

# 활공각제공시설(Glide Path) 신호안정화를 위한 ADU(Antenna Distribution Unit) 개선

## Improvement of ADU(Antenna Distribution Unit) for RF signal Stability of Glide Path

이창우\*, 이성태\*

Chang-Woo Lee\*, Seung-Tae Lee\*\*

### 요 약

본 논문에서는 기존 전자식 안테나분배장치(ADU)를 기계식 ADU로 개선한 사항을 설명한다. 기계식 ADU는 항공기가 착륙할 수 있도록 전파신호를 제공하는 활공각제공시설(Glide Path)의 신호를 안정화시켰으며, 장기간 사용시 발생할 수 있는 위상변화 및 파워분배비율 변화의 문제점을 해결하였다. 그리고 개선된 ADU는 비행검사를 통해 안정성을 검증하였으며 현재 국내·외 공항에 설치되어 운영중이다.

### Abstract

This paper explains how existing electrical ADU(Antenna Distribution Unit) has been improved into a mechanical ADU. Generally the mechanical ADU has stabilized Glide Path which provides a RF signal to the aircraft for safe landing and it has solved the issue of phase shift and power distribution ratio change which can be occurred during long-term use. Besides it has been certified by Flight check and operating several airports in oversea as well as in korea.

Key words : Antenna Distribution Unit, Glide Path, Instrument Lading System

### I. 서 론

계기착륙시설(Instrument Lading System)은 방위각 정보를 제공하는 방위각제공시설(Localizer)과 활공각 정보를 제공하는 활공각제공시설(Glide Path), 그리고 위치정보를 제공하는 마커(Marker Beacon)로 구성된다. 계기착륙시설(ILS)은 항공기 착륙에 필요한 정보 신호이며, Localizer는 활주로중심선정보, Glide Path는 활공각정보, Marker Beacon은 위치정보를 제공한다. 계기착륙시설은 시정이 좋지 않을 경우에도 항공기가 안전하게 착륙할 수 있도록 정보신호를 제공하는 시

설이고, 시설에 따라 Category등급이 형성된다. Category-I은 RVR(Runway Visual Range) 550m일 때 사용할 수 있는 계기착륙시설의 등급이며, Category-II는 RVR 350m, Category-III는 RVR이 175m에서도 안전하게 착륙할 수 있는 계기착륙시설 등급이다. 계기착륙시설 중 Glide Path는 항공기가 안전하게 착륙할 수 있는 각도(2.5도~4도)를 제공하는 계기착륙시설이며, 그 각도는 일반적으로 3도를 사용한다.

Glide path의 설치위치는 TCH(Threshold Cross Height)<sup>1)</sup>와 활주로경사도에 의해 결정되는데, 일반적으로 Threshold로부터 300m, 활주로중심선으로부터는

\* 한국항공공사

· 제1저자 (First Author) : 이성태

· 투고일자 : 2011년 11월 22일

· 심사(수정)일자 : 2011년 11월 22일 (수정일자 : 2011년 12월 25일)

· 게재일자 : 2011년 12월 30일

1) FAA 6750.16D ; Siting Criteria for Instrument Landing Systems , pp. 3-13, 02/14/2005

120m 떨어진 녹지대에 설치된다.2) Glide Path 안테나의 구성은 약 15m철탑에 3개의 안테나가 수직으로 설치되고, 이 3개의 안테나는 각각 Upper 안테나, Middle 안테나, Lower 안테나로 불리는데, 각 안테나의 높이 및 각 안테나의 좌우 Offset은 임계구역(Critical Area : GP 전방 약 300m 녹지대)의 경사도에 의해 결정된다. 공간에서 최적의 위상을 맞추기 위해서는 Upper, Middle, Lower 안테나의 위상을 조정하여 3개의 위상을 일치시킨다. 다만 활주로에 인접한 곳에서의 근접 위상은 Upper Antenna와 Lower Antenna의 좌우위치(Offset)를 조정함으로써 위상을 일치시킨다. 하지만, 근접위상오차외에 원거리 위상오차는 지상에서 위상을 확인할 수 있는 한계가 있기 때문에 최초 운용개시 비행점검(Commission Flight Check)시에 Airborne Phasing으로 안테나의 위상을 일치시키는 절차를 사용한다. Glide Path는 90Hz와 150Hz의 Audio signal의 변조를 이용하여 각종 DDM(Difference in depth of modulation)을 형성하여 정보신호를 제공하는데3), Airborne Phasing시 절차에 따라 0DDM이 잘 형성되어야 하고, 그 변화량이 일정하여야 한다. DDM이 0DDM으로 수렴하지 않을 때는 경우에 따라 ADU(Antenna Distribution Unit)의 Upper Ant Phaser 또는 Lower Ant Phaser를 조정하여 0DDM이 형성되도록 하여야 한다.

