변화를 상기 불명확한 변화값 및 산정된 2π 회전 정수로부터 산정하기 위한 수단을 구비한 신호 처리 수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

청구항 13

이동식 플랫폼으로부터 펄스 신호의 고정식 비협동적 에미터까지의 수동식 거리 탐지 장치에 있어서, 상기 플랫폼의 경로를 따른 제1 및 제2지점에서 상기 신호의 최소 하나의 펄스의 최소 일부분의 파장 및 명확한 위상차를 측정하기 위해 상기 플랫폼에 장착된 단기선 간섭계(SBI)(1)와; 상기 SBI 보다 더 긴 기선을 갖고, 상기 지점들에서 상기 신호의 최소 하나의 펄스의 최소 일부분의 불명확한 위상차를 측정하기 위해 상기 플랫폼에 장착된 장기선 간섭계(LBI)(2)와; 상기 지점들에서, 그리고 그 지점들간의 상기 플랫폼의 위치 및 고도를 측정하기 위한 항행(NAV)수단(7)과; 신호 처리 수단을 포함하는데, 상기 신호 처리 수단은 상기 지점들간의 직선의 길이 및 방향을 상기

NAV 측정치로부터 산정하기 위한 수단(11)과; 상기 제1 및 제2지점에서 상기 플랫폼의 롤, 피치 및 비행방향에 대해 보정된, 상기 직선에 관련한 상기 에미터의 명확한 각도 위치를 상기 SBI 및 NAV 측정치로부터 산정하기 위한 수단(11)과; 상기 지점들에서 상기 플랫폼의 롤, 피치 및, 비행 방향에 대해 보정된, 상기 지점들간의 상기 신호의 명확한 위상차 변화를 상기 산정된 각도 위치, NAV 측정치 및, 상기 산정된 불명확한 변화값으로부터 산정하기 위한 수단(11)과; 상기 신호의 측정된 파장과, 상기 직선의 상기 산정된 길이와, 상기 지점들에서 상기 직선에 관련한 상기 에미터의 상기 산정된 각도 위치와, 상기 지점들간의 상기 산정된 명확한 위상차 변화값으로부터 상기 직선의 중간 지점에 관련한 상기 에미터의 경사 거리 및 각도 위치를 산정함으로써 인해 공간의 어느 다른 지점에 관련한 상기 에미터의 존재하는 각도 위치 및 거리가 산정될 수 있게 하기 위한 수단(11)을 구비하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 지점들에서 상기 신호의 상기 복수의 펄스의 개시 부분에 대해 상기 신호의 파장, 명확한 위상차 및 불명확한 위상차의 상기 값들을 측정하고, 상기 펄스의 상기 부분에 대해 상기 값들을 평균하기 위한 수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

청구항 15

제13항에 있어서, 지상의 상기 플랫폼의 고도를 측정하기 위한 수단을 추가로 포함하는데, 상기 신호 처리 수단은 상기 제2지점에서 상기 플랫폼에 관련한 상기 에미터의 Cartesian 거리 및 각도 위치를 상기 제2지점에서의 상기 에미터의 상기 산정된 경사 거리 및 각도 위치와 상기 측정된 고도 값으로부터 산정하기 위한 수단을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

청구항 16

제11항에 있어서, 디멘션, 장착 각도, 측정 에러 및, 진동 진폭을 포함하는 SBI 와 LBI간의 관계는 다음의 기준식,

$$KE\phi = \left[\frac{D_L \sin(\hat{\theta} + \alpha + E(\bar{\theta}))}{D_s \sin(\theta + \beta)} + 1 \right] + \frac{4\pi A_v}{\lambda} \sin(\hat{\theta} + \alpha) \leq 2\pi,$$

여기서:

$E(\theta)$ =RMS 위상 측정 에러(랜덤 성분),

D_L =LBI 길이,

D_s =SBI 길이,

$\hat{\theta}$

=두 측정 지점을 연결하는 직선의 중간 지점으로부터의 에미터 각,

α =플랫폼 중심선으로부터의 LBI 각,

β =플랫폼 중심선으로부터의 LBI 각,

$\bar{E}(\theta) = SBI$

바이어스 에러,

A_v =LBI 진동 진폭,

λ =신호파장,

K = 상수.

