

이 정 석 * 방 효 창 * 장 은 영 * 김 원 후 *

* 한국항공대학교 항공전자공학과

A Study on the Linear Approach Guidance for Microwave Landing System

Jung Suk LEE, Hyo Chang PANG, Eun Young CHANG, Won Hoo KIM

* Dept. of Avionics Eng., Hankuk Aviation Univ.

ABSTRACT : This was followed by definition of a signal-in-space having the accuracy, reliability and coverage to aeronautics needs for all type of aircraft at all runway suitable for terminal instrument procedures. Even at runway where ground terrain and airport obstacles prevent standard split-site installations, the availability of MLS will not be limited. Instrument approach designs and flight-test results using the microwave landing system are presented. This paper verified the flyability of such linear approach guidance.

1. 서 론

인류가 비행하는 방법을 알게된 이후부터 시계가 불분명한 상태일때 조종사를 도와줄 수 있는 접근과 착륙 유도가 필요하게 되었다. 상업 항공의 빠른 증가로 인하여 전천후와 야간 운용의 필요성이 증가하게 되었다. 1930년대 말 최초의 착륙 시스템인 계기 착륙 시스템 (Instrument Landing System: ILS)을 개발하였다[1][2]. 이것은 오늘날까지 주요 접근과 착륙 유도 시스템으로 사용되고 있다. 그러나 ILS는 한정된 주파수의 이용, 접근의 용통성과 기술적인 측면에 의해서 운용상의 제한을 받고 있으며, 이러한 원인에 의해 1978년에 TRSB MLS(Time Reference Scanning Beam Microwave Landing System)가 새로운 국제 표준 방식으로 채택되었다[3].

MLS의 정확도와 광비례 유도의 특성은 표준 지형이 아닌 활주로에서도 카테고리 I와 카테고리 II의 운용이 가능하고, 비정밀 접근 또는 계기 접근이 불가능한 지형에서도 정밀 접근이 가능해야 한다. MLS의 유도 신호를 이용하여 접근하는 항공기는 MLS의 유도 신호가 기본 CDI(Course Deviation Indicator)에 표시되어 활주로 중앙선을 따라 접근 유도된다. 항공기의 접근은 크게 직선 접근과 곡선 접근으로 나누어지며 방위와 고도의 편이는 직선 접근보다는 곡선 접근에서 크게 발생한다.

본 논문은 기준 활주로의 중앙선을 기준하여 거리 Y만큼 떨어진 활주로에서의 직선 접근 유도 문제를 고찰하였다.

2. MLS 시스템의 개요

그림 1은 MLS에 의한 착륙 과정으로 짐을 감소를 위한 곡선 접근과 결심고(decision height)에 의한 활주로 중앙선의 직선 접근 부분으로 이루어지며, 플레어 조작, 접지와 롤 아우트로 끝나게 된다. 또한 낮은 시정 조건에서 유도 신호를 전송하기 위해서는 정확도, 신뢰도가 요구되고 있다.

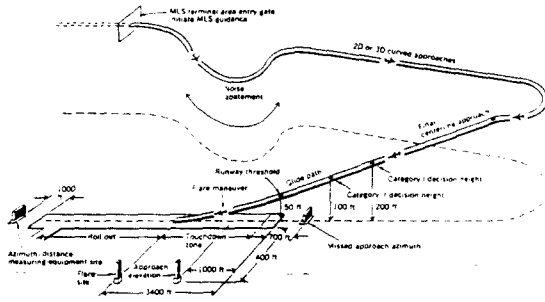


그림 1. MLS의 착륙 과정 및 site

MLS는 전반적인 착륙 유도 문제, 잡음 감소, 접근 효율성의 증가, 광대역 비례 신호에 의한 융통성 있는 접근로, 터미널 영역에서 정밀 항법을 제공할 수 있다.

MLS는 다음과 같은 3가지 특성을 가지고 있다[2].

첫째, 마이크로 주파수(50Hz)를 이용하여 빔폭이 좁은 scanning beam기법을 이용한다. 둘째, MLS는 5031.0 MHz - 5090.7 MHz의 60 MHz를 각각 300 KHz로 나누어 200개 채널을 구성한다. 200개 채널을 시분할 다중화 방식으로 순차적으로 접근 방향, 접근 고도, 역방향 방향, 위치 특성을 디지털 데이터로 전송한다. 셋째, MLS의 DME는 960 MHz - 1215 MHz에서 200 채널로 작동한다. 기존의 L-band(1GHz) DME와 완벽하게 상호 작동할 수 있는 기술을 이용하여 정밀 거리 정보를 제공한다.