본 논문에서 다루고자 하는 계기착륙시설은 활공각정보를 제공하는 활공각시설(Glide path)이며, 그 중에서도 Glide Path의 파워와 위상을 분배시켜주는 안테나 네트워크, ADU(Antenna Distribution Unit)의 파워 및 위상제어가 안정화되도록 개선하였다.

## II. 기존의 Glide Path의 ADU 구성

Glide Path는 3개의(Course CSB, Course SBO, Clearance CSB)출력이 ADU(Antenna Distribution Unit)를 거쳐 파워분배와 위상제어를 통하여 각 안테나(Upper, Middle, Lower)에 아래표와 같은 비율로 공급된다.

Course CSB는 Middle Antenna와 Lower Antenna에 각각 1:4(0dB:6dB)비율로 공급되며, Course SBO는 Upper Antenna, Middle Antenna, Lower Antenna 각각에 1:4:1(0dB:6dB:0dB)로 공급된다. 마지막으로 Clearance CSB는 Upper Antenna와 Lower Antenna에 각각 1:1(0dB:0dB)로 공급된다.4)

표 1. GP ADU Power 분배 및 Phase 분배  
Table 1. Distribution of GP ADU Power and Phase

안테나	Course CSB (Power/Phase)	Course SBO (Power/Phase)	Clearance CSB (Power/Phase)
Upper	-	-6dB/180°	0dB/0°
Middle	-6dB/180°	0dB/0°	-
Lower	0dB/0°	-6dB/180°	0dB/0°

Glide Path의 전파는 3개 안테나(Upper, Middle, Lower)에 분배되는 신호의 공간합성 패턴으로 이루어지기 때문에 표1와 같이 Power 비율과 Phase 비율이 각 안테나에 정확히 분배되어야하고, 그 분배된 비율이 일정하게 유지되어야만 한다.5) 기존의 Electrical Phaser를 사용한 ADU(Antenna Distribution Unit)는 Power 분배비율은 고정이고, 위상분배비율은 가변할 수 있도록 설계되었다. 기존의 Electrical ADU(Antenna Distribution Unit)는 크기가 작고, Glide Path장비에 내장되어 외관 및 설치 시에는 편리한 장점이 있다. 하지만 기존의 Electrical ADU(Antenna Distribution Unit)를 장착한 Glide Path로 운용개시 비행점검(Commission Flight Check)에서 3개 안테나의 위상을 최적화시키는 Airborne Phasing을 점검했을 때 위상변화량이 불안정하여 전파의 질을 판단할 수 있는 Structure에 영향을 미치는 현상이 미세하게 발생하였다. Airborne Phasing이란 각 안테나별 위상을 일치시키는 비행점검 절차로써 CSB(Carrier+Sidebands)와 SBO(Sideband Only)간의 90° 위상차이(Main Sideband Phaser : 90°)를 발생시키고 안테나별 공급신호를 조정하여 공간에서 90Hz와 150Hz의 변조도차가 0이 되도록 ADU의 phaser를 조정하는 절차이다. 또한 Airborne

2) ICAO Annex 10 ; Aeronautical Telecommunications Vol 1, (Radio Navigation Aids) 6th, pp. ATT C21, July 2006.  
3) ICAO Annex 10 ; Aeronautical Telecommunications Vol 1, (Radio Navigation Aids) 6th, pp. ATT C24, July 2006.  
4) FAA Order 6750.49a ; Maintenance of Instrument Landing System(ILS) Facilities, ch2, pp. 44, 10/17/2005.  
5) ICAO Doc 8071 ; Manual on Testing of Radio Navigation Aids, pp. 4-18, 31/10/2002