를 만족하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

청구항 17

이동식 플랫폼으로부터 에미터 신호의 위상을 측정하는 수단을 구비하는 수동식 거리 탐지 장치에 있어서, 경로를 따른 복수의 지점들로부터 상기 에미터를 향한 각도의 정밀한 처리를 설정하도록 상기 지점들간에 발생하는 상기 에미터 신호의 정밀하나 불명확한 위상 변화를 측정하기 위해 상기 이동식 플랫폼상에 장착된 장기선 간섭계(LBI)(2)와; 상기 지점들로부터 상기 에미터를 향한 각도를 설정하도록 상기 경로를 따른 지점들간에 발생하는 상기 에미터 신호의 명확한 위상을 측정하기 위해 상기 이동식 플랫폼상에 장착된 단기선 간섭계(SBI)(1)와; 상기 에미터까지의 거리를 설정하도록 상기 LBI 각도차 측정치의 불명확성을 분해하기 위해 상기 SBI 각 측정치를 사용하기 위한 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

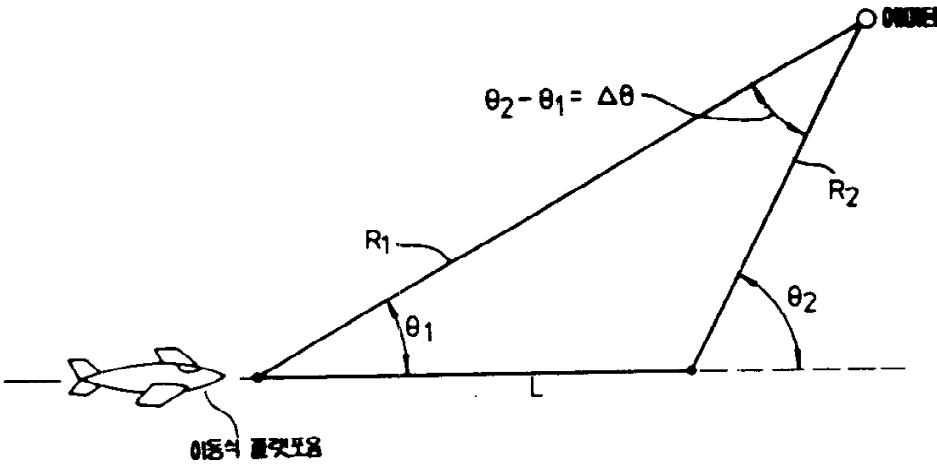
청구항 18

이동식 플랫폼으로부터 펄스 신호의 고정식 비협동적 에미터까지의 수동식 거리 탐지 장치에 있어서, 상기 플랫폼을 경로를 따른 제1 및 제2지점에서 상기 신호의 최소하나의 펄스의 최소 일부분의 명확한 위상차를 측정하기 위해 상기 플랫폼에 장착된 단기선 간섭계(SBI)(1)와; 상기 SBI 보다 더 긴 기선을 갖고, 상기 지점들에서 상기 신호의 최소하나의 펄스의 최소 일부분의 불명확한 위상차를 측정하기 위해 상기 플랫폼에 장착된 장기선 간섭계(LBI)(2)와; 상기 지점들에서, 그리고 그 지점들간에 상기 플랫폼의 위치 및 고도를 측정하기 위한 항행 수단(7)과; 신호 처리 수단을 포함