MLS 시스템의 구성은 접근 방향 유도, 접근 고도 유도, 기본/보조 데이터, 역방향 방향 유도, 플레어 고도 유도, DME/P로 이루어진다[3]. 접근 방향 유도와 접근 고도 유도에서 방향각 또는 고도각은 scanning beam 기법을 이용하여 측정한다.

coverage 내에 빔폭이 좁은 빔을 시계방향(TO)으로 주사하고 잠시 멈추었다가 시계반대 방향(FRO)으로 주사한다. 각도 측정 식은 다음과 같다.

$$\theta = \frac{(T_o - T_f) V}{\tau} \quad (1)$$

여기서, θ : 방위 또는 고도 각($^\circ$)

T_o : TO 펄스와 FRO 펄스가 0° 에 해당하는 점을 통과하는 시간

τ : TO 펄스와 FRO 펄스간의 시간

V : 스캔 각속도($^\circ / \mu s$)

각도의 오차는 MLS scanning beam을 왜곡하게 되어 방위 편이가 일어나게 된다. 이들의 영향은 식(1)을 미분하여 얻어질 수 있다.

$$\delta\theta = \frac{1}{2} - \rho \theta_{Bw} \quad (2)$$

여기서, $\delta\theta$: 최대 오차 값

θ_{Bw} : 안테나 빔폭($^\circ$)

ρ : 짐음 신호 대 신호 진폭 비

또는 다중도 신호 대 직접 신호 비

MLS는 표준 지형의 모든 활주로에서 동일한 유도 특성을 제공해야 한다. 그 외에 MLS의 정확도와 광비례 coverage의 특성은 표준 지형이 아닌 활주로에서도 카테고리 I과 카테고리 II의 운용이 가능하고, 비정밀 접근 또는 계기 접근이 불가능한 지형에서도 정밀 접근이 가능해야 한다. 따라서 MLS는 구릉 지형, 호수와 강 그리고 지표 고도의 큰 변화량과 같은 비표준 지형에 의해 일어난 정밀 접근 유도의 문제점을 해결할 수 있어야 한다.

본 연구는 직선 접근 유도방법을 이용하여 활주로 중앙선을 기준으로 거리 1인 활주로에서의 정확한 유도특성을 비교하여 규정된 MLS의 유도 특성과 동일한 성능을 얻고자 한다.

3. 직선 접근 유도에 대한 해석

그림 2는 접근 유도를 위해 거리 Y인 활주로에 대한 단면도를 나타내었다. 직선 접근 유도에 대한 가정된 값은 방위에 대해 빔폭은 3° 이고 주사 유효범위는 10°로 한정하였다. 그리고 방위각을 포함하여 활주로 말단까지의 거리를 약 1.0 NM로 가정하였으며, 5 NM부터 활주로 말단까지 접근 유도를 계산하였다. 또한 방위각과 고도각의 각 해상도를 0.02°로 가정하고 활주로 말단에서 방위의 변화율을 대략 0.04°/sec라고 하였다.

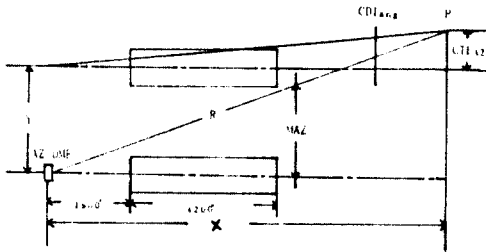


그림 2. 접근 유도에 대한 단면도

기준 활주로의 boresite와 거리 Y인 활주로의 직선 비행로가 평행하고 항공기의 위치를 P점이라고 하면, 직선 접근 유도에 대한 편이는 다음과 같다[6].

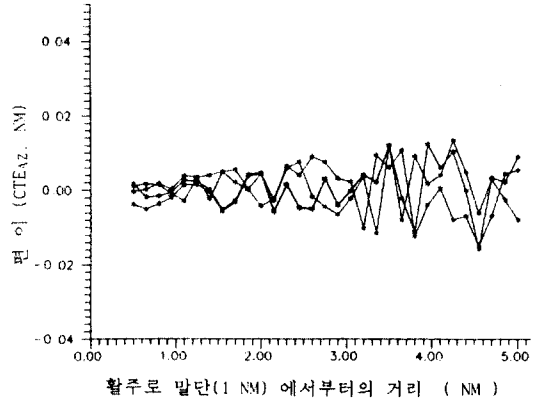
$$CTE_{Az} = R * \sin(maz) - Y \quad (3)$$

$$X = R * \cos(maz) \quad (4)$$

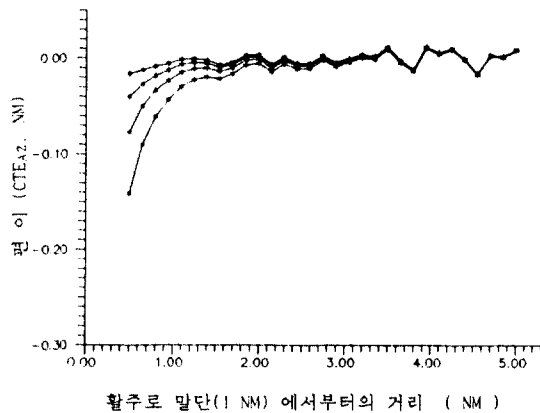
$$CDI = ATAN(CTE_{Az}/X) \quad (5)$$

- 여기서, CTE_{Az} : 거리 Y인 평행 활주로에서의 방위 편이
- X : 방위각으로부터 항공기까지의 거리
- R : DME 직거리(slant range)
- Y : 활주로 중앙선을 기준한 거리
- CDI : Course Deviation Indicator
- maz : 관측한 MLS 방위각