Phasing에는 Procedure No.1과 Procedure No.2, 두 가지 방법이 있는데, Airborne Phasing No.1은 각 안테나별로 공급되는 Carrier와 Sidebands 신호를 별도로 분리하지 않아도 절차가 가능하나, 각 안테나별로 공급되는 Carrier와 Sidebands 신호를 분리하여야만 절차점검이 가능한 것이 Procedure No.2이다. 기존의 Electrical ADU(Antenna Distribution Unit)는 Procedure No.1만 가능하였다.

표 2. Airborne Phasing Procedure No.1<sup>6)</sup>  
Table 2. Airborne Phasing Procedure No.1

Type Check	Configuration
Modulation Level	Carrier Only
Modulation Equality	Carrier Only
Phasing	Upper to Middle Antenna Lower Ant-Dummy Load Middle Ant-Radiate Carrier + Sidebands Upper Ant-Radiate Sidebands Main Sideband Phaser-Quadrature
Phasing	Lower to Upper and Middle Ant Lower Ant-Radiate Carrier + Sidebands Middle Ant-Radiate Carrier + Sidebands Upper Ant-Radiate Sidebands Main Sideband Phaser-Quadrature
Phase Verification	Clearance Transmitter Energized

표 3. Airborne Phasing Procedure No.2<sup>7)</sup>  
Table 3. Airborne Phasing Procedure No.2

Type Check	Configuration
Modulation Level	Carrier Only
Modulation Equality	Carrier Only
Phasing	Lower to Middle Antenna Phasing Lower Ant-Radiate Carrier Only Middle Ant-Radiate Sidebands Only Upper Ant-Dummy Load Main Sideband Phaser-Quadrature
Phasing	Lower to Upper Ant Phasing Lower Ant-Radiate Carrier Only Middle Ant-Dummy Load Upper Ant-Radiate Sidebands Only Main Sideband Phaser-Quadrature
Phase Verification	Clearance Transmitter Energized

### III. ADU 이득 & PHASE 제어장치 개선

Glide Path ADU(Antenna Distribution Unit)는 공간상에서 3개의 안테나위상을 맞추는 가장 중요한 장치이다. 공간상에서의 위상은 비행점검을 통해서 일치시키는 방법이 가장 정밀하고 신뢰성있는 방법이며, 비행점검절차 중 Airborne Phasing점검으로 가능하다.

Airborne Phasing은 국제규격에 명시된 방법으로 점검하며, 주로 사용하는 방법으로는 2가지 방법이 있다. 하나는 각 안테나만 분리시켜 점검하는 표2의 Airborne Phasing Procedure No.1이고, 또 하나는 각 안테나에 공급되는 신호를 분리하여 점검하는 표3의 Airborne Phasing Procedure No.2이다. 그 중에서도 가장 신뢰성 있고, 많이 사용하는 절차는 Airborne Phasing Procedure No.2이다.<sup>8)</sup> 개선된 ADU는 Airborne Phasing Procedure No.2의 조건에 부합되도록 Middle Antenna와 Lower Antenna에 공급되는 Carrier신호와 Sidebands신호를 각각 분리할 수 있는 구조로 개선되었고, ADU가 Phase와 Power 분배비율을 제어함에 있어서 위상변화에 대해 Power분배비율이 변화하지 않으며, 또한 Power 분배비율의 변화율에 따라 Phase비율이 변하지 않는다는 것이 개선된 ADU의 큰 특징이라고 할 수 있다. 이득조정은  $\pm 2.5\text{dB}$ , 위상조정은  $\pm 70$ 도까지 제어가 가능하며, 이득조정시에는 위상의 변화량이  $\pm 0.5$ 도 이내로 변화하고, 위상조정시에는  $\pm 0.05\text{dB}$  이내로 변화하도록 구현하였다. ADU의 기술 개선으로 항공기 착륙각도정보를 제공하는 Glide Path의 장비 신뢰도와 정밀성이 크게 향상되었다. 실제로 비행점검 Airborne Phasing의 Lower & Upper to Middle ant phasing시 기존의 electrical ADU에서 는 5uA 이상 흔들리는 현상이 5uA 이내로 안정화되었다.