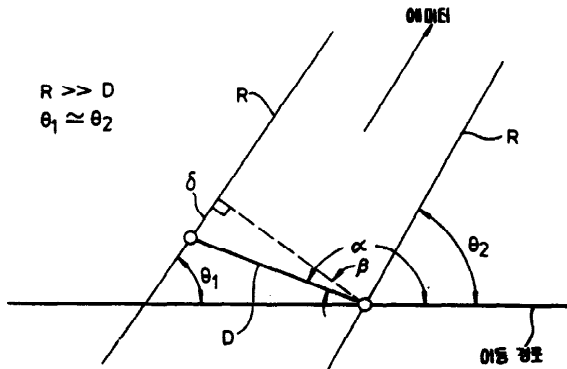
하는데, 상기 신호 처리 수단은 상기 지점들간의 직선의 길이 및 방향을 상기 항행 수단 측정치로부터 산정하기 위한 수단(11)과; 상기 제1 및 제2지점들에서 상기 플랫폼의 롤, 피치 및 비행방향에 대해 보정된, 상기 직선에 관련한 상기 에미터의 명확한 각도 위치를 상기 SBI 및 항행 수단의 측정치로부터 산정하기 위한 수단(11)과; 상기 지점들간에 상기 신호의 불명확한 위상차 변화를 상기 LBZ 측정치로부터 산정하기 위한 수단(11)과; 상기 지점들에서 상기 플랫폼의 롤, 피치 및, 비행 방향에 대해 보정된, 상기 지점들간의 상기 신호의 명확한 위상차 변화를 상기 산정된 각도 위치, 항행 수단의 측정치 및, 상기 산정된 불명확한 변화값으로부터 산정하기 위한 수단(11)과, 상기 신호의 측정된 파장과, 상기 직선의 상기 산정된 길이와, 상기 지점들에서 상기 직선에 관련한 상기 에미터의 상기 산정된 각도 위치와, 상기 지점들간의 상기 산정된 명확한 위상차 변화값으로부터 상기 직선의 중간 지점에 관련한 상기 에미터의 경사 거리 및 각도 위치를 산정함으로써, 공간의 어떤 다른 지점에 관련한 상기 에미터의 존재하는 각도 위치 및 거리가 산정될 수 있게 하기 위한 수단(11)을 구비하는 것을 특징으로 하는 수동식 거리 탐지 장치.