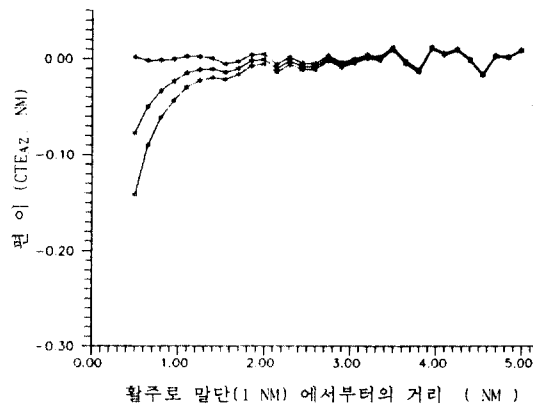
그림 3은 기준 활주로와 Y만큼 떨어진 활주로의 거리를 0에서부터 0.20 NM까지 변화시켜 직선 접근 유도 편이를 나타낸 것이다. 직선 접근 유도는 Y가 0.16 NM까지 ICAO가 규정한 방위 편이 오차 20ft내에 위치할 수 있음을 알 수 있다.



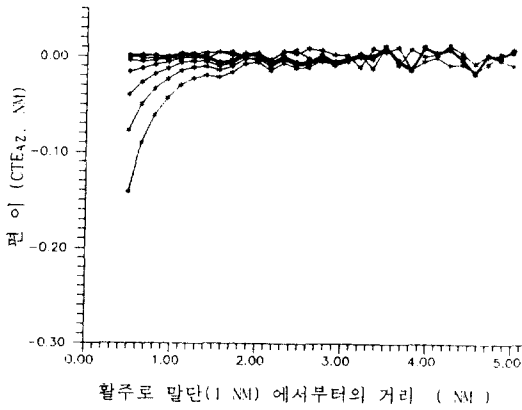
(가) Y = 0, 0.015, 0.032, 0.064 NM의 편이 (CTEAz)



(나) Y = 0.097, 0.13, 0.16, 0.20 NM의 편이 (CTEAz)



(다) Y = 0, 0.16, 0.20 NM의 편이 (CTEAz)



(라) $Y = 0$ 에서 $Y = 0.20$ NM 까지의 편이 (CTEAz)

그림 3. 직선 접근 유도

4. 결 론

본 연구는 기존의 활주로 중앙선을 기준하여 거리 Y 를 변화 시키면서 2차원적으로 계산한 방위 편이가 ICAO가 20ft로 규정한 방위 오차내에 위치하고 있음을 알았다. MLS는 기준 활주로뿐만 아니라 거리 Y 로 밀어진 활주로 의 계산된 중앙선을 따라 접근과 착륙하는 모든 형태의 항공기를 유도할 수 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과에 따라 표준 지형이 아닌 구릉 지형의 활 주로나 항공 교통량이 많은 대형 공항에서도 정밀 유도가 가능할 것이며, 또한 각 활주로사이의 거리 0.16 NM까지 접근 유도가 가능하게 되어 동시 착륙을 할 수 있을 것이 다[5][6].

따라서 현재와 같이 항공 교통량이 폭주하는 추세에 비 추어 볼때 MLS의 설치는 항공 교통량의 해소에 커다란 도움을 줄 것으로 기대된다.

5. 참 고 문 헌

- [1] Kelly, R., Redlien, H., and Shagene, J., " Landing aircraft under poor condition", IEEE Spectrum 15, no.9, 52, 1978.
- [2] Donald L.M., "Microwave Landing System", Signal, June, pp. 57-65, 1985.
- [3] Kelly, R.J., "System Considerations for the New DNE/P International Standard", IEEE Tran. on Aero-space and Electrical System, Vol. AES-20, No.1, January, pp.2-24, 1984.
- [4] Elarini, M.B., and Zeltser, M.J., " Analsis of the Integrity of the Microwave Landing System Data Functions", IEEE Trans. on Aerospace and Electrical System, Vol. AES-23, No.4, pp 473- 484, July, 1987.
- [5] Kelly, R.J., and LaBerg, E.F.C., " MLS : A Total System Approach", IEEE AES Magazine, May, pp. 27-40, 1990.
- [6] Lilley, R.W., " Demonstration of MLS Advanced Approach Techniques", IEEE AES Magazine, May, pp. 41-46, 1990.