#### 3-1. ADU 신호 흐름

##### 3-1-1 CSB(Carrier+Sidebands) Flow

CSB 단자로 입력된 신호는 CSB가변이득분배기를 거치며, CSB\_Low와 CSB\_Middle Ant로의 출력을 위

6) FAA Order 8200.1C ; United States Standard Flight Inspection Manual, pp. 15-51, 02/01/2007  
7) FAA Order 8200.1C ; United States Standard Flight Inspection Manual, pp. 15-52, 02/01/2007  
8) FAA TI 8200.52 ; Flight Inspection Handbook, pp. 15-82~15-83, 09/14/2009

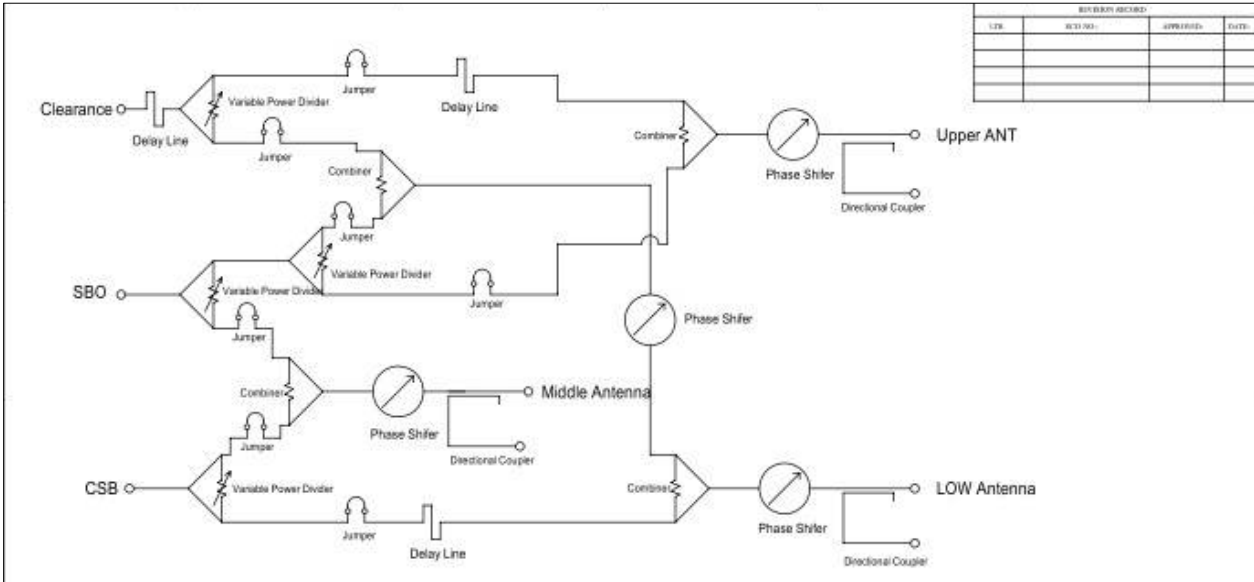


그림1. ADU Block Diagram  
Figure1. ADU Block Diagram

해 2개의 경로로 분리된다. 기본 전력의 분배율은 4:1 (Low → 4, Middle → 1)이며, 운용자의 조정에 의해서 약 3:1에서 5:1까지 분배율을 가변 할 수 있다. 가변 분배기에서 분배된 2개 경로의 신호 위상은 0도로 동일하다.

CSB\_Low Ant 신호는 Jumper를 통과한 후, SBO\_Low 및 CL\_Low 신호와의 결합을 위한 Combiner로 인입된다. Combiner의 결합율은 1:1 구조로 제작되었으며, 신호의 결합 시에 약 50%의 전력손실을 동반한다.

CSB\_Middle Ant 신호는 Jumper를 통과한 후, SBO\_Middle과 1:1 전력결합기를 통과하며, 이때 전력손실은 50%가 발생한다.

### 3-1-2 SBO(Sidebands Only) Flow

SBO 단자로 입력된 신호는 SBO1가변이득분배기를 거치며, SBO\_Middle과 SBO\_Low & Upper의 2개의 신호 경로로 분리된다. SBO1 가변이득분배기의 기본 분배율은 2:1(Middle → 2, Low & Upper → 1)이며, 조정기상부의 표시장치에는 4:1(Low 와 Upper의 각각에 대한 분배율로 표시함)로 표시되어 있다.

운용자는 가변분배기를 조정하여 분배율을 약 3:1에서 5:1까지 가변 할 수 있다. 가변분배기에서 분배된 2개 경로의 신호 위상은 모두 0도로 동일하다.

SBO\_Middle Ant 신호는 Jumper를 통과한 후,

CSB\_Middle Ant와 전력결합을 위한 Combiner에 의해 1:1로 결합되며, 이때 전력손실은 50%이다.

SBO\_Low & Upper 신호는 SBO2가변이득분배기에 의해 SBO\_Low 와 SBO\_Upper 신호로 분배된다.

SBO2 가변이득분배기의 기본분배율은 1:1 이며, 운용자의 조정에 의해 약 2:1에서 1:2까지 제어가 가능하다.

SBO\_Low Ant 신호는 CL\_Low Ant 신호와의 결합을 위한 Combiner에서 1:1 전력결합을 한다. 결합된 신호는 SBO & CL\_Low Ant 신호로 표시되며, 이 신호는 SBO\_Upper & CL\_Upper Ant에 대한 위상관계를 조정하기 위해, 위상기(SBO & CL Low Phase Shifter)를 통과하게 된다. 운용자는 ±32도의 범위에서 신호의 위상을 제어할 수 있다.

위상기를 통과한 SBO\_Low & CL\_Low Ant 신호는 최종적으로 CSB\_Low Ant신호와 전력결합을 위해 Combiner에 인입된다.

SBO\_Upper Ant 신호는 Jumper를 통과한 후, CL\_Upper와 Combiner에 의해서 1:1 전력 결합되며, 이때 전력의 50%의 손실이 발생한다.

### 3-1-3 Clearance Flow

Clearance 단자로 입력된 신호는 CL 가변분배기에 의해, CL\_Low와 CL\_Upper 신호로 분리된다. 기본 분배율은 1:1이며, 운용자에 의해 1:2에서 2:1까지 분배

율을 조정할 수 있다.

CL\_Low Ant 신호는 Jumper를 통과한 후 SBO\_Low 신호와 결합되며, 결합된 신호는 SBO\_Low 신호와 동일한 경로로 진행한다. CL\_Upper Ant 신호는 SBO\_Upper 신호와 결합된 후 SBO\_Upper 신호와 동일한 경로로 진행한다.

### 3-1-4 LOW & Middle & Upper Antenna Flow

3개의 안테나 신호는 최종 출력 단자로 진행하기 전에, 각 안테나 단자에 전송되는 결합된 신호의 위상을 운용자가 제어할 수 있도록 3개의 위상기를 통과하게 된다. 3개의 위상기 모두 ±32도의 범위에서 진상(advanced) 또는 지상(Retard)을 제어 할 수 있다.

### 3-1-5 Monitor Signal

안테나로 전송되기 위해 최종출력단자로 전송되는 신호에는 감시 및 측정을 위한 방향성 결합기가 부착되어 있다. 결합기의 규격은 다음과 같다.

- 신호 결합비 (Coupling Ratio) : -30dBc +/- 1dB
- 단자간 결합비 오차(Relative Coupling Ratio Margin) : +/- 0.5dB
- 지향성(Directivity) : -20dBc 이상

### 3-2. ADU 구조

ADU 입출력 단자의 구성은 다음 표와 같다.

표 4. ADU의 입출력단자 구성표  
Table 4. Composition of ADU input and output

입력단자	출력단자	출력감시 단자결합비
CSB	Low Ant	-30dB±1B
SBO	Middle Ant	-30dB±1B
Clearance	Upper Ant	-30dB±1B

출력 신호간의 이득과 위상은 표1과 같은 기본값을 갖도록 제작되었다.

CSB, SBO, Clearance의 입력신호는 Power 분배비율

을 제어할 수 있고, Low / Middle / Upper Antenna의 출력 경로에는 각각 위상을 아래와 같이 조정하여 출력할 수 있는 위상조정기가 부착되어 있다.

표 5. 출력 신호의 위상조정 범위 및 이득오차  
Table 5. Phase adjustment range and gain error for output signal

	Limit	이득오차
Low Ant	-32°<0°<+32°	+/-0.1dB
Middle Ant	-32°<0°<+32°	+/-0.1dB
Upper Ant	-32°<0°<+32°	+/-0.1dB
Upper to Low Ant (SBO,CL Only)	-32°<0°<+32°	+/-0.1dB

ADU 입출력 커넥터는 모두 N-Type Female로 구성되며,

- Inner Conductor : Be-Cu(Beryllium Copper)
- Dielectric material : 테프론
- Outer Conductor : Zn-Cu(Zinc Copper 가공, Chromium 도금)로 제작된다.

Main PCB(Printed Circuit Board)의 재질은

- Substrate material : FR-4
- Copper Thickness : 10z
- Number of Layer : 4
- Plating material : Sn(Tin : 주석)
- PCB Total Thickness : 3.5mm 이다.

본 ADU의 외부함체와 내부함체 사이에는 외부로부터 전달되는 진동을 효과적으로 감쇄하기 위한 방진(Vibration Isolator)장치 3개가 장착되어 있다.

## IV. 결 론

ADU의 위상 및 파워분배 비율이 일정하게 유지되지 않으면 항공기 착륙에 큰 영향을 미치게 된다. 항공기 착륙에 중요한 정보를 제공하는 활공각시설(GP)은 설치된 후 10년~15년 동안 사용하는 장비이며, 그 기간 동안 신뢰성이 유지되어야 한다. 이 논문에서 소개한 ADU는 안정성을 확보하기 위해 Mechanical 방식으로 구성하여, 향후 Phaser의 변동이나 Power 분배비율의 변동이 없도록 설계되었고, 비행점검을 통해 신뢰성을 확보하였다. 본 논문에서는 활공각정보를 제공하는 활

공각제공시설(Glide Path)의 Phase 및 파워분배비율을 조정하여 공간상의 위상을 일치시키는 ADU(Antenna Distribution Unit)의 개선사항을 소개하였다.

참 고 문 헌

- [1] ICAO Annex 10 ; Aeronautical Telecommunications Vol 1, (Radio Navigation Aids) 6th, pp. ATT C21~C26, July 2006.
- [2] ICAO Doc 8071 ; Manual on Testing of Radio Navigation Aids, pp. 4-18, 31/10/2002
- [3] FAA Order 8200.1C ; United States Standard Flight Inspection Manual, pp. 15-51~15-52, 02/01/2007
- [4] FAA Order 6750.49a ; Maintenance of Instrument Landing System(ILS) Facilities, ch2, pp. 40~44, 10/17/2005.
- [5] FAA TI 8200.52 ; Flight Inspection Handbook, pp. 15-82~15-83, 09/14/2009
- [6] FAA 6750.16D ; Siting Criteria for Instrument Landing Systems, pp. 3-13~3-23, 02/14/2005

이 창 우 (李昌우)



1991년 2월 : 부경대학교  
전자공학과(공학사)  
1995년 2월 : 한국해양대학교  
전자통신공학과(공학석사)  
1999년 8월 : 한국해양대학교  
전자통신공학과(공학박사)  
1991년 1월~현재 : 한국공항공사  
관심분야 : 마이크로파공학, RF공학, 저주파증폭기,  
ILS(Instrument Landing System), Radar, Tacan

이 성 태 (李成泰)



1991년 2월 : 단국대학교  
전자공학과(공학사)  
1994년 3월~현재 : 한국공항공사  
관심분야 : RF공학, 저주파증폭기,  
ILS(Instrument Landing System), Radar,  
Tacan