도면

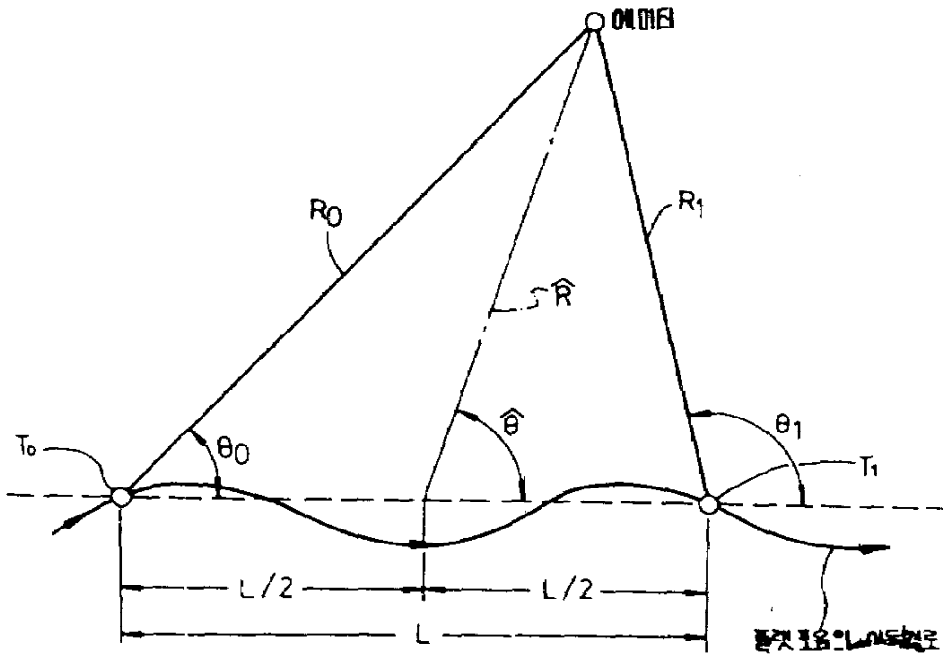
도면1



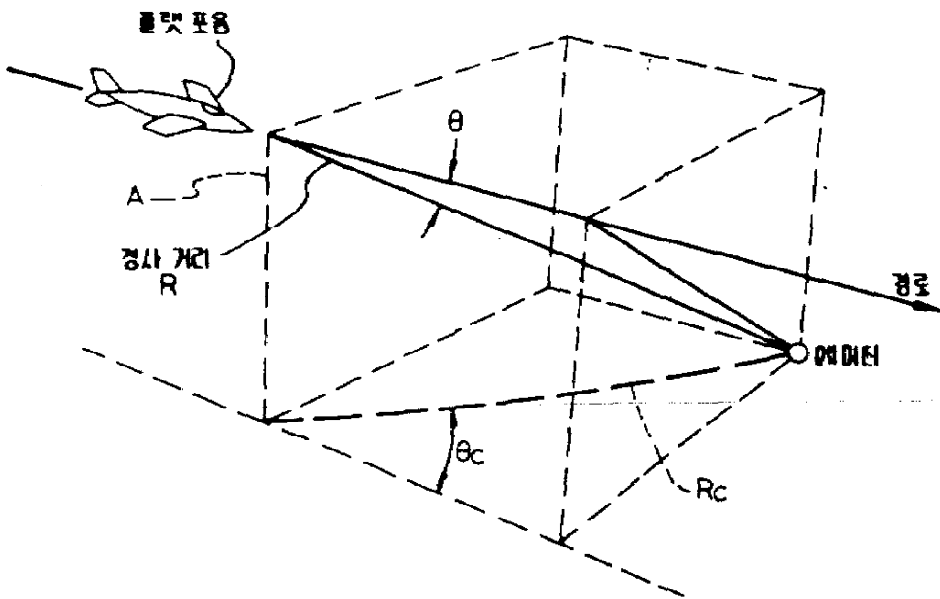
도면2(종래기술)



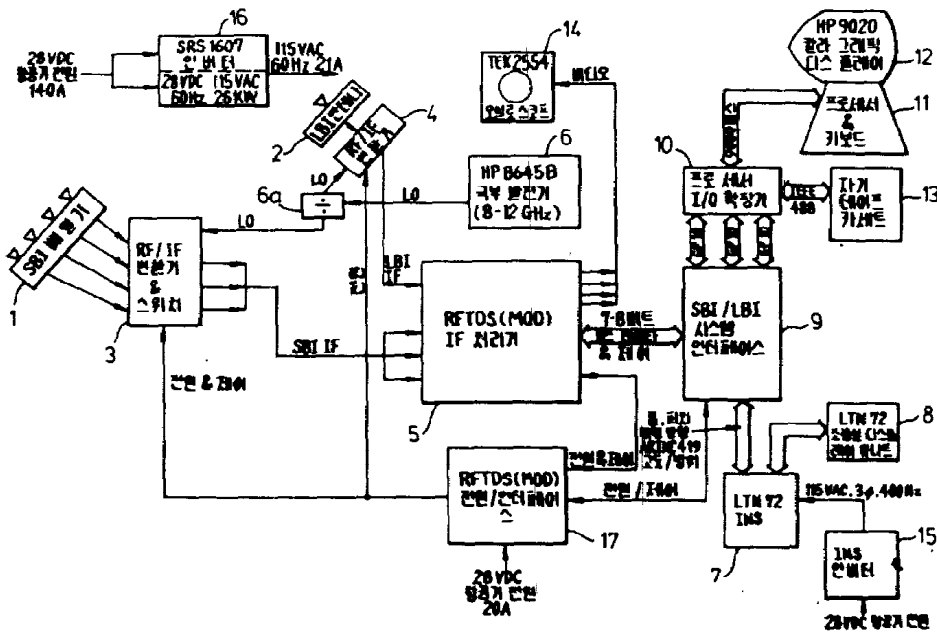
도면3



도면4



도면5



도면6

번	목적	거리 탐지 시간 (초) 신뢰치/48 KT	거리 (NM)	Rel. Brg. (도)	RMS 에러(%)	이론적 에러(%)
1	2"/sec 스캐어크	24/10	12-15.6	43.6 - 87.5	2.9	2.2
1	2"/sec 스캐어크	12/5	11.9-15.8	43.6 - 87.5	5.4	3.7
2	1"/sec 스캐어크	24/10	13.3-16.3	41.6 - 84.5	2.8	2.2
2	1"/sec 스캐어크	12/5	13.1-16.6	41.6 - 84.5	5.6	3.9
3	볼로우징	24/10	11.4-19.2	29.8 - 61.5	3.8	3.8*
3	볼로우징	12/5	11.1-19.6	29.8 - 67.8	6.7	6.7*
4	17 NM 크레슨트	24/10	15.6-18.6	15.1 - 73.9	7.6	8.8
4	17 NM 크레슨트	12/5	15.5-18.8	15.1 - 81.9	15.2	15.9
5	40 NM 크레슨트	48/20	39.4-41.9	15.0 - 54.8	11.7	11.0
6	48.5 NM 크레슨트	60/25	46.8-50.2	15.0 - 48.1	13.9	12.0

* 편 3은 LBI 측정 에러를 평가하는데 사용되